



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

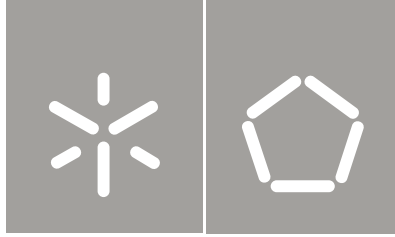
João Manuel Pimentel Antunes

Interoperacionalidade em  
Sistemas de Informação

João Manuel Pimentel Antunes  
Interoperacionalidade em  
Sistemas de Informação

UMinho | 2013

outubro de 2013



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

João Manuel Pimentel Antunes

Interoperacionalidade em  
Sistemas de Informação

Tese 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 2013

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado sob a orientação do Professor Doutor José Cardoso Teixeira, a quem me cabe exprimir o sincero reconhecimento pelo tema proposto, pelas sugestões e pelos conselhos dados ao longo de todo este período.

Agradeço, ainda e sobretudo, aos meus pais, pelo apoio e pelas palavras encorajadoras ao longo desta caminhada. Proporcionaram-me, sem dúvida, todas as condições para poder chegar a este patamar da minha vida e, sem eles, fica a convicção de que não teria sido possível.

Ao meu irmão, pelos nobres valores transmitidos e pela eterna presença. Apesar da saudade, resta a certeza de me continuar a acompanhar para além do céu e das estrelas.

À minha irmã, pela paciência e disposição em ajudar e pelo exemplo inspirador de obstinação, força e coragem no alcance do sucesso profissional e pessoal.

Um especial agradecimento aos meus amigos, por todos os momentos partilhados, pela amizade, compreensão e disponibilidade ao longo destes anos. A todos eles desejo os sinceros votos de felicidade e de sucesso profissional.

Grato me sinto também ao arquiteto Ricardo Carvalho, pelos preciosos ensinamentos na utilização do *software* Revit, que se revelaram fulcrais para a realização do caso de estudo e à empresa CREAM,lda por me ter disponibilizado o projeto em CAD e por me ter ajudado na divulgação do questionário.



## RESUMO

A crescente competitividade na indústria da construção civil conduziu a crescentes exigências de eficiência e de produtividade. Todavia, quando comparada com outras atividades produtivas, verifica-se que o setor da construção civil é dos mais ineficientes. As razões apontadas para tal prendem-se, em grande parte, com a troca ineficaz de informação entre todos os intervenientes no processo da construção, uma vez que esta nem sempre é devidamente organizada, gerida e armazenada.

Assim, ao longo do tempo, procurou-se encontrar métodos e sistemas de informação capazes de dar uma resposta cabal a esta problemática, destacando-se os sistemas BIM (*Building Information Model*). Os BIM associados a metodologias de projeto integrado exibem potencialidades muito promissoras, tais como a representação completa ou parcial de produtos da construção e uma eficaz gestão de toda a informação inerente. No fundo, os BIM pretendem dar um impulso favorável no sentido de padronizar a comunicação, partilhar e integrar eficazmente os intervenientes do processo construtivo.

Neste sentido, esta dissertação pretende avaliar a eficácia e as principais funcionalidades das ferramentas BIM no setor da construção civil. Para o efeito, foi realizada de modo teórico a caracterização das potencialidades, funções cobertas, aplicabilidade na gestão da construção e relação entre sistemas. De seguida, recorreu-se à realização de um pequeno caso de estudo de um anexo de uma habitação, de modo a ser possível averiguar e analisar, de modo prático, algumas das funções descritas anteriormente. Os *software* utilizados foram predominantemente da Autodesk, mais concretamente o Revit 2013. Por outro lado, o caso de estudo permitiu perceber, de um modo geral, a interoperacionalidade dos sistemas BIM, ao analisar-se a sua eficácia e capacidade de comunicação de trabalho com os demais sistemas de informação, assim como tentar perceber-se se, de facto, os processos e fluxos de trabalho são simplificados.

Por fim, e com o objetivo de se perceber o grau de implementação do BIM nas empresas de construção foi realizado um breve questionário, ficando claro quais as características do BIM mais valorizadas por parte das empresas que o utilizam e, em oposição, quais os principais impedimentos na sua vulgarização e não utilização.

**Palavras-chave:** Sistemas de Informação, BIM, Modelação, Interoperacionalidade, Gestão e Planeamento da Construção



## ABSTRACT

The increasing competitiveness in the construction industry has led to increasing demands for efficiency and productivity. However, in comparison with productive activities, it is verified that the construction industry is the most inefficient. For these reasons, it is largely ineffective with the information exchange between all the players in the construction sector, since this is not always properly organized, managed and stored.

Thus, over time, methods and information systems able to provide a complete answer to this problem were sought, with emphasis on the BIM (Building Information Model) system.. The BIM associated with integrated methodologies reveal very promising potential, such as the complete or partial representation of building products and the effective management of all the inherent information. Deep down, the BIM intend to give an advantageous impetus towards standardizing communication, sharing and effectively integrate the players in the construction sector.

In this respect, this essay aims to assess the BIM tools effectiveness in the construction industry, on a management perspective and use of buildings. For this purpose, it was performed, in a theoretical manner, the characterization of the potential, functions covered, applicability in construction management and relationship between systems. Then, it was carry out a a small case study of a building annex so that it is possible to assess and analyze, in a practical way, some of the functions described above. The software used were predominantly from Autodesk, specifically the Revit 2013. On the other hand, the case study allowed to note, in general, BIM systems interoperability by analyzing their efficiency and communication work ability with other information systems, as well as trying to understand whether, in fact, the processes and work-flows are simplified.

Finally, and in order to realize the degree of the BIM implementation in the construction companies, it was sent out a brief questionnaire, making clear which features of BIM are the most valued by companies that use them, and contrary to those, which are the main popularization and obstacles in their non-use.

