



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Celso Albano Pinto Fernandes

Interoperacionalidade em
sistemas de informação



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Celso Albano Pinto Fernandes

Interoperacionalidade em
sistemas de informação

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor José Cardoso Teixeira

Outubro de 2014

DECLARAÇÃO

Nome: Celso Albano Pinto Fernandes

Endereço eletrónico: celsoapfernandes@gmail.com

Telemóvel: 00 351 917 232 731

Número de Identificação Civil: 13376225

Título da Dissertação: Interoperacionalidade em sistemas de informação

Orientador: Professor Doutor José Cardoso Teixeira

Ano de Conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Engenharia Civil

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Campus de Azurém, Universidade do Minho, __/__/2014

Assinatura: _____

"Somos feitos de carne, mas temos de viver como se fôssemos de ferro."

Sigmund Freud

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor José Cardoso Teixeira, o meu agradecimento pelo tema proposto, e por todo o tempo dispensado em toda a ajuda, conselhos e disponibilidade, durante todo este tempo.

Não posso deixar de mencionar o apoio incondicional dos meus pais, pelos valores e educação transmitidos que fizeram de mim o homem que sou hoje. Algo que me acompanhará durante toda a vida, e pelo qual serei eternamente grato.

À minha irmã, o meu muito obrigado por todo o apoio e ajuda sem restrições. Um grande exemplo de determinação, coragem e competência no percorrer dos seus objetivos.

Para a minha namorada, Andreia Fernandes, palavras não explicam a gratidão por todo o amor, amizade, apoio, companheirismo, e motivação, nesta como em todas as fases da minha vida. Por acreditar sempre em mim e naquilo que sou capaz.

Aos meus amigos, o meu muito obrigado por todos os momentos de companheirismo e encorajamento durante todos estes anos. Um obrigado especial ao Tiago Magalhães, companheiro leal de várias lutas, por toda a ajuda, amizade e companheirismo em mais uma etapa da minha vida.

Por fim, agradeço também ao Jim Thacker, Coordenador do Departamento de Educação da Trimble, empresa detentora do Vico Software, por toda a atenção, ajuda e importantes ensinamentos acerca do *software* Vico Office.

RESUMO

O setor da construção é um dos setores mais ineficientes da indústria, no que diz respeito às transições das fases do processo produtivo e à troca de informação entre todos os intervenientes na produção. Estas dificuldades de processo originam perdas de tempo e a acumulação contínua de erros. Numa indústria onde a competitividade apresenta exigências crescentes e se exigem níveis de produtividade e eficiência altos, estas limitações não podem ser toleradas.

Com o intuito de aumentar a produtividade e a eficiência nas várias áreas da indústria, foram sendo desenvolvidos ao longo dos anos, métodos inovadores capazes de responder às necessidades de competitividade e, melhorar todo o processo de desenvolvimento de um projeto. Destacam-se nestes métodos, os sistemas de informação, tecnologia capaz de processar e difundir informação de forma correta e eficaz.

Um dos sistemas de informação que tem vindo a revolucionar a indústria da construção, é o *Building Information Modelling/Model* (BIM). Tendo por base a modelação de um projeto 3D, o BIM possibilita que os intervenientes de um projeto tenham acesso à informação produzida em todas as fases, assim como o armazenamento dessa informação para contínuas atualizações durante todo o ciclo de vida do projeto. Com a padronização de toda a comunicação, através da partilha e da integração eficaz da informação, será possível guiar a indústria da construção a um novo rumo.

Consequentemente, os objetivos desta dissertação passam por descrever e analisar a aplicabilidade da metodologia BIM na gestão da construção, em função de todas as suas potencialidades, recorrendo a um levantamento teórico sobre o tema. A dissertação incidiu-se na realização de um caso prático, centrando-se na consolidação das potencialidades caracterizadas anteriormente, e na avaliação da interoperacionalidade entre os sistemas BIM. O *software* utilizado foi predominantemente o Vico Software, que permite averiguar de uma forma mais real, a otimização de processos e controlo, vocacionado para a gestão da construção.

Esta dissertação temina com um inquérito realizado a várias empresas da indústria da construção, que permitiu analisar a realidade da implementação do BIM em Portugal, bem como os principais benefícios na utilização desta tecnologia. Foram também analisados os entraves à sua implementação, apresentados pelas empresas que não utilizam este sistema de informação.

Palavras-Chave: Sistemas de Informação, BIM, Indústria da construção, Interoperacionalidade, Vico Software, Gestão da Construção.

ABSTRACT

The construction sector is one of the most inefficient in terms of the transitions between phases in the productive process and the exchange of information between all the stakeholders in a project production. These process' difficulties generates significant amounts of unproductive time and a continuous accumulation of errors. In an industry where the competitiveness is in a constant growth rate, which consequently demands high levels of productivity and efficiency, these limitations can no longer be tolerated.

With the purpose of increase the productivity and efficiency in several areas of the industry, throughout the years have been developed innovative methods to meet the competitiveness' requirements and improve the project development process as a whole, such as information systems, which is a technology that is capable of processing and spreading information accurately and effectively.

One of those information systems that have been revolutionizing the construction industry is the Building Information Modeling/Model (BIM). Based on a 3D design, BIM makes it possible to stakeholders of a project to have access to the information produced in every stage, as well as the storage of this information for continuous updates throughout the lifecycle of the project. With the standardization of the communication structure, through efficient integration and sharing of information, the construction industry can be guided in a new direction.

Therefore, the objective of this dissertation involves describing and analyzing the applicability of the BIM Methodology in construction management, due to their full potential, using a theoretical investigation on the subject. The dissertation will focus then on the realization of a practical case, which will focus on consolidating the capabilities previously mentioned, and the assessment of the interoperability between BIM systems. The software used was mainly Vico Software, which allows a more realistic evaluation, the optimization of processes and controls, designed for construction management.

This dissertation concludes with a brief questionnaire sent to several companies of the construction industry, whose results delivered a comprehensive analysis of the state of the Implementation of BIM in Portugal, as well as the main benefits of using this technology. It was also provided information about the obstacles to the implementation by the companies that do not use this information system.

Keywords: Information Systems, BIM, Construction Industry, Interoperability, Vico Software, Managing construction.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice.....	xi
Lista de Acrónimos.....	xv
Índice de Figuras.....	xvii
Índice de Quadros.....	xix
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos da dissertação.....	1
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
2 Revisão do estado de arte.....	5
2.1 Enquadramento do BIM.....	5
2.2 Ciclo de vida.....	8
2.3 <i>Software</i> BIM.....	9
2.4 Gestão da construção.....	13
2.4.1 4D BIM.....	13
2.4.2 5D BIM.....	14
2.5 Vantagens BIM.....	14
2.6 Desvantagens BIM.....	16
2.7 Interoperacionalidade BIM.....	17
2.7.1 Industry Foundation Classes.....	19
2.8 Implementação.....	21
2.9 Disseminação.....	22

2.10	Legislação BIM	24
3	Sistemas de informação: BIM	27
3.1	Enquadramento.....	27
3.2	Relação do BIM e interoperacionalidade.....	28
3.3	Níveis de desenvolvimento de um projeto BIM.....	31
3.4	Sistemas BIM	35
3.4.1	Sistemas de modelação	37
3.4.2	Sistemas de gestão.....	39
3.4.3	Outros sistemas.....	48
4	Gestão e planeamento da construção	51
4.1	Enquadramento.....	51
4.2	Introdução da quarta e quinta dimensão BIM	53
4.3	Implementação nas empresas de construção.....	57
4.4	Benefícios da utilização de BIM nas empresas de construção	60
4.4.1	Deteção de conflitos e omissões que evitam erros iniciais.....	61
4.4.2	Análise, planeamento e acompanhamento da construção.....	62
4.4.3	Listas de quantidades e estimativas de custos.....	63
4.4.4	Aumento da produtividade e redução de riscos.....	64
5	Caso prático.....	67
5.1	Enquadramento.....	67
5.2	Apresentação do modelo	67
5.2.1	Importar modelos 3D para o Vico Office	69
5.2.2	Atualização automática das últimas versões do modelo	70
5.2.3	Deteção de conflitos e omissões.....	70
5.3	Listas de quantidades e estimativas de custos	74
5.3.1	Cálculo dos elementos do modelo e listas de quantidades	75
5.3.2	Localização e separação dos elementos	77

5.3.3	Estimativas de custos.....	78
5.3.4	Análise do impacto das alterações do projeto.....	80
5.4	Calendarização e planeamento da construção.....	81
5.4.1	Calendarização das tarefas e acompanhamento dos trabalhos.....	82
5.4.2	Otimização da Linha de Equilíbrio.....	82
5.4.3	Controlo de produtividade.....	82
5.5	Análise da interoperacionalidade do <i>software</i>	83
6	Inquérito.....	85
6.1	Considerações iniciais.....	85
6.2	Análise e discussão resultados.....	86
6.2.1	Inquiridos que utilizam a tecnologia BIM.....	87
6.2.2	Inquiridos que não utilizam a tecnologia BIM.....	89
6.2.3	Disseminação do BIM em Portugal.....	90
7	Conclusões.....	93
	Referências Bibliográficas.....	97
	Anexos.....	103

LISTA DE ACRÓNIMOS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
4D	Integração do planeamento do tempo no modelo tridimensional
5D	Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional
AEC	<i>Architecture, Engineering and Construction</i>
AIA	<i>The American Institute of Architects</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BIM	<i>Building Information Modelling/Model</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
GSA	<i>General Services Administration</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
LOB	<i>Line of Balance</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo BIM (RIBA, 2014)	5
Figura 2. Representações automáticas BIM (Graphisoft, 2014).....	7
Figura 3. O ciclo de vida de um edifício BIM (Dispenza, 2010).	9
Figura 4. Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes (Picotês, 2010).	11
Figura 5. Vantagens da antecipação na tomada de decisões. Curva de MacLeamy (Ferreira, 2011)...	15
Figura 6. Comunicação no modelo tradicional construção e no modelo BIM (Parreira, 2013).....	18
Figura 7. Várias versões lançadas do modelo IFC (Liebich, 2010).....	20
Figura 8. Exemplo de um modelo BIM (McKenzie Construction Corporation, 2014)	28
Figura 9. Diversos modelos BIM referentes a um projeto de construção (Steel, Drogemuller, & Toth, 2009)	29
Figura 10. Nível de desenvolvimento do modelo (Silva, 2013).	32
Figura 11. Relação entre as fases de projeto definidas na Portaria nº701-H/2008 e o LOD	35
Figura 12. Utilização dos sistemas BIM na indústria da construção (Becerik-Gerber & Rice, 2010).....	36
Figura 13. Logotipo do Autodesk Revit	37
Figura 14. Logotipo do Graphisoft Archicad 18.....	38
Figura 15. Logotipo do Vico Software	40
Figura 16. Procedimento do fluxo de trabalho da construção virtual (Vico, 2008)	42
Figura 17. Representação esquemática do processo iterativo de desenvolvimento do empreendimento (Vico, 2008)	42
Figura 18. Processo de construção virtual (Vico, 2008).	43
Figura 19. Metodologia das ferramentas Vico Software (VICO, 2014).	45
Figura 20. Otimização da produtividade utilizando Linha de Equilíbrio (VICO,2014).	45
Figura 21. Logotipo do Autodesk Navisworks.....	46

Figura 22. Exemplo de um modelo BIM que possibilita a coordenação entre os intervenientes do projeto (Autodesk, 2011)	52
Figura 23. Linha de Equilíbrio de um projeto de construção (VICO, 2014).	55
Figura 24. Processo evolutivo quarta e quinta dimensão BIM (VICO, 2014).	56
Figura 25. Estimativas de custos BIM 5D (VICO, 2014).	57
Figura 26. Etapas de maturidade da implementação BIM (Taborda, 2012).	58
Figura 27. Capacidade BIM para deteção de incompatibilidades no projeto (McKenzie Construction Corporation, 2014)	61
Figura 28. Exemplo de um modelo BIM com a sequência temporal dos trabalhos (VICO, 2014)	62
Figura 29. Exemplo de um modelo com listagens de materiais e estimativas de custo (VICO, 2014) ..	64
Figura 30. Modelo 3D.....	68
Figura 31. Planta do rés-do-chão.....	68
Figura 32. Importação do modelo do Archicad para o Vico Office	69
Figura 33. Registo de documentos do Vico Office	69
Figura 34. Importação nova versão do modelo	70
Figura 35. Deteção de conflitos do modelo.....	71
Figura 36. Definição das configurações da deteção de conflitos (passo 1).....	71
Figura 37. Definição das configurações da deteção de conflitos (passo 2).....	72
Figura 38. Definição das configurações da deteção de conflitos (passo 3).....	72
Figura 39. Definição das configurações da deteção de conflitos (passo 4).....	72
Figura 40. Gravação e ativação das configurações da deteção de conflitos (passo 1)	73
Figura 41. Gravação e ativação das configurações da deteção de conflitos (passo 2)	73
Figura 42. Resultados obtidos na deteção de conflitos.....	74
Figura 43. Lista de quantidades de janelas	75
Figura 44. Lista de quantidades de portas.....	75
Figura 45. Lista de quantidades de paredes.....	76

Figura 46. Lista de quantidades de pilares e lajes	76
Figura 47. Obtenção de listas de quantidades no Vico Office	77
Figura 48. Localização e separação dos elementos	78
Figura 49. Estimativa de custos no Vico Office	79
Figura 50. Análise do impacto das alterações nos custos do projeto	80
Figura 51. Linha de Equilíbrio do Vico Office	81
Figura 52. Resultados relativamente à utilização da metodologia BIM.	86
Figura 53. <i>Softwares</i> BIM mais utilizados pelas empresas que implementaram esta tecnologia.....	87
Figura 54. Trabalhos e fases de projeto em que o BIM é mais utilizado	88
Figura 55. Perspetivas das empresas que não utilizam BIM em utilizar futuramente	90

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Outros sistemas BIM	49
-------------------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Ao longo dos últimos anos deu-se uma revolução na prosperidade do setor da construção. Uma indústria que em tempos era vista como um exemplo a seguir quer a nível de oportunidades de trabalho como em relevância na sociedade, transformou-se numa indústria ostracizada e com cada vez menos investimento. Esta nova realidade pode ser explicada pela crise financeira que atinge o mundo há vários anos, mas não foi só este problema que contribuiu para esta situação.

O setor da construção civil é reconhecido como sendo um dos mais ineficientes da indústria, originando custos elevados e o incumprimento dos prazos. Outra das suas características é o facto de ser usualmente tradicional e avesso à mudança. Numa realidade em que as dificuldades financeiras são uma constante, proporcionando níveis de competitividade elevadíssimos, é crucial alterar este tipo de comportamento.

Neste sentido, têm-se introduzido progressivamente soluções de modernização e automatização, como é o caso dos sistemas de informação. Um dos exemplos de sucesso é o *Building Information Modelling/Model* (BIM), que tem contribuído de forma significativa para a sustentabilidade do setor, através do aumento da eficiência de produção, atingindo assim os níveis de competitividade desejados.

A presente dissertação pretende evidenciar as potencialidades desta promissora tecnologia, e avaliar suas capacidades associadas à gestão da construção, como é o caso da automatização de fluxos de trabalho, a partilha de informação entre os diversos intervenientes e especialidades, a deteção e eliminação de erros, diminuição dos custos e tempo, e o aumento de eficiência e produtividade.

1.2 Objetivos da dissertação

Esta dissertação tem como objetivo avaliar a eficácia das potencialidades da tecnologia BIM e analisar a sua aplicabilidade à gestão da construção. Este processo tem por base uma série de procedimentos:

- Levantamento teórico sobre a metodologia BIM;
- Evidenciar e analisar os benefícios de implementação do BIM;
- Analisar a obrigatoriedade legal em adotar esta metodologia;
- Comparar as potencialidades entre as várias ferramentas BIM;

- Avaliar a aplicabilidade destes sistemas na gestão e planeamento da construção;
- Analisar a realidade da implementação desta tecnologia nas empresas de construção;
- Sugerir soluções de futuro.

No plano pessoal, não poderia deixar de ser esperado o enriquecimento pessoal e profissional, através das novas competências apreendidas com esta dissertação, entre as quais a aprendizagem de uma nova ferramenta informática vocacionada para a área da construção, uma mais-valia para o futuro certamente.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por três pontos distintos e organizada em sete capítulos. O primeiro ponto equivale ao levantamento teórico das potencialidades da tecnologia BIM. O segundo ponto corresponde à análise da aplicabilidade prática desta metodologia à gestão da construção, através da realização de um caso prático. O terceiro e último ponto são constituídos pela análise de resultados obtidos através de um inquérito realizado a várias empresas de construção.

Este **primeiro capítulo** é realiza-se uma breve introdução ao tema em estudo, e apresentados os objetivos pretendidos na realização da dissertação, bem como a estrutura da mesma.

No **segundo capítulo** faz-se um enquadramento do tema em estudo, através de um levantamento teórico e pesquisa bibliográfica. É realizada a análise da informação sobre o tema, existente até ao momento, produzida por distintos autores. A este processo dá-se o nome de revisão do estado de arte.

No **terceiro capítulo** apresenta-se um enquadramento sobre os sistemas de informação, entre os quais o BIM. Explica-se a relação entre o BIM e a interoperacionalidade. Apresentam-se de seguida os níveis de desenvolvimento de um projeto BIM e a sua correspondência com a legislação nacional. E para terminar, descrevem-se algumas características e funcionalidades das principais ferramentas de modelação e gestão BIM.

O **quarto capítulo** inicia-se pela definição das potencialidades que estes sistemas implementam na gestão da construção. De seguida, são apresentadas e caracterizadas as dimensões BIM vocacionadas para a gestão da construção, o BIM 4D e 5D. Analisa-se o processo de implementação nas empresas de construção, e são apresentados os principais benefícios dessa implementação.

No **quinto capítulo** apresenta-se o caso prático realizado. Neste capítulo pôs-se em prática as potencialidades apresentadas nos capítulos três e quatro, recorrendo a um *software* BIM.

No **sexto capítulo** realiza-se uma análise e a apresentação dos consequentes resultados de um inquérito realizado a várias empresas de construção, a fim de perceber a realidade da implementação do BIM em Portugal, bem como as principais vantagens apresentadas pelas empresas que utilizam esta tecnologia, e os principais entraves à implementação pelas empresas que não a utilizam.

Por fim, no **sétimo capítulo**, realizam-se as conclusões da dissertação elaborada, apresentando soluções de futuro, tendo em conta principalmente os resultados obtidos no capítulo cinco e seis.

2 REVISÃO DO ESTADO DE ARTE

2.1 Enquadramento do BIM

O *Building Information Model* (BIM) corresponde a uma tecnologia emergente que se propõe revolucionar o modo de projetar e desenvolver os empreendimentos (Pissarra, 2010).

Ao longo das últimas décadas, com o aparecimento dos computadores e devido ao grande desenvolvimento dos mesmos, tem-se verificado um grande progresso das tecnologias de informação. No caso da Engenharia Civil este desenvolvimento é notório com o aparecimento de aplicações computacionais de apoio ao projeto e modelos de informação avançados (Fontes, 2010).

BIM pode significar *Building Information Modelling* que consiste no desenvolvimento e uso da aplicação informática de modelação para simular a construção e a operação de uma infraestrutura, ou *Building Information Model* que é obtido através da modelação e se refere ao produto ou representação digital inteligente de um conjunto de dados estruturados que constituem uma infraestrutura, onde vistas e dados podem ser extraídos consoante as necessidades e expetativas dos utilizadores e partes interessadas (The Associated General Contractors of America, 2006).

A introdução pelo BIM de modelos 3D paramétricos tem oferecido várias vantagens sobre as abordagens 2D tradicionais, tendo mudado o tipo de documentação de base utilizada na construção, transformando-a de um tipo de documentos apenas legível por humanos (desenhos) para novas representações de dados que passaram a ser interpretáveis pelos computadores (Lino, Azenha, & Lourenço, 2012).



Figura 1. Modelo BIM (RIBA, 2014)

Em 1969, foi elaborado um *software* pela Computervision Corporation, tornando possível o desenvolvimento do *Computer Aided Design* (CAD) ou Projeto Assistido por Computador (Oliveira, 2009).

Desde os finais da década de 70 que o conceito BIM tem sido promovido através das teorias desenvolvidas pelo Professor Charles M. Eastman, sendo ele o impulsionador do conceito. O BIM, realmente, não é um avanço tecnológico. Os principais fatores para a implementação BIM e para o facto de este conceito ressurgir tão vigorosamente nestes últimos anos é a revolução dos Sistemas de Informação (Yessios, 2004).

Após os anos 1980, o microcomputador e os programas CAD ganharam novas versões, mais rápidas e mais eficientes e tornaram-se ferramentas de trabalho dentro de grandes e médias empresas de arquitetura, sendo que até as escolas de arquitetura aderiram também à esta tecnologia (Oliveira, 2009).

Assim, em 1987, a empresa Graphisoft lança um programa com nome de Archicad, com um sistema computacional diferenciado dos programas CAD. Esta tipologia de programas passa a enquadrar um sistema BIM (Oliveira, 2009).

Em 2002, a Autodesk desenvolveu um *software* 3D para a indústria de desenho mecânico, usando os mesmos conceitos para a introdução de uma versão direcionada à indústria AEC (*Architecture, Engineering and Construction*). Esta ferramenta era o Revit e foi desenvolvida pelo Arquiteto Phil Berstein, e projetada exclusivamente para fins de BIM (Agustsson, 2007).

Segundo Tobin (2008), existem três diferentes gerações dos BIM, nomeando-as de BIM 1.0, 2.0 e 3.0 (Picotês, 2010).

Para o autor, o BIM 1.0 é caracterizado pela substituição do desenvolvimento de projetos em CAD bidimensionais por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, o desenvolvimento do modelo é um processo individualizado, restrito aos projetistas, sem o envolvimento nem a colaboração de profissionais de outras áreas (Picotês, 2010).

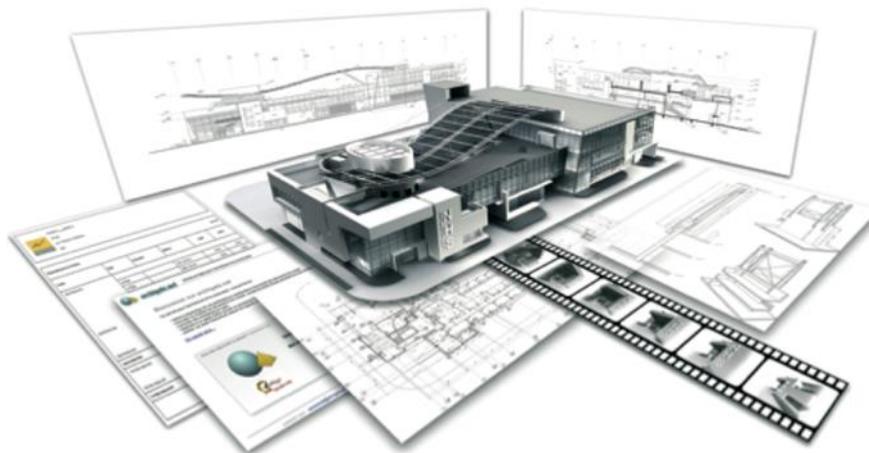


Figura 2. Representações automáticas BIM (Graphisoft, 2014)

O BIM 2.0 expande o modelo a outros profissionais, além dos envolvidos no desenvolvimento dos projetos de arquitetura, estruturas e instalações prediais. Nesta fase, modelos que associam informações, tais como o tempo (4D), dados financeiros (5D) e análise de eficiência energética, entre outros (nD), são associados ao sistema. Para tal, é necessária a cooperação entre os projetistas, consultores, empreendedores e construtores, com os devidos cuidados relacionados com a interoperabilidade dos dados, tendo em conta a possibilidade de intercâmbio das informações entre os diversos participantes (Picotês, 2010).

Além disso, dadas as suas características, facilmente se conseguem detetar incompatibilidades e conflitos entre os diversos elementos que compõe cada uma das especialidades tornando explícita a interdependência que existe entre as estruturas, a arquitetura, as instalações elétricas ou as instalações mecânicas e hidráulicas, integrando tecnologicamente todos os projetistas

A era pós-interoperabilidade (BIM 3.0) é considerada por Tobin a terceira geração da adoção do BIM. Especula que o modelo do BIM 3.0 estará disponível através de uma base de dados acessível através da internet, onde os modelos BIM serão construídos colaborativamente num ambiente 3D (Picotês, 2010).

Assim, os diferentes profissionais de projeto e construção irão construir um “modelo único” para um propósito coletivo que é a construção virtual do modelo, também chamado por Tobin (2008) como um “protótipo do edifício” (Andrade & Ruschel, 2009).

Entre os habituais equívocos de percepção, de quem inicia um primeiro contacto com este conceito e talvez a par com a intuição redutora de associar o BIM apenas a um visualizador 3D, estará, porventura, a ideia de o confundir com um *software*. O conceito teórico do BIM só adquire efetivamente

tangibilidade quando é interpretado através de *softwares* que corporizam estas metodologias e as integram com os mais recentes desenvolvimentos na área das tecnologias de informação (Lino et al., 2012).

O modelo digital virtual permite a produção e atualização de cortes, alçados, plantas e pormenores de forma consistente, possibilitando a extração automática de listas de quantidades de materiais e permitindo uma larga gama de atividades analíticas tais como: verificação de normas e regulamentos, análises estruturais ou análises de eficiência energética (Lino et al., 2012).

2.2 Ciclo de vida

O ciclo de vida do desenvolvimento de qualquer empreendimento de Engenharia Civil é composto por um conjunto de fases. Em cada uma atuam um conjunto de intervenientes que partilham e desenvolvem informação sobre o mesmo. Embora em cada momento desse ciclo se possa considerar que não existe nenhum agente que necessite de toda a informação necessária disponível sobre o mesmo, para se proceder a uma intervenção sobre o mesmo é frequentemente necessário analisar várias especialidades e vários componentes (Pissarra, 2010).

O *Building Information Modelling* (BIM) é uma metodologia que assenta essencialmente no processo de geração e gestão de toda a informação durante o seu projeto, construção e período de vida útil (Fontes, 2010).

O processo natural de alterações ao longo do ciclo de vida do projeto deve ser acomodado pela tecnologia BIM e até mesmo otimizado. A gestão das alterações tornar-se de fácil análise, mais transparente e organizada entre partes interessadas. Para garantir isto, é necessário que esteja definido um plano de comunicação onde todos os envolvidos garantam um modelo atualizado e sincronizado (Parreira, 2013).

O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação entre todos os intervenientes, durante as fases do ciclo de vida de um edifício (projeto, construção, manutenção, desconstrução), nomeadamente entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional, acessível através de *software* e que permite a construção virtual desse mesmo edifício (Lino et al., 2012).

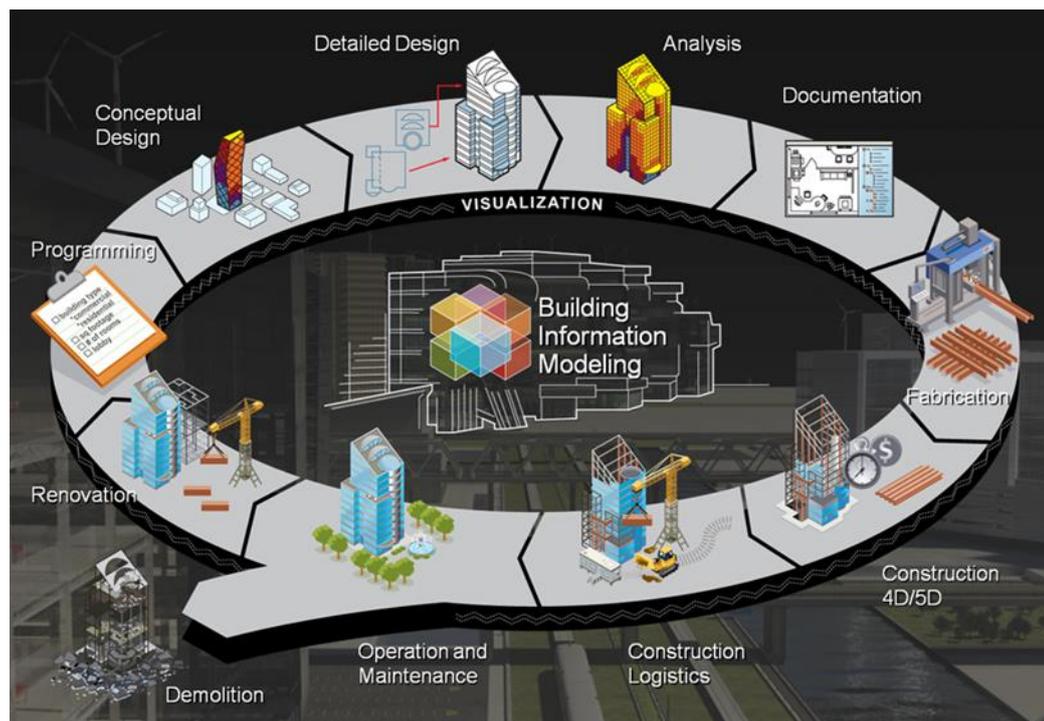


Figura 3. O ciclo de vida de um edifício BIM (Dispenza, 2010).

A figura 3 representa todas as fases do ciclo de vida de um edifício, onde os sistemas BIM podem intervir. As potencialidades desta metodologia não terminam quando se conclui a construção. Continuam ao longo de toda a vida do edifício.

O BIM sistematiza assim, um conjunto de políticas, processos e tecnologias interrelacionados, e proporciona uma metodologia para gerir o projeto do edifício e os seus dados, num formato digital, ao longo da vida do edifício (Lino et al., 2012).

O valor ganho para as várias partes interessadas de um modelo único é a compilação de dados fiáveis e acessíveis partilhados ao longo de todo o ciclo de vida da construção (Parreira, 2013).

Deste modo consegue-se uma maior eficiência energética ao longo de todo o ciclo de vida do edifício, visto que a informação em tempo real introduzida no BIM permite que alterações sejam realizadas com vista à melhoria dos processos necessária à obtenção dessa eficiência energética superior (D. A. E. Antunes, 2013).

2.3 Software BIM

Ao longo dos últimos anos, diversas empresas no ramo de programação de aplicações computacionais dedicaram-se à criação ou atualização dos seus programas para fazerem face à evolução das

necessidades dos gabinetes de engenharia e arquitetura implementando a metodologia BIM. Estes programas são capazes da criação de cortes, mapas de medições e custos de forma automática. É também possível a verificação de interferências entre objetos. Os objetos são criados e guardados em livrarias, sendo possível aceder e alterar os mesmos em qualquer altura, podendo estes serem usados em todos os projetos da empresa (Fontes, 2010).

Não existe ainda no mercado uma solução de aplicativo que individualmente dê resposta completa ao desafio de criar um compêndio completo. Assim, os diversos *softwares* encontrados possuem funcionalidades que se complementam, aplicáveis a cada fase do desenvolvimento do empreendimento, cabendo aos utilizadores escolher quais os mais adequados às suas necessidades (Pissarra, 2010).

Realça-se ainda que, associados aos principais *softwares*, existe um número significativo de empresas que desenvolvem componentes (extensões), que estendem as potencialidades dos mesmos, ou facilitam a troca de informação com outros *softwares* do âmbito da Engenharia Civil, como por exemplo, com o Microsoft Project, frequentemente utilizado no planeamento (Pissarra, 2010).