**Keywords:** Information Systems, BIM, Modeling, Interoperability, Planning and managing construction





# ÍNDICE

<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Quadros.....</b>	<b>xv</b>
<b>Acrónimos e Siglas.....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Descrição sumária do trabalho .....	2
<b>2. REVISÃO DO ESTADO DE ARTE .....</b>	<b>5</b>
2.1 Princípios do BIM .....	5
2.2 O ciclo de vida.....	7
2.3 Origem do BIM .....	8
2.4 Evolução do BIM .....	9
2.5 Programas BIM disponíveis no mercado .....	11
2.6 BIM: vantagens e oportunidades .....	14
2.7 BIM: desvantagens .....	14
2.8 Implementação e difusão.....	15
2.9 Interoperacionalidade BIM.....	17
2.10 O formato IFC .....	19
2.11 Obrigatoriedade legal em adotar BIM.....	22
<b>3. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: BIM.....</b>	<b>25</b>
3.1 Considerações iniciais .....	25
3.2 O conceito BIM e a importância da interoperacionalidade.....	26
3.3 Níveis de desenvolvimento do modelo de informação .....	29
3.3.1 Correspondência entre o LOD e a legislação nacional .....	31
3.4 Sistemas de modelação BIM .....	32
3.4.1 Autodesk Revit.....	33
3.4.2 Graphisoft ArchiCAD .....	35
3.4.3 Tekla Structures .....	36
3.4.4 Outros sistemas BIM.....	38
<b>4. BIM APLICADO À GESTÃO DA CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>39</b>
4.1 Considerações iniciais .....	39
4.2 A utilização do BIM nas empresas de construção.....	40
4.3 Potencialidades do BIM nas empresas de construção .....	42

4.3.1	Deteção de erros e omissões de projeto.....	42
4.3.2	Obtenção automática de listas de quantidades e estimativas de custo .....	43
4.3.3	Análise e planeamento da construção.....	47
4.3.4	Suporte adicional integrado na gestão da construção.....	48
4.3.5	Auxílio no uso de elementos pré-fabricados .....	50
4.3.6	Verificação e acompanhamento das atividades da construção.....	51
4.4	Sistemas de gestão BIM.....	53
4.4.1	Autodesk Navisworks.....	53
4.4.2	Vico Software.....	55
4.4.3	Outros Sistemas.....	58
<b>5.</b>	<b>CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>59</b>
5.1	Considerações iniciais.....	59
5.2	Apresentação do projeto .....	59
5.3	Elaboração do modelo .....	60
5.3.1	Arquitetura .....	61
5.3.2	Especialidades .....	67
5.3.3	Estrutura.....	70
5.3.4	Redes prediais de abastecimento de água .....	73
5.4	Caso de estudo aplicado à gestão da construção.....	77
5.4.1	Deteção de erros e omissões de projeto.....	77
5.4.2	Obtenção automática de listas de quantidades e estimativa de custo .....	79
5.4.3	Análise e planeamento da construção.....	83
5.4.4	Verificação e acompanhamento das atividades da construção.....	87
5.5	Interoperacionalidade entre <i>software</i> de diferentes fornecedores.....	90
<b>6.</b>	<b>QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>95</b>
6.1	Considerações iniciais .....	95
6.2	Análise e discussão dos resultados .....	96
6.2.1	Inquiridos que não utilizam o BIM .....	97
6.2.2	Inquiridos que utilizam ou estão em processo de implementação do BIM.....	98
6.2.3	Questão comum aos inquiridos .....	102
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>105</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo BIM (reproduzido de Allset, 2012). .....	5
Figura 2 – Componentes do BIM. ....	6
Figura 3 – O ciclo de vida (reproduzido de Lino, et al., 2012). ....	7
Figura 4 – Evolução histórica das ferramentas Autodesk (reproduzido de TEECOM, 2012). ..	9
Figura 5 – O conceito BIM 1.0, como forma de obter representações automáticas (adaptado de Archicad, 2012). ....	10
Figura 6 – Obtenção do modelo 4D de gestão e planeamento e 5D dos custos através do modelo 3D (adaptado de Rocha, 2010). ....	10
Figura 7 – Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes (adaptado de Picotês, 2010). .	12
Figura 8 – O modelo BIM como plataforma para comunicação de projetos (reproduzido de Archicad, 2012). ....	17
Figura 9 – Visão da interoperacionalidade (adaptado de Ribeiro, 2012). ....	18
Figura 10 – Versões do formato IFC (adaptado de Ferreira B. F., 2011). ....	20
Figura 11 – Estrutura de base de dados do modelo IFC, versão 2x4 (reproduzido de Ferreira, et al., 2012). ....	21
Figura 12 – Imposição da utilização de BIM a nível internacional. ....	23
Figura 13 – Diversos modelos BIM produzidos para apenas um projeto de construção (adaptado de Steel, et al., 2009). ....	27
Figura 14 – Nível de desenvolvimento do modelo (reproduzido de Meireles, 2012b). ....	29
Figura 15 – Diferentes grupos de Sistemas BIM considerados. ....	33
Figura 16 – Logotipo do Autodesk Revit 2014. ....	33
Figura 17 – Logotipo do Graphisoft Archicad 17. ....	35
Figura 18 – Logotipo do Tekla Structures. ....	36
Figura 19 – Implementação BIM nas empresas de construção quando o modelo é desenvolvido a partir dos desenhos 2D (adaptado de Eastman, et al., 2011). ....	40
Figura 20 – Implementação do BIM nas empresas de construção quando as equipas de projeto contribuem com um modelo BIM (adaptado de Eastman, et al., 2011). ....	41
Figura 21 – Detecção de erros e omissões de projeto (reproduzido de WIQI, 2011). ....	43
Figura 22 – Capacidade do BIM em obter mapas de quantidades automáticos em oposição ao método tradicional de medições. ....	45
Figura 23 – Associação do modelo 3D à sequência temporal das atividades da construção (reproduzido de May, 2011). ....	48

Figura 24 – Modelação de uma guarda de segurança, utilizando ferramenta BIM (reproduzido de Kiviniemi, et al., 2011).....	50
Figura 25 – Nuvem de pontos, utilizando tecnologia laser (reproduzido de Lucena, 2013). ..	51
Figura 26 – Aplicações móveis de fornecedores BIM. ....	52
Figura 27 – Logotipo Autodesk Navisworks. ....	53
Figura 28 – Navegação no Autodesk Navisworks (reproduzido de Grafik, 2012).....	54
Figura 29 – Logotipo Vico Software. ....	55
Figura 30 – Esquema da “Receita” do elemento pilar (adaptado de VICO, 2013).....	56
Figura 31 – Metodologia das ferramentas VicoSoftware (adaptado de VICO, 2013).....	57
Figura 32 – Otimização da produtividade utilizando Linha de Balanço (adaptado de VICO,2013).....	57
Figura 33 – Alçado principal. ....	59
Figura 34 – Planta de cobertura e rés-do-chão.....	60
Figura 35 – Função importar ficheiros dwg no Revit. ....	61
Figura 36 – Desfasamento entre a planta de rés-do-chão e o alçado importado de dwg. ....	62
Figura 37 – Avisos relacionados com os elementos do modelo. ....	62
Figura 38 – Constituição das paredes exteriores.....	63
Figura 39 – Caixa de diálogo do Revit para caracterização das paredes exteriores. ....	64
Figura 40 – Aspeto geral do modelo BIM e do ambiente do Autodesk Revit. ....	65
Figura 41 – Planta do rés-do-chão em Revit.....	65
Figura 42 – Cortes gerados automaticamente em Revit. ....	65
Figura 43 – Imagens renderizadas diretamente no Revit 2013.....	66
Figura 44 – Função copiar/monitorar.....	67
Figura 45 – Fluxo de trabalho de copiar/monitorar para modelos vinculados.....	68
Figura 46 – <i>Worksharing</i> : compartilhamento de trabalho no Revit (reproduzido de Autodesk,2013b).....	69
Figura 47 – Metodologia seguida na realização do caso de estudo. ....	70
Figura 48 – Aspeto geral da estrutura do caso de estudo.....	71
Figura 49 – Modelo analítico e interoperacionalidade com o Robot Structural Analysis. ....	72
Figura 50 – Modelação de armadura de vigas e pilares. ....	73
Figura 51 – Vista 3D e ambiente do Revit no traçado de redes prediais. ....	74
Figura 52 – Exemplo de representação de redes prediais de água fria e quente.....	75
Figura 53 – Redes prediais de abastecimento de água: planta. ....	76
Figura 54 – Redes prediais de abastecimento de água: vista em 3D. ....	76

Figura 55 – Exemplo de caixa de aviso do Revit. ....	77
Figura 56 – Função de consulta de avisos de projeto do Revit. ....	77
Figura 57 – Verificação de interferências do Revit. ....	78
Figura 58 – Interferência entre pilar e tubagem de água fria, representado a laranja. ....	78
Figura 59 – Função de criar listas de quantidades de materiais no Revit. ....	79
Figura 60 – Escolha da categoria para obtenção de listas de quantidades. ....	80
Figura 61 – Campos necessários para a realização do articulado referente a quantidade de betão em sapatas. ....	80
Figura 62 – Articulado para quantidade de betão armado necessário para sapatas de fundação. ....	81
Figura 63 – Área útil de espaços do projeto organizado em tabelas no Revit. ....	81
Figura 64 – Função exportar relatórios do Revit. ....	82
Figura 65 – Tabela exportada pelo Revit para o Microsoft Excel. ....	82
Figura 66 – Aspeto geral do Autodesk Navisworks. ....	83
Figura 67 – Capacidade do Navisworks em importar o planeamento das atividades da construção de outros <i>softwares</i> de gestão de projetos. ....	84
Figura 68 – Calendarização simplificada para a execução da estrutura do caso de estudo. ....	85
Figura 69 – Imagens da animação 4D da sequência das atividades para execução da estrutura do caso de estudo. ....	86
Figura 70 – Serviço “nuvem” da Autodesk – Autodesk 360. ....	87
Figura 71 – Aspeto geral Autodesk 360 e armazenamento na “nuvem” do caso de estudo – “Modelo Tese.rvt”. ....	88
Figura 72 – Aplicações móveis da Autodesk relacionadas com o BIM. ....	88
Figura 73 – Caso de estudo em dispositivo móvel, visualização 3D, cortes e plantas. ....	89
Figura 74 – Opção Exportar IFC (versão IFC 2x3) no Revit. ....	91
Figura 75 – Caso de estudo no Archicad 17 através do formato IFC. ....	91
Figura 76 – Tradutores do formato IFC no Archicad. ....	92
Figura 77 – Versões do formato IFC atualizado (reproduzido de Liebich, 2013). ....	92
Figura 78 – Interoperacionalidade através de <i>add-ins</i> (suplementos). ....	93
Figura 79 – Imagens foto-realista do caso de estudo, renderizadas no Lumion 3D. ....	94
Figura 80 – Resultados obtidos relativamente ao grau de implementação do BIM. ....	96
Figura 81 – Resultado acerca das perspetivas de utilização do BIM, por parte dos que ainda não o utilizam. ....	97

Figura 82 – Número de atribuições, por parte das empresas, face aos principais motivos para não utilizarem a tecnologia BIM.....	97
Figura 83 – Sistemas BIM utilizados pelas empresas que já o implementaram ou estão em vias de implementar. ....	98
Figura 84 – Média da importância atribuída às diferentes funcionalidades do BIM enunciadas. ....	99
Figura 85 – Média da importância atribuída às diferentes vantagens enunciadas. ....	100
Figura 86 – Média da importância atribuída aos diferentes impedimentos enunciados. ....	101
Figura 87 – Número de empresas que responderam afirmativamente ou negativamente às questões relativas à vulgarização do BIM.....	102

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Lista não exaustiva de programas BIM disponíveis no mercado .....	13
Quadro 2 – BIM Process and Technology Trends (Eastman, et al., 2011) .....	16
Quadro 3 – Níveis de desenvolvimento.....	30
Quadro 4 – Articulação entre as fases de projeto definidas na Portaria nº701-H/2008 e o LOD .....	32
Quadro 5 – Formatos que o Revit é capaz de importar e exportar (Kumar, 2008) .....	35
Quadro 6 – Exemplo de aplicações suportadas pelo Tekla Structures .....	37
Quadro 7 – Outras ferramentas de modelação BIM .....	38
Quadro 8 – Outras ferramentas de gestão BIM .....	58