Na fase de projeto, as três principais ferramentas são o Revit da Autodesk, o ArchiCAD da Graphisoft e o Bentley Architecture, da Bentley. Depois, especificamente para orçamentação, existe o Affinity da Trelligence e o DProfiler da Beck, que diferem dos anteriores por serem mais virados para as fases de planeamento e projeto preliminar, nas quais outros aplicativos têm mais dificuldade em produzir estimativas (Picotês, 2010).

Um estudo elaborado em 2007 pela AECbytes - revista que faz a revisão de *softwares* com aplicabilidade na indústria da construção - com a intervenção de um grupo internacional de 5500 assinantes na internet, revela a percentagem de utilização dos diferentes *softwares* BIM comerciais. Os resultados estão resumidos na figura seguinte (Figura 4):

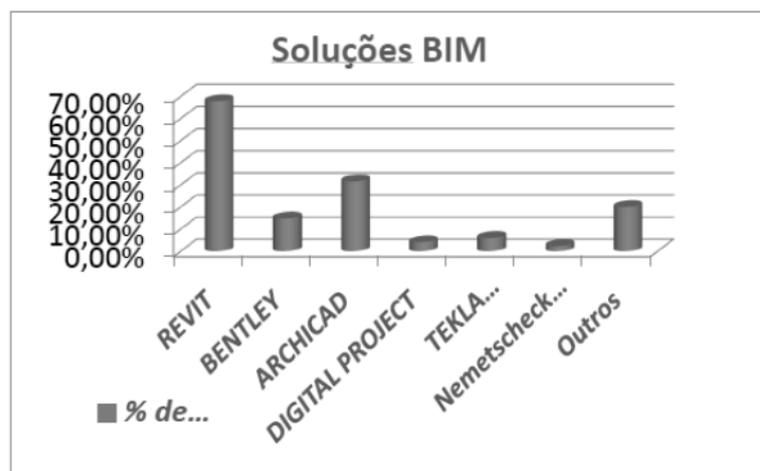


Figura 4. Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes (Picotês, 2010).

Lista não exaustiva de programas BIM disponíveis no mercado (J. M. P. Antunes, 2013):

Autodesk

O Revit permite a modelação de arquitetura, de estruturas e de redes técnicas (sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos). No Revit, toda a informação do modelo é armazenada numa única base de dados. Assim, à medida que o projeto evolui, as alterações podem ser automaticamente coordenadas. Possui um sistema de deteção de colisões e incompatibilidades entre os elementos. Além disso, possibilita o cálculo automático e detalhado das quantidades e materiais, volume de espaços para análises energéticas e estimativas de custo. O Navisworks é vocacionado para a gestão de projetos. Permite que projetistas e profissionais da construção unam contribuições num modelo de informação único e sincronizado, ao possibilitar que membros da equipa compartilhem, combinem, revisem e aperfeiçoem modelos de projeto 3D.

Graphisoft

O Archicad é o software BIM de arquitetura há mais tempo no mercado e pode correr em plataforma Mac e Windows. Através do modelo de informação 3D, toda a informação necessária relativamente à conceção arquitetónica e estrutural – cortes e alçados, pormenores, listas de quantidades de materiais, imagens “renderizadas”, animações virtuais – podem ser obtidos. Permite ainda, a modelação de redes técnicas e, na versão 16, a avaliação energética foi também incluída. O Archicad possui também soluções de colaboração entre os membros da equipa, designadas por “conceito teamwork”.

Bentley

O Bentley Architecture encontra-se no mercado desde 2004. O sistema integra diversas ferramentas que permitem a modelação de arquitetura, de estruturas, de sistemas mecânicos e elétricos, e ainda, a gestão de edifícios.

Todos os modelos podem ser desenvolvidos utilizando o desenho tradicional 2D ou o desenho avançado 3D, sendo as ferramentas e a interface a mesma em ambos os casos.

Relativamente a interoperacionalidade, permite integrar numa única plataforma toda a informação do projeto que pode ser acessível através da rede da empresa ou através da Internet. Suporta os formatos mais *standard* como PDF, IFC, DGN, DWG e VRML.

Tekla

O Tekla Structures permite a criação e gestão de modelos estruturais 3D altamente detalhados e precisos, para uma edificação eficaz, independentemente do material ou complexidade estrutural. Os modelos do Tekla podem ser utilizados em todo o processo de construção, *design* conceptual, fabricação, montagem e gestão de construção. Inclui configurações específicas para engenheiros estruturais, preparadores e projetistas de estruturas metálicas e betão *in situ* e pré-fabricado, fabricantes, e também empresas de construção e gestão de edifícios.

Nemetschek

A gama de produtos Allplan oferece uma escolha consistente em BIM no sector da construção. Um modelo BIM desenvolvido através do Allplan pode ser usado em diversas soluções Allplan que cobre, entre outros, betão, aço, estruturas pré-fabricadas assim como sistema AVAC e gestão. Permite ainda, a obtenção automática das quantidades, e conseqüentemente, estimativas de custo e orçamentos.

VicoSoftware

O Vico Software é vocacionado para a gestão da construção, destinado ao estudo do BIM 4D e 5D. Permite receber, integrar e associar diversos modelos BIM. Por exemplo, o Arquiteto pode contribuir com um modelo desenvolvido em Archicad; o Engenheiro com o projeto de estruturas em Tekla; o Engenheiro Mecânico com um modelo em Revit MEP. Depois de interligados, são identificados e corrigidos os conflitos. De seguida, o Vico Office consegue extrair o mapa de quantidades de todos os elementos construtivos, sendo possível estimar os custos, possibilitando reconhecer quais as decisões que têm maior impacto no orçamento e no tempo. Possibilita, deste modo, métodos de planeamento e

controlo de produção mais flexíveis, tais como a Linha de Equilíbrio, em oposição à tradicional rede CPM e gráfico de Gantt.

2.4 Gestão da construção

A principal vantagem de utilizar a tecnologia BIM é indubitavelmente, a possibilidade de poupar tempo e dinheiro. Um rigoroso modelo BIM beneficia toda a equipa de intervenientes no projeto. Com efeito, permite um melhor controlo da gestão da construção, uma vez que torna possível otimizar a duração da obra, diminuir os custos e detetar antecipadamente potenciais erros e omissões de projeto (J. M. P. Antunes, 2013).

Os processos BIM mais comuns são utilizados para a interpretação e visualização, clarificação do âmbito (ou caderno de encargos), coordenação das especialidades, deteção de colisões, validação dos desenhos, planeamento da construção e faseamento (Parreira, 2013).

Num processo baseado em BIM a tecnologia e as ferramentas permitem a visualização e colaboração em 3D, para além disto existe um elevado potencial de informação que pode ser explorada, analisada, sincronizada e ligada parametricamente (Parreira, 2013).

São reconhecidas as potencialidades que um modelo BIM 3D apresenta. Estes modelos são perfeitos relativamente à sua visualização, à implementação do projeto no ambiente circundante, e até à interação dos visitantes com o edifício. Mas estas potencialidades não ficam por aqui. Para tal recorrem-se à quarta e quinta dimensão BIM (VICO, 2014).

2.4.1 4D BIM

O modelo 4D é uma derivação do modelo 3D onde é adicionado o parâmetro “Tempo”. Esta dimensão permite a análise das fases da construção do edifício (VICO, 2014).

A quarta dimensão de um modelo BIM consegue simular a sequência da construção e avaliar as melhores alternativas do projeto (H. D. C. de Sousa, 2013).

O principal objetivo do BIM 4D é o fornecimento de uma ferramenta que irá ajudar as equipas de construção a visualizar as questões logísticas e ineficiências, expondo pormenores, tais como trabalhos feitos fora da sequência da construção ou conflitos de planeamento entre as várias especialidades da construção (EngWorks, 2014).

2.4.2 5D BIM

Muitas técnicas convencionais de estimativa, que dependem de medições bidimensionais de desenho, têm um considerável potencial para ambiguidades, ineficiência e erro. Um modelo de projeto tridimensional remove a ambiguidade e potenciais inconsistências nas estimativas de quantidade de um projeto (EngWorks, 2014).

Na quinta dimensão BIM introduz-se ao projeto o parâmetro “Custo”. Esta dimensão fornece o cronograma de custos; organiza todos os dados com custos e preços, taxas de produtividade do trabalho e desempenho de processo; e proporciona várias estimativas de custo-alvo, para que se possam perceber rapidamente as respetivas evoluções (VICO, 2014).

Além disso, quando o projeto é alterado, o impacto nos custos pode ser calculado em tempo real, permitindo que o proprietário a tomar as melhores decisões com base nesta informação (EngWorks, 2014).

2.5 Vantagens BIM

Os BIM surgem como uma tecnologia de tal forma promissora que se pode afirmar que quaisquer esforços no sentido de melhorar gestão de informação devem ser enquadrados num modelo de informação. Entre as potenciais vantagens identificadas para a indústria da construção, associadas à adoção deste tipo de tecnologia, contam-se as seguintes (J. P. da S. P. Martins, 2009):

- a. Pesquisa e obtenção eficientes de documentos específicos;
- b. Propagação de alterações rápida e direta;
- c. Automatização de fluxos de trabalho;
- d. Compilação da informação relevante;
- e. Integração de processos de produção e de gestão documental que resultam numa economia de esforços ao nível administrativo;
- f. Simplificação da recolha de informação produzida em projetos anteriores ou proveniente de fontes de informação externas;
- g. Criação de condições favoráveis para a realização simultânea do trabalho de diversos projetistas, resultando em prazos mais curtos para o desenvolvimento de projetos;
- h. Eliminação da introdução repetitiva de dados, evitando-se os erros associados;

- i. Redução de esforços redundantes relacionados com a repetição de tarefas de projeto e com as verificações das especificações elaboradas;
- j. Aumento de produtividade devido a uma partilha de informação mais rápida e isenta de ruído;
- k. Simplificação da introdução de modificações em projetos;
- l. Melhoria da cooperação interdisciplinar.

Dadas as potencialidades da tecnologia BIM, se houver a pretensão de melhorar a gestão da informação, devem ser desenvolvidos esforços para que estas melhorias sejam integradas num modelo de informação. O caminho oposto conduziria a uma extinção dessas tentativas de melhoria, dado que o aparecimento de tecnologias mais evoluídas comprometeria o seu desenvolvimento ou mesmo a sua existência (Picotês, 2010).

Com a implementação dos BIM é induzida uma alteração nas práticas de trabalho usuais. Uma das vantagens destas alterações é a antecipação de decisões de projeto e acontecimentos que só seriam detetáveis na fase de construção. Desta forma, há uma maior redução de custos, já que estes são maiores quanto mais tarde forem efetuadas as alterações. Esta economia é justificada através da visualização na Figura 5, comparando a linha 3 com a linha 4 (Ferreira, 2011).

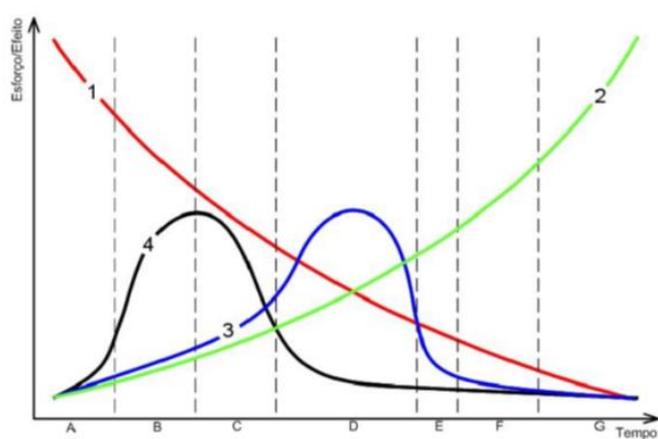


Figura 5. Vantagens da antecipação na tomada de decisões. Curva de MacLeamy (Ferreira, 2011).

- 1. Possibilidade de produzir impacto nos custos e aspetos funcionais do projeto;
 - 2. Custo de alterações produzidas no projeto;
 - 3. Processo tradicional;
 - 4. Processo alternativo.
- A. Promoção;

- B. Estudo prévio;
- C. Projeto;
- D. Projeto de execução;
- E. *Procurement*;
- F. Gestão da construção;
- G. Operação.

Analisando a figura concluímos que relativamente aos processos tradicionais há maior impacto na fase de execução, traduzido pela proximidade da zona de maior custo de alterações produzidas no projeto. Já no processo alternativo (BIM) o impacto é incidente nas fases de estudo prévio e de projeto.

Como todos os detalhes relativos a uma determinada construção estão centralizados no mesmo lugar e disponíveis a todos os que no projeto trabalham, torna-se mais fácil coordenar as tarefas entre os arquitetos, engenheiros e restantes agentes envolvidos no processo. Com o aumento significativo da capacidade de colaborar e coordenar, reduzem-se as perdas de informação, levando à consequente redução de custos e de tempo necessário à construção de um dado edifício (D. A. E. Antunes, 2013).

Esta evolução é significativa e transcende largamente a simples criação de mais uma ferramenta informática para o sector: os BIM representam um novo paradigma na construção (J. P. da S. P. Martins, 2009).

2.6 Desvantagens BIM

Apesar do enorme potencial reconhecido nos BIM, observa-se que a sua adoção por parte da comunidade de potenciais utilizadores é muito diminuta. Estudos realizados em diferentes países revelam que apenas uma minoria dos técnicos do sector experimentaram já ferramentas BIM e que, entre estes, a larga maioria os utiliza apenas como ferramenta de desenho, tirando partido das suas funções de representação em 3 dimensões (J. P. da S. P. Martins, 2009).

Quando há alterações de processos e rotinas de trabalho, há sempre riscos e dificuldades associados.

Segundo certos autores, as barreiras que se encontram na aplicação dos BIM dividem-se em duas categorias: barreiras processuais e barreiras tecnológicas (Ferreira, 2011).

Nas barreiras processuais o autor refere:

- a. O mercado ainda não está preparado para receber os BIM, pois está numa fase de inovação;
- b. A obra ou o empreendimento já está financiada e o projeto completo, não valendo a pena a implementação dos BIM;
- c. Custos e curva de aprendizagem demasiado elevados;
- d. Todos têm que estar dispostos na utilização dos BIM para o esforço valer a pena;
- e. Há demasiadas barreiras legais e estas são demasiado caras para se alterar;
- f. A questão da apropriação do modelo e da gestão vai ser muito exigente com os recursos do proprietário.

Para os riscos e barreiras tecnológicas expõe:

- a. A tecnologia está pronta para uma única disciplina, mas não para o projeto integrado;
- b. As normas ainda não estão definidas ou amplamente adotadas.

BIM é uma tecnologia em crescimento. Apesar de ter as suas desvantagens, um dos pontos mais positivos é o facto de se focar no futuro. Esta tecnologia tem o potencial para se tornar o líder da indústria da construção, e é do interesse da maioria das empresas começar a conversão em direção a estes processos. Quanto mais o BIM é utilizado, mais dados são recolhidos e armazenados durante a vida de um projeto, mais benefícios são retirados, tais como o ganho de conhecimento e capacidades por parte dos utilizadores. A tecnologia ganha cada vez mais potencial e em busca de novas vantagens em todas as áreas do projeto (Wammen, 2010).

2.7 Interoperacionalidade BIM

Dada a quantidade de aplicações BIM existentes, e tendo em conta a filosofia de partilha de informação entre vários utilizadores que lhe está subjacente, torna-se importante a possibilidade de transferir informação entre utilizadores de aplicações BIM distintas. Nas ferramentas CAD tradicionais, a troca de informação entre aplicações distintas é muito complicada, sendo impossível em alguns casos. Para evitar este tipo de problemas nas ferramentas BIM, tornou-se necessária a adoção de um formato compatível com todas as aplicações computacionais para permitir a passagem de informação entre programas (Fontes, 2010).

Na atual situação do sector da Engenharia Civil, cada interveniente possui ferramentas digitais próprias com as quais cria a sua informação, procurando estabelecer com cada um dos intervenientes com quem se relaciona e a partilha o necessário acordo relativamente aos formatos dos ficheiros que são

disponibilizados. De modo geral, os formatos definidos pelos agentes que intervêm mais a montante no ciclo de vida do empreendimento, acabam por ser os predominantes (Pissarra, 2010).

A interoperabilidade é definida como a capacidade que os sistemas possuem de comunicar entre eles de forma transparente e eficaz. Sendo o BIM utilizado por diversos agentes de variadíssimos ramos de atividade, a interoperabilidade torna-se fundamental no sentido de agregar todas as capacidades inerentes à realização de um dado projeto (Burt, 2009).

Para a troca de dados entre aplicações são utilizados arquivos baseados em diferentes formatos de partilha. A necessidade de troca de dados entre aplicações não é algo recente na construção civil. Desde as primeiras aplicações CAD 2D já existiam formatos capacitados para troca de alguns tipos de dados (Picotês, 2010).

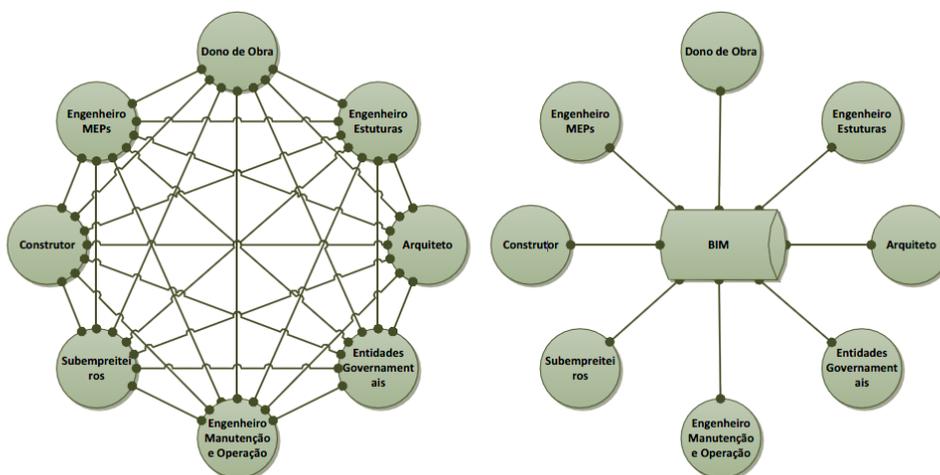


Figura 6. Comunicação no modelo tradicional construção e no modelo BIM (Parreira, 2013)

Para se poder otimizar a aplicação dos BIM, é crucial que os dados nele contidos sejam partilhados entre os diversos intervenientes da equipa de projeto, sendo a interoperabilidade um fator determinante, representado na figura 6. Se tal não acontecesse, estar-se-ia a fazer uma duplicação de dados ao reintroduzi-los noutras aplicações utilizadas pela equipa, causando custos acrescidos desnecessários (Ferreira, 2011).

Segundo (The American Institute of Architects, 2009), sem a interoperabilidade de *software* verifica-se:

- a. Aumento de despesas para a indústria da construção e para o proprietário na formação e requalificação profissional em várias plataformas;
- b. Aumento do desperdício de tempo, materiais, energia e dinheiro;

- c. Declínio da produtividade com reintrodução de dados, várias versões e verificação de documentos, bem como fluxo de trabalho;
- d. Perda de acessibilidade aos ficheiros no futuro;
- e. A indústria de *software* não vai alcançar um desenvolvimento robusto de análise e simulação de ferramentas e interfaces necessárias para responder à rápida mudança da indústria.

Uma grande parte da indústria beneficiaria atualmente com a interoperabilidade. Esta permite acelerar os processos, reduzir desperdícios e cortar nos custos. Tem benefícios económicos associados a custos de produção mais baixos, operação de peças padronizadas e processos automatizados (Ferreira, 2011).

2.7.1 Industry Foundation Classes

Enquanto as aplicações baseadas em modelos de geometria estão bastante enraizadas na indústria da construção (AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção), a necessidade para a execução de um modelo de dados específico para a construção é um paradigma de execução complexa. As aplicações atualmente existentes como Graphisoft ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley Architecture e Autodesk Architectural Desktop têm modelos de dados internos proprietários, uma vez que são pedidos pelos fornecedores comerciais. Este fator leva à impossibilidade de comunicação das suas ricas bases de dados entre as aplicações, a menos que sejam desenvolvidos tradutores específicos. O IFC é um modelo de construção similar, mas não é proprietário. A especificação do IFC é um formato de dados neutro para descrever, trocar e partilhar informações normalmente utilizadas no sector da construção (Ferreira, 2011).

O formato IFC (Industry Foundation Classes) pela International Alliance for Interoperability em 1995, sendo que desde 2005 este tem sido desenvolvido e mantido pela buildingSMART International (Digital Vision Automation Inc., 2009).

O modelo IFC (Industry Foundation Classes) é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para os BIM. O IFC é um formato criado para ser usado no planeamento, no projeto, na construção e gestão do edifício, sendo o seu principal objetivo permitir que a informação seja eficazmente partilhada entre os sistemas de informação, a interoperacionalidade. Para que isto seja possível o modelo IFC tem que capturar as informações mais importantes de forma consistente, já que é impossível capturar todas (Picotês, 2010)

Segundo alguns autores, o IFC é o maior e mais elaborado modelo de informação do edifício desenvolvido para a indústria da construção. Este é resultado do consenso possível, até ao momento, entre muitos profissionais da indústria da construção sobre processos de projeto. Este modelo consiste em entidades que descrevem elementos físicos do edifício, conceitos abstratos, processos, intervenientes, etc. Como exemplo de tipos de entidades pode-se citar: a geometria, a topologia, os elementos do edifício, os equipamentos, os mobiliários, as relações entre elementos da construção, os espaços e as estruturas espaciais, os intervenientes, os planos de trabalho, as classificações, a pesquisa e recuperação de informações sobre produtos (Picotês, 2010).

O modelo IFC está certificado pela ISO como ISO/PAS 16739 e em processo de se tornar International Standard ISO 16739. O IFC aperfeiçoa a comunicação, a produtividade, o tempo de entrega e a qualidade em todo o ciclo de vida de um edifício. O esquema de dados inclui informação relativa ao longo de todos os processos do ciclo de vida do edifício: desde a conceção à remodelação ou demolição (buildingSMART, 2014).

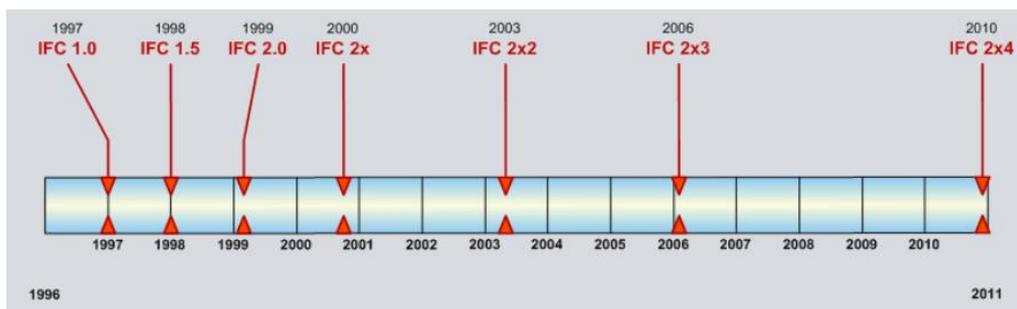


Figura 7. Várias versões lançadas do modelo IFC (Liebich, 2010).

Podemos verificar através da figura 7, a implementação de todas as versões do formato IFC, com o objetivo de alcançar uma linguagem sólida, estável e que seja suportada pelos diferentes *softwares*. Atualmente a versão mais recente IFC é o IFC4 implementado em 2010.

Como se trata de um formato aberto, não pertence a nenhum dos fabricantes de aplicações computacionais. Este é específico para a indústria da construção e permite a transição de informação entre especialidades e programas. A informação transferida diz respeito a objetos presentes no modelo, tais como pilares, vigas, paredes, lajes, entre outros, assim como informação referente a cada objeto (por exemplo a descrição do material) e ligações entre objetos. Fica assim garantido que todo o modelo criado é transferido sem perdas de informação (Digital Vision Automation Inc., 2009).

O IFC aperfeiçoa a comunicação, a produtividade, o tempo de entrega e a qualidade em todo o ciclo de vida de um edifício. Reduz a perda de informações durante a transmissão de um aplicativo para outro,

com padrões estabelecidos para objetos análogos na indústria da construção. O seu formato apoia-se na troca de dados entre processos em vários domínios, tais como arquitetura, engenharia estrutural, construção e instalações (Ferreira, 2011).

Recentemente, muitas das grandes empresas de *software* BIM, tais como Graphisoft, Tekla, e Nemetschek, uniram-se e lançaram a iniciativa “OpenBIM” sob a alçada da BuildingSmart. Esta permite que as suas aplicações de troca de dados sejam bem mais interoperacionais. Até este momento, esta iniciativa está mais relacionada com marketing do que com desenvolvimento tecnológico, porém devemos estar atentos e analisar possíveis benefícios futuros, para além daqueles que o IFC já oferece (Khemlami, 2012).

2.8 Implementação

Na adaptação ao BIM cada membro deve contribuir com a sua informação e perceber a importância da sua qualidade. A implementação BIM envolve várias partes interessadas com diferentes âmbitos, expectativas e necessidades, que convergem no final para um objetivo comum de execução eficaz e eficiente de um empreendimento. Já que todos potencialmente podem beneficiar, todos devem suportar os custos inerentes ao uso e implementação desta tecnologia (Parreira, 2013).

No plano de implementação os principais pontos a serem abordados são os seguintes (National Institute of Building Sciences, 2007):

- a. Identificação dos objetivos, do valor estratégico e uso específico da tecnologia;
- b. Desenho do processo BIM - garantir que funciona com os processos existentes. Identificar onde os novos processos requerem mudanças na organização. Definir mapas de processo;
- c. Troca de informação e colaboração - partilhar informação nas várias fases é crítico para o sucesso, devendo-se garantir que a equipa seja flexível neste âmbito.
- d. Infraestrutura tecnológica necessária - Requisitos de *hardware*, *software* e *network*.

Estes esforços no sentido de dinamizar o processo de integração dos BIM podem ser apoiados pelos seguintes aspetos (Picotês, 2010):

- a. Uma quantidade significativa de promotores beneficiar as propostas baseadas num BIM;
- b. Redução dos preços das aplicações BIM comerciais;
- c. Formação relacionada com estes sistemas desde o nível académico;
- d. Promover a entrada no mundo de trabalho a pessoas com formação sobre esta tecnologia;

- e. Aparecimento de mais entidades formadoras e demonstradoras deste tipo de sistemas;

Durante a implementação existe um custo inicial necessário e uma perda de produtividade associada, aceite pela generalidade. Este custo e perda de produtividade acontece enquanto se obtêm os recursos necessários, à medida que se evolui na curva de aprendizagem.

Os construtores que ultrapassam a fase inicial, em média entre 6 a 18 meses, experienciam os benefícios, incluindo aumento de produtividade, redução dos custos de garantias, redução de erros no terreno e por algum tempo uma vantagem competitiva à medida que o mercado atinge maturidade na utilização da tecnologia BIM. Os principais obstáculos à sua implementação incluem incerteza sobre matérias legais, aversão à mudança, custo do investimento inicial, tempo necessário de aprendizagem, falta de uma plataforma de *software* apropriada, e falta de suporte da gestão de topo (The Associated General Contractors of America, 2006).

Ainda assim, a tecnologia BIM não está a ser implementada tão rapidamente como o esperado inicialmente. Para tal ocorrência, contribuem aspetos técnicos e de gestão. Nos primeiros pode-se evidenciar a necessidade de definir corretamente os modelos dos processos transacionais, de modo a eliminar os problemas de interoperabilidade, a obrigação dos dados do projeto poderem ser alterados digitalmente e ainda do desenvolvimento de estratégias práticas para a permuta e a integração intencional de informações relevantes entre os vários componentes do modelo. Para os aspetos de gestão podem contribuir a falta de documentos instrutivos sobre a implantação dos BIM. Há uma necessidade de normalizar o processo BIM e definir guias de implementação. Há ainda que definir quem deve desenvolver e operar os modelos de informação e como devem os custos de desenvolvimento e operacionais ser distribuídos (Ferreira, 2011).

2.9 Disseminação

Os últimos anos vieram confirmar que na indústria da construção portuguesa não abunda competitividade. As evidências deste facto estão à vista de todos: prazos ultrapassados, orçamentos excedidos, segurança deficiente e fraca qualidade são constatações comuns nas obras em Portugal (J. Pedro Couto & Teixeira, 2005).

A falta de formação específica, a insuficiente preparação de projeto e a falta de transparência nos processos da construção são as principais razões apontadas para a deficiente gestão de obras (Moura & Teixeira, 2007).

A sustentabilidade do sector passa cada vez mais por exigir eficiência em todas as fases de intervenção, desde o projeto, à conceção e à exploração. As metodologias BIM e *Lean* dão uma importante contribuição para que se atinjam os patamares de competitividade desejados, originando melhores fluxos de trabalho e melhor controlo de custos e de prazos de execução (Clemente, 2012).

Em Portugal o conceito BIM está pouco desenvolvido e ainda é pouco conhecido apesar de alguns gabinetes de projeto realizarem já os seus trabalhos segundo esta metodologia.

Também na fase de construção existem já alguns programas-piloto desenvolvidos. Um dos principais desafios encontrados na adoção da metodologia BIM em Portugal é a capacidade de mudar a mentalidade existente no sector (D. A. E. Antunes, 2013).

Se analisarmos a evolução do sector nos últimos trinta anos, em comparação com outros sectores da atividade económica, verifica-se que ainda há muitos trabalhos e serviços que se executam da mesma forma, daí podemos verificar a enorme dificuldade que existe para implementar novas metodologias e conceitos (Azevedo, 2009).

Ao contrário do que se passa em Portugal, noutros países, mais concretamente nos Estados Unidos da América, na Finlândia, na Noruega, na Suécia e no Reino Unido, o cenário é bastante diferente, pois existem diversos casos de sucesso com a implementação da metodologia BIM, talvez devido ao facto da cultura dos países nórdicos ser bastante mais recetiva às mudanças do que os países latinos (Azevedo, 2009).

No passado dia 28 de novembro de 2012 foram dados alguns passos importantes no sentido de introduzir a metodologia no nosso País através da realização do 1º Workshop Nacional BIM subordinado ao tema “BIM em Portugal: O estado da arte e o futuro” que contou com diversos testemunhos e partilha de experiências bastante alargada, organizado em parceria entre o Grupo de Trabalho BIM PTPC e o BIMFórum Portugal (D. A. E. Antunes, 2013).

Na base da determinação nacional para uma adoção alargada do BIM (*Building Information Modeling*), e segundo a opinião generalizada dos intervenientes, deverá dar-se criação de normas BIM nacionais de modo a uniformizar e regular a sua utilização no nosso País, sendo que a possibilidade de obrigação de adoção desta nova metodologia também foi colocada em cima da mesa, à imagem do que se verifica já noutros países (Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção, 2012).

Os aspetos fundamentais para a otimização da implementação do BIM em Portugal passam não só pelo envolvimento dos vários profissionais do processo construtivo como também pela criação de redes

de colaboração onde a informação poderá circular mais eficientemente entre todos, e ainda pela capacidade de interoperacionalidade entre sistemas e a “standardização” de procedimentos (D. A. E. Antunes, 2013). Torna-se extremamente evidente as vantagens na utilização desta metodologia.