## ACRÓNIMOS E SIGLAS

<b>2D</b>	Duas dimensões
<b>3D</b>	Três dimensões
<b>4D</b>	Integração do planeamento do tempo no modelo tridimensional
<b>5D</b>	Integração do controlo dos custos no modelo tridimensional
<b>6D</b>	Integração da manutenção no modelo tridimensional
<b>7D</b>	Integração da reciclagem no modelo tridimensional
<b>AIA</b>	<i>The American Institute of Architects</i>
<b>AVAC</b>	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
<b>BIM</b>	<i>Building Information Model</i>
<b>CAAD</b>	<i>Computer Aided Architectural Design</i>
<b>CAD</b>	<i>Computer Aided Design</i>
<b>CPM</b>	<i>Critical Path Method</i>
<b>ETICS</b>	<i>External Thermal Insulation Composite System</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>IAI</b>	<i>International Alliance for Interoperability</i>
<b>IFC</b>	<i>Industry Foundation Classes</i>
<b>ISO</b>	<i>International Standard Organization</i>
<b>LOB</b>	<i>Line of Balance</i>
<b>LOD</b>	<i>Level of Development</i>
<b>XPS</b>	<i>Extruded Polystyrene Foam</i>



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento

No período conturbado que Portugal atravessa, assiste-se a uma quebra de procura no setor da construção civil e de obras públicas sem precedentes. Verificou-se um corte brutal no investimento público, com a suspensão ou indefinição de inúmeros projetos e ainda a impossibilidade prática de acesso ao crédito junto do sistema bancário, provocando grandes dificuldades e mesmo o encerramento de grande número de empresas nacionais.

Assim, para além da natural evolução dos tempos, dos requisitos de desempenho superiores, dos permanentes avanços tecnológicos, a forte competitividade provocada pela presente situação socioeconómica fez com que as empresas do setor se focassem essencialmente na competitividade, na eficiência da produção e na capacidade de se internacionalizarem.

Porém, as tecnologias usualmente utilizadas nas diferentes fases de projeto têm-se revelado insuficientes para dar resposta a um mercado extremamente competitivo, onde qualquer falha (a nível de conceção, comunicação, planeamento) pode acarretar custos elevadíssimos e ainda o insucesso de uma construção.

Neste sentido, esta dissertação pretende avaliar a eficácia de uma das mais promissoras ferramentas no setor da Construção Civil, designada por “*Building Information Model*” (BIM), numa perspetiva da gestão e de utilização de edifícios.

Esta ferramenta pretende dar uma resposta cabal a esta problemática, otimizando todas as fases da construção. Pretende, deste modo, melhorar a previsibilidade do projeto, facilitar a comunicação entre todos os intervenientes, minimizar os riscos, controlar os custos e otimizar planeamentos em grandes projetos de construção e de execução complexa (Azevedo, 2009).

## 1.2 Objetivos

A presente dissertação visa analisar os sistemas BIM e a sua aplicabilidade associada à gestão da construção. Esta investigação far-se-á através do desenvolvimento dos seguintes objetivos principais:

- Analisar sistemas BIM, através da sua caracterização, potencialidades e difusão;
- Descrever as potencialidades e a aplicabilidade dos sistemas BIM;
- Estabelecer comparações entre sistemas encontrados (matriz de comparação de funções e de relações entre sistemas);
- Compreender de que modo os BIM podem ser úteis na gestão e planeamento da construção;
- Analisar a aplicabilidade destes sistemas em função da divulgação e da obrigatoriedade legal em adotá-los;
- Sugerir vias de desenvolvimento futuro.

A nível pessoal, pretendo, ainda, com o desenvolvimento da presente dissertação, melhorar os meus conhecimentos na área computacional com o objetivo de, no futuro, me ser possível evoluir no sentido de tirar proveito das ferramentas informáticas com maiores potencialidades no setor da arquitetura, engenharia e construção.

## 1.3 Descrição sumária do trabalho

A presente dissertação engloba duas vertentes distintas e está organizada em sete capítulos. A primeira vertente corresponde ao estudo das potencialidades dos sistemas BIM, quer de modo teórico, quer através da realização de um pequeno caso de estudo, e a segunda vertente corresponde à análise dos resultados obtidos através da realização de um breve questionário, com o intuito de aferir a divulgação e aplicabilidade dos BIM nas empresas nacionais.

Neste **primeiro capítulo** é feita uma pequena introdução ao tema em estudo e são definidas as motivações e os objetivos do trabalho a desenvolver, assim como a sua organização estrutural.

No **segundo capítulo** apresenta-se um enquadramento geral da temática em estudo, através da leitura e pesquisa bibliográfica. Corresponde à análise da informação existente, do

conhecimento produzido por outros autores até ao momento, ou seja, corresponde à revisão do estado de arte.

No **terceiro capítulo** apresenta-se a definição de sistemas de informação, nomeadamente dos BIM, e explica-se a importância da interoperacionalidade dos mesmos. Faz-se, ainda, uma referência aos níveis de desenvolvimento do processo de modelação assim como uma possível correspondência à legislação nacional. Por fim, descrevem-se algumas características e funcionalidades dos principais *softwares* de modelação BIM.

No **quarto capítulo** explica-se, de um modo teórico, a utilização do BIM nas empresas da construção e as principais potencialidades da sua implementação no que se refere à gestão e planeamento da construção. Na sequência do realizado no capítulo anterior, descrevem-se algumas características e funcionalidades dos principais *softwares* BIM destinados à gestão, nomeadamente os vocacionados ao BIM 4D e 5D.

No **quinto capítulo** apresenta-se o caso de estudo. Neste capítulo tentou-se explorar e exemplificar, de modo prático, os principais conceitos e funcionalidades abordados no terceiro e quarto capítulos.

No **sexto capítulo** são apresentados os resultados de um breve questionário realizado com o objetivo de tentar perceber o grau de implementação dos sistemas BIM nas empresas do setor da construção em Portugal, assim como quais as características do BIM mais valorizadas e, em oposição, quais os principais impedimentos na sua vulgarização e não utilização.

Por fim, no **sétimo capítulo**, são estabelecidas as conclusões da dissertação elaborada, assim como algumas considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.



## 2

## REVISÃO DO ESTADO DE ARTE

**2.1 Princípios 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). É uma metodologia que assenta essencialmente no processo de geração e gestão de toda a informação referente a edifícios durante todo o seu ciclo de vida (Fontes, et al., 2010).

O modelo BIM (Figura 1) atua como uma dinâmica base de dados que armazena informação acerca de todas as especialidades envolvidas no projeto. É desenvolvido, mantido e utilizado pelos elementos-chave tais como o dono, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, gestores de obra e autoridades públicas. Ao colocar toda esta informação junta, o BIM possibilita uma melhor compreensão do projeto, viabiliza a tomada de decisões nas etapas iniciais e potencializa o trabalho em equipa. Possibilita o acesso a informação acerca das propriedades dos materiais, dos pormenores construtivos, dos sistemas de ventilação e eletricidade, dos custos estimados e respetivo impacto de modificações (Mozzko, et al., 2011).

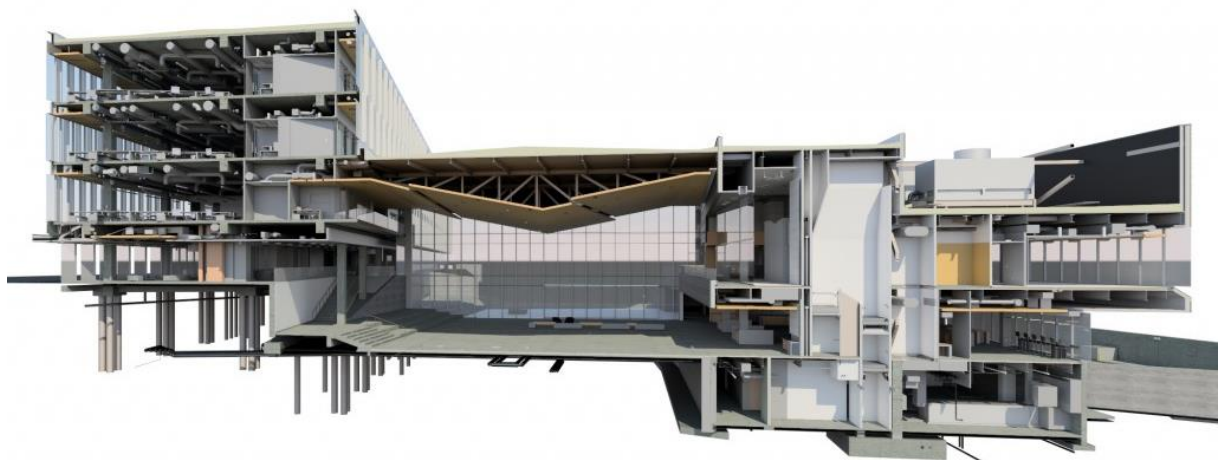


Figura 1 – Modelo BIM (reproduzido de Allset, 2012).

Há a referir que um dos habituais equívocos de perceção em relação ao BIM é a sua associação a um mero visualizador 3D (Lino, et al., 2012). Contudo, importa salientar que o modelo BIM é baseado em objetos paramétricos, tais como paredes, lajes, portas, etc. É, assim, uma coleção tridimensional de “objetos inteligentes”, com propriedades intrínsecas bem definidas, que no conjunto formam um modelo virtual do que se pretende construir.

Este 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).

Assim, esta forma de trabalhar o projeto permite, de modo automático, que após qualquer alteração ou adaptação efetuada, todos os elementos escritos e desenhados sejam automaticamente atualizados. Consequentemente, todas as quantidades e estimativas são diretamente adicionadas à respetiva descrição e armazenadas numa base de dados simples e integrada (Rocha, 2010).

Deste modo, o BIM consiste em dois componentes principais (Figura 2). Por um lado, numa representação tridimensional da geometria espacial e estrutural do edifício e, por outro lado, numa base de dados contendo toda a informação do projeto (Motzko, et al., 2011).

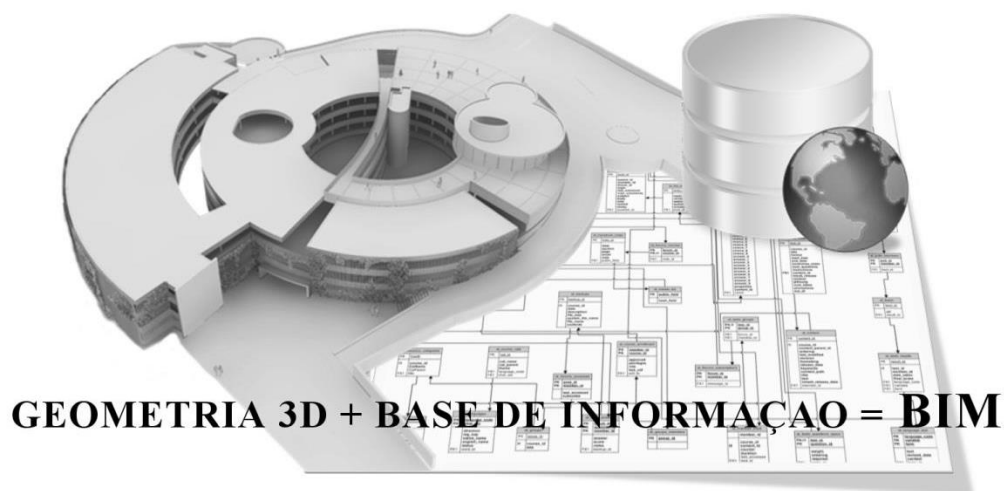


Figura 2 – Componentes do BIM.

## 2.2 O ciclo de vida

O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação durante todas as fases do ciclo de vida de um edifício (projeto, construção, manutenção, demolição e reciclagem), ao permitir explorar e estudar alternativas desde a fase concetual de um empreendimento, mantendo o modelo final atualizado até à sua demolição (Figura 3).