Para António Ruivo Meireles, Coordenador do Grupo de Trabalho BIM, foi alcançado o objetivo da organização, tendo-se lançado a base para a dinamização do conceito em Portugal (Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção, 2012)

Não restam dúvidas, que a adoção do BIM na indústria da construção percorreu um longo caminho, desde a introdução do termo em 2002. A maioria das grandes empresas mundiais, utilizam esta metodologia na maioria dos seus projetos, tratando-se já de um processo padronizado nesta indústria. Seria necessária uma procura minuciosa, para encontrar alguém a trabalhar nesta indústria, que ainda não tenha ouvido falar acerca do BIM (Khemlami, 2012).

2.10 Legislação BIM

Atualmente, em Portugal, não existe nenhuma legislação nem orientação sobre o BIM, no entanto, já se podem encontrar várias iniciativas transversais às empresas, aos organismos do estado e às universidades, que procuram estudar boas práticas que possam vir a servir de orientação inicial para a implementação do BIM, como sejam o BIMFORUM Portugal ou o grupo de trabalho da Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção (Lino et al., 2012).

Existe então uma tendência internacional de se promoverem iniciativas nacionais que visem a criação das bases à obrigatoriedade do BIM em obras públicas e conseqüentemente na promoção privada. A título de exemplo, temos que na Finlândia, a Finnish Transport Agency estabeleceu como meta para 2014 solicitar que todos os seus grandes projetos de infraestrutura sejam executados em BIM. Na Dinamarca, a Bygnings Informations Modelling definiu que, a partir de 2012, os projetos públicos (ou com 50% de verbas públicas) com valor superior a 2.7 milhões são obrigatoriamente em BIM. Na Noruega, a Statsbygg, agência responsável por construir e gerir edificações públicas, usa BIM para todos os novos projetos. Na Holanda, desde novembro de 2011 que o BIM é obrigatório para projetos públicos com valor superior a 10 milhões. No Reino Unido, iniciou-se um programa público em 2012, tendo-se definido que até 2016 todos os projetos públicos deverão ser em ambiente BIM. Nos EUA, desde setembro de 2006 que o BIM é obrigatório em todos os projetos suportados pela GSA. Em

Singapura foi definida a obrigatoriedade para projetos grandes até 2013 (Arquitetura) e 2014 (Engenharia) (Meireles, 2013a).

Com a intenção de modernizar os processos de adjudicação de projetos de obras públicas, o Parlamento Europeu emitiu uma recomendação oficial, em janeiro de 2014, para a submissão obrigatória do projeto com o respetivo modelo BIM (Hansford & Wynne, 2014).

Estas diretivas surgem no seguimento de iniciativas semelhantes em países como o Reino Unido, a Holanda, a Dinamarca, a Finlândia e a Noruega, que já estabeleceram um período limite de dois anos para a implementação total do novo quadro de trabalho. De agora em diante, todos os países da União Europeia serão encorajados a implementar esta metodologia, com o objetivo de reduzir custos e erros de projeto, bem como modernizar o processo de construção (Hansford & Wynne, 2014).

3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: BIM

3.1 Enquadramento

O conhecimento e o acesso à informação são essenciais para se atuar e obter níveis de desempenho e qualidade acrescidos. Uma das formas de acompanhar e capitalizar as mudanças impostas pelos mercados é através da implementação de sistemas de informação altamente competentes e concebidos diretamente para o processo de negócio de uma empresa (Cunha, 2012).

Segundo alguns autores, um sistema de informação recolhe, processa, armazena e distribui informação numa organização tendo em vista que a informação esteja acessível a quem dela necessita. Um sistema de informação é assim um sistema de atividade humana que poderá ser suportado por computadores (Carvalho, 1996).

A abundância e complexidade da informação da indústria da construção juntamente com a falta de gestão da mesma têm levado a indústria a tornar-se cada vez mais fragmentada e com falta de competitividade (Henriques, 2012).

A implementação de sistemas de informação nas empresas potencia a informação, desenvolve melhores meios e métodos de atualização e de desenvolvimento de atividades, maximiza a eficácia e rentabilidade, oferecendo às organizações um rápido retorno do investimento realizado no sistema de informação (Cunha, 2012).

Apesar de se verificar cada vez mais o recurso a sistemas de informação, há ainda um grande percurso a desenvolver para tornar a sua utilização mais vasta. Um dos passos que pode ser dado é a integração da informação decorrente da monitorização de estruturas nos sistemas *Building Information Models* (BIM). Na figura 8 está representado um exemplo de um modelo criado com esta tecnologia.

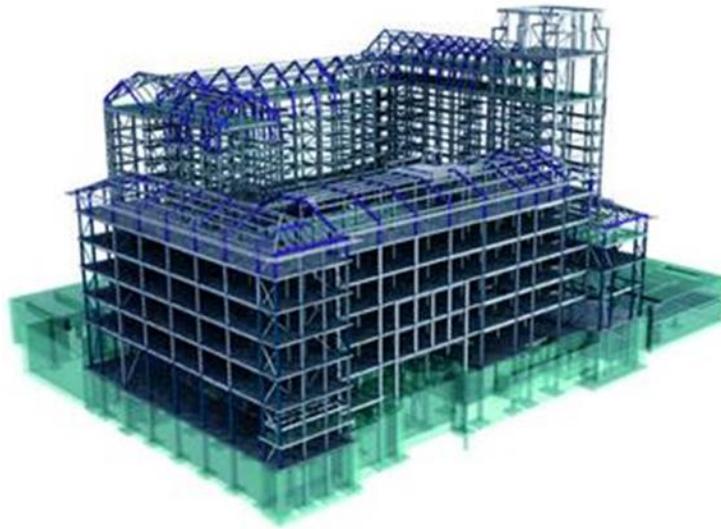


Figura 8. Exemplo de um modelo BIM (McKenzie Construction Corporation, 2014)

Estes são sistemas de gestão de informação que têm associados o princípio, a automatização e integração da informação. Uma gestão adequada da informação é significativamente importante porque representa a base para comunicar (Ferreira, 2011).

3.2 Relação do BIM e interoperabilidade

Atualmente, mesmo com as novas tecnologias e os preços acessíveis de computadores e *software*, parte da indústria da construção ainda opera como há décadas. Apesar de serem geradas enormes quantidades de informação a cada projeto, a partilha da mesma entre os participantes é inconsistente (Jacoski, 2003).

Um dos principais problemas no desenvolvimento de sistemas BIM está na falta de entendimento destes pelos profissionais da indústria da construção. O BIM enquanto processo de trabalho envolve, sobretudo, a comunicação e a colaboração entre diferentes profissionais e empresas ligadas ao setor da construção (Andrade & Ruschel, 2009).

Na construção civil, as fases necessárias para projetar e construir um empreendimento envolvem profissionais de áreas distintas com um objetivo comum. Num ambiente de gestão com qualidade, todas as fases do processo construtivo devem estar voltadas para o atendimento das necessidades de informação de todos os intervenientes. No entanto, problemas relacionados com a cooperação são um grande entrave para atingir esse fim (Picotês, 2010).

Um modelo de determinado projeto BIM é a soma de vários modelos BIM produzidos por pessoas diferentes com diferentes níveis de detalhe e utilizando diferentes *software* (Figura 9). Por sua vez, podem produzir ficheiros em formatos distintos (Henriques, 2012).

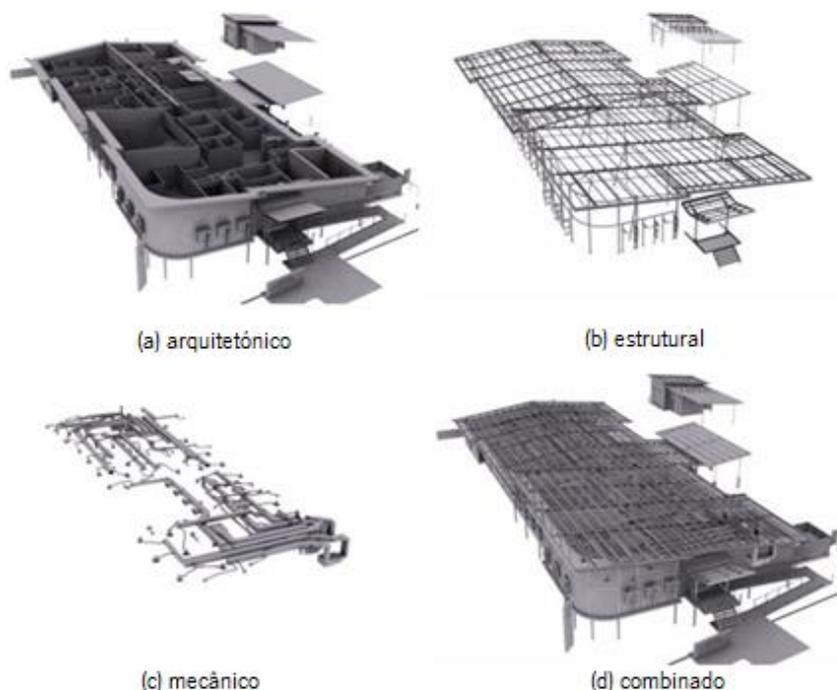


Figura 9. Diversos modelos BIM referentes a um projeto de construção (Steel, Drogemuller, & Toth, 2009)

Como exemplos de modelos BIM que podem fazer parte de um único projeto referem-se os seguintes (Henriques, 2012):

- Modelo do estaleiro (terreno, edifícios vizinhos, paisagem);
- Modelo da arquitetura (paredes, pavimentos, coberturas, circulação, objetos especiais);
- Modelo estrutural (sistemas estruturais);
- Modelos das diferentes especialidades (eletricidade, sistemas mecânicos, abastecimento de água, combate a incêndios, águas residuais);
- Modelos especiais (equipamento, acabamentos, estruturas provisórias).

Assim, esta diversidade de possibilidades faz com que a troca de informação entre os modelos BIM e *software* seja um enorme desafio. Esta nova metodologia sobrepõe-se ao tradicional processo que era o de tocar informação entre os intervenientes do projeto sob a forma de desenhos e documentos (Steel & Drogemuller, 2009).

Atualmente, o desenvolvimento de *software* BIM prende-se com a criação de ferramentas apropriadas para cada especialidade que sejam capazes de comunicar e trabalhar facilmente em conjunto com as outras aplicações (J. M. P. Antunes, 2013). Chamamos interoperacionalidade a esta capacidade de interação e troca de dados entre distintas aplicações.

Para que a informação estruturada e coordenada dos sistemas BIM possa fluir em todas as fases dos projetos de construção, a existência de interoperacionalidade é obrigatória (Hamil, 2012). Este autor define os seguintes três níveis de interoperacionalidade:

1. Interoperacionalidade entre *software* do mesmo fornecedor

Este método de interoperacionalidade é o mais fácil e simples, e ocorre quando o *software* utilizado pelos vários intervenientes do projeto é proveniente do mesmo fornecedor. Dentro do setor da construção, um bom exemplo deste método é a equipa de instalação de redes, o arquiteto e o engenheiro estrutural trabalham todos em modelos 3D distintos, utilizando várias versões do Autodesk Revit. Estes modelos distintos podem, então, ser sobrepostos e agrupados, obtendo deste modo, modelo combinado que pode ser utilizado pela equipa de planeamento e gestão da construção, recorrendo o Autodesk Navisworks. Este tipo de interoperacionalidade traz grandes benefícios em termos de coordenação e planeamento dos trabalhos e evita conflitos entre a estrutura e as diversas especialidades.

2. Interoperacionalidade entre *software* de diferentes fornecedores

No entanto, um edifício não pode ser totalmente projetado e construído utilizando o *software* a partir de um único fornecedor. Por exemplo, a equipa de projeto precisa de ferramentas específicas de análise, o construtor de ferramentas de gestão de obra e estimativas de custos. Diferentes intervenientes necessitam de diferentes ferramentas. É assim inevitável que se recorra, a determinada altura, a *software* de diferentes fornecedores. Para tal, é necessário estabelecer regras de comunicação que determinem como os dois *software* devem comunicar entre si. Esta comunicação é extremamente importante, pois pode facilmente reduzir o número de erros/conflitos e facilitar a coordenação da informação num projeto.

3. Interoperacionalidade através de normas abertas de dados (open data standards)

A função dos *open data standards* é definir onde a informação deve estar para ser exibida ou transferida entre diferentes *software*. Na área da informação, este processo é algo trivial para inúmeros serviços, tais como o de correio eletrónico (e-mail). De fato, é com alguma naturalidade que qualquer

uma pessoa consegue receber um e-mail utilizando diferentes softwares. Isto acontece porque, nesta área, estão perfeitamente definidas as normas de dados e assim, a informação é transferida entre aplicações de forma correta. Na indústria da construção distingue-se o *open data standards* bem consolidados: o Industry Foundation Classes (IFC). A sua utilidade será permitir que informação de diferentes fontes e diferentes *softwares* trabalhem em conjunto para melhorar o fluxo de trabalho na construção (Henriques, 2012).

Dada a quantidade de aplicações BIM existentes, e tendo em conta a filosofia de partilha de informação entre vários utilizadores que lhe está subjacente, torna-se importante a possibilidade de transferir informação entre utilizadores de aplicações BIM distintas. Para evitar os problemas da troca de informação entre estas aplicações, tornou-se necessária a adoção de um formato compatível com todas as aplicações computacionais para permitir a passagem de informação entre programas (Fontes, 2010).

Assim sendo, é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado atualmente é o Industry Foundation Classes (IFC). O IFC é o principal instrumento pelo qual é possível estabelecer a interoperacionalidade dos aplicativos de *software* da indústria da construção (Andrade & Ruschel, 2009).

Está a ser realizado, através do modelo IFC, um enorme esforço para conseguir a interoperacionalidade entre os diferentes *softwares* BIM. Este trabalho está a ser desenvolvido por várias empresas, no entanto, é preciso muito tempo para se conseguir a interoperacionalidade total, que muitos acreditam que será impossível de atingir (Picotês, 2010).

3.3 Níveis de desenvolvimento de um projeto BIM

Na utilização da tecnologia BIM a informação tem um valor muito importante e, tal como o modelo, vai percorrer diversos níveis de maturação em que vão sendo incorporados cada vez mais detalhes (Figura 10). O ciclo de construção de um empreendimento é constituído por diversas fases, distintas, que devem ser respeitadas. Assim, torna-se essencial estabelecer um paralelismo entre o processo de modelação e as diversas fases do projeto no sentido de garantir que o modelo BIM se adapta ao processo tradicional da indústria, permitindo que os diversos intervenientes são capazes de retirar informação suficiente numa dada fase para desenvolverem as suas atividades (Silva, 2013).



Figura 10. Nível de desenvolvimento do modelo (Silva, 2013).

Com a finalidade de estruturar o processo de modelação, o American Institute of Architects (AIA) publicou o documento *AIA Document E202* onde estabelece um protocolo para os níveis de desenvolvimento esperados (The American Institute of Architects, 2008).

Level of Development (LOD), ou em português Nível de Desenvolvimento, é um critério para definir a maturidade e usabilidade de um BIM em diferentes fases de um projeto. É geralmente expresso como uma série progressiva de números que correspondem a níveis de pormenorização distintos e gradualmente crescentes, relacionados com diferentes etapas da conceção e utilização de um edifício. Assim os primeiros três níveis são aplicados à fase de projeto, o quarto à construção e o quinto à operação e manutenção do edifício (Silva, 2013).

Os LOD são baseados nos componentes do modelo e não nos modelos como um todo, ou seja, não existem modelos BIM com determinados LOD que representam as fases do desenvolvimento de um projeto de construção mas sim, modelos BIM que possuem componentes com determinados LOD consoante as especificidades e objetivos do projeto de construção (Henriques, 2012).

Os cinco LOD definidos pelo *AIA Document E202* são os seguintes:

- LOD 100 – Este nível é baseado nos volumes e nas formas gerais dos elementos. Não se dispõe de outras informações a não ser o tamanho grosseiro dos elementos representado por dimensões básicas como a área em planta, o volume e a forma genérica. As finalidades para este LOD são análises, estimação de custos e planeamento (Henriques, 2012).
- LOD 200 – Este modelo é um pouco mais desenvolvido. Tem, em geral, informação suficiente para permitir uma análise básica do sistema estrutural nomeadamente através da exportação para ferramentas específicas de cálculo automático de estruturas. Alguns elementos do modelo podem incluir informação não geométrica que possa ser usada para a estimativa de custos. O modelo pode incluir uma aparência escalada no tempo dos elementos principais com o intuito de assistir o faseamento e planeamento da obra (Silva, 2013).

- LOD 300 – Neste nível de desenvolvimento deveria existir informação suficiente para a preparação dos documentos tradicionais da construção ao nível de projeto de execução. Os elementos podem incluir informação adicional não geométrica que pode ser usada pela equipa de projeto ou construção. Este modelo pode ser usado para criar modelos analíticos para o projeto de estruturas, podendo também ser usado como base para a preparação de desenhos para fornecedores, e para a compilação de mapas de trabalhos e quantidades da obra e estimativa de custos para a construção (Silva, 2013).
- LOD 400 – Tal como no nível anterior, os elementos são precisos em termos de quantidades, dimensões, formas, localização e orientação. Porém, neste nível os elementos devem conter ou terem disponível de alguma forma detalhes em duas dimensões relacionados com o seu projeto, montagem e fabricação, para além de outras informações que permitam realizar análises precisas aos mesmos e obter informações precisas sobre os custos (Henriques, 2012).
- LOD 500 – Este nível pode ser considerado uma representação digital *asbuilt* da construção. Neste nível de desenvolvimento, todos os elementos e sistemas são modelados de acordo com a construção e precisos em todos os detalhes. Este nível é adequado para operações de utilização e manutenção, para além de ser utilizado quando se pretende realizar *renderings* de alta qualidade (J. M. P. Antunes, 2013).

Através da definição de nível de desenvolvimento BIM apresentado pelo *AIA Document E202* é possível estabelecer um paralelismo entre estes níveis e as fases de projeto definidas na Portaria n.º 701-H/2008¹.

No decurso das várias fases até ao projeto de execução, o trabalho de projeto vai avançando em várias frentes com condicionalismos e implicações entre as várias especialidades envolvidas. Há então necessidade de coordenação dessas diversas especialidades de projeto (João Pedro Couto, 2010).

As fases que geralmente se consideram pela portaria acima mencionada são:

- Programa preliminar;
- Programa base;
- Estudo prévio;
- Projeto base;
- Projeto de execução.

¹ Portaria n.º 701-H/2008 publicado a 29 de julho de 2008 em Diário da República, 1.ª série – N.º 145. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações

Programa preliminar

É um documento fornecido pelo Dono da Obra ao autor do projeto para definição dos objetivos, características orgânicas e funcionais e condicionamentos financeiros da obra, bem como dos respectivos custos e prazos de execução a observar.

Programa base

Trata-se de um documento elaborado pelo autor do projeto de acordo com as condições expressas no programa preliminar, resultando da particularização deste, da verificação da sua viabilidade e do estudo de soluções alternativas, eventualmente mais favoráveis ou mais ajustadas às condições locais do que a enunciada no programa preliminar. Depois de aprovado pelo Dono da Obra, serve de base ao desenvolvimento das fases posteriores do projeto.

Estudo prévio

Elaborado pelo autor do projeto, depois da aprovação do programa base, visando o desenvolvimento da solução programada, essencialmente no que respeita à conceção geral da obra. O estudo prévio será constituído por peças escritas e desenhadas e por outros elementos informativos, de modo a possibilitar ao Dono da Obra a fácil apreciação das soluções propostas pelo autor do projeto e o seu confronto com as exigências do programa base.

Anteprojeto

Um desenvolvimento, pelo autor do projeto, do estudo prévio aprovado pelo Dono da Obra, destinado a esclarecer os aspetos da solução proposta que possam dar lugar a dúvidas, a apresentar com maior grau de pormenor alternativas de soluções difíceis de definir no estudo prévio e, de um modo geral, a assentar em definitivo as bases a que deve obedecer a continuação do estudo sob a forma de projeto de execução.

Projeto de execução

Documento elaborado pelo autor do projeto, a partir do estudo prévio ou do anteprojeto aprovado pelo Dono da Obra, destinado a constituir, juntamente com o programa de concurso, o caderno de encargos, o processo a apresentar a concurso para adjudicação da empreitada ou do fornecimento e a facultar todos os elementos necessários à boa execução dos trabalhos.

O projeto de execução, ou simplesmente projeto, será apresentado por forma a constituir um conjunto coordenado das informações escritas e desenhadas de fácil e inequívoca interpretação por parte das entidades intervenientes na execução da obra.

Seguindo as recomendações da divisão em vários níveis de desenvolvimento e fazendo uma sobreposição com as fases definidas na portaria nacional é possível estruturar os vários níveis em fases, adaptando assim este conceito à realidade portuguesa, apresentado pela figura 11 (Silva, 2013):

- LOD 100 – Programa Base;
- LOD 200 – Estudo Prévio/ Anteprojeto;
- LOD 300 – Projeto de Execução;
- LOD 400 – Preparação de Obra, Construção e Montagem;
- LOD 500 – Modelo Virtual – após construção.

Fase do Projeto	LOD				
	100	200	300	400	500
Programa Preliminar					
Programa Base					
Estudo Prévio					
Anteprojeto					
Projeto de Execução					
Assistência Técnica					

Figura 11. Relação entre as fases de projeto definidas na Portaria nº701-H/2008 e o LOD

Entende-se que a metodologia proposta pela AIA não é rígida, sendo por isso adaptável à taxionomia da Portaria. Caberá aos responsáveis pela gestão de cada empreendimento definir os limites, as responsabilidades e as intervenções de cada ator do processo (Pissarra, 2010).

3.4 Sistemas BIM

À medida que o BIM evolui para uma das tecnologias mais avançadas na indústria da construção, cada vez mais empresas de *software* estão a aplicar os seus produtos nesta área cheia de potencial (Jiang, 2011).

Ao longo dos últimos anos diversas empresas no ramo de programação de aplicações computacionais dedicaram-se à criação ou atualização dos seus programas para fazerem face à evolução das necessidades dos gabinetes de engenharia e arquitetura implementando a metodologia BIM. Estes programas são capazes da criação de cortes, mapas de medições e custos de forma automática. É

também possível a verificação de interferências entre objetos. Os objetos são criados e guardados em bibliotecas, sendo possível aceder e alterar os mesmos em qualquer altura, podendo estes serem usados em todos os projetos da empresa (Fontes, 2010).

Uma pesquisa realizada a 424 empresas de construção no Reino Unido mostra que várias ferramentas BIM já foram adotadas na indústria da construção. A Figura X mostra a participação de mercado de várias ferramentas BIM, que são utilizadas por estas empresas de construção. Recorrendo aos dados apresentados na figura 12 conclui-se que o *software* BIM desenvolvido pela Autodesk é o mais utilizado, seguindo-se da Graphisoft e da Bentley (Becerik-Gerber & Rice, 2010).

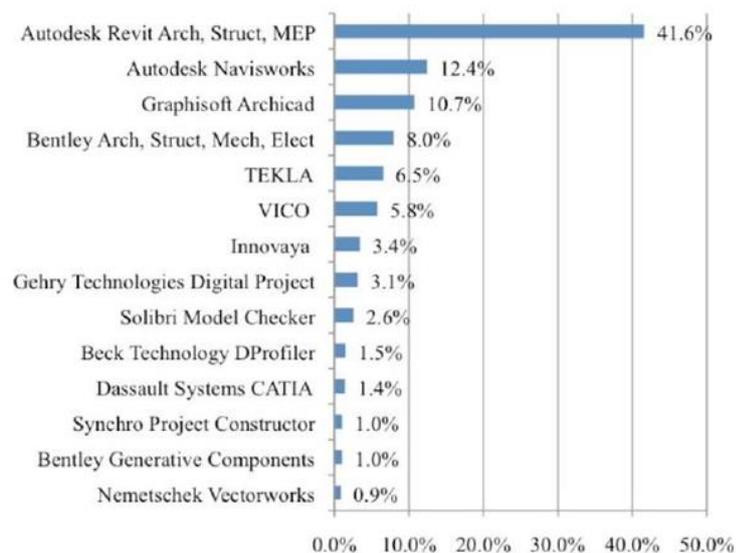


Figura 12. Utilização dos sistemas BIM na indústria da construção (Becerik-Gerber & Rice, 2010).

Os sistemas BIM têm sido utilizados em diferentes fases durante o ciclo de vida do projeto, tais como programa preliminar, programa base, estudo prévio, projeto base e projeto de execução. Cada sistema BIM apresenta distintas características e capacidades, logo as empresas que adquirem estes *softwares* devem basear a sua escolha nas capacidades pretendidas (Jiang, 2011).

Assim sendo, optou-se por dividir os sistemas BIM em dois grupos distintos. O primeiro grupo é constituído pelos sistemas de modelação, ferramentas BIM destinadas em concreto à modelação da arquitetura, estrutura e redes e instalações do projeto. E o segundo grupo constituído pelos sistemas de gestão, ferramentas que através das ferramentas de modelação são capazes de obter informação essencialmente relacionada com a gestão da construção, como por exemplo, mapas de quantidades ou estimativas de custos.

3.4.1 Sistemas de modelação

3.4.1.1 Autodesk Revit

O Revit é considerado o líder de mercado e talvez a melhor ferramenta atualmente para o uso do BIM no processo de projeto arquitetónico (Ribeiro, 2009).



Figura 13. Logotipo do Autodesk Revit

O primeiro *software* BIM da Autodesk foi introduzido no mercado em 2002. O Revit Architecture era exclusivamente vocacionado para a conceção de arquitetura, sendo rapidamente adotado pelas empresas de arquitetura que utilizavam a metodologia BIM.

Após alguns anos de desenvolvimento, o Revit evoluiu para um produto que pode oferecer suporte a várias funções durante o processo de construção. O Revit Architecture para o projeto arquitetónico, o Revit MEP para o projeto de engenharia elétrica e o projeto de canalização e o Revit Structure para o projeto estrutural (Jiang, 2011).

O Revit Architecture possibilita a modelação BIM, tendo sido este criado para utilização por parte dos arquitetos. O Revit MEP tem como função o desenho e análise das soluções mecânicas, elétricas e hidráulicas. Ajuda a reduzir os erros através de uma simples coordenação entre as especialidades de engenheiros e arquitetos. O Revit Structure possibilita a modelação de vários tipos de materiais, tais como aço, betão armado feito em obra ou pré-fabricado, alvenaria e madeira. O modelo pode ser partilhado por vários utilizadores sendo este guardado num único local central (Fontes, 2010).

O arquiteto fornece à equipa de engenharia o modelo do edifício previamente criado em Revit Architecture. O engenheiro extrai toda a informação relevante do modelo. Serão adicionados sobre o modelo de arquitetura os elementos estruturais necessários para que o conjunto, arquitetura e engenharia, trabalhem de forma correta e eficaz. Em qualquer uma das fases do projeto as alterações efetuadas, quer por parte do engenheiro quer por parte do arquiteto, irão ser controladas e assinaladas automaticamente pelo monitor de coordenação de Revit, eliminando assim erros de coordenação, de

desenho e de alterações tornando o modelo uma peça fiável e interligada na perfeição em projeto, como o deverá ser em obra (Micrográfico, 2007).

A maioria das ferramentas de *software* da Autodesk pode suportar vários formatos de arquivos, que incluem: DGN, DWG, DWF, DXF, IFC, SAT, SKP, AVI, ODBC, gbXML, BMP, JPG, TGA, e TIF. Os vários formatos dos arquivos suportados, permite que estes *softwares* sejam compatíveis com produtos de outras empresas (Jiang, 2011)

Os seus pontos fortes são a facilidade de aprendizagem e interface acessível ao utilizador, possui uma grande variedade de bibliotecas disponíveis. Conta ainda com atualizações automáticas de documentação e suporta operações simultâneas de mais de um utilizador. Os pontos fracos são a forma como utiliza a memória do computador, com perdas significativas de desempenho para grandes projetos. Também não oferece suporte para superfícies curvas complexas (Ribeiro, 2009).

3.4.1.2 Graphisoft ArchiCAD

O Archicad é a mais antiga ferramenta BIM do mercado. A Graphisoft começou a comercializar o Archicad no início dos anos 80, e atualmente é o único aplicativo BIM disponível para o Apple Macintosh. Recentemente este *software* foi adquirido pela Nemetschek, uma empresa Alemã popular em CAD (Ribeiro, 2009).

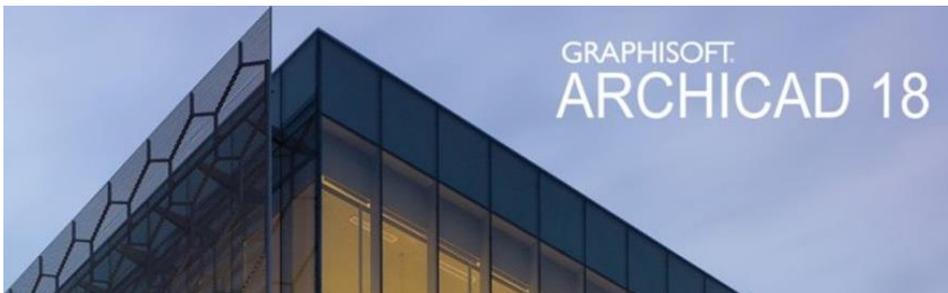


Figura 14. Logotipo do Graphisoft Archicad 18

Nos dias de hoje, o ArchiCAD está disponível simultaneamente para a plataforma da Apple e do Windows. Uma característica especial do ArchiCAD é o Virtual Building Explorer, uma navegação em 3D em tempo real reforçada com a gravidade, controle de camada, reconhecimento de saída e orientações pré-gravadas. O ArchiCAD inclui também uma ferramenta de análise integrada para realizar a função de análise de energia no seu modelo BIM. Suporta uma gama direta de interfaces: Maxon para a modelagem de superfície curva e animação, ArchiFM para gestão e Sketchup para desenho em 3D. Contém também bibliotecas para os utilizadores com um *Open Database Connection* (ODBC) da

interface. O MEP Modeler é outro produto chave da Graphisoft, uma extensão para o ArchiCAD, que é usada para Tubos MEP de modelagem, acessórios, dutos e outros. A Graphisoft incorpora extensas bibliotecas no seu *software*. No entanto, estas ferramentas têm algumas limitações na modelagem paramétrica (Jiang, 2011)

Durante a modelação de um edifício ou numa fase posterior é possível definir os objetos estruturais e não estruturais, tornando assim mais fácil a interoperabilidade com aplicações estruturais. É também possível definir o faseamento construtivo, definindo a fase em que cada objeto será colocado em obra (Fontes, 2010).

O Archicad suporta várias interfaces diretas com outros *softwares* para modelagem de superfícies curvas ou até gestão de infraestruturas. Possui uma interface intuitiva o que facilita a aprendizagem de utilização. Os seus pontos negativos são algumas limitações na sua capacidade paramétrica, que não oferece suporte para algumas operações booleanas, ou seja, adição, subtração e interseção de sólidos. Por ser um aplicativo baseado no uso de memória do computador, oferece restrições na escolha de grandes projetos. Aconselha-se a dividir grandes projetos em módulos para facilitar o desempenho (Ribeiro, 2009).