Com efeito, o BIM é uma base de dados lógica e consistente, com toda a informação do edifício, constituindo um repositório de dados e conhecimentos partilhado durante todo o ciclo de vida do empreendimento. É, por isso, um recurso completo com informação que percorre os primeiros modelos de conceção, atravessa a fase de construção, os anos da utilização do edifício e vai até ao fim da vida útil do mesmo (Taborda, 2012).

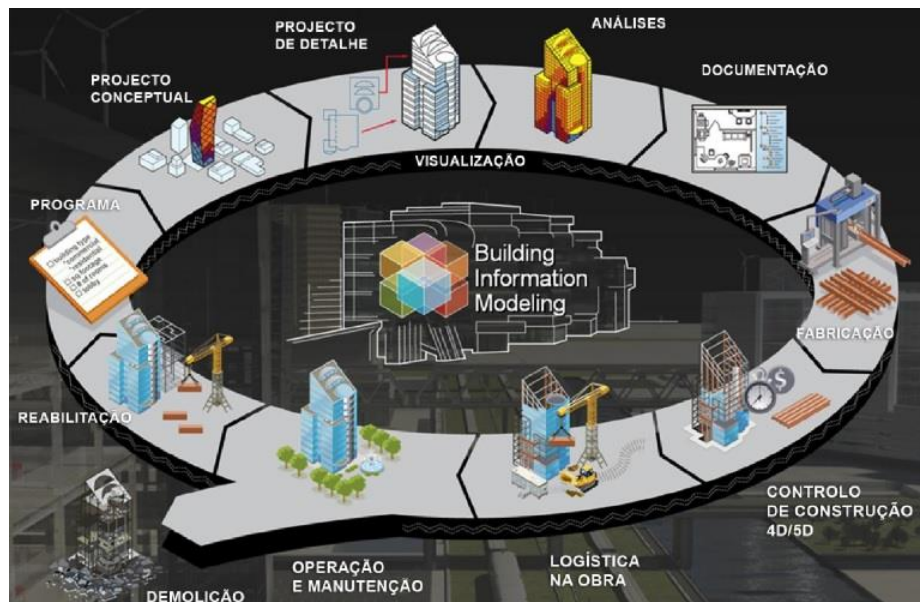


Figura 3 – O ciclo de vida (reproduzido de Lino, et al., 2012).

O consumo de energia e os custos de manutenção de um edifício são aspetos de grande relevância nos custos do ciclo de vida. Quando o BIM é utilizado para a gestão da construção há inúmeras razões para manter o modelo BIM atualizado, numa versão *as built* do projeto. Quando o projeto é concluído esta versão do modelo irá trazer diversos benefícios ao dono da obra, uma vez que o BIM passa a estar disponível numa fase de operação e manutenção do edifício (Kymmell, 2008). Assim, os responsáveis pela manutenção do edifício podem voltar a utilizar o modelo, para proceder ao registo das suas intervenções, adquirir informações técnicas sobre os equipamentos, desde o seu número de série, data da sua instalação, garantia,

características técnicas, até às homologações (Taborda, 2012). Por outro lado, o BIM possibilita a análise dos consumos energéticos, estudos de iluminação, entre outros (Kymmell, 2008).

### 2.3 Origem do BIM

Tradicionalmente os projetos para a construção limitam-se à produção de desenhos e documentos escritos, impressos em papel, que, posteriormente, servem de guia para o empreiteiro. Estes elementos descrevem o edifício através de linhas e planos desenhados, que requerem conhecimentos para conseguirmos interpretá-los. Verifica-se, não raras vezes, que são isentos de definição e demasiado vagos, permitindo que as decisões fiquem a cargo de pessoal não qualificado para o efeito. Esta indefinição origina erros e custos indesejáveis (Rocha, 2010).

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, et al., 2012).

O BIM é o resultado de 30 anos de desenvolvimento na área da conceção de *software* destinado ao setor da construção (Motzko, et al., 2011).

Inicialmente os projetos eram totalmente concebidos através do desenho manual. Em 1969 foi desenvolvido o primeiro *software* CAAD (em inglês, *Computer Aided Architectural Design* ou Projeto Auxiliado por Computador) (Depoli, 2011).

Após os anos 1980, começa a ser comercializado em larga escala o microcomputador, o qual se popularizou como ferramenta para representação gráfica, surgindo os programas CAD. A partir dessa altura, os computadores pessoais e os programas CAD ganharam novas versões, mais rápidas e mais eficientes (Depoli, 2011). Em 1987 a Graphisoft lança o sistema BIM. Hoje em dia quase todos os fabricantes de *software* CAD oferecem sistemas 3D com foco na tecnologia BIM (Motzko, et al., 2011).