Este programa conta com um servidor BIM com o objetivo de permitir que o trabalho em equipa e em simultâneo seja eficiente. Este servidor é muito eficaz pois apenas copia a parte do modelo necessário para o trabalho a desenvolver por cada utilizador e atualiza apenas as alterações, tornando o processo muito mais rápido. Esta aplicação não possui um módulo de estruturas, no entanto, a Graphisoft recomenda o uso de uma das seguintes aplicações computacionais para o efeito: Scia Engineer, Tekla Structures, SAP2000, ETABS, Revit Structure, FEM-Design, AxisVM, Tricalc, CYPECAD (Fontes, 2010).

Esta ferramenta pode suportar vários formatos de arquivos, que incluem: DXF, DWG, IFC, PDF, XLS, entre outros.

3.4.2 Sistemas de gestão

Há cerca de 70 anos, verificou-se uma das grandes conquistas do Mundo da construção – a construção do *Empire State Building* foi concluída num ano e quarenta e cinco dias. Hoje em dia, poucas empresas de construção estariam dispostas, ou mesmo poderiam, comprometer-se a construir um edifício de tal magnitude num tão curto espaço de tempo (VICO, 2014).

Com estes desafios, só através da tecnologia de construção virtual, proprietários de imóveis, construtores em geral, e gestores de construção podem melhorar a previsibilidade do projeto, reduzir

riscos, controlar custos e otimizar planeamentos em grandes projetos de construção e de execução complexa (VICO, 2014)

Num setor da construção cada vez mais exigente e em que a sua sustentabilidade passa por se exigir cada vez mais de todas as fases de intervenção, desde o projeto à conceção, a metodologia BIM é uma contribuição bastante importante para que se atinjam patamares de perfeição mais elevados, controlando melhor os prazos de execução (4D) e os custos (5D) (Azevedo, 2009)

Neste ponto serão abordados os principais sistemas de gestão BIM mais vocacionados para o BIM 4D e 5D. Serão apresentados em pormenor os sistemas Vico Software e Autodesk Navisworks, e evidenciadas as suas ferramentas e funções direcionadas à gestão da construção. Estes dois sistemas são aqueles que apresentam maior procura no mercado, bem como os melhores resultados relativamente à gestão da construção.

3.4.2.1 Vico Software

O Vico Software é uma aplicação de gestão da construção integrada que potencia os modelos 3D BIM para modelos 4D e 5D. As características e potencialidades deste *software* tornam-se extremamente interessantes para as empresas do setor da construção. É considerada a melhor ferramenta BIM vocacionada para a gestão da construção.



Figura 15. Logotipo do Vico Software

A filosofia deste *software* assenta nas seguintes soluções (VICO, 2014):

- A **Visualização 3D**, que permite a organização e visualização dos modelos relacionados com o empreendimento (arquitetura, estrutura e MEP).
- A **Deteção de Conflitos**, que numa fase inicial é crítica para uma execução contínua do trabalho nas frentes. O Vico Office *Constructability Manager* é um produto específico para este fim que disponibiliza uma solução integrada para a deteção de conflitos e coordenação para que as equipas possam identificar e resolver problemas na fase de planeamento.

- A **Preparação do Mapa de Quantidades** (*Vico Takeoff Manager - QTO*) deriva das divisões de quantidades por localização do modelo BIM que resultam em estimativas e calendarizações mais precisas.
- A **Calendarização e Controlo da Produção 4D** é a solução combinada entre o *Vico LBS Manager*, *Vico Schedule Planner*, *Vico Production Controller* e *Vico 4D Manager*. O *LBS Manager* permite a divisão do modelo em partes mais pequenas e mais facilmente geridas. O que vai permitir a atribuição de equipas por localização e otimizar o processo de coordenação e sequência de trabalho das especialidades. Estas localizações servem depois para as medições de quantidades de áreas específicas e a calendarização das mesmas. O *Schedule Planner* utiliza um método baseado num fluxo de trabalho contínuo para as diferentes especialidades, combinando as quantidades por localização com equipas e a sua taxa de produtividade. O *Production Controller* mede o trabalho realizado em cada localização e compara com o valor planeado. O *4D Manager* permite a visualização do faseamento construtivo aumentando a comunicação e trabalho de equipa com as outras partes interessadas.
- A **Orçamentação 5D** é composta pelo *Cost Planner* e *Cost Explore*. O primeiro baseado no conceito de custo target promove um ambiente de comparação de versões de estimativas essenciais para o controlo global do projeto. O segundo, utilizando o QTO, permite a composição dos preços discriminados por itens, localização e tipo. Estão ligadas ao modelo BIM sendo automaticamente atualizadas. À medida que o detalhe do modelo aumenta ou a informação sobre os preços e produtividade é conhecida são conhecidas são compostas estimativas mais precisas. Permite avaliar os impactos de alterações e análises de valor de um modo eficiente.
- O **Relatório da gestão da construção** consiste na gestão dos modelos e versões para a partilha de informação entre a equipa e os vários departamentos para entrega de relatórios de progresso, cargas de recursos, alterações aos projeto e outros relatórios customizados.

O Vico Software começa por definir o processo de construção virtual (*Virtual Construction Process*), identificando as etapas do respetivo fluxo de trabalho. Este procedimento é descrito na figura 16, sendo iterativo, entre as várias fases de desenvolvimento do empreendimento.

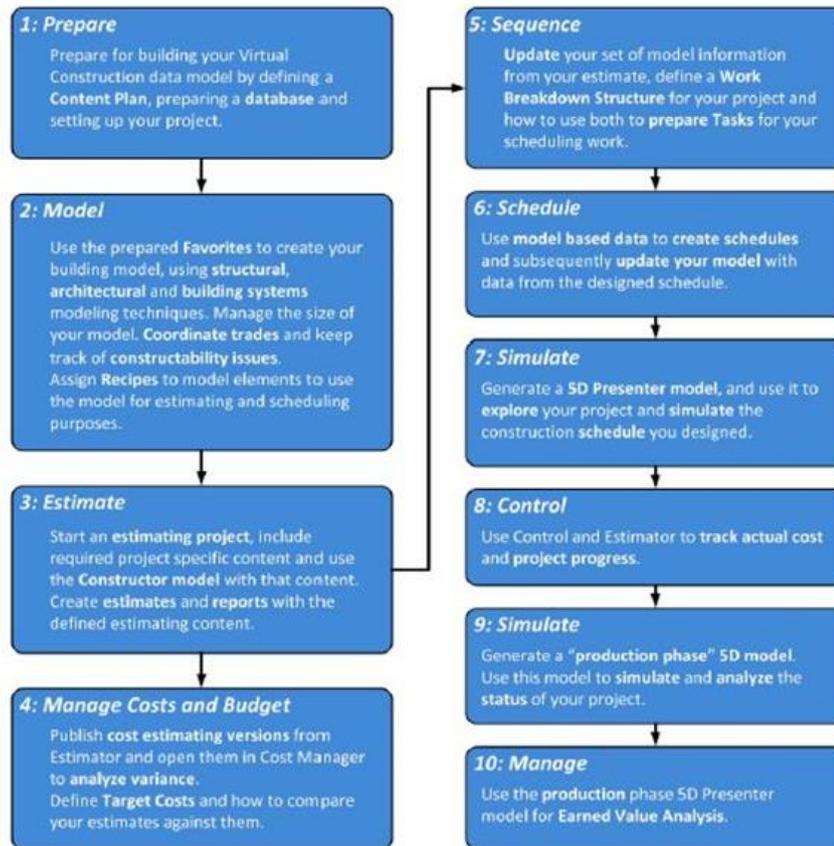


Figura 16. Procedimento do fluxo de trabalho da construção virtual (Vico, 2008)

O processo de construção virtual oferece a base para às empresas de construção uma visão de futuro que permite economizar tempo e dinheiro, ao criar rapidamente simulações do custo e tempo de execução do projeto. A construção virtual permite coordenar o projeto e o planeamento da construção, e sincronizar e analisar as mudanças entre o projeto, custos e calendarização (Vico, 2008)

O uso da construção virtual nos projetos de construção pode ser dividido em três fases principais (Figura 17): projeto, planeamento e produção (Vico, 2008).

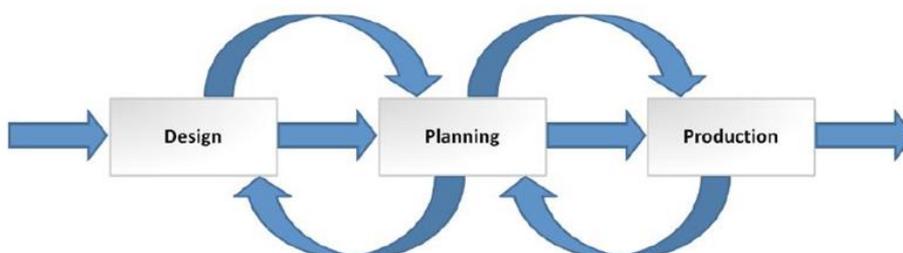


Figura 17. Representação esquemática do processo iterativo de desenvolvimento do empreendimento (Vico, 2008)

Na fase de projeto, as informações de projeto integrado 5D pode ser usado para criar um modelo de construção de planos do projeto para fins de coordenação e de visualização, para criar estimativas

baseadas em modelos precisos e comparar várias versões, estimar custos e fornecer *feedback* visual (Vico, 2008).

Na fase de planejamento, o Vico Software pode ajudar a definir o zonamento do projeto, para podermos analisar alternativas das diversas fases da construção e simular o seu cronograma (Vico, 2008).

Durante a fase de produção, é possível usar as informações do projeto 5D para acompanhar o andamento da construção e realizar previsões. É possível também visualizar o desenrolar dos trabalhos através de simulações e gráficos (Vico, 2008)

O diagrama abaixo (Figura 18) apresenta um processo completo de construção virtual, que apresenta todas as fases do projeto identificadas anteriormente.

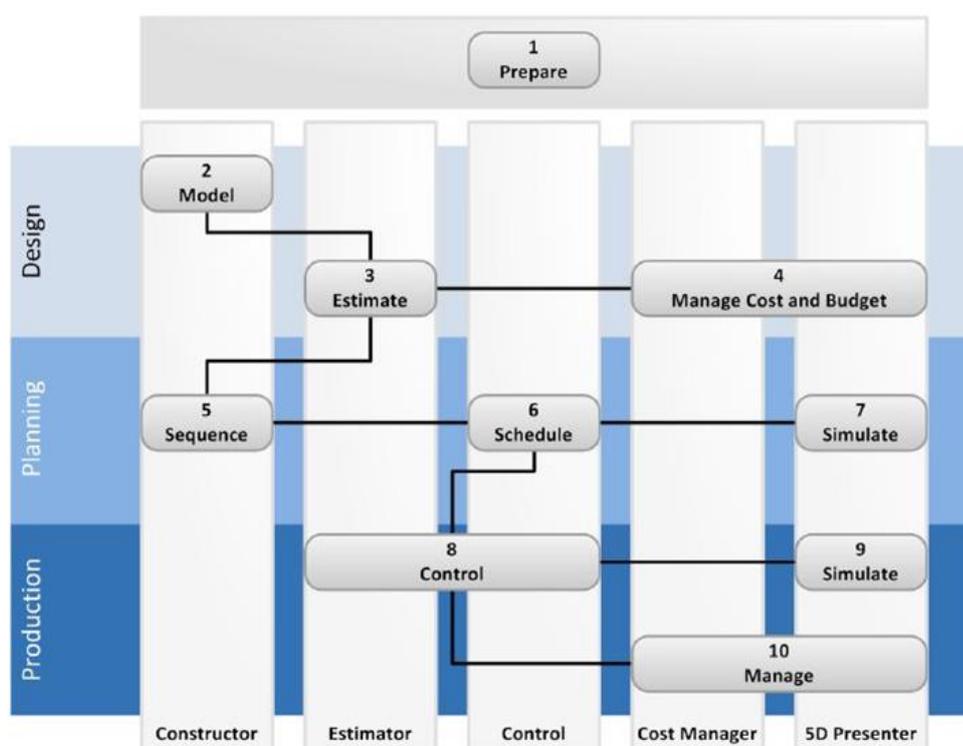


Figura 18. Processo de construção virtual (Vico, 2008).

As três fases que constituem o processo da construção virtual estão agora divididas em fases específicas de intervenção que são as seguintes:

1. Preparação
2. Modelo
3. Estimativas

4. Gestão de custo e orçamento
5. Sequencia dos trabalhos
6. Calendarização
7. Simulações
8. Controlo
9. Simulações
10. Gestão

A estrutura de estimativa do Vico Software baseia-se, essencialmente, em três níveis: receita, método e recursos. O nível receita é composto por um ou mais métodos (atividades como colocar cofragem, colocar armadura, betonar), e o método consiste em um ou mais recursos (materiais, mão-de-obra, entre outros). Isto permite às receitas serem completamente flexíveis, o que torna possível o seu uso em quaisquer circunstâncias e para diversos fins, tais como representar a quantidade de área de pavimento com determinado custo por metro quadro, analisar o custo pormenorizado dos elementos de betão tendo em conta a cofragem, armaduras e acabamentos. Esta flexibilidade também permite análises de custo do projeto nas diversas fases, para além da possibilidade de facilmente acompanhar a evolução dos custos à medida que a fase de conceção de projeto evolui (J. M. P. Antunes, 2013).

Para além das ferramentas de estimativa, possui as ferramentas de otimização do planeamento e calendarização das atividades da construção, baseado na Linha de Equilíbrio. A Linha de Equilíbrio é um método gráfico de calendarização que permite ao planeador levar explicitamente em conta o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de atividades, executadas pelas várias equipas de trabalho em diferentes localizações. A utilização desta técnica permite um maior entendimento da relação entre atividades na medida em que é bastante simples perceber rapidamente o que está a acontecer no projeto e fazer a comparação com o avanço real dos trabalhos. A técnica representa sobretudo uma mais-valia na otimização e controlo da produção (H. Sousa & Monteiro, 2011).

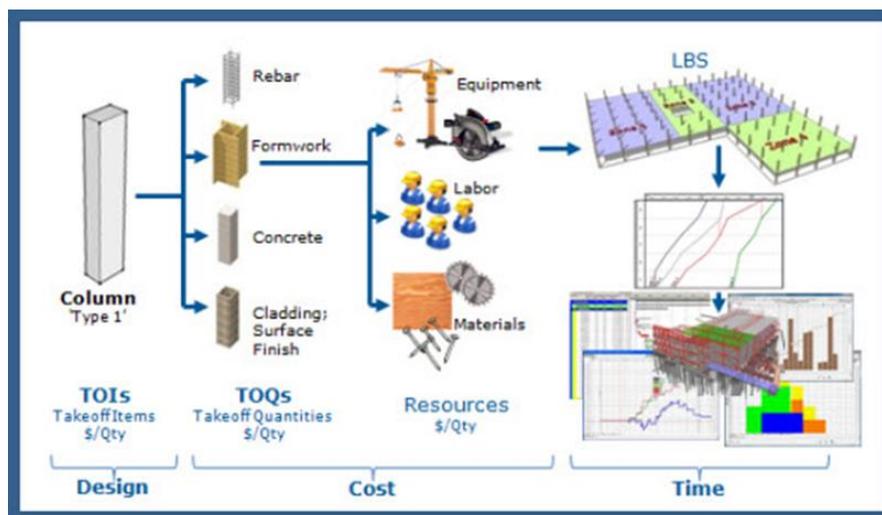


Figura 19. Metodologia das ferramentas Vico Software (VICO, 2014).

As novas ferramentas informáticas de aplicação da Linha de Equilíbrio foram desenvolvidas de raiz para se incorporarem num fluxo BIM - LOB, isto é, para partirem da ferramenta de modelação do edifício, e beneficiando da estrutura interligada dos modelos BIM, baseada em ligações paramétricas, produzem automaticamente uma parte substancial da informação necessária para desenvolver o planeamento em LOB (H. Sousa & Monteiro, 2011).

Com efeito, o Vico interliga a informação acerca das quantidades desde o modelo de informação e, depois, representa o diagrama de linhas com definição do início e duração das atividades. Este processo é, posteriormente, ajustado até que todo o projeto esteja otimizado em relação à produtividade de equipas e localizações no projeto, evidenciado pela figura 20 (J. M. P. Antunes, 2013).

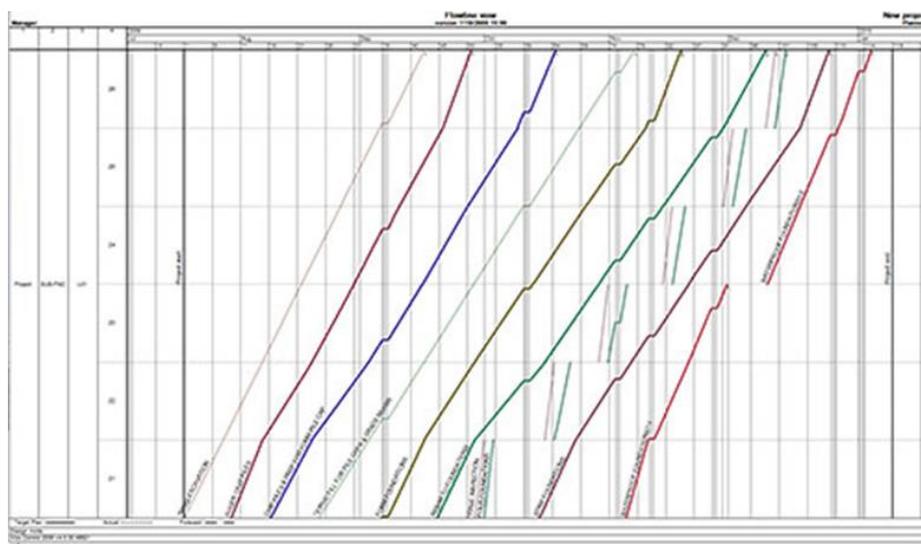


Figura 20. Otimização da produtividade utilizando Linha de Equilíbrio (VICO,2014).

O Vico Software é compatível com aplicações como o Revit, Tekla, ArchiCAD, CAD-Duct, ficheiros em formato IFC, SketchUp e ficheiros 3D DWG.

O *software* e os serviços desenvolvidos pela Vico estão a revolucionar a maneira como planeamos os projetos. Estas ferramentas fornecem um salto quântico na nossa capacidade de comunicar com o arquiteto e as diferentes especialidades, o que leva a uma grande redução das ineficiências, do desperdício, e do refazer dos trabalhos que têm vindo a danificar a nossa indústria.

3.4.2.2 Autodesk Navisworks

O Autodesk Navisworks é uma plataforma de coordenação de projeto, constituída por quatro aplicações específicas que permite às empresas de construção obter maior controlo, melhor colaboração e anexação de toda a informação e de todas as disciplinas dos seus projetos, mesmo os mais complexos.

Estas aplicações permitem integrar as diferentes componentes de um projeto de construção, como a arquitetura, a engenharia de estruturas ou as chamadas especialidades, por forma a obter a melhor perceção sobre a forma como estas interagem entre si e a evitar erros por descoordenação ou inconsistência do projeto (Micrográfico, 2008).



Figura 21. Logotipo do Autodesk Navisworks

As quatro aplicações que constituem o Navisworks são as seguintes (Micrográfico, 2008):

Navisworks Manage

O *software* NavisWorks Manage proporciona todas as ferramentas necessárias para projetos de construção com evolução tranquila. O Navisworks Manage conjuga a visualização homogénea de todos os tipos de modelo, a reprodução precisa dos projetos, a simulação de tabelas de construção 4D e a poderosa deteção de colisões num só produto, mantendo todos os intervenientes do projeto em sintonia digital, quer estejam a criar, a ver ou a rever modelos 3D.

Navisworks Simulate

O Navisworks Simulate possibilita que os intervenientes no projeto vejam os resultados futuros do seu trabalho através de renderizações e percursos interativos e realistas. As simulações 4D e animações de objetos simulam o objetivo do projeto, estimulam as ideias sobre o mesmo e possibilitam a exploração de todas as suas possibilidades. Além disso, o *software* permite criar revisões de uma forma simplificada e partilhadas em todas as fases do processo criativo, ajudando a reduzir os erros, a reforçar a qualidade e a poupar tempo e dinheiro. A simulação em 4D possibilita um melhor planeamento e ajuda a identificar riscos na fase mais precoce possível, reduzindo significativamente os erros de projeto e o correto planeamento da execução do projeto, reduzindo.

Navisworks Review

O *software* Navisworks Review possibilita a visualização, exploração e experiência em tempo real de dados e informações de projeto 3D, independentemente do tamanho e do formato dos ficheiros. Modelos de informação do edifício acessíveis possibilitam que os intervenientes no projeto se concentrem e colaborem com mais eficácia e forneçam informação valiosa após concluídos os projetos e a construção. A navegação dinâmica e uma ferramenta de revisão de projetos intuitiva melhoram o entendimento do utilizador e do cliente, até mesmo em relação aos modelos 3D mais complexos.

Navisworks Freedom

Todas as simulações e resultados guardados no formato NWD através do Navisworks Review, do Navisworks Simulate ou do Navisworks Manage podem ser vistos com o Navisworks Freedom, o visualizador gratuito que funciona tal como o nome indica. O Navisworks Freedom proporciona aos profissionais de projeto um inestimável meio de comunicação com os ficheiros de revisão de projeto comprimidos, seguros e transferíveis, em formato NWD. Sendo uma solução prática para transferência de modelos CAD grandes, os ficheiros NWD não requerem preparação de modelos, alojamento em servidores de terceiros, tempo de configuração ou custos contínuos. Os ficheiros podem também ser vistos em formato 3D DWF.

Ao combinar a informação de alta qualidade criada pelas aplicações BIM, como as aplicações desenvolvidas sobre a plataforma Revit, com a geometria e os dados de outras ferramentas de projeto, os produtos Navisworks possibilitam uma visualização em tempo real da globalidade do projeto para uma melhor coordenação de todas as especialidades, planeamento 4D, visualização realista, simulação dinâmica e uma análise mais precisa de toda a globalidade do projeto (Micrográfico, 2008).

De facto, nem todos os intervenientes de projeto utilizam o mesmo *software* para o desenvolvimento da sua especialidade. Assim, a necessidade da interoperacionalidade é fundamental para que o processo de implementação do BIM seja bem-sucedido. Uma equipa de projeto que utilize BIM é confrontada com quatro desafios a que o Navisworks dá resposta: consegue ler diferentes formatos de ficheiros provenientes de diversas fontes, consegue importar e lidar com ficheiros de grande tamanho, consegue reunir ficheiros de diferente formato num de formato único e facilita a comunicação gráfica por parte de toda a equipa de projeto (J. M. P. Antunes, 2013)

Ao integrar toda a informação recolhida de diferentes aplicações de *software*, o Navisworks fornece uma visão global do projeto que (Autodesk, 2014):

- Melhora a tomada de decisão;
- Agiliza a documentação da construção;
- Permite que os clientes visualizem a informação do projeto;
- Acelera a comunicação entre engenheiros e clientes;
- Proporciona economia de custos e de tempo.

A possibilidade de automatização dos processos de verificação, demonstrada através deste *software*, corresponde a uma ferramenta facilitadora de grande utilidade para a confirmação das condições técnicas e da exequibilidade do empreendimento. O Navisworks permite a emissão de relatórios das interferências detetadas, permitindo a sua publicação em formatos HTML, XML, Text. Contudo, esse relatório não possui uma estrutura editável, pelo que se recomenda a sua utilização a nível interno da equipa de desenvolvimento do modelo (Pissarra, 2010).

A funcionalidade mais popular do Navisworks é a deteção de erros e omissões e é aquela que providencia um rápido retorno do investimento. É capaz de identificar todos os pontos em que partes do modelo colidem (ocupam o mesmo espaço no modelo). Esta ferramenta tem um valor importantíssimo num projeto de construção (J. M. P. Antunes, 2013).

3.4.3 Outros sistemas

No quadro 1 a seguir apresentado estão descritos outros sistemas BIM, também eles com grande impacto no mercado, e com capacidades semelhantes aos sistemas apresentados anteriormente.

<p>Tekla Structures</p>	<p>O Tekla Structures é um <i>software</i> 3D de modelação BIM, utilizado na indústria da construção. Este permite aos utilizadores criar e gerir modelos 3D desde a conceção do projeto até à sua construção. O Tekla Structures está disponível em diferentes configurações e ambientes localizados para atender às diferentes necessidades dos seus clientes.</p>
<p>Bentley</p>	<p>O <i>software</i> comercializado pela Bentley mais procurado no mercado é o Microstation. Este <i>software</i> é uma plataforma de CAD 2D/3D a partir da qual as divisões de software da Bentley e outras empresas podem produzir soluções mais específicas. É aqui que surge a componente BIM na Bentley, onde o Bentley Architecture adiciona ao MicroStation funções BIM para arquitetos e engenheiros. Torna-se capaz de modelação de estruturas, de sistemas mecânicos e elétricos e até gestão de edifícios.</p>
<p>Solibri Model Checker</p>	<p>O Solibri é um <i>software</i> ideal para a gestão da construção BIM, pois as suas principais potencialidades são analisar e verificar arquivos BIM de todos os <i>softwares</i> compatíveis com IFC, detetando erros e falhas no modelo. É também capaz de controlar as alterações entre duas versões do projeto do mesmo modelo, poupando tempo e dinheiro.</p>

Quadro 1. Outros sistemas BIM

4 GESTÃO E PLANEAMENTO DA CONSTRUÇÃO

4.1 Enquadramento

As principais tarefas presentes na gestão da construção são a orçamentação, calendarização, controlo de custos, contabilidade e aprovisionamento. E em todas elas estão presentes as tecnologias de informação. Por exemplo, no método tradicional a orçamentação e planeamento são realizadas através de documentos separados dos modelos 2D ou 3D em CAD, o que leva a um elevado desperdício de tempo. Esse desperdício pode ser agravado se o construtor não estiver inserido nas tomadas de decisão, já que a sua experiência é essencial nas alterações de projeto. O desperdício de tempo e perda de valor durante a passagem de informação de uns intervenientes para outros, é evidente quando a gestão da construção é realizada seguindo o método tradicional. Esse desperdício e perda de informação são evitáveis recorrendo à metodologia BIM.

Ao analisar o método tradicional da gestão da construção e os desperdícios que estão associados à falta de preparação e planeamento torna-se evidente que o BIM deve ser tido em conta como solução para os problemas desta indústria. Na realidade económica que vivemos nos dias de hoje, os custos totais de erros de conceção e execução ou custos da não-qualidade relativos à construção tradicional, não podem mais ser suportados. Assim sendo, a tecnologia BIM merece todo o interesse por parte das empresas de construção, pois a sua implementação pode levar a uma redução substancial destes erros.

A implementação da metodologia BIM no setor da construção implica a angariação de grandes potencialidades, tais como a deteção e eliminação dos erros de projeto, ou o aumento da produtividade e eficiência. No entanto, a capacidade que tem mais impacto nesta indústria, é claramente a possibilidade de poupar tempo e dinheiro. A adoção desta tecnologia pelas empresas de construção beneficia todos os intervenientes e as diversas especialidades, através da troca contínua de informação, automatizando os fluxos de trabalho, diminuindo os custos e o tempo dos trabalhos. O BIM torna-se assim numa clara mais-valia para a gestão da construção.

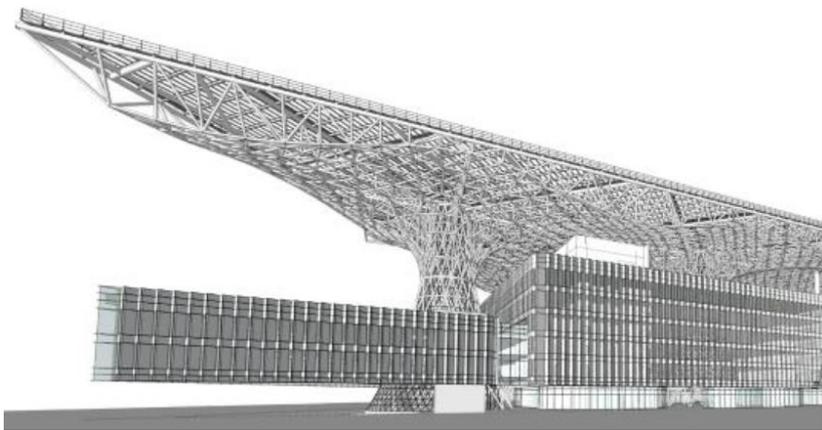


Figura 22. Exemplo de um modelo BIM que possibilita a coordenação entre os intervenientes do projeto (Autodesk, 2011)

Na gestão da construção um modelo BIM (Figura 22) pode solucionar vários problemas. As capacidades disponibilizadas pelos sistemas direcionados para esta área vêm responder essencialmente duas questões. Como encontrar melhores alternativas de projeto no planeamento dos trabalhos, e como obter estimativas automáticas do custo do projeto. As respostas a estas duas questões são a quarta e quinta dimensão BIM (4D e 5D). O BIM 4D consiste na simulação da sequência dos trabalhos a realizar e planeamento dos mesmos, expondo pormenores que possam comprometer o melhor desenrolar desses trabalhos. Após a introdução do parâmetro “Tempo” pelo BIM 4D, é agora introduzido o parâmetro “Custo” pelo modelo 5D. Esta dimensão permite ao utilizador obter estimativas automáticas de todas as componentes do projeto. Permite também, no caso de alterações no projeto, atualizar automaticamente essas estimativas. São incontestáveis as potencialidades desta tecnologia na indústria da construção.

São óbvios os benefícios que a introdução da metodologia BIM traz a todas as partes interessadas da indústria da construção. Desde o dono de obra, que passa a contar com projetos de maior qualidade e desempenho económico; aos projetistas que vêm todas as especialidades integradas, suportando assim um novo fluxo de informação mais colaborativo e com menos desperdício; às empresas de construção, que têm ao seu dispor uma grande quantidade de informação relacionada com a calendarização, quantidades produção, estimativas de custo, e deteção de conflitos; e até os subcontratados e fornecedores, que podem recorrer aos métodos BIM para apoio em detalhe do projeto, para assim exercerem a sua função de um modo mais eficiente e sem erros.

No entanto, a obtenção de competências que permitam manusear corretamente estas ferramentas não é instantânea. É necessário passar por um difícil processo de aprendizagem e de transição, para assim ser possível extrair o máximo de capacidades desta metodologia. Os profissionais deste setor deverão

apoiar-se em assistência técnica que os ajudem no momento de transição, até obterem conhecimentos suficientes para que possam colaborar e comunicar facilmente através destas ferramentas. A obtenção destas novas valências será importantíssima no seu futuro nesta indústria.

Deste modo, o presente capítulo apresenta as dimensões BIM direcionadas particularmente para a gestão da construção, os métodos de implementação dos sistemas BIM pelas empresas de construção, bem como os principais benefícios desta tecnologia quando aplicada à gestão da construção.

4.2 Introdução da quarta e quinta dimensão BIM

É de conhecimento geral, as potencialidades que os modelos BIM 3D apresentam. Estes modelos são ideais para a visualização do projeto em detalhe, e como o mesmo se encaixa na paisagem em que é inserido. No entanto, existem outras utilizações para a geometria do modelo. A partir dessa geometria é possível imputar quantidades capazes de gerar o planeamento de tarefas e estimativas de preços.

Consequentemente, este subcapítulo apresenta as potencialidades da quarta e quinta dimensão BIM, tendo como base de informação a aplicação BIM mais vocacionada para a gestão da construção, o Vico Software.

Se juntarmos as três dimensões teremos o efeito iterativo de 3D-4D-5D BIM. À medida que o modelo vai crescendo em complexidade, vai-se tornando uma fonte de informação para todos os intervenientes. Cada parte interessada pode recorrer ao modelo com diferentes dúvidas e obter informações quase instantâneas.

Um modelo BIM que contém a geometria 3D, o planeamento 4D, e as estimativas de custos 5D é semelhante ao modelo 3D. No entanto, se clicarmos em qualquer elemento do edifício, conseguimos aceder a informações como preços, quantidades, características, etc. Com esta quantidade massiva de informação, é possível através do modelo, saber o custo e a duração de tarefas tais como a substituição de uma parede de vidro por uma de tijolos, a alteração do piso de madeira para piso de cerâmica, ou até a alteração da inclinação do telhado.

A quarta dimensão BIM (4D) ficou disponível no mercado no final de 1990. Este proporciona a visualização da construção do projeto, programação CPM, gestão de aprovisionamentos, gestão de custos, gestão de risco, a interoperacionalidade com CAD 3D e *software* de gestão de projeto padrão da indústria, todos focados na simulação de engenharia de construção virtual.

As representações dos modelos 3D foram criadas com o intuito de perceber os processos baseados no tempo, que ajudam a prever conflitos e a estudar possíveis soluções. O BIM 4D acrescenta o fator tempo da calendarização da construção ao modelo 3D. É possível passar diretamente cada atividade de um gráfico de Gantt para o modelo BIM.

A construção dos modelos 4D permite que os vários participantes (arquitetos, projetistas, construtores e donos de obra) de um projeto de construção visualizem toda a duração de uma série de tarefas e acompanhem o andamento dos trabalhos de construção na vida útil do projeto. Esta dimensão BIM tem um potencial muito elevado para a área da gestão da construção, melhorando consideravelmente a gestão e entrega do projeto de construção, de qualquer tamanho ou complexidade.

O intuito é claramente o de fornecer tecnologia que suporte a dinâmica de construção e as demandas da indústria. Se a construção é uma série de problemas a serem resolvidos, então o *software* BIM 4D é a ferramenta ideal para analisar opções, gerir soluções e otimizar resultados. Trata-se de uma técnica de gestão da construção avançada, que está rapidamente a tornar-se o método padrão para as equipas de entregas de projeto em todo o mundo.

O 4D é usado na construção de grande escala, projetos complexos, incluindo edifícios altos, pontes, estradas, túneis, campus universitários, complexos hospitalares, residenciais de luxo, tribunais, sistemas de barragens, estações de geração de energia hidroelétrica, e instalações de processos industriais. No entanto, tem a capacidade de ser utilizado numa sequência de acontecimentos que podem ser mostrados numa linha do tempo que foi preenchida por um modelo 3D. O BIM 4D é tradicionalmente usado para projetos mais sofisticados, devido ao custo ainda associado a tecnologias que estão a emergir.

O BIM 4D é uma derivação da geometria 3D BIM e uma otimização dos recursos. A partir da geometria 3D são extraídas as quantidades do modelo. De seguida, é realizado o planeamento da construção, que inclui o número de equipas e intervenientes na construção, as taxas de produtividade, e preços específicos. A fim de evitar as interrupções dos trabalhos e conflitos de especialidades é criada a calendarização dos trabalhos, que mantém o projeto a fluir normalmente.

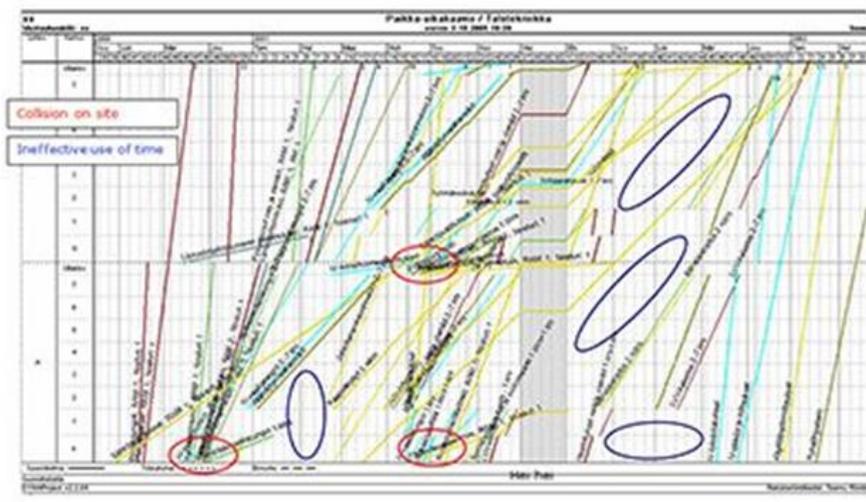


Figura 23. Linha de Equilíbrio de um projeto de construção (VICO, 2014).

Nesse sentido, a Linha de Equilíbrio representada na figura 23, oferece uma representação gráfica das tarefas de construção do projeto. As linhas verticais representam as equipas de construção; a inclinação das linhas representa a sua taxa de produtividade; o comprimento da linha representa o fluxo desimpedido dos locais de construção.

O exemplo acima indica que em alguns casos é necessário repensar alguns dos pontos de partida da tarefa (círculos vermelhos) e de seguida analisar as decisões tomadas (círculos azuis). Estes círculos são utilizados para proteger a produção contínua de uma tarefa que se realiza a seguir, e que pode originar desvios de produção na tarefa anterior. Quando o gráfico da Linha de Equilíbrio está livre de conflitos, com linhas contínuas e paralelas, temos um esquema ideal.

Com gráficos como a Linha de Equilíbrio, as equipas conseguem ajustar-se rapidamente às condições do mundo real. Quando o progresso dos trabalhos oscilam, é fácil ver o declive da linha de inclinação para a esquerda (muito lenta) ou para a direita (muito rápida). Se a equipe no local não aborda esta mudança de ritmo, é muito fácil de controlar onde ocorre um conflito.

A calendarização durante o processo de construção pode funcionar como um sistema de aviso. Analisando de perto os trabalhos em obra, é possível calcular a quantidade total de trabalho que está a ser realizada nesse local. Temos acesso a taxas como a produtividade real e as taxas reais de produção, que podem ser usadas para prever o progresso da construção e identificar problemas muito mais cedo do que nos sistemas de CPM.

O BIM 4D é o próximo passo lógico para uma empresa que adota metodologias BIM nos seus projetos.

A progressão é lógica. Inicialmente os projetos eram realizados em desenhos 2D. O passo seguinte foi modelar os projetos em 3D e coordenar toda a informação inerente. As próximas etapas são usarmos as quantidades da construção para o planeamento 4D e para a estimativa 5D. Este processo evolutivo é representado pela figura 24.

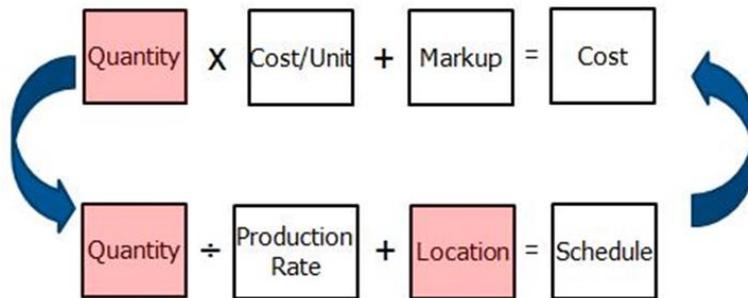


Figura 24. Processo evolutivo quarta e quinta dimensão BIM (VICO, 2014).

5D em *Building Information Modeling* (BIM) é um conceito que consiste na ligação do BIM 3D com o tempo e as informações relacionadas ao custo. Enquanto o BIM 4D integra informações de planeamento interligadas ao modelo BIM 3D, o BIM 5D acrescenta a dimensão custo.

As ferramentas de estimativa de preços mudaram muito desde as fitas métricas, mas o papel da estimativa ganhou preponderância com a metodologia BIM. Não se visualiza apenas o projeto. Visualiza-se o projeto para encontrar resposta a algumas questões, tais como o que altera na calendarização dos trabalhos e nos custos do projeto, se existirem alterações no modelo.

O BIM 5D é mais do que uma estimativa baseada em modelos. É uma nova forma de trabalhar com o dono de obra e os participantes do projeto, trazendo uma riqueza de informações e experiências para o projeto de uma forma comunicativa e colaborativa.

O modelo BIM 5D inicia-se com o processo de análise de quantidades de construção. Através destas quantidades, é possível realizar uma calendarização e uma estimativa precisa dos custos. Recorrendo à visualização do modelo, é facilmente perceptível quais os custos de alguns elementos, e quais as alterações a realizar. Permite também que o dono de obra tome conhecimento quais são as áreas com maior participação no custo total da obra.



Figura 25. Estimativas de custos BIM 5D (VICO, 2014).

O BIM 5D incorpora a capacidade de estimativa de custos no modelo BIM de tal forma que qualquer mudança no projeto se reflete imediatamente no orçamento. Ou seja, o modelo 5D permite que os arquitetos, engenheiros e construtores consigam trabalhar num modelo que garante, que os cálculos de custos são alterados automaticamente sempre que haja alterações no projeto.

Para a maioria dos membros do setor da construção, a sigla BIM está inevitavelmente ligada a três dimensões. Com o aparecimento da quarta e quinta dimensão, torna-se obvio que a metodologia BIM tem capacidade e até uma certa responsabilidade de ser muito mais.

Com o fácil acesso a informações detalhadas sobre os custos e planeamento, o BIM 5D eleva a eficiência das equipas de construção a um novo patamar. Com o uso efetivo do 5D em BIM, os donos de obra, construtores, engenheiros e todos os outros intervenientes ao projeto podem trabalhar juntos de forma a alcançar uma entrega atempada do projeto, eficiência de custo e qualidade. Embora a aplicação do BIM 5D ainda esteja numa fase inicial, vários especialistas acreditam que esta dimensão está pronta para trazer uma mudança de paradigma no processo de construção.

4.3 Implementação nas empresas de construção

A mudança de CAD para BIM dentro de uma empresa exige formação, disponibilidade de recursos, criação de conteúdos, trabalho de equipa, assim como novos fluxos de trabalho. Toda esta operação adjacente à mudança tem que ser gerida em simultâneo e como um todo (Taborda, 2012).

Alguns autores propõem que, para uma implementação empresarial bem-sucedida, sejam tomados em conta os seguintes aspetos (Taborda, 2012):

- Na fase de preparação, a empresa precisa de se concentrar no processo de implementação. Para tal torna-se essencial que sejam analisadas eventuais consequências no seio da empresa, e antecipados métodos que minimizem possíveis problemas durante e após a

implementação. A utilização de protocolos de implementação (checklists) e o treino prévio podem atenuar a maioria das situações problemáticas. É também nesta fase que se devem identificar os processos empresariais que necessitem de alterações operacionais;

- É na fase de implementação que a empresa sofre as maiores mudanças: instalações de sistemas, programas de formação, avaliações organizacionais dos resultados obtidos em projetos-piloto, etc.. Estas mudanças levam à completa reestruturação dos processos operacionais até então existentes. Os novos processos requerem uma avaliação total e, lamentavelmente, o apoio por parte dos fornecedores de serviços de implementação BIM pode não abranger estas avaliações. As avaliações baseiam-se nos dados dos projetos-piloto e devem medir a eficácia, a eficiência e o desempenho dos processos operacionais. Antes de dar por terminada a fase de implementação devem estar retificados todos os processos que se julgue necessário;
- Na fase pós-implementação deve ser conduzida uma análise exaustiva à eficácia da implementação no que diz respeito ao aumento de desempenho. Esta análise define a situação atual da empresa. Define ainda quais as suas futuras apostas, como sejam: novas oportunidades de negócios, formação especializada a proporcionar aos seus funcionários e até uma avaliação custo-benefício da introdução do BIM como uma aposta estratégica da empresa.

No entanto é importante referir que o BIM é uma metodologia extensa, pelo que a sua implementação deve ser faseada (Figura 26). Nesse sentido, são identificadas as etapas de maturidade da implementação BIM (Taborda, 2012):



Figura 26. Etapas de maturidade da implementação BIM (Taborda, 2012).

Na etapa pré-BIM existe muita dependência de desenhos 2D para descrever uma realidade que é 3D. Mesmo que existam visualizações 3D, estas são baseadas em informação bidimensional. Mapas de quantidades, estimativas de custos assim como outras especificações não derivam do modelo de visualização nem tão pouco são interoperáveis com o resto da documentação existente. Não é dada prioridade às práticas de colaboração entre as partes envolvidas no projeto e o fluxo de trabalho é linear e assíncrono.

A primeira etapa da implementação BIM é denominada de modelação baseada em modelos. Os modelos BIM são utilizados principalmente para gerar e coordenar automaticamente documentação 2D e visualizações 3D. Em alguns casos pode haver exportações simples de dados, como por exemplo algumas quantidades, e modelos 3D “ligeiros”, uma vez que não detêm atributos paramétricos. Quando esta etapa de maturidade é atingida, os operadores começam a reconhecer as potencialidades do BIM. É esse reconhecimento e subsequente tomada de iniciativa que leva os utilizadores à etapa seguinte: a colaboração baseada em modelos.

Na segunda etapa, a da colaboração baseada em modelos, os intervenientes colaboram ativamente com intervenientes de outras disciplinas. Quer seja através de formatos proprietários ou não proprietários, existe interoperabilidade na troca de modelos entre os vários participantes. A utilização do modelo para estudos de planeamento e de orçamentação leva a que nesta fase se chegue a modelos 4D e 5D respetivamente. Apesar das comunicações entre os envolvidos no projeto BIM continuarem assíncronas, as linhas que no pré-BIM demarcam os vários papéis, disciplinas e fases de obra começam a desvanecer-se. Nesta etapa pode começar a ser necessário fazer alterações contratuais de adaptação ao BIM.

Na fase da integração baseada em redes, a terceira fase de maturidade da implementação BIM, os modelos são integrados, ricos em atributos semânticos e são criados, partilhados e mantidos através de processos colaborativos durante as várias fases da obra. A integração descrita é conseguida através de tecnologias de servidores para modelos. Os modelos da terceira fase tornam-se interdisciplinares e adquirem várias dimensões, sendo assim denominados modelos nD. O trabalho colaborativo torna-se nesta fase numa espiral iterativa rumo a um modelo de dados único, extensivo e partilhado. Devem ser reconsideradas contratualmente as relações entre todas as partes envolvidas, as atribuições de risco e os fluxos de processo. Este grau de maturidade de tecnologias, processos e políticas facilita o alcance do IPD (*Integrated Project Delivery*).

O IPD representa a visão a longo prazo do BIM como uma fusão de tecnologias, processos e políticas. Assim, o objetivo final de uma implementação BIM é atingir o estado IPD.

Atualmente, a realidade da maior parte das empresas portuguesas está longe de conseguir atingir uma implementação BIM com o grau de maturidade que exige o método proposto, devido a diversas barreiras. O enraizamento do método tradicional de conceção e gestão da construção, consolidado ao longo de várias décadas, torna uma natural resistência à mudança ainda mais complicada. A pouca orientação ao nível académico nesta nova tecnologia, leva a que a maior parte dos atuais profissionais

da indústria da construção, não possuam conhecimentos sólidos sobre esta matéria, para que possam analisar de um ponto de vista crítico (Parreira, 2013).

A pouca colaboração numa cadeia muito segmentada é uma das principais causas que levam à dificuldade de implementação BIM. A mentalidade de resolver problemas em vez de os prevenir, numa atitude reativa, até a data, continua a ser a linha mais seguida na gestão da construção (Parreira, 2013).

Porém, o principal obstáculo para a implementação de uma tecnologia de informação nas empresas continua a ser a perspetiva que estas empresas têm sobre o investimento necessário, o que se prende com a sua incapacidade para quantificar o retorno sobre esse investimento (Taborda, 2012).

Ultrapassando estes obstáculos iniciais, as empresas que implementem a metodologia BIM, beneficiarão de todas as potencialidades inerentes a esta tecnologia, descritas ao longo deste capítulo.

4.4 Benefícios da utilização de BIM nas empresas de construção

Embora se preveja que as primeiras entidades a sentirem as vantagens oferecidas pelos BIM sejam os projetistas, espera-se que se façam sentir efeitos benéficos de segunda ordem devido à alteração dos processos de trabalho resultantes da introdução de uma nova entidade abstrata no processo construtivo: o repositório de informação. Com efeito, a existência de uma base de dados partilhada pelos diversos intervenientes, contendo a generalidade das informações produzidas durante o processo construtivo, alterará radicalmente a forma como é feita atualmente a gestão de informação (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011)

O *Building Information Modeling* ou BIM tem sido utilizado maioritariamente por arquitetos e engenheiros para projetar edifícios virtualmente. Com o crescimento da implementação desta tecnologia, também a gestão da construção pode ser melhorada. O BIM começou a ser utilizado para garantir que a calendarização dos trabalhos era cumprida de forma rigorosa (Stl Today, 2010).

Desde que o BIM emergiu no mercado da construção que se percebeu facilmente as potencialidades que poderia trazer a este setor. A sensação inicial era que qualquer projeto poderia ser melhorado se os intervenientes recorressem a esta metodologia. Os usuais problemas de produtividade, os erros comuns e a necessidade de refazer certos trabalhos, poderiam ser evitados. A economia de tempo e a redução de custos era uma realidade com o BIM (Rodriguez, 2014). Assim sendo, serão apresentados

nos seguintes subcapítulos os principais benefícios que a tecnologia BIM traz à gestão da construção em particular.

4.4.1 Detecção de conflitos e omissões que evitam erros iniciais

As mais correntes aplicações BIM são autênticas ferramentas de *design* de edifícios. A modelação do edifício vai mais além da simples concretização dos esboços em papel para formato digital, sendo possível usar a aplicação para testar diferentes tipos de soluções, sempre limitadas pelos parâmetros de consistência de um modelo de construção. A modelação desenvolve-se com recurso a bibliotecas ou famílias de elementos, editáveis por cada utilizador. A criação de bibliotecas pré-definidas para cada projeto assegura a compatibilidade do modelo com os materiais e processos de construção pretendidos para cada obra, o que aumenta significativamente a construtibilidade do projeto e reduz as incompatibilidades e ajustes necessários entre o projeto de conceção e o projeto de execução (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011).

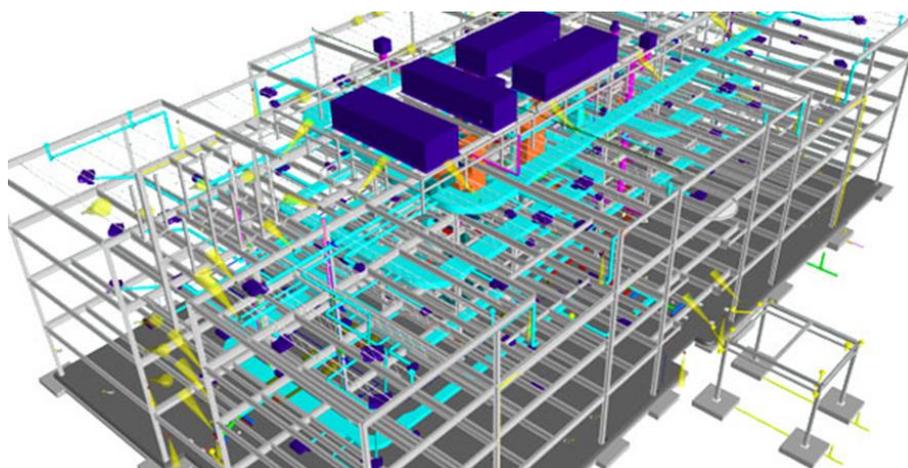


Figura 27. Capacidade BIM para deteção de incompatibilidades no projeto (McKenzie Construction Corporation, 2014)

A abrangência das ferramentas BIM permite centrar um volume significativo da informação referente ao ciclo de vida do edifício num único modelo. A partilha deste modelo com os vários colaboradores permite que o trabalho seja realizado a partir da mesma plataforma, minimizando os erros e omissões provenientes da interpretação e tradução deficiente da informação, e permitindo uma otimização da harmonia do modelo à medida que novos dados são acrescentados. A partilha de um modelo BIM é, contudo, condicionada pela falta de interoperabilidade entre os formatos proprietários das aplicações (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011).

O engenheiro tem ainda um papel de trabalho intensivo durante o processo de modelagem BIM mas é capaz de visualizar, isolar, cortar e filtrar áreas ou elementos da estrutura em 3D permitindo resolver

mais diretamente um problema. Detecção de conflitos e monitoramento de elementos chave pode reduzir encomendas de mudança não descritas que poderiam surgir (Plataforma BIM, 2013).

Analisando o projeto através do modelo 3D (Figura 27) é possível reduzir erros e omissões nos documentos de construção. A construção com BIM tem o potencial de identificar problemas no início do processo de construção. Com a troca interoperável de modelos e dados, todos os intervenientes podem ter acesso a informações completas e precisas (Rodriguez, 2014).

4.4.2 Análise, planeamento e acompanhamento da construção

As capacidades de visualização dos BIM permitem uma melhor perceção global do modelo global durante todo o ciclo de vida do edifício, o que significa que é possível retratar várias fases da construção, evidenciadas na figura 28. Por outro lado, uma funcionalidade deste tipo permite obter um modelo muito aproximado ao produto final em fases mais adiantadas do projeto, reduzindo substancialmente a imprevisibilidade associada a vários aspetos dos processos de construção (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011).

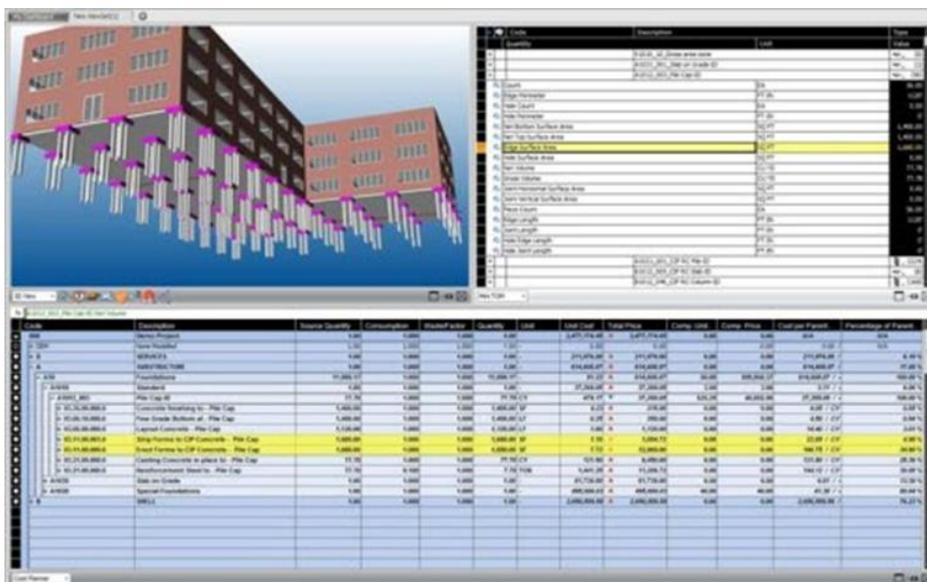


Figura 28. Exemplo de um modelo BIM com a sequência temporal dos trabalhos (VICO, 2014)

O método tradicional de construção ainda é a prática mais comum nesta indústria. No entanto, independentemente do método escolhido, os engenheiros ou os empreiteiros podem usar o BIM para extrair quantidades e realizar estimativas de custos. Para além disso, a calendarização integrada do BIM conhecida com BIM 4D pode ser utilizada para análise, planeamento e acompanhamento da construção (Hergunsel, 2011).

Conseguindo detetar e corrigir erros ou conflitos no início do projeto, é possível evitar problemas de planeamento da construção. Corrigindo esses problemas antecipadamente, evitam-se situações em que é necessário refazer certos trabalhos, e aumentar os custos e tempo do projeto desnecessariamente (Rodriguez, 2014). A possibilidade de poupar tempo e dinheiro é claramente a vantagem mais relevante do BIM.

Os engenheiros ou os empreiteiros podem inserir no *software* BIM as calendarizações de construção e acompanhar todo o desenrolar do projeto e até fazer alterações, se necessário. Esta funcionalidade permite fasear o projeto, e determinar com maior precisão quando, por exemplo, é necessário começar a betonagem dos pilares, ou até eliminar uma parede originalmente projetada (Stl Today, 2010).

4.4.3 Listas de quantidades e estimativas de custos

A abordagem de modelação por elementos obriga à especificação de parâmetros para cada um dos elementos. Certos parâmetros tais como comprimentos, altura, espessura e área, são *standard*. Outros parâmetros tais como custo de material, custo de construção, tempo de construção, fabricante, histórico de propriedade, entre outros, são definíveis por utilizador. Atualmente, várias aplicações BIM já permitem efetuar listagens por elementos, por parâmetros e por quantidades. Deste modo, é possível extrair automaticamente certas quantidades do modelo. Mediante a capacidade de interoperabilidade, as quantidades podem depois ser aproveitadas por outras aplicações para executar operações de orçamentação, planeamento e gestão da construção (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011).

Esta tecnologia produz um projeto preciso, até nas encomendas dos materiais necessários. O modelo BIM calcula a quantidade exata e o tipo de materiais que devem ser encomendados para a obra (Figura 29). Tendo a quantidade correta de materiais em obra na fase adequada do projeto, leva a que se economize tempo e dinheiro (Stl Today, 2010).

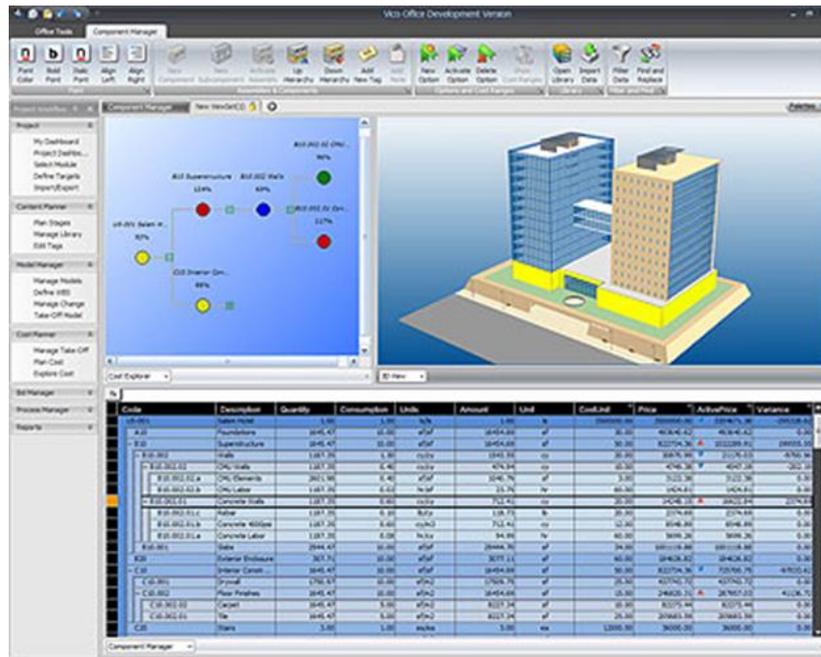


Figura 29. Exemplo de um modelo com listagens de materiais e estimativas de custo (VICO, 2014)

As duas principais variáveis de uma estimativa de custo são as quantidades dos materiais e os preços. As quantidades podem ser obtidas através do modelo, ao contrário dos preços que devem ser inseridos na base de dados. Para a estimativa de custo ser o mais rigorosa possível, o nível de detalhe do modelo deve ser elevado, pois é necessário ter em conta o custo do material, das horas de trabalho, e despesas em geral. Se o trabalho entre todos os intervenientes for colaborativo e cooperativo, a tecnologia BIM é a ferramenta ideal para otimizar a produtividade das estimativas de custo (Hergunsel, 2011).

4.4.4 Aumento da produtividade e redução de riscos

A análise do potencial das ferramentas, quando utilizadas em condições de alta performance, deixa antever benefícios práticos que perspetivam um aumento significativo da produtividade e da eficiência nos processos de gestão da informação na construção, o que em termos concretos se materializa num acréscimo de qualidade e numa redução de prazos e custos procedimentais (J. P. P. Martins & Monteiro, 2011).

O aumento de produtividade é um dos principais benefícios do uso de BIM e são as empresas do setor da construção as principais interessadas na implementação desta tecnologia. Este aumento é conseguido através das capacidades que esta metodologia apresenta, tais como a forte comunicação e

coordenação, identificação de erros iniciais de projeto, redução de retrabalho, redução de custos e melhoria de qualidade significativa (Building Value, 2013).

Normalmente, uma hora de trabalho com a metodologia BIM na concepção do projeto, significa a poupança de 10 horas de trabalho em obra. Quando surge um problema no projeto, se esse problema puder ser evitado ou corrigido através do BIM, poupa ao engenheiro até 40 horas de reuniões e tempo de inatividade na tentativa de resolver a questão (Stl Today, 2010).

A utilização de BIM tem uma forte influência na duração de um projeto. Em 2009, verificou-se que a duração média de um projeto BIM foi 27% inferior a projetos realizados pelos métodos tradicionais. Em 2012, essa diferença aumentou para 37%. Este aumento significa que as vantagens da utilização desta tecnologia atingem maior relevância quando os utilizadores têm mais experiência e facilidade de manuseamento com estes *softwares* (Building Value, 2013).

5 CASO PRÁTICO

5.1 Enquadramento

No presente capítulo é realizado um caso prático recorrendo ao *software* BIM mais vocacionado para a gestão da construção, o Vico Software. O objetivo desta aplicação prática é sustentar os benefícios, evidenciados anteriormente nesta dissertação, que as ferramentas deste tipo introduzem na indústria da construção.

O Vico Office (aplicação Vico Software) é a primeira ferramenta BIM de gestão de construção construída propositadamente para combinar desenhos 2D e modelos 3D capaz de realizar análises de construtibilidade, obter quantidades, calendarizar atividades, realizar estimativas de custos através dos modelos 3D, e controlar a produção, tudo isto integrado no mesmo processo de trabalho.

Esta ferramenta deixa de lado os métodos tradicionais e explora novos processos de trabalho baseados no BIM que permite executar todas as tarefas de forma mais eficiente.

Neste capítulo serão apresentadas as capacidades do Vico Office nos projetos de construção, tais como a deteção de conflitos, alterações no modelo, resolução de problemas de colaboração, importação de dados, obtenção de listas de quantidades, gestão local do projeto, estimativas de custos através do modelo, calendarização e planeamento dos trabalhos, controlo da produtividade, e interoperacionalidade do modelo, entre outras.

5.2 Apresentação do modelo

O modelo em estudo representa um projeto de reabilitação de escritórios na zona da cidade do Porto. Este projeto foi modelado em 3D, pelo escritório de arquitetura responsável pelo projeto, recorrendo ao *software* de modelação Archicad.

A Figura 30 e Figura 31 correspondem ao modelo 3D e à planta de rés-do-chão do edifício.