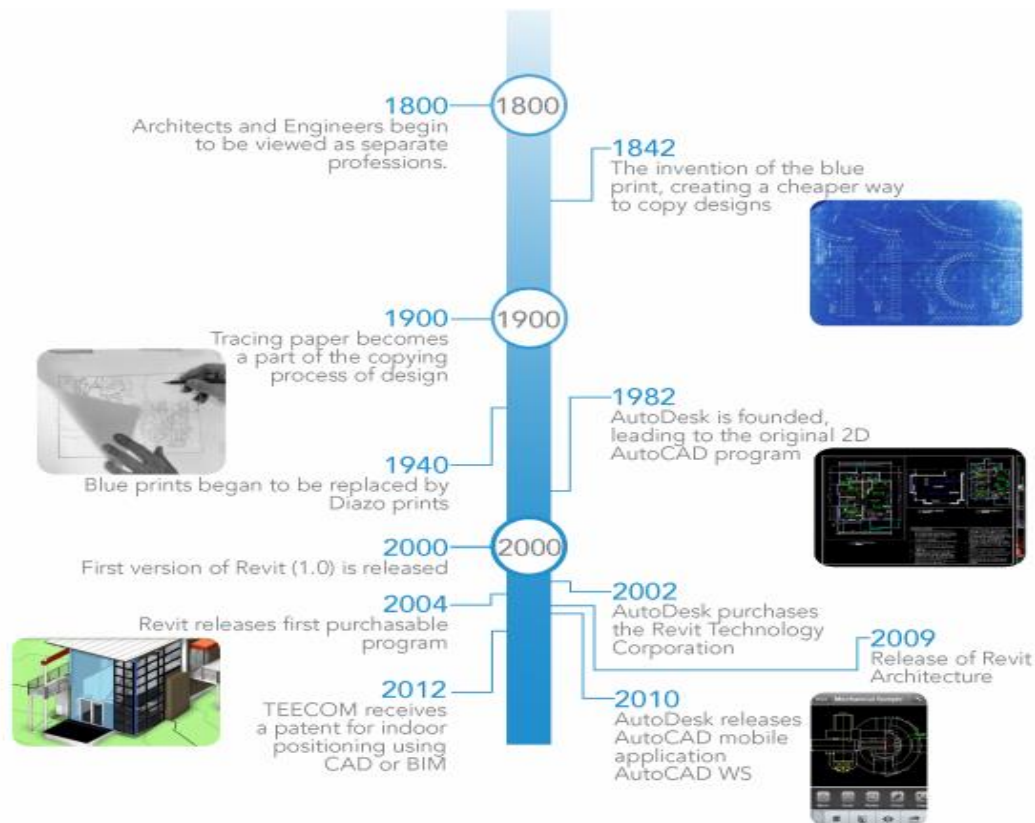


Figura 4 – Evolução histórica das ferramentas Autodesk (reproduzido de TEECOM, 2012).

## 2.4 Evolução do BIM

Tobin, 2008, defende que o BIM apresenta três gerações: BIM 1.0, 2.0 e 3.0 (Rocha, 2010).

Para este autor, o BIM 1.0 caracteriza-se pela substituição dos projetos desenvolvidos em CAD 2D por modelos 3D parametrizados. Nesta fase, o desenvolvimento do modelo é restrito aos projetistas de arquitetura sem que haja a interação com profissionais de outras áreas (Picotês, 2010). Esta fase é a que está mais implementada, no entanto as potencialidades do BIM não são aproveitadas em pleno, uma vez que as fases seguintes ainda estão num estado rudimentar de implementação. Assim, o BIM é usado apenas para criar documentos de desenho, verificando-se que apesar de criados em 3D, são retirados e apresentados em 2D, tanto às entidades licenciadoras como ao dono de obra (Rocha, 2010).

A Figura 5 representa a possibilidade de obter plantas, cortes, alçados 2D, automaticamente, através do modelo BIM.

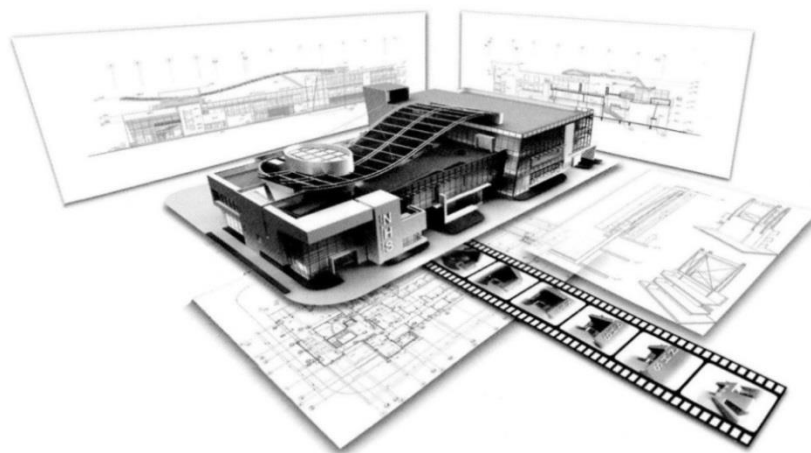


Figura 5 – O conceito BIM 1.0, como forma de obter representações automáticas (adaptado de Archicad, 2012).

Relativamente ao BIM 2.0, o desenvolvimento do modelo expande-se a profissionais de outras áreas, tais como estruturas e sistemas prediais, permitindo que interajam e processem a informação no modelo 3D (Rocha, 2010). Assim, facilmente se conseguem detetar incompatibilidades e conflitos entre os diversos elementos que compõem 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 (Lino, et al., 2012). Esta fase permite ainda que se utilize o modelo 3D para o planeamento do tempo (4D), para o controlo dos custos (5D), manutenção e sistemas (6D), reciclagem (7D) e outros a serem desenvolvidos (nD), permitindo a melhoria da qualidade dos projetos ao potencializar a cooperação entre os projetistas, construtores, consultores e empreendedores através da interoperabilidade da informação e o intercâmbio dos dados (Rocha, 2010).

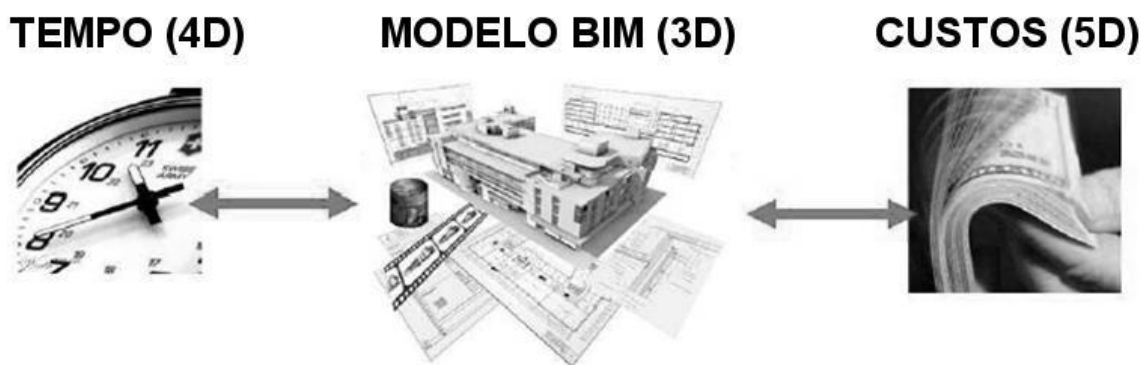


Figura 6 – Obtenção do modelo 4D de gestão e planeamento e 5D dos custos através do modelo 3D (adaptado de Rocha, 2010).