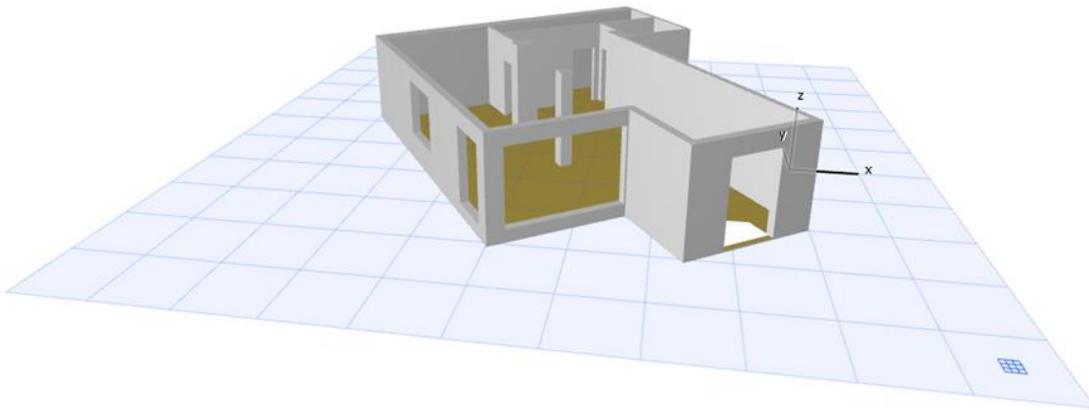


Figura 30. Modelo 3D



Figura 31. Planta do rés-do-chão

Como se pode verificar nas figuras, trata-se de um edifício de um único piso, com uma área de 92,63 m². É constituído por uma estrutura reticulada por pilares, vigas e lajes. Encontra-se dividido em nove áreas, entre elas dois postos de trabalho, uma sala de reuniões e um gabinete de trabalho, uma copa, um arquivo geral, uma instalação sanitária, uma área de circulação e uma entrada através de um guardavento.

5.2.1 Importar modelos 3D para o Vico Office

O primeiro passo consiste na importação do modelo para o Vico Office. O Vico Office suporta vários formatos de arquivo diferentes, incluindo Revit, Archicad, Tekla, IFC, Autocad, e muitos mais. Neste caso, o modelo foi desenvolvido em Archicad (Figura 32). Basta então clicar no botão Vico Office, disponível na barra superior do Archicad, e selecionar “Publish to Vico Office”.

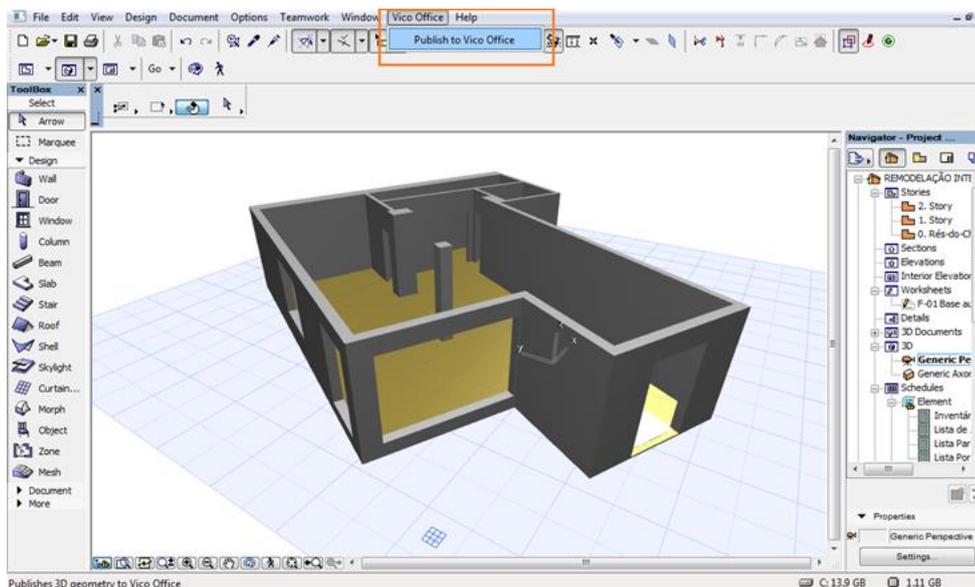


Figura 32. Importação do modelo do Archicad para o Vico Office

De seguida, são apresentados todos os projetos disponíveis no servidor do Vico Office. Publicamos e, quando o processo estiver completo o modelo aparece no registo de documentos do Vico Office, representado na figura 33.

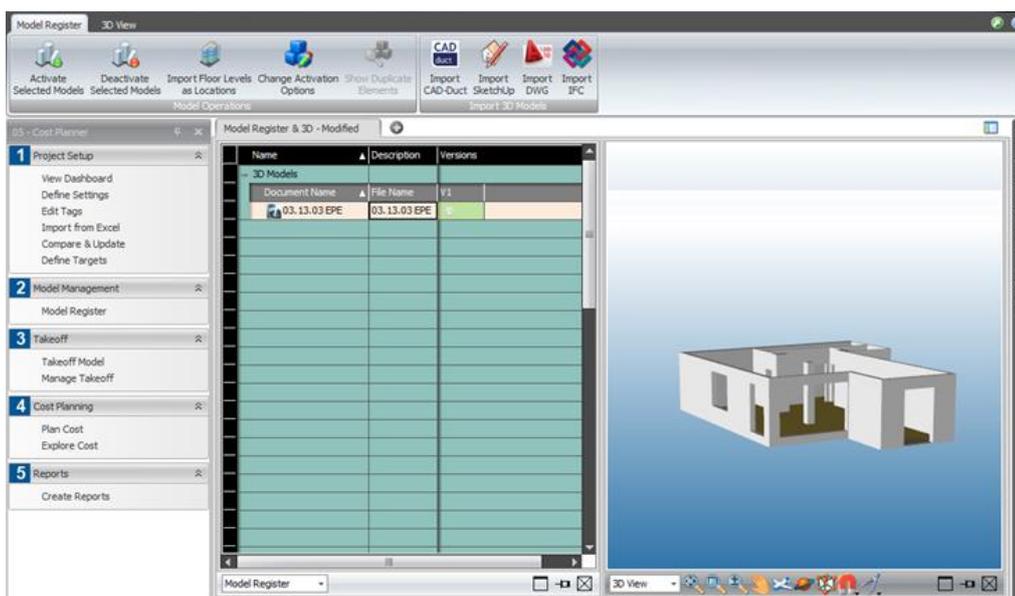


Figura 33. Registo de documentos do Vico Office

5.2.2 Atualização automática das últimas versões do modelo

É essencial referir que o Vico Office tem uma grande capacidade de armazenamento do histórico de todas as versões dos modelos 3D. Ao alterar o modelo Archicad inicial como por exemplo, modificações nas lajes e nos pilares, ou até remover alguns elementos, podemos voltar a publicar a nova versão do modelo 3D. Para testar isso, foram eliminados os dois pilares centrais do edifício. A nova versão é sinalizada com um quadrado vermelho no registo de documentos que indica uma mudança em relação à versão anterior, tal como a figura 34 apresenta.

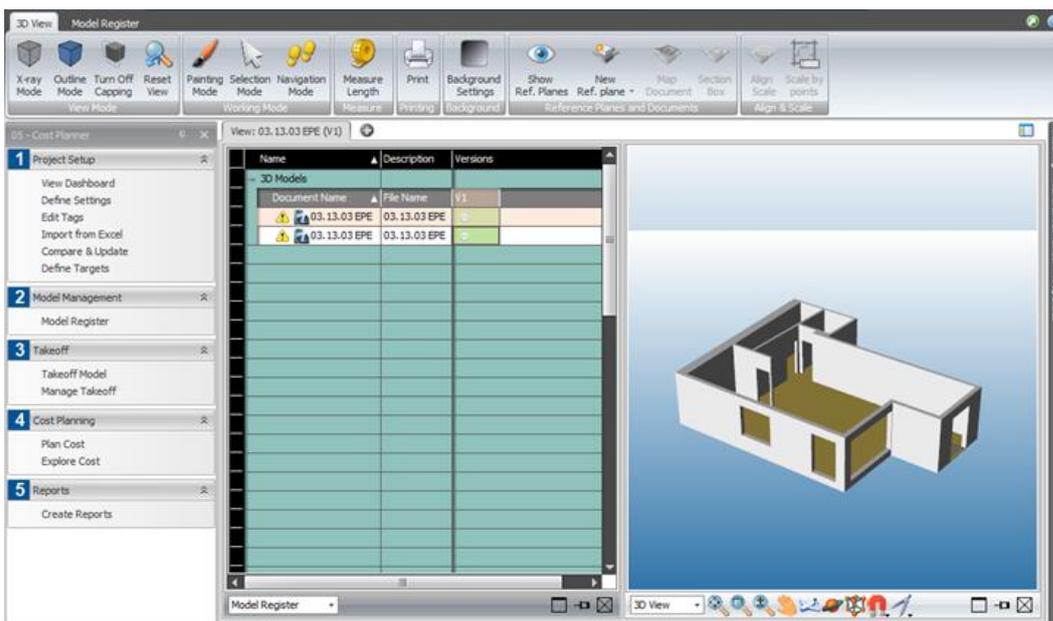


Figura 34. Importação nova versão do modelo

Podemos, desta forma, analisar os modelos ao simplesmente clicar, arrastar e soltar para ver a versão mais recente.

5.2.3 Deteção de conflitos e omissões

Como já foi referido anteriormente nesta dissertação, um dos principais benefícios da utilização da tecnologia BIM é a capacidade de deteção de conflitos (Figura 35). À medida que os modelos das várias especialidades do projeto são conjugados, é possível identificar rapidamente quais os elementos que estão a tentar ocupar o mesmo espaço.

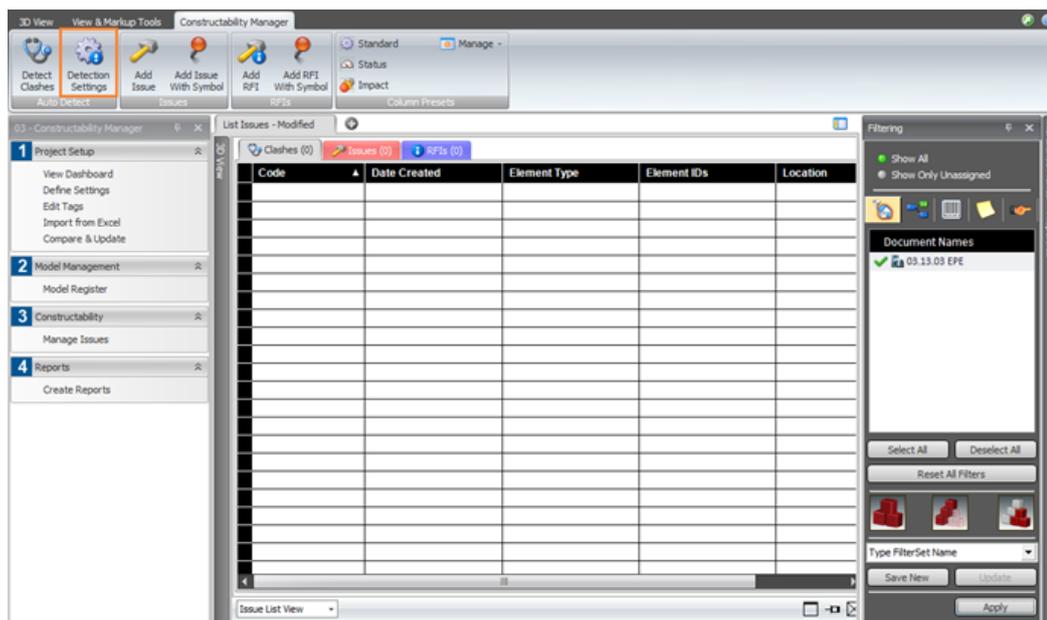


Figura 35. Detecção de conflitos do modelo

Primeiramente, deve-se definir o que queremos verificar através de certas configurações. De seguida executa-se uma deteção de conflitos e avalia-se os resultados. Os passos deste processo estão detalhados nas figuras 36, 37, 38 e 39.

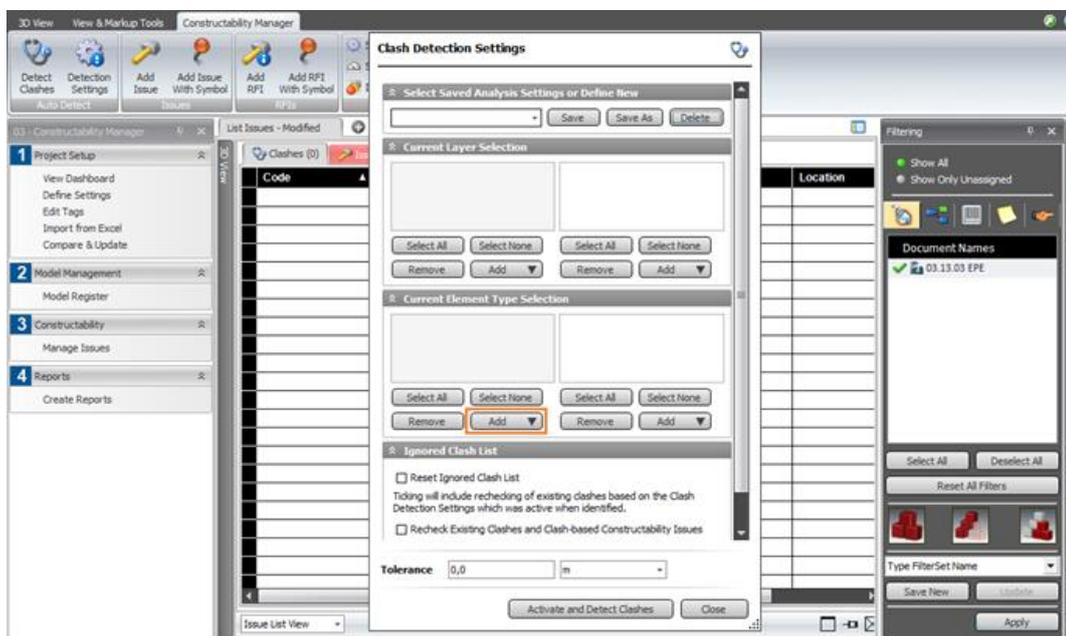


Figura 36. Definição das configurações da deteção de conflitos (passo 1)

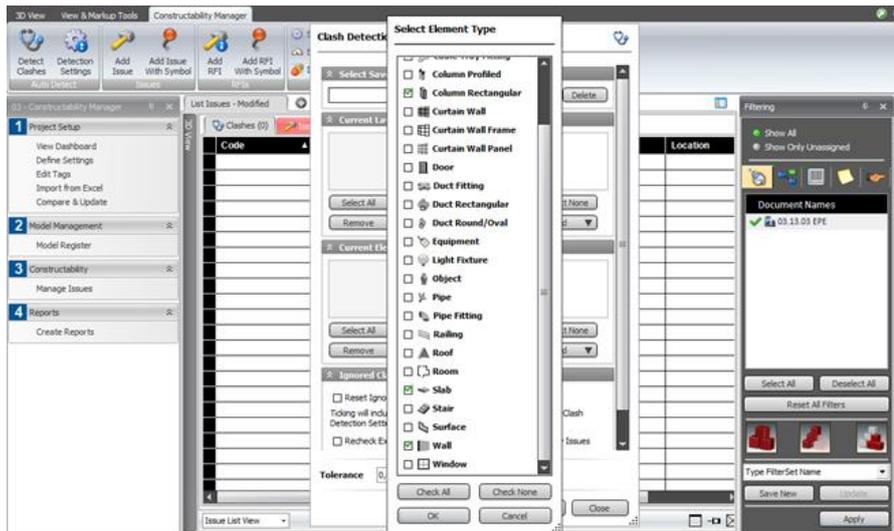


Figura 37. Definição das configurações da detecção de conflitos (passo 2)

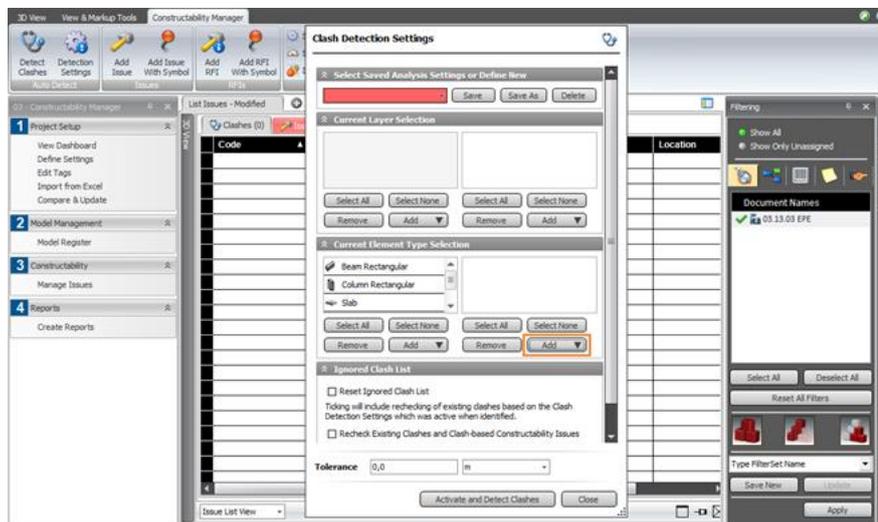


Figura 38. Definição das configurações da detecção de conflitos (passo 3)

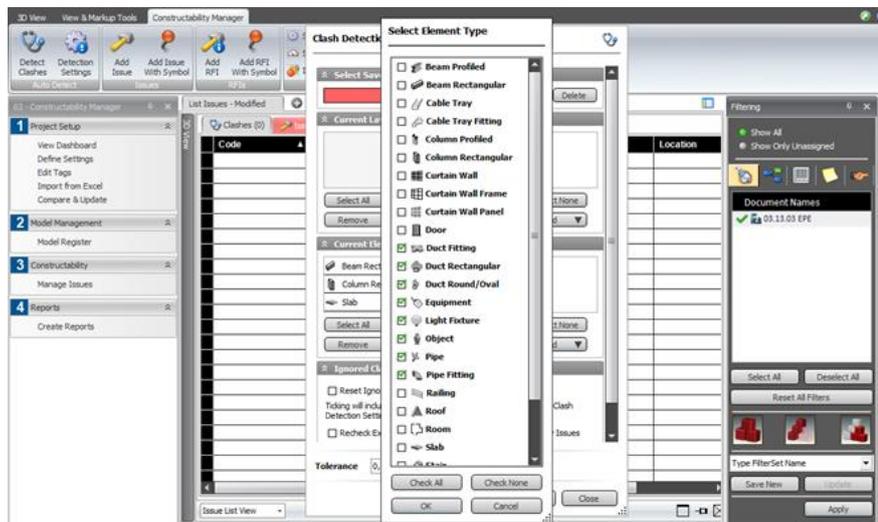


Figura 39. Definição das configurações da detecção de conflitos (passo 4)

Neste ponto, define-se as configurações, sendo possível executar uma deteção de conflitos entre o modelo estrutural (vigas, pilares e lajes) e a rede MEP. É ainda possível gravar estas configurações para futuras execuções nas novas versões do modelo e detetar os conflitos (Figura 40 e 41).

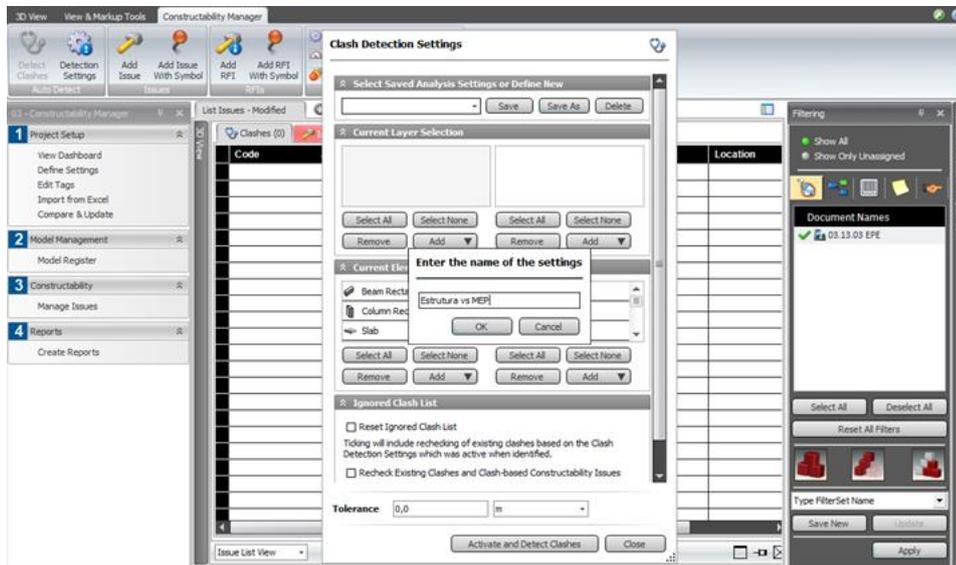


Figura 40. Gravação e ativação das configurações da deteção de conflitos (passo 1)

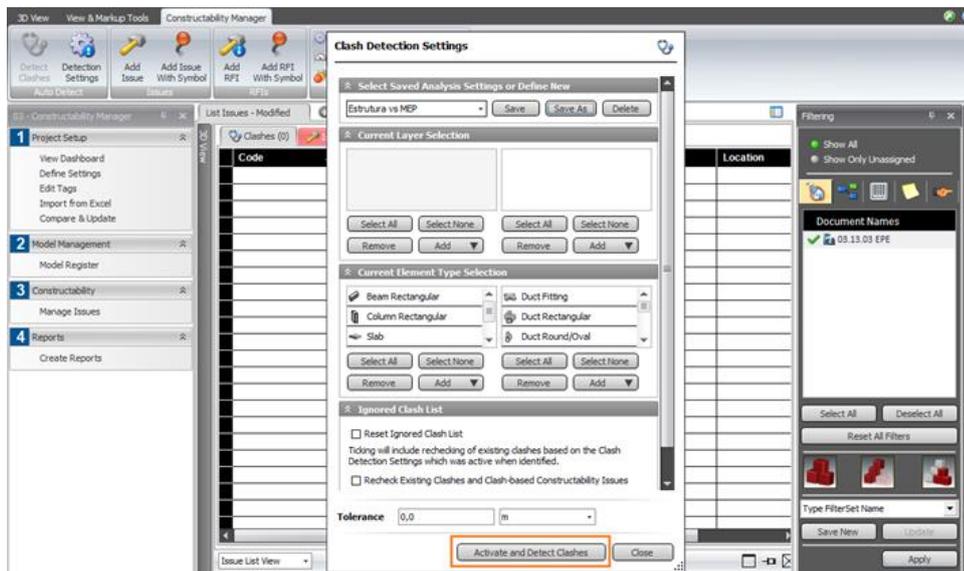


Figura 41. Gravação e ativação das configurações da deteção de conflitos (passo 2)

Após a ativação das configurações previamente definidas, o *software* faz a verificação de possíveis conflitos ou erros no modelo. Como podemos verificar na figura 42, o sistema não detetou qualquer conflito. Este resultado pode ser explicado por se tratar de um modelo apenas arquitetónico. Se o modelo fosse constituído também com dados da infraestrutura e redes prediais, seriam certamente detetados erros e conflitos.

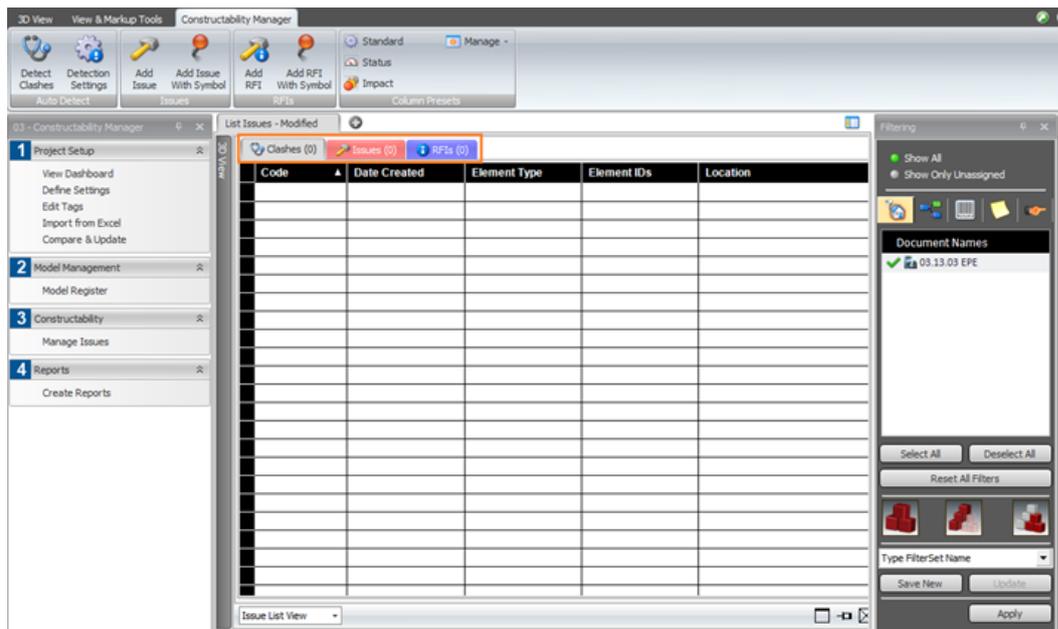


Figura 42. Resultados obtidos na detecção de conflitos

Na hipotética existência de conflitos detetados, os resultados seriam mostrados no gestor de conflitos e seria possível definir filtros por tipo de conflito, escolher diferentes modos de visualização dos mesmos - através do aumento de destaque, isolando certos elementos, por translucidez, revelação automática ou *zoom* automático. É importante ter em consideração que os elementos identificados em conflito são aqueles que chocam diretamente com as várias especialidades. Não é possível detetar conflitos ou erros superficiais. Após a análise e revisão, os conflitos que exigem um acompanhamento contínuo e resolução são encaminhados para a barra de conflitos. É possível acrescentar nuvens de texto e linhas a vermelho para as identificar os conflitos, marcar prioridades, definir as descrições e aí sim, começar a colaborar com todos os intervenientes dos projetos, para encontrar uma solução.

5.3 Listas de quantidades e estimativas de custos

A partir dos elementos de construção em 3D pode-se calcular quantidades precisas do projeto. Não apenas a área em bruto, mas quantidades de construção rigorosas, extremamente valiosas para as estimativas de custos e planeamento da construção.

5.3.1 Cálculo dos elementos do modelo e listas de quantidades

Através do modelo de arquitetura é possível extrair quantidades de alguns elementos tais como janelas, portas, paredes, pilares ou lajes. Nas figuras 43, 44, 45 e 46 estão representadas listas de quantidades obtidas a partir do *software* de modelação Archicad.

Nome Janela	0. M de Apr 14						
Quantidade							
0. M de Apr 14	0.95(1.0)	0.95(1.0)	0.95(1.0)	1.45(2.4)	1.45(2.3)	1.81(1.9)	2.15(3.3)
Quantidade	3.00	3.00	3.00	3.00	3.37	3.33	3.00
Área de abertura Janela	300	300	300	448	448	524	504
Área de parede de Janela							
Shade(3D)							
ViewFrame(3D)							

Figura 43. Lista de quantidades de janelas

Nome Porta	Quantidade
Quantidade	0.14
Área/Área de Abertura	0.00(0.0)
Quantidade	0.00
Área de abertura Porta	0.00
Área de parede de Porta	0.14
Shade(3D)	
ViewFrame(3D)	

Figura 44. Lista de quantidades de portas

Element	Story	Layer Name	User ID	Library path	...	Height	Surface	Volumes
WALL	Flo-de-Chão		F001		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F001		0,20 m	3,00 m	0,60 m²	0,180 m³
WALL	Flo-de-Chão		F002		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F003		0,38 m	3,00 m	1,14 m²	0,342 m³
WALL	Flo-de-Chão		F004		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F004		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F005		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F005		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F006		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F006		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F007		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F007		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F009		0,15 m	3,00 m	0,45 m²	0,135 m³
WALL	Flo-de-Chão		F010		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F010		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão		F011		0,25 m	3,00 m	0,75 m²	0,225 m³
WALL	Flo-de-Chão total						158,89 m²	41,74 m³
WALL	total for all stories						158,89 m²	41,74 m³

Figura 45. Lista de quantidades de paredes

Element	Story	Layer Name	User ID	Library path	...	Height	Surface	Volumes
COLUMN	Flo-de-Chão	Estrutura - Geral	P001		0,74 m	3,00 m	2,22 m²	0,666 m³
COLUMN	Flo-de-Chão	Estrutura - Geral	P002		0,38 m	3,00 m	1,14 m²	0,342 m³
COLUMN	Flo-de-Chão	Estrutura - Geral	P003		0,54 m	3,00 m	1,62 m²	0,486 m³
COLUMN	Flo-de-Chão total						4,98 m²	1,494 m³
COLUMN	total for all stories						4,98 m²	1,494 m³
SLAB	Flo-de-Chão	Estrutura - Geral	L001		0,01 m	0,00 m	3,04 m²	0,030 m³
SLAB	Flo-de-Chão	Estrutura - Geral	L001		0,25 m	0,00 m	107,17 m²	26,793 m³
SLAB	Flo-de-Chão total						110,21 m²	26,823 m³
SLAB	total for all stories						110,21 m²	26,823 m³

Figura 46. Lista de quantidades de pilares e lajes

No caso de o modelo em estudo possuir componente estrutural e redes prediais seria possível obter as quantidades de todos os elementos através do Vico Office (Figura 47). O processo inicia-se pela ativação do modelo Archicad que executa as regras de cálculo. Selecionando as propriedades que se desejam obter, é possível agrupar as quantidades e de seguida o *software* processa toda a geometria, executa os algoritmos de cálculo, mostra o modelo 3D e lista todas as quantidades.

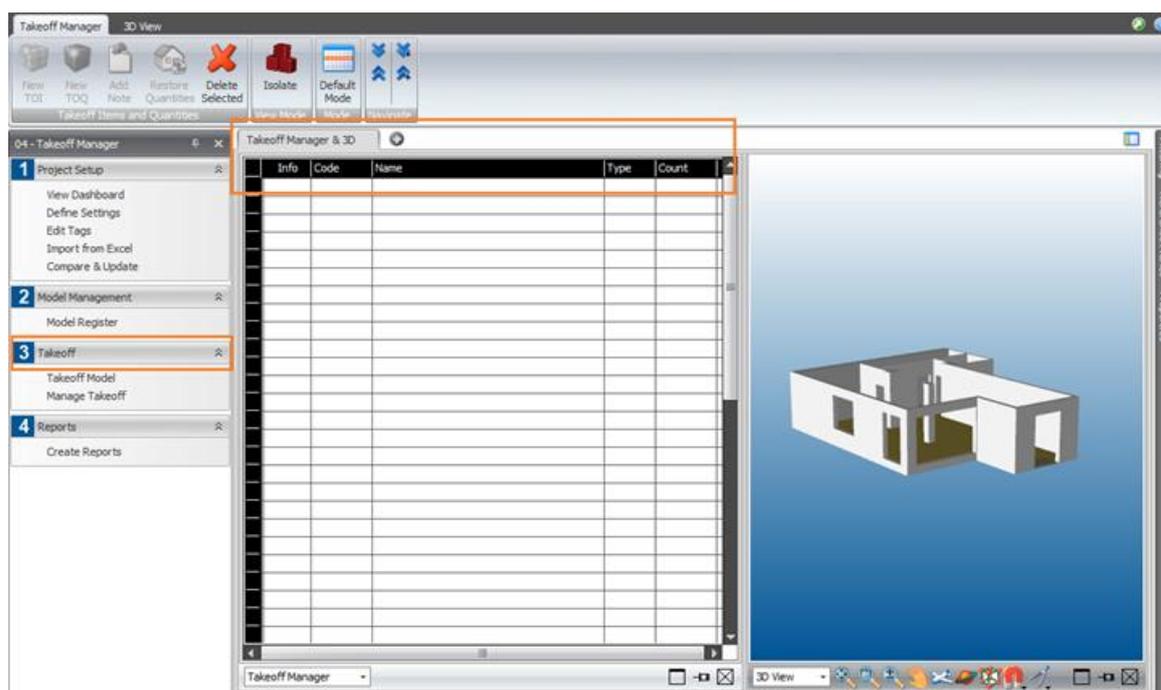


Figura 47. Obtenção de listas de quantidades no Vico Office

Abrir um item da lista de quantidades revela as quantidades de construção rigorosamente calculadas. Ao selecionar uma quantidade como a área da superfície superior ou a área de superfície lateral de um elemento, temos automaticamente *feedback* visual sobre a forma como estão a ser calculados. De notar como as quantidades de vários formatos de modelo são consolidadas na mesma lista de quantidades. Esta junção de elementos e quantidades também pode ser modificada manualmente. O modelo pode ser constantemente analisado pelo seu conteúdo e pela sua qualidade.

5.3.2 Localização e separação dos elementos

O Vico Office usa uma tecnologia patenteada capaz de separar os elementos sem perda de informação relevante. No caso de o edifício ser constituído por vários pisos, é possível isolar um piso com o intuito de analisar e visualizar o conteúdo pormenorizado do mesmo. A lista de quantidades seria automaticamente alterada, e os resultados seriam apresentados de forma diferente. As quantidades passariam a ser indicadas mediante a sua localização.

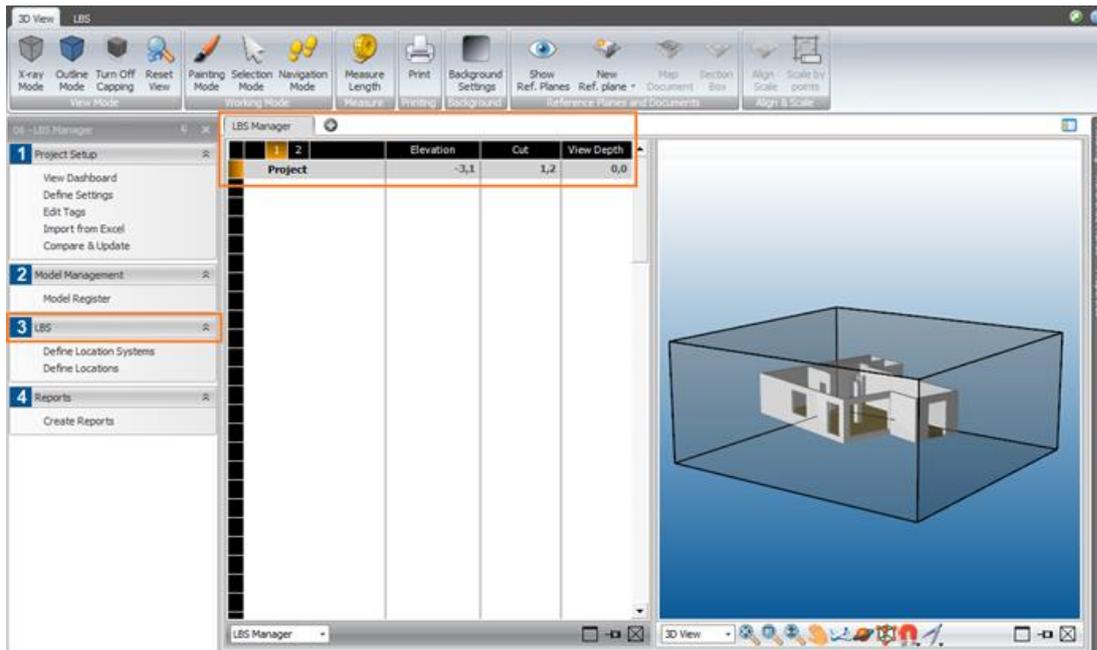


Figura 48. Localização e separação dos elementos

Sendo que o modelo em estudo é constituído por apenas um piso (Figura 48), as quantidades já se encontram definidas para esse piso. As quantidades por localização são a chave para a gestão da construção virtual.

5.3.3 Estimativas de custos

É importante referir que qualquer investimento em estimativas pelo método tradicional não é perdido. O Vico Software começou por realizar estimativas de custos através da importação dos processos de estimativas e projetos de referência já existentes. Trata-se de uma operação simples. É possível seleccionar e copiar todos os dados previamente desenvolvidos noutra *software* (por exemplo Microsoft Excel) e depois colar directamente na ferramenta de conversão do Vico Office. Ao efetuarmos a conversão, os dados serão tratados para poderem ser importados para o Vico Office.

De seguida, selecciona-se a vista desejada para importar os dados e o arquivo a importar. Ao seleccionar-se as colunas da folha, todas as células serão importadas automaticamente.

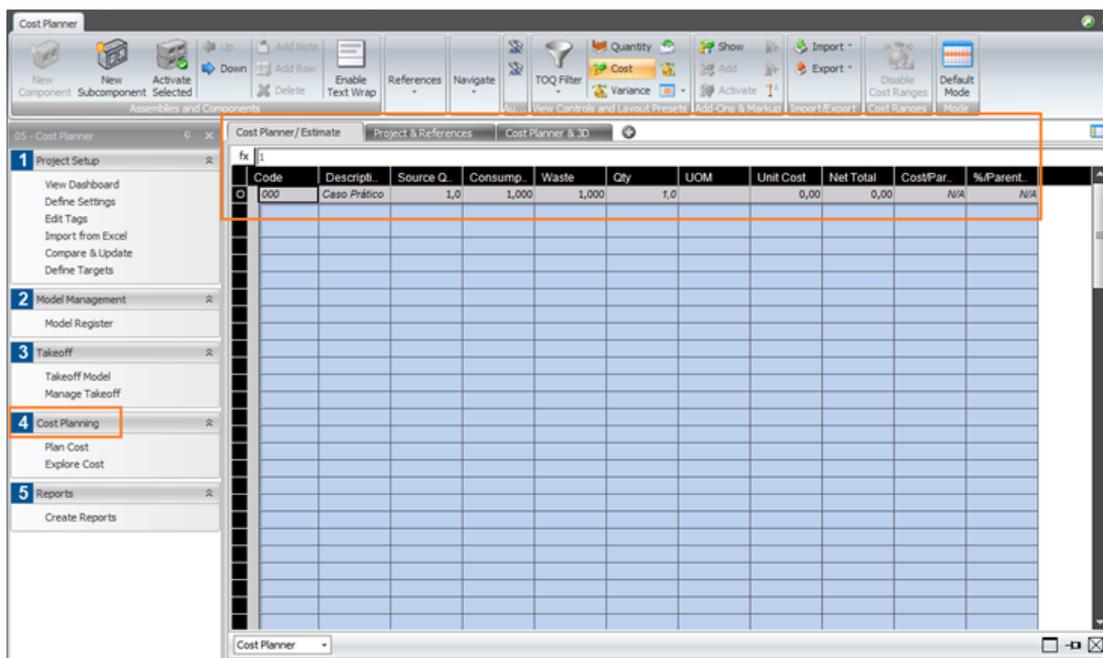


Figura 49. Estimativa de custos no Vico Office

O Vico Office tem ajudado várias empresas do setor da construção na fase de transição do método tradicional para esta nova plataforma de estimativas de custo. Quando todos os dados são importados, é possível ver a mesma estimativa de custos do projeto no *software*. Através deste, é possível complementar estas estimativas com os dados obtidos do modelo. Normalmente, a primeira estimativa baseada no modelo 3D por parte dos utilizadores, apenas traduz dez ou vinte por cento do potencial máximo de precisão desta ferramenta. Estes números serão certamente melhorados ao longo do tempo, com o ganho de experiência no manuseamento desta tecnologia, e também com a introdução de dados mais rigorosos do modelo.

É também possível realizar uma estimativa recorrendo à ferramenta de estimativa de custo como uma folha de Excel (Figura 49). As quantidades são inseridas manualmente, preenchendo as células e adicionando preços unitários. Outra das possibilidades é o facto de se poder arrastar e soltar conteúdo dos nossos projetos anteriores, que após a sua ativação, desenvolvem componentes na estimativa, mas apenas serão adicionados à mesma quando o utilizador o entender. A ativação corrige e substitui a estimativa inicial pela estimativa agora calculada. De seguida, podemos adicionar novos componentes à infraestrutura, como pilares, sapatas ou lajes. Podemos recorrer à lista de quantidades já calculada e extrair a quantidade necessária para cada componente. Utiliza-se a quantidade preconizada para cada pilar, e um preço a definir por pilar. São definidos os metros cúbicos para as sapatas, inserindo o seu volume, e seleciona-se os metros quadrados para as lajes. Ativando estas

novas alterações no projeto, a estimativa anterior também é alterada automaticamente, sendo possível obter o *feedback* visual que o modelo oferece.

5.3.4 Análise do impacto das alterações do projeto

Resumidamente, as quantidades são calculadas de forma automática a partir da geometria dos elementos, e inseridas na ferramenta de estimativa de custo. Esta colaboração significa que qualquer atualização nas quantidades significa uma atualização instantânea na estimativa. Por exemplo, ao eliminar-se um elemento verifica-se prontamente, que também as quantidades relativas a esse elemento são eliminadas. Quando surgem alterações todas as tarefas são tidas em conta, mesmo as horas de trabalho e os custos são calculados. De notar que o processo de estimativa de custo é continuamente vivo em constante evolução. Os números obtidos no momento exato que fazemos a estimativa são de total confiança, mas deixam de o ser quando surgem novas alterações no projeto.

Para termos uma visão mais simples do processo o Vico Office permite criar uma “árvore” com as diferentes versões do projeto e as suas estimativas. Este processo está representado na figura 50. O quadrado representa a versão inicial e o círculo a versão mais recente.

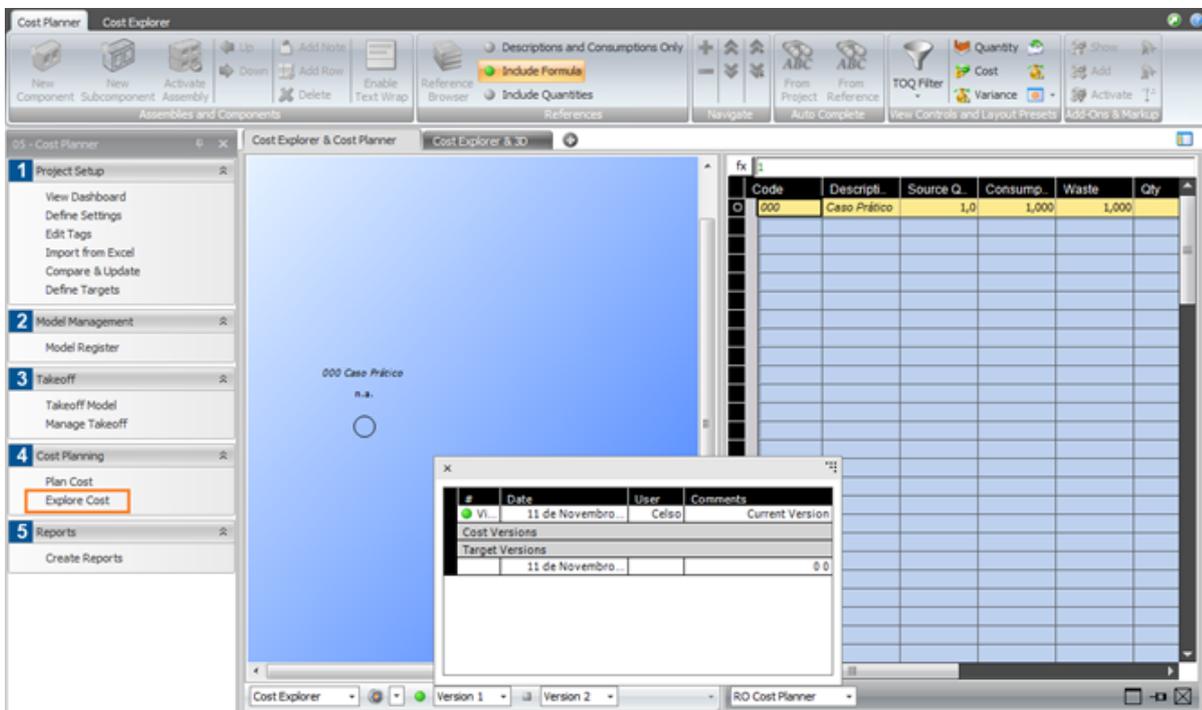


Figura 50. Análise do impacto das alterações nos custos do projeto

As diferentes cores podem significar um aviso de risco, como por exemplo um orçamento com números baixos suspeitos. Ao seleccionar um nó na árvore podemos rapidamente compreender melhor

os fatores de custo e localizar os elementos e as linhas de custos que causam o impacto neste projeto. É possível selecionar a versão mais antiga e comparar com a versão mais recente para identificar quais as diferenças entre as duas versões. Identificando rapidamente os aumentos dos preços unitários. Consegue-se identificar facilmente também, se as diferentes estimativas se devem a mudanças nas quantidades, a alterações de produtividade ou à introdução de novos dados pelos subempreiteiros.

5.4 Calendarização e planeamento da construção

A função de calendarização do Vico Software acrescenta maior capacidade ao método tradicional dos sistemas CPM. Existe um gráfico que mostra o normal desenrolar de todos os trabalhos. Do lado esquerdo é possível ver os locais do projeto e no topo a duração do mesmo.

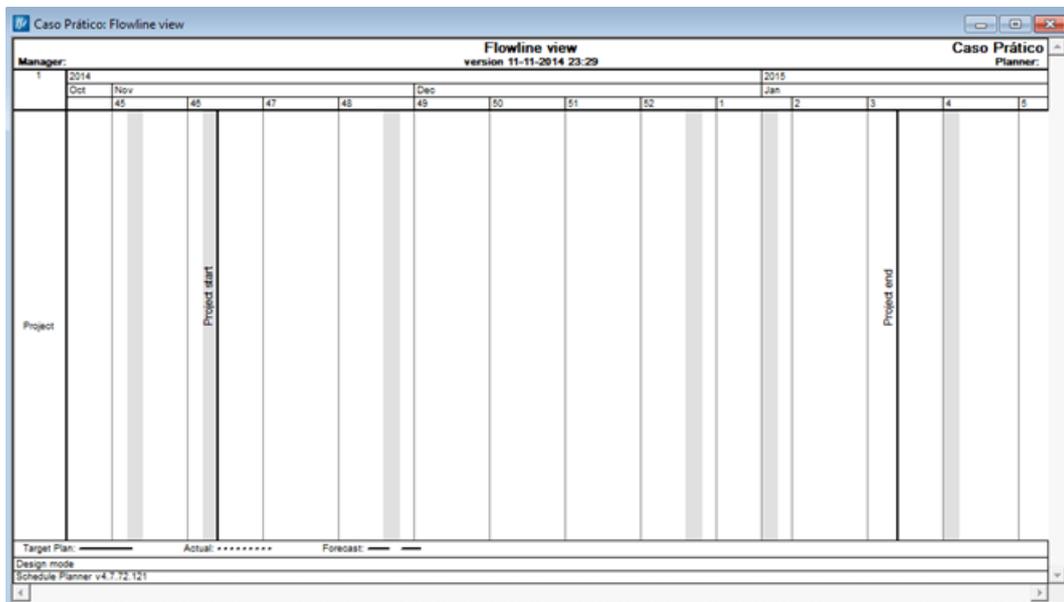


Figura 51. Linha de Equilíbrio do Vico Office

De seguida são representadas as linhas de fluxo dos trabalhos que representam o desenvolvimento de cada trabalho à medida que percorrem os vários locais do projeto. A este gráfico dá-se o nome de Linha de Equilíbrio de um projeto de construção (Figura 51). Quando as linhas são todas representadas é possível identificar quais os locais onde as equipas deveriam trabalhar e também quais as equipas que não estão a cumprir as suas funções. As informações obtidas através do gráfico são essenciais para uma calendarização e planeamento da construção precisas e rigorosas.

5.4.1 Calendarização das tarefas e acompanhamento dos trabalhos

A ferramenta de calendarização do Vico Office pode forçar o trabalho contínuo nas várias especialidades, e tendo em conta o seu desperdício, é possível equilibrar os recursos de modo a otimizar o número ideal de trabalhadores por cada equipa. Recorrendo à informação da estimativa já calculada anteriormente, as tarefas indicadas na Linha de Equilíbrio são significativamente melhoradas com dados relativos a quantidades, custos e recursos necessários em cada local de trabalho. Obtém-se uma calendarização mais rigorosa e precisa devido ao cálculo da duração de cada trabalho.

5.4.2 Otimização da Linha de Equilíbrio

O próximo passo é definir a lógica de cada um dos trabalhos que pode ser feito em qualquer vista do *software*. No entanto, a forma mais rápida é através da vista *network* que automatiza todo o processo a partir dos *layers* de cada local.

Assim se vê como todas as ligações dos trabalhos e tarefas, e dependências lógicas são criadas automaticamente. A partir do gráfico da Linha de Equilíbrio, é possível arrastar os topos das linhas para identificar quais os recursos necessários, a fim de otimizar todos os trabalhos. Existem sempre trabalhos que podemos permitir que sejam descontínuos, como por exemplo a betonagem, e nesse caso não se altera a linha referente a esse trabalho. Se alguma alteração for feita em uma vista do *software*, a mesma será feita em todas as outras, pois as vistas estão sincronizadas. Pode rever-se logo de seguida, a simulação 4D para verificar se há algum erro de calendarização e planeamento.

5.4.3 Controlo de produtividade

A gestão da construção é revolucionada quando se conjuga a ferramenta de calendarização e o controlo de produtividade com as informações obtidas do BIM. Como já foi evidenciado, o planeamento da construção é substancialmente melhorado através da localização das quantidades, informações concretas de produtividade, custos, e recursos. Um dos objetivos do planeamento da construção recorrendo a este *software* é o de se obter uma visualização realista dos trabalhos em obra, e garantir um compromisso por parte de todas as equipas para com o planeamento. A análise dos dados concretos de produtividade fornece previsões e avisos de quaisquer conflitos potenciais em obra. Estas informações de alarme são apresentadas em reuniões entre os intervenientes, com o intuito de implementar medidas que eliminem estes perigos e assim cumprir realmente o plano de construção.

Para verificar quais os trabalhos já concluídos, esta ferramenta desenvolveu uma simples matriz dos locais dos trabalhos e as tarefas que os constituem. Este processo é identificado no gráfico da Linha de Equilíbrio através de uma linha pontilhada. Quando a tarefa é concluída é identificada por um quadrado verde. Um quadrado azul significa que a tarefa está a cumprir a calendarização preconizada. O amarelo quando a conclusão da tarefa está atrasada, e vermelho quando começa tarde. A previsão da conclusão dos trabalhos é apresentada por uma linha no gráfico da Linha de Equilíbrio. Os avisos de alarme são identificados com pontos vermelhos, bem como o realce dos prováveis confrontos e potencial de atraso. Para corrigirmos alguma previsão, por vezes basta alterar o número de uma das equipas, mantendo o planeamento dentro dos prazos estabelecidos. No *software* é possível “viajar” no tempo para os dias de hoje, utilizando o modo do historial. No gráfico é identificada uma linha pontilhada que mostra o progresso histórico das tarefas. Esta informação de produtividade é então utilizada na previsão da conclusão dos trabalhos, para mostrar o impacto provocado no projeto se não se fizerem alterações nas próximas semanas de obra.

Através da implementação destes processos de planeamento e controlo, os utilizadores deste *software* são capazes de tomar decisões mais bem informadas e claramente partilhar informação essencial com os intervenientes do projeto. A partir da matriz do controlo é possível obter o desenvolvimento dos trabalhos. A produtividade real em obra e as quantidades calculam a previsão da conclusão dos trabalhos. As previsões são analisadas nas reuniões semanais dos intervenientes, que discutem ações de controlo que evitem possíveis problemas. Este processo de partilha no local da obra tem como base a produtividade, os compromissos e o desempenho.

5.5 Análise da interoperacionalidade do *software*

Para um projeto se desenrolar devidamente é necessário passar por todos os níveis de detalhe. Com os níveis de detalhe adequados, tais como o desenho do modelo, estimativas de custos, planeamento da construção, entre outros, é possível a partilha de informação entre os intervenientes do projeto. Esta partilha de informação para além de acelerar a construção do modelo em 3D, também vai acelerar a construção em obra.

Quando esta partilha de informação entre os intervenientes, é feita de forma "limpa", sem perda de dados relevantes, dá-se a interoperacionalidade. Sendo o Vico um *software* projetado para receber,

integrar e associar diversos modelos BIM, é compatível com vários *softwares* de modelação, tal como já foi referido na presente dissertação.

No caso prático em questão, ficou demonstrada a capacidade de interoperacionalidade do Vico Software. O modelo em estudo foi originalmente modelado em Archicad.

Ao importar o modelo do Archicad para o Vico Office não se detetou perda de informação digna de atenção. Foram postas em prática grande parte das capacidades que o Vico Software apresenta para a gestão da construção.

Seria facilmente detetável algum lapso deste *software*, no que toca à sua interoperacionalidade na importação deste modelo em particular, no executar da deteção de erros e na obtenção dos mapas de quantidades. Uma das situações que geralmente acontece, na importação de modelos BIM para diferentes *softwares*, é a perda ou a alteração de elementos estruturais, como por exemplo, o desvio de uma viga para um local que iria criar conflito com outros elementos. Neste caso, isso não aconteceu. Aquando do executar da deteção de erros e conflitos não se verificou nenhum erro originado pela importação de Archicad para o Vico Office. Outra situação em que se poderia comprovar a interoperacionalidade deste *software*, seria aquando da obtenção das listas de quantidades. Os valores obtidos no Vico Office seriam comparados com os calculados no *software* de modelação e assim se verificava a verdadeira interoperacionalidade.

Está evidenciado o porquê de os criadores do Vico Office acreditarem fielmente que este *software* é a partitura que todos os músicos podem utilizar para criar uma sinfonia.

6 INQUÉRITO

6.1 Considerações iniciais

O papel proeminente que o BIM (*Building Information Modeling*) tem assumido ao longo do ciclo de vida das obras é evidenciado pelo investimento internacional que tem sido feito pela maior parte das imobiliárias, projetistas, construtores, autoridades de licenciamento, entre outros. É urgente criar em Portugal uma iniciativa que vise definir uma estratégia de implementação desta metodologia, paralelamente com o desenvolvimento de normas BIM nacionais que rejam esta implementação, tal como acontece em outros países (Meireles, 2013b).

Em vários países a metodologia BIM já é obrigatória nas suas obras públicas. No caso de Portugal, ainda não existe nenhuma legislação sobre o BIM, porém são conhecidos alguns casos em que a implementação desta metodologia tenha sido bem-sucedida. Com o intuito de recolher informações concretas acerca desta implementação em Portugal, foi realizado um inquérito a várias empresas do setor da construção.

Este inquérito foi realizado sob a forma de questionário, sendo este o melhor instrumento de recolha de informação. De referir que a amostra recolhida de respostas pode não ser a mais fiável, apesar do razoável número de respostas obtidas.

A primeira razão prende-se com o facto de o contato de algumas empresas ter sido obtido através de empresas revendedoras de *software* BIM, que disponibilizaram informação acerca de alguns clientes. O que significa que essas empresas inquiridas seriam automaticamente utilizadoras desta tecnologia, e podem eventualmente influenciar o número de respostas positivas no questionário. Outra razão que pode retirar algum rigor à amostra obtida, e contrariamente ao fator anterior pode influenciar o número de respostas negativas, é não ter absoluta certeza sobre a identificação e respetiva habilitação da pessoa que respondeu ao questionário. O contato realizado com todas as empresas inquiridas foi feito através de correio eletrónico, o que pressupõe que muitos dos e-mails enviados podem ter sido recebidos e respondidos por funcionários dessas empresas, sem conhecimentos sobre o tema em questão. No caso desta suspeita se ter verificado, o número de empresas que desconhece completamente esta tecnologia estaria demasiado elevado.

Apesar disto, a maioria dos contatos foi realizado a variadas empresas de renome nacional, sem conhecimento prévio acerca da utilização ou não desta tecnologia. Os inquiridos que responderam ao

repto deste questionário, identificaram-se como sendo maioritariamente arquitetos e engenheiros, mas também projetistas, orçamentistas e responsáveis de sistemas de informação, entre outros.

O questionário é inicialmente composto pela identificação da empresa e da profissão do questionando, e por uma questão fulcral, se utilizam ou não a metodologia BIM. Mediante a resposta a esta pergunta, o questionário segue rumos diferentes de questões, terminando com uma questão em comum, acerca da disseminação do BIM em Portugal.

Foram inquiridas 159 empresas, obtendo-se apenas 26 respostas válidas, o que podemos concluir desde já que a maioria das empresas que não responderam ao questionário não utiliza esta metodologia, a desconhece ou então tal como já foi referido não tinha habilitações para responder a este questionário. No presente capítulo, serão apresentadas as informações recolhidas, e a análise e discussão das mesmas.

6.2 Análise e discussão resultados

A análise dos resultados obtidos será realizada maioritariamente através de gráficos, que englobam a informação recolhida dos questionários.

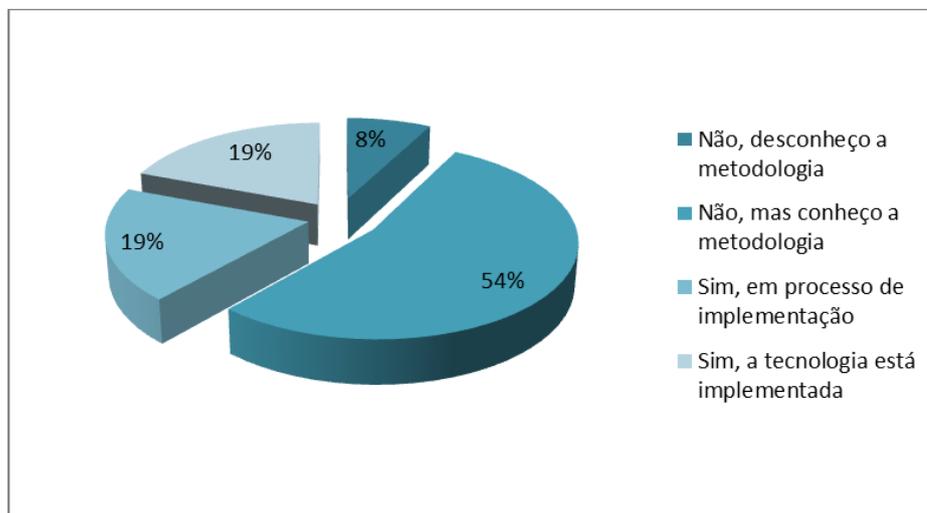


Figura 52. Resultados relativamente à utilização da metodologia BIM.

O questionário tem como epicentro das questões a utilização, ou não, da metodologia BIM, por parte das empresas de construção. Analisando o gráfico anterior (Figura 52), podemos verificar que a maioria das empresas inquiridas não utiliza esta metodologia. 8% das empresas desconhecem a tecnologia, e 54% conhecem mas não utilizam. No entanto, o número de empresas que utiliza BIM é

encorajador, já que 19% das empresas estão em fase de implementação, e em 19% dos casos esta metodologia já se encontra implementada.

De referir porém, que estes resultados não são totalmente precisos, pois o elevado número de empresas inquiridas que não submeteram resposta (apenas 26 respostas de 159 empresas inquiridas) pode traduzir-se num aumento significativo do número de empresas que não utilizam BIM, pois ao não responderem ao inquérito pode significar a falta de interesse ou até o total desconhecimento desta metodologia.

6.2.1 Inquiridos que utilizam a tecnologia BIM

6.2.1.1 O *software* mais utilizado

Para os utilizadores desta tecnologia, o questionário continua com algumas questões aprofundadas sobre o tema.

A primeira questão prende-se com os sistemas de informação utilizados. Esta foi colocada com o intuito de perceber qual o *software* BIM mais utilizado em Portugal.

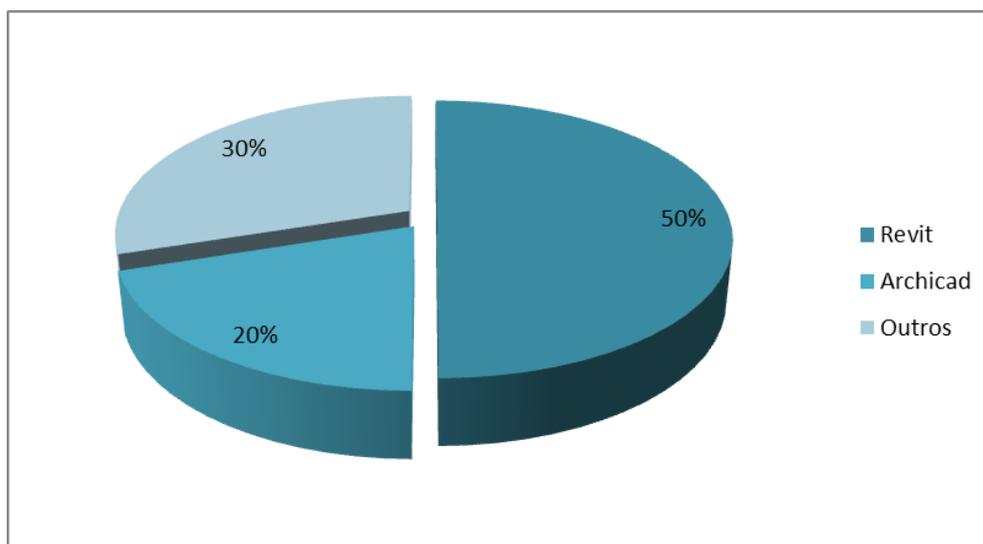


Figura 53. *Softwares* BIM mais utilizados pelas empresas que implementaram esta tecnologia

Analisando o gráfico (Figura 53) verifica-se que a grande parte das empresas que responderam sim relativamente à utilização do BIM, recorrem ao *software* Revit para os seus projetos (50%). O segundo *software* mais utilizado é o Archicad, com uma percentagem bem menor (20%). Os outros *softwares* utilizados são o CypeBIM, o Tekla Structures, e Vico Software.

De referir mais uma vez, que estes resultados podem não demonstrar a realidade da utilização dos *softwares*, devido à pequena amostra de respostas obtida.

6.2.1.2 O impacto das potencialidades BIM nas empresas inquiridas

De seguida inquiriu-se as empresas acerca dos trabalhos e das fases de projeto em que se utilizam esta metodologia, e do impacto que a mesma teve sobre as suas empresas.

Sabendo de antemão que o BIM ainda não está totalmente implementado em Portugal, é natural que as suas potencialidades não sejam totalmente aproveitadas pelos utilizadores deste país. O desenho do modelo e a deteção de erros de projeto são as principais ferramentas utilizadas, tal como é apresentado no gráfico da figura 54. A maioria das empresas salienta que a implementação desta metodologia teve um impacto elevado em todos os processos e trabalhos da empresa.

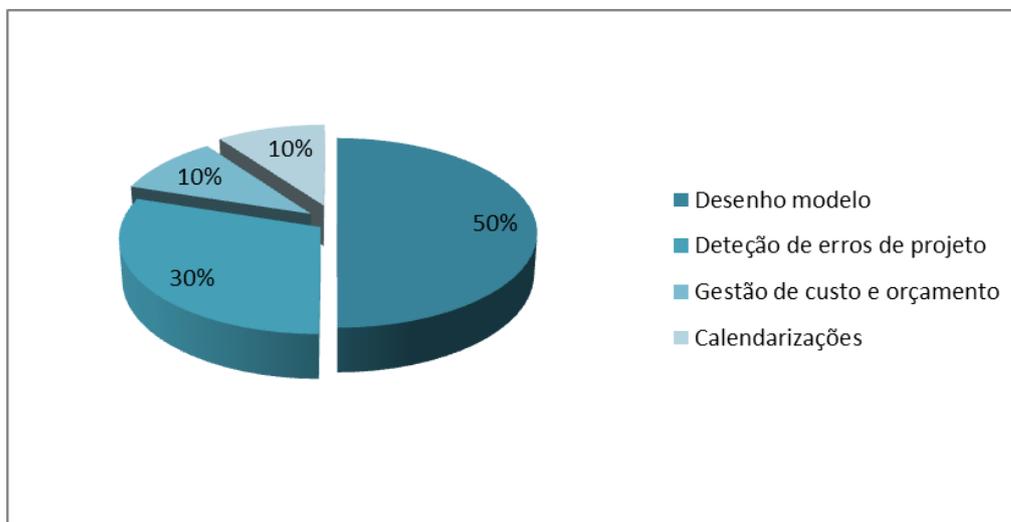


Figura 54. Trabalhos e fases de projeto em que o BIM é mais utilizado

De referir ainda, a baixa utilização destas ferramentas em trabalhos relacionados com a gestão da construção, algo a lamentar pois são óbvios os benefícios que esta tecnologia pode trazer a esta área do setor da construção.

6.2.1.3 Principais vantagens da implementação da tecnologia BIM

De seguida, foi proposto a todos os inquiridos que indicassem quais as vantagens com que se depararam depois de implementarem a tecnologia BIM. As várias opiniões convergiram e foram maioritariamente semelhantes.

As principais vantagens valorizadas foram a melhor visualização do projeto, onde o modelo tridimensional se encontra disponível e em tempo real; a produção de pormenores, cortes e alçados, mais rápida e eficaz; a maior facilidade de troca de informação com arquitetura externa, possibilitando

a quantificação de trabalhos e materiais, e a melhor percepção por parte do cliente final do objeto projetado; a deteção e correção de conflitos entre especialidades apurada muito mais cedo, e melhor coordenação interdisciplinar.

6.2.1.4 Principais dificuldades da implementação da tecnologia BIM

Na implementação de qualquer sistema de informação, o processo passa por algumas dificuldades ou obstáculos, e a implementação da tecnologia BIM não foge à regra.

Foram evidenciadas pelas empresas inquiridas algumas dificuldades que encontraram durante o processo de implementação. De todas as dificuldades apresentadas, há uma unânime entre todas as empresas inquiridas, e já discutida na presente dissertação, o facto de a aprendizagem de uma nova metodologia levar o seu tempo devido, provocando uma demora na adaptação dos técnicos aos novos conceitos e programas.

Outra das dificuldades indicadas tem a ver com a modelação de elementos. Algumas empresas sentiram dificuldades na modelação de especialidades, por exemplo em electricidade o traçado de cablagens, e em instalações hidráulicas necessidade de definição de todos os acessórios.

No que toca à obtenção de informação nem todas as empresas concordam que estes sistemas de informação consigam extrair dos programas a totalidade da informação que acham conveniente.

6.2.2 Inquiridos que não utilizam a tecnologia BIM

6.2.2.1 Obstáculos à implementação da tecnologia BIM

Para as empresas inquiridas que não utilizam a tecnologia BIM o questionário continua com uma questão essencial para o futuro do BIM nas suas empresas, se pretendem ou não utilizar esta metodologia no futuro.

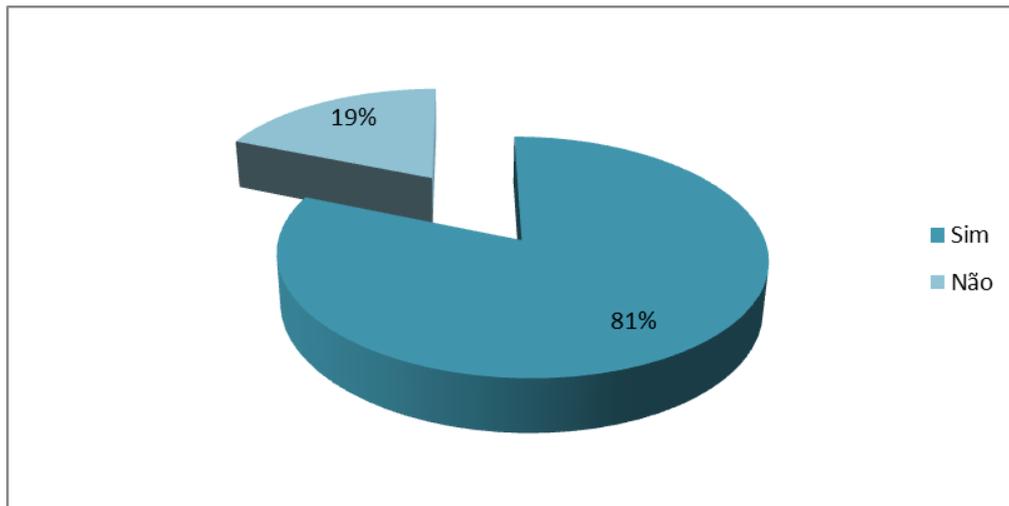


Figura 55. Perspetivas das empresas que não utilizam BIM em utilizar futuramente

Através do gráfico (Figura 55) podemos verificar que a maioria destas empresas tem perspectivas futuras de implementar o BIM, já que 81% (13 empresas) mostraram interesse na sua utilização no futuro e apenas 19% (3 empresas) descartam essa possibilidade.

De seguida, tentou-se analisar quais as principais razões que levam estas empresas a não implementarem esta metodologia.

Analisando as respostas destas empresas, é possível concluir que a maior parte delas não utiliza BIM devido à ainda pouca utilização que esta metodologia tem em Portugal. Outra razão também fortemente apontada, foi o tempo de aprendizagem e adaptação por parte de todos os intervenientes, a novos métodos e conceitos.

6.2.3 Disseminação do BIM em Portugal

Para terminar o questionário foi colocada a todas as empresas uma questão comum acerca da utilização e da disseminação do BIM em Portugal.

Foram vários os exemplos de empresas que adotaram esta tecnologia nos seus projetos. Desde gabinetes de arquitetura, que trocam informação com outros gabinetes através de *software* BIM, até empresas de engenharia que recorrem às tecnologias BIM para obter custos e tempo de projeto mais reduzidos. Foi também evidenciado por algumas empresas a realização de várias conferências e simpósios do BIM em Portugal, onde têm sido apresentados vários casos de sucesso.

Depois destes testemunhos podemos concluir que a metodologia BIM está numa fase de crescimento neste País. O número de empresas do setor da construção que implementou o BIM ainda é reduzido,

apesar de ter aumentado nos últimos anos. A maioria das empresas que conhece esta tecnologia é unânime ao apontar os vários benefícios da sua implementação. Os casos de sucesso em Portugal têm aumentado de uma maneira considerável nos últimos tempos, e apresentados a toda a indústria da construção, através de conferências, colóquios e simpósios.

O principal entrave está precisamente na pouca utilização do BIM em Portugal. Esta pouca utilização, aliada à aversão à mudança característica deste setor da construção, amedronta algumas empresas a implementarem esta metodologia. Trata-se certamente de uma questão de tempo, pois cada vez mais vai optando por soluções de modernização e automatização dos processos, mas enquanto a utilização do BIM em Portugal não abranger a maioria das empresas, não se poderá exponenciar a principal vantagem desta metodologia, a cooperação total e troca de informação entre todos os intervenientes.

Até porque ficou evidenciado no capítulo cinco desta dissertação, que estas reticências por parte de algumas empresas quanto à implementação do BIM têm pouco fundamento. Apesar de concordar que é necessário um tempo de aprendizagem para o devido manuseamento destes *softwares*, trata-se de um processo rápido e acessível. Também não deixa de ser verdade que a principal vantagem desta metodologia reside na cooperação e troca de informação por parte dos intervenientes, mas o mesmo não impede que seja possível retirarmos grandes benefícios na utilização destes sistemas, tal como foi comprovado no capítulo anterior. Quanto mais empresas vão adotando esta tecnologia nos seus processos, e obtendo cada vez mais benefícios com a sua implementação, mais a utilização do BIM crescerá em Portugal, e os entraves à sua total implementação deixarão de existir.

7 CONCLUSÕES

A primeira conclusão na realização da presente dissertação é o facto de ter alcançado o objetivo de avaliar a eficácia das potencialidades da tecnologia BIM e analisar a sua aplicabilidade à gestão da construção. Este objetivo foi alcançado através do levantamento e da análise teórica, apresentada nos primeiros capítulos, mas principalmente pelo exercício prático realizado no quinto capítulo. É inegável que a implementação da tecnologia BIM origina a diminuição dos custos e tempo de projeto, e aumenta a eficiência e a produtividade no setor da construção.

Foi possível verificar durante a pesquisa dos vários *softwares* BIM disponíveis no mercado, que existe uma oferta variada desenvolvida pelas empresas vocacionadas para a venda de *software* direcionado à indústria da construção. No entanto, a maioria dessa oferta corresponde a *software* de modelação dos projetos, beneficiando principalmente a área da arquitetura. Apesar da quantidade significativa de *softwares* de modelação existente, foi perceptível que o número de *softwares* vocacionado para a gestão da construção tem vindo a aumentar consideravelmente. As necessidades de automatização, eficiência, e produtividade, presentes na maioria das empresas, podem assim ser respondidas recorrendo a esta tecnologia.

Apesar das potencialidades inegáveis da metodologia BIM, a sua implementação nas empresas de construção deve ser feita de forma gradual. As empresas que pretendem adotar estes sistemas devem ter em consideração que a utilização destes *softwares* e a sua adoção nos seus projetos não é instantânea. É necessário um período de aprendizagem natural, para que os intervenientes desta indústria adquiram conhecimentos e capacidades essenciais para comunicar através destas ferramentas.

Verificou-se também que algumas empresas deste setor têm uma ideia errada acerca da troca de informação entre os intervenientes. Essa ideia consiste que a troca de informação só é possível se todos os intervenientes utilizarem o mesmo *software* durante o ciclo de vida do edifício. Essa ideia não corresponde de todo à realidade, já que foram apresentados vários exemplos da troca de informação entre diferentes *softwares*, durante a presente dissertação.

No entanto, a comunicação entre diferentes *softwares* só é possível se a interoperacionalidade estiver assegurada. O quinto capítulo desta dissertação é um exemplo das potencialidades que os sistemas BIM apresentam quando se verifica interoperacionalidade entre diferentes *softwares*. A automatização

dos processos e a melhoria dos fluxos de trabalho são notórios quando esta metodologia é adotada. Por exemplo, é possível realizar as várias especialidades de um projeto de construção a partir desta tecnologia. Estes sistemas têm a capacidade de importar informação relativa à calendarização dos trabalhos e ao planeamento da construção, de *softwares*, como por exemplo o Microsoft Project ou o Primavera, e continuar o desenvolvimento dessa informação no *software* BIM. No que diz respeito às estimativas de custo também é possível importar informação desenvolvida previamente, como por exemplo no Microsoft Excel, e continuar ou até melhorar essas estimativas no *software* BIM, sem se verificar a perda do trabalho realizado antes da implementação destes sistemas.

Ainda no que diz respeito à interoperacionalidade, existe uma atenção especial pelas empresas que desenvolvem os *softwares* BIM, em incluir nos seus sistemas o formato IFC, como é o caso do Archicad. Sendo este um formato aberto, neutro e *standard*, as empresas que não incluem este formato nos seus *softwares*, tentam uniformizar e organizar toda a informação, para que seja possível a partilha da mesma entre diferentes *softwares*, automatizando a comunicação entre os sistemas BIM.

A realização do caso prático originou a obtenção de várias conclusões, no entanto, a principal é que é mesmo possível poupar tempo e dinheiro com o BIM. O desenvolvimento das capacidades do *software* inicia-se com a deteção de erros e conflitos no projeto. Como foi possível verificar, trata-se de um processo simples e extremamente rápido, que no caso de detetarmos algum conflito, é possível comunica-lo entre todos os intervenientes, evitando numa fase inicial do projeto, erros que para além de pouparem tempo a corrigir, poderiam ter um impacto elevado nos custos do projeto. O próximo passo consistiu na obtenção das listas de quantidades e das estimativas de custos. O Vico Office analisa a geometria dos elementos do modelo 3D (sapatas, pilares, vigas, etc.), executa os algoritmos de cálculo, e automaticamente apresenta a lista de todas as quantidades. No caso de se tratar de um modelo complexo, constituído por vários pisos, é ainda possível isolar cada piso, e assim termos uma análise mais pormenorizada das quantidades de cada local. Ao separarmos as quantidades por localização a visualização e análise da lista de quantidades torna-se mais rigorosa e precisa. Mais uma vez, é de salientar a rapidez de todo este processo, em comparação com o método tradicional. No que diz respeito às estimativas de custos podem ser realizadas de duas formas distintas. As duas com durações de tempo diferentes. A primeira opção de estimativa consiste na importação de estimativas já existentes desenvolvidas noutro *software*. Quando a informação é totalmente convertida é possível ver a mesma estimativa no Vico Office e a partir daí complementar essa estimativa com dados obtidos do modelo 3D. Trata-se de uma operação simples e rápida. Já a segunda opção é mais demorada e minuciosa, pois a estimativa é realizada desde o início. Os preços unitários e as quantidades são

inseridos manualmente nas células do Vico, que de seguida realiza o cálculo da estimativa. Outra das grandes funcionalidades deste *software* é a capacidade de calendarização e planeamento da construção. O Vico Software acrescenta maior capacidade ao método tradicional dos sistemas CPM. Ora vejamos, ao atualizarmos as tarefas indicadas na Linha de Equilíbrio com informação das estimativas calculadas anteriormente, estas tarefas são significativamente melhoradas com dados acerca de quantidades, custos e recursos necessários em cada local de trabalho. Obtém-se uma calendarização mais rigorosa e precisa. É possível rever logo de seguida, a simulação 4D para verificar se há algum erro de calendarização e planeamento. Com a realização deste caso prático, foi possível verificar realmente que a gestão da construção é revolucionada quando se conjuga a ferramenta de calendarização e controlo de produtividade com as informações obtidas do BIM. Para além do aumento de rigor e precisão das estimativas, também a capacidade de deteção de erros, a automatização e rapidez dos processos, a otimização e redução dos desperdícios no planeamento, traduzem-se num aumento de eficiência e produtividade que não é possível com os métodos tradicionais.

É importante salientar que o *software* primordialmente visado nesta dissertação (Vico Software) não exige um período de aprendizagem tão intenso como muitas empresas pensam. Trata-se de um *software* intuitivo, simples, de fácil obtenção de todas as funcionalidades, compatível com a maioria dos *softwares* BIM do mercado, que tem como única desvantagem detetada o facto de ser pesado para alguns computadores com menos capacidade. É ideal para trabalhos relacionados com a gestão da construção, tais como orçamentação, calendarização e planeamento. De notar que o modelo apresentado no capítulo cinco não envolve uma complexidade capaz de pôr à prova todas as capacidades deste *software*. Por se tratar de um modelo arquitetónico, sem modelação estrutural e sem redes prediais, diminuiu a curva de aprendizagem pretendida com a realização do caso prático. No entanto, com o decorrer do tempo de estudo quer através do levantamento teórico, quer através de vários tutoriais e ainda do desenvolvimento do capítulo cinco, é possível concluir que o objetivo de obtenção de capacidades de manuseamento do Vico Software foi totalmente alcançado.

Relativamente ao inquérito realizado verificou-se que a maioria das empresas não utiliza a metodologia BIM nos seus projetos, porém o número de empresas que utiliza é encorajador e tem vindo a aumentar nos últimos anos. Conclui-se também que o líder de mercado dos *softwares* BIM é o Revit, sendo a ferramenta mais utilizada pelas empresas que responderam ao inquérito. No que diz respeito às vantagens e dificuldades da implementação desta tecnologia, verificou-se que as opiniões eram bastante semelhantes. A funcionalidade BIM mais evidenciada foi a maior facilidade de troca de informação com arquitetura externa, possibilitando a quantificação de trabalhos e materiais, e a melhor

perceção do projeto por parte do cliente. No entanto, existem algumas dificuldades e receios em relação à sua implementação por parte de algumas empresas. Os principais entraves indicados foram o receio que o tempo de aprendizagem desta nova tecnologia fosse longo e dispendioso para a empresa, e o facto de esta metodologia estar ainda pouco disseminada em Portugal. Em relação à disseminação do BIM em Portugal, este argumento tem pouco fundamento. Se é verdade que a implementação do BIM ainda está em crescimento, também é verdade que existem vários casos de sucesso, apresentados até pelas empresas inquiridas. Ao longo da presente dissertação foi possível verificar que a principal vantagem desta metodologia reside na cooperação e troca de informação por parte dos intervenientes, mas o mesmo não impede que seja possível retirarmos grandes benefícios na utilização destes sistemas, tal como foi comprovado no capítulo cinco. Quanto mais empresas vão adotando esta tecnologia nos seus processos, e obtendo cada vez mais benefícios com a sua implementação, mais a utilização do BIM crescerá em Portugal. Outro dos entraves à implementação desta tecnologia, que não deve ser tido em consideração, é o período de aprendizagem requerido para o correto manuseamento desta tecnologia. Tal como ficou comprovado no caso prático, os sistemas BIM são *softwares* simples e intuitivos, e o seu tempo de aprendizagem apesar de existir como é normal, será certamente breve e sem custos significativos.

Por fim, face ao trabalho realizado e às conclusões obtidas não poderia terminar esta dissertação sem apresentar algumas sugestões de futuro. É minha intenção voltar a contactar as empresas inquiridas que não utilizam o BIM nos seus projetos, e apresentar o trabalho realizado na presente dissertação, principalmente no caso prático, com o objetivo de eliminar totalmente os seus receios acerca da implementação desta tecnologia. Sendo o BIM uma metodologia que engloba todas as especialidades de um projeto durante todo o ciclo de vida de um edifício, não foi possível evidenciar todas as potencialidades destes sistemas, como é o caso da sexta e da sétima dimensão BIM. Sugiro desta forma que em trabalhos futuros o estudo possa englobar as dimensões de manutenção (6D) e reciclagem (7D) dos sistemas BIM. A interoperacionalidade é crucial para os sistemas de informação, e a tecnologia BIM não foge à regra. Para que seja possível comunicar entre diferentes *softwares* é necessário existir interoperacionalidade. Tendo em consideração a importância deste facto sugiro que em trabalhos futuros se possa aprofundar o estudo do formato IFC numa componente prática. Para terminar, seguindo o exemplo de vários países europeus como por exemplo o Reino Unido, onde até 2016 o BIM será obrigatório em todos os projetos públicos, sugiro que se estude a possibilidade da implementação de legislação BIM em Portugal, algo que aumentaria definitivamente o crescimento desta tecnologia no nosso País.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustsson, G. I. (2007). Building Information Modeling and the impact on the building industry. Copenhagen: Copenhagen Technical Academy.
- Andrade, M. L., & Ruschel, R. C. (2009). BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências. Em *SBQP 2009-Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído*.
- Antunes, D. A. E. (2013). Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Antunes, J. M. P. (2013). Interoperacionalidade em sistemas de informação. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Autodesk. (2011). Realizing the Benefits of BIM. Acedido a 17 de setembro de 2014, em http://extreme.rs/wp-content/uploads/2013/10/2011_realizing_bim_final.pdf
- Autodesk. (2014). Navisworks. Acedido a 6 de agosto de 2014, em <http://www.autodesk.pt/>
- Azevedo, O. J. M. de. (2009). Metodologia BIM: building information modeling na direcção técnica de obras. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Becerik-Gerber, B., & Rice, S. (2010). The perceived value of building information modeling in the US building industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 15(2), 185–201.
- Building Value. (2013). Productivity Benefits of BIM. Acedido a 12 de setembro de 2014, em <http://buildingvalue.co.nz/sites/default/files/Economic-Benefits-BIM.pdf>
- buildingSMART. (2014). buildingSMART. Acedido a 20 de fevereiro de 2014, em <http://www.buildingsmart.org/>
- Burt, B. A. (2009). BIM interoperability, the promise and the reality. *STRUCTURE Magazine*, 19–21.
- Carvalho, J. Á. (1996). Desenvolvimento de Sistemas de Informação: Da Construção de Sistemas Informáticos à Reengenharia Organizacional. In *Desenvolvimento de Sistemas de Informação: Relatório de Disciplina Contendo o Programa, Conteúdo e Métodos de Ensino* (p. 19).
- Clemente, J. M. D. (2012). Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização – um caso de estudo. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Couto, J. P. (2010). Apontamentos de Organização e Gestão da Construção I. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil.

- Couto, J. P., & Teixeira, J. M. C. (2005). As consequências do incumprimento dos prazos para a competitividade da indústria de construção: razões para os atrasos. Em *Conferência Engenharia 2005*.
- Cunha, M. F. M. J. da. (2012). *Sistemas de informação na construção desenvolvimento de metodologias do processo de gestão de obra*. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Departamento de Engenharia Civil.
- Digital Vision Automation Inc. (2009). Ifc's and Interoperability. Acedido a 20 de fevereiro de 2014, em <http://www.aecoservices.com/tips/IFCs and Interoperability.pdf>
- Dispenza, K. (2010). The Daily Life of Building Information Modeling (BIM). Acedido a 10 de fevereiro de 2014, em <http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>
- EngWorks. (2014). EngWorks. Acedido a 11 de fevereiro de 2014, em <http://www.engworks.com/>
- Ferreira, B. F. V. (2011). Aplicação de conceitos BIM à instrumentação de estruturas. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Fontes, H. M. da C. (2010). Aplicação das técnicas “Building Information Modelling” (BIM) a estruturas de Engenharia Civil e transmissão de conhecimento. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Graphisoft. (2014). BIM explained in laymen's terms. Acedido a 23 de fevereiro de 2014, em http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/about_bim/
- Hamil, S. (2012). Building Information Modelling and interoperability. Acedido a 24 de julho de 2014, em <http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/bimAndInteroperability.asp>
- Hansford, M., & Wynne, A. (2014). NCE Live News Updates. Acedido a 22 de fevereiro de 2014, em <http://www.nce.co.uk/news/water/nce-live-news-updates-thursday-16-january-water-scarcity-and-climate-change-among-top-global-risks-good-year-for-tall-buildings/8657645.article?blocktitle=NCE-Live-Updates&contentID=8860#>
- Henriques, A. F. P. (2012). Integração do ProNIC em ambiente BIM Um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo. Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Hergunsel, M. F. (2011). Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling. Master's Thesis, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, Massachusetts.
- Jacoski, C. A. (2003). Integração e Interoperabilidade em projetos de edificações: uma implementação com IFC/XML. Tese de Doutoramento, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.

- Jiang, X. (2011). Developments in cost estimating and scheduling in bim technology. Master's Thesis, Department of Civil & Environmental Engineering, Northeastern University, Boston, Massachusetts.
- Khemlami, L. (2012). Autodesk. Acedido a 27 de Fevereiro de 2014, em <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html>
- Liebich, T. (2010). Unveiling IFC2x4-The next generation of OPENBIM. Acedido a 20 de fevereiro de 2014, em <http://www.inpro-project.eu/media/Unveiling-IFC2x4.pdf>
- Lino, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. *BE2012 - Encontro Nacional Betão Estrutural*.
- Martins, J. P. da S. P. (2009). Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Martins, J. P. P., & Monteiro, A. (2011). Building Information Modeling (BIM)-teoria e aplicação. *ICEUBI2011 - International Conference on Engineering UBI2011*.
- McKenzie Construction Corporation. (2014). BIM - Building Information Modeling. Acedido a 4 de agosto de 2014, em <http://www.mckenzie-construction.com/bimtechnology.php>
- Meiros, A. R. (2013a). Building Information Modeling | Uma mudança de paradigma. Uma oportunidade. Acedido a 22 de fevereiro de 2014, em <http://boletimarquitectos.wordpress.com/2013/08/20/building-information-modeling-uma-mudanca-de-paradigma-uma-oportunidade/>
- Meiros, A. R. (2013b). Workshop Nacional de BIM. Acedido a 6 de outubro de 2014, em <http://www.ndbim.pt/index.php/pt/component/k2/item/14-inbw>
- Micrográfico. (2007). BIM na sua vertente estrutural. Acedido a 10 de junho de 2014, em http://micrografico.micrograf.pt/mic_35/3519.pdf
- Micrográfico. (2008). Experimente todo o processo antes de o tornar real. Acedido a 2 de junho de 2014, em http://micrografico.micrograf.pt/mic_36/3620.pdf
- Moura, H. M. P., & Teixeira, J. M. C. (2007). Competitividade e incumprimento das funções de gestão da construção. In *3º Congresso Nacional - Congresso Construção 2007*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- National Institute of Building Sciences. (2007). National Building Information Modeling Standard: Version 1 - Part 1: Overview, Principles and Methodologies. Acedido a 20 de fevereiro de 2014, em http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf
- Oliveira, J. D. C. (2009). *A Representação Gráfica em Arquitetura: Uma Transição 1979-2009*. Universidade Positivo, Curitiba.

- Parreira, J. P. de C. (2013). Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Picotês, A. J. R. (2010). Aplicação de modelos de informação para a construção a empreendimentos de pequena dimensão. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Pissarra, N. M. de M. (2010). Utilização de plataformas colaborativas para o desenvolvimento de empreendimentos de Engenharia Civil. (U. T. de Lisboa, Ed.). Dissertação de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Plataforma BIM. (2013). O BIM na Engenharia. Acedido a 10 de setembro de 2014, em <http://www.plataformabim.com.br/2013/04/o-bim-na-engenharia.html>
- Plataforma Tecnológica Portuguesa da Construção. (2012). Realizado o 1º Workshop BIM em Portugal. Acedido a 22 de fevereiro de 2014, em <http://www.ptpc.pt/index.php/pt/eventos/185-realizado-o-1-workshop-bim-portugues>
- RIBA. (2014). First manufacturer BIM objects now live on the National BIM Library. Acedido a 23 de fevereiro de 2014, em <http://www.riba-insight.com/monthlybriefing/12-11/first-manufacturer-BIM-objects-now-live-on-the-National-BIM-Library.asp>
- Ribeiro, J. T. G. (2009). Uso do sistema BIM no processo de projeto de terminais de passageiros aeroportuários: o caso do terminal em “satélite” do Aeroporto Internacional de Brasília–SBBR. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília.
- Rodriguez, J. (2014). Building Information Modeling (BIM) Benefits. Acedido a 1 de outubro de 2014, em <http://construction.about.com/od/Technology/a/Building-Information-Modeling-Benefits.htm>
- Silva, J. M. (2013). Princípios para o Desenvolvimento de Projetos com Recurso a Ferramentas BIM- Avaliação de melhores práticas e propostas de regras de modelação para projetos de estruturas. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Sousa, H. D. C. de. (2013). Modelação em BIM de armaduras de betão armado de um edifício: análise da sua contribuição para processos de medição e orçamentação mais eficientes. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Sousa, H., & Monteiro, A. (2011). Linha de Balanço-Uma Nova Abordagem ao Planeamento e controlo na construção. Em *GESCON 2011 – 2º Fórum Internacional de Gestão da Construção*. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Steel, J., & Drogemuller, R. (2009). Model Interoperability in Building Information Modelling. Queensland University of Technology, Brisbane.
- Steel, J., Drogemuller, R., & Toth, B. (2009). Model interoperability in building information modelling. *Software & Systems Modeling*, 11(1), 99–109.

- Stl Today. (2010). How might contractors benefit from using Building Information Modeling? Acedido a 9 de setembro de 2014, em http://www.stltoday.com/business/how-might-contractors-benefit-from-using-building-information-modeling/article_da164a01-1494-5ff2-9ce8-67f276e8cd91.html
- Taborda, P. J. S. (2012). O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- The American Institute of Architects. (2008). Document E202–2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit.
- The American Institute of Architects. (2009). Interoperability Position Statement.
- The Associated General Contractors of America. (2006). *The Contractors' Guide to BIM* (1st ed., p. 48).
- Tobin, J. (2008). Proto-Building: To BIM is to build. Acedido a 13 de fevereiro de 2014, em <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html>
- Vico. (2008). Virtual construction 2008 user guide. Acedido a 21 de agosto de 2014, em http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/2008_vico_guide.pdf
- VICO. (2014). Vico Software. Acedido a 10 de fevereiro de 2014, em <http://www.vicosoftware.com/>
- Wammen, T. (2010). Part 1 - Building Information Modeling Case Study from the Marshall Space Flight Center. Acedido a 7 de fevereiro de 2014, em <http://www.directionsmag.com/articles/part-1-building-information-modeling-case-study-from-the-marshall-space-fli/122356>
- Yessios, C. I. (2004). Are We Forgetting Design. Acedido a 14 de fevereiro de 2014, em http://www.acebytes.com/viewpoint/2004/issue_10.html

ANEXOS

Questionário sobre BIM

O presente inquérito é realizado no âmbito da realização da dissertação de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade do Minho “Interoperacionalidade em Sistemas de Informação”.

Tem como objetivo registar as opiniões de várias empresas de construção acerca da metodologia Building Information Modelling (BIM) e o seu impacto neste setor.

As informações obtidas através deste questionário são apenas para fins académicos, garantindo-se total sigilo e anonimato. O sucesso deste trabalho depende da sua colaboração.

Muito obrigado!

1. Empresa: _____

2. Profissão:

Engenheiro

Arquiteto

Outra

3. Utiliza a tecnologia BIM?

Sim, a tecnologia está implementada

Sim, em processo de implementação

Não, mas conheço a metodologia

Não, desconheço a metodologia

Em caso de resposta afirmativa à pergunta “Utiliza a tecnologia BIM?”:

1. Qual o software que utiliza?

Revit

Archicad

Vico Software

Navisworks

2. Quais os trabalhos em que utilizou estas ferramentas?

Desenho modelo

Deteção de erros de projeto

Gestão de custo e orçamento

Calendarizações

Controlo e gestão

Outra Qual? _____

3. Qual o impacto que esta metodologia teve na sua empresa?

Muito elevado

Elevado

Razoável

Baixo

Muito Baixo

4. Quais as vantagens que encontrou ao implementar a metodologia BIM?

5. Quais as dificuldades que encontrou ao implementar a metodologia BIM?

6. Qual o objetivo futuro da vossa empresa acerca do BIM?

7. Na vossa opinião esta metodologia está a expandir-se em Portugal? Conhecem casos em concreto?

Em caso de resposta negativa à pergunta “Utiliza a tecnologia BIM?”:

1. Pretende utilizar a tecnologia BIM no futuro?

Sim

Não

2. Quais as razões que o levam a não implementar esta metodologia?

Custo elevado de implementação

Tempo e custo de aprendizagem

Inexistência de suporte técnico em português

Inexistência de *softwares* capacitados com as normas portuguesas

Pouca utilização desta metodologia em Portugal

Resistência à mudança

Outras

Quais? _____

3. Na vossa opinião esta metodologia está a expandir-se em Portugal? Conhecem casos em concreto?