A era pós-interoperabilidade (BIM 3.0) é considerada por Tobin a terceira geração da adoção do BIM. É denominada por fase de simulação, atualmente considerada a fase final da evolução do BIM. A simulação valoriza o conceito BIM ao poder ser efetuada tanto na fase de projeto como na construção ou manutenção, permitindo testar as capacidades, funcionamento e limitações dos objetivos finais do projeto (Rocha, 2010).

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

Reveste-se assim de grande importância, pois permite a consciencialização durante a fase de projeto das necessidades futuras, permitindo a correção de situações que até aqui apenas seriam detetadas na fase de construção ou, mais preocupante ainda, na fase de utilização (Rocha, 2010).

## **2.5 Programas BIM disponíveis no mercado**

Hoje em dia existe grande oferta de *software* destinado ao trabalho de modelos BIM. As empresas dedicadas ao desenvolvimento de programas para o setor da construção têm vindo a desenvolver ferramentas que auxiliam o desenvolvimento dos projetos. Sendo o objetivo dessas empresas o fornecimento de ferramentas capazes, fiáveis e viáveis, têm desenvolvido os seus programas para apresentarem produtos familiarizados com o conceito BIM (Rocha, 2010).

São de destacar pela possibilidade de aquisição em Portugal e implementação no estrangeiro, o Revit, o Archicad, o Bentley, o Allplan e o Teckla. Há ainda a considerar o Cype por se ter tornado muito popular em Portugal, no dimensionamento de estruturas de betão armado. Para além dos mencionados que trabalham o desenvolvimento geral do projeto, segundo o conceito BIM, existem outros que trabalham na mesma linha de interoperabilidade, mas que apenas se dedicam a auxiliar uma determinada fase do ciclo de vida do edifício, especializando-se, por isso, na execução de medições, planeamento e controlo de custos (VicoSoftware), análise energética (Ecotec, Green Building Studio), visualização/verificação (Solibri), entre outros (Rocha, 2010).

Há a referir que não existe ainda no mercado uma solução de aplicativo que individualmente dê resposta completa ao desafio de criar um compêndio completo. Deste modo, cabe ao utilizador escolher quais os mais adequados às suas necessidades, uma vez que os diversos *softwares* encontrados possuem funcionalidades que se complementam, aplicáveis a cada fase do desenvolvimento do empreendimento (Pissarra, 2010).

Realça-se ainda que, associados aos principais *softwares*, existe um número significativo de empresas que desenvolvem componentes (*add-ons*), 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).

Um estudo elaborado em 2007 pela AECbytes - revista que faz a revisão de *software* 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 (Picotês, 2010). Os resultados estão resumidos na Figura 7.

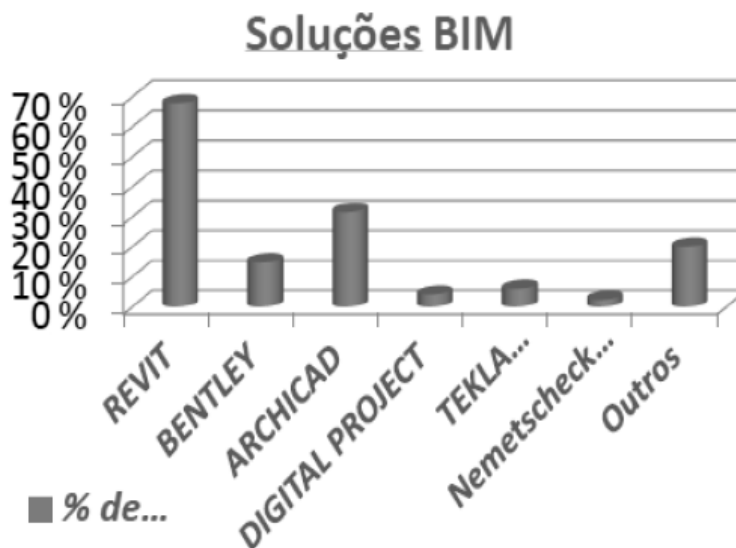








Figura 7 – Resultados da sondagem elaborada pela AECbytes (adaptado de Picotês, 2010).

No Quadro 1 é apresentada uma lista não exaustiva, com uma breve descrição, de aplicações da geração BIM.

Quadro 1 – Lista não exaustiva de programas BIM disponíveis no mercado

	
Revit Architecture Revit Structure Revit MEP Navisworks	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.
	
Archicad MEP Modeler EcoDesigner	O Archicad é o <i>software</i> 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 <i>Teamwork</i> ”.
	
Architecture Structural Modeler Building Mechanical Systems Building Electrical Systems Facilities	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 à 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 <i>standard</i> como PDF, IFC, DGN, DWG e VRML.
	
Structures	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 <i>in situ</i> e pré-fabricado, fabricantes, e também empresas de construção e gestão de edifícios.
	
Allplan Design2Cost	A gama de produtos Allplan oferece uma escolha consistente em BIM no setor da construção. Um modelo BIM desenvolvido através do Allplan pode ser usado em diversos 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, consequentemente, estimativas de custo e orçamentos.
	
Office Constructor Estimator Control Cost Manager 5D Presenter	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 Balanço, em oposição à tradicional rede CPM e gráfico de Gantt.

## 2.6 BIM: vantagens e oportunidades

Na opinião de muitos autores, as ferramentas BIM são uma tecnologia revolucionária, capaz de alterar radicalmente as práticas de trabalho atuais. Entre as potenciais vantagens identificadas para a indústria da construção, associadas à adoção deste tipo de tecnologia, contam-se as seguintes (Poças 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 repetida 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.

## 2.7 BIM: desvantagens

Quando há alterações de processos e rotinas de trabalho, há sempre riscos e dificuldades associados (Poças Martins, 2009).

Os BIM são uma tecnologia emergente e, por isso, acarretam vários riscos e responsabilidades. Contudo, as desvantagens devem ser encaradas como obstáculos, transponíveis e temporários, tais como a redução de produtividade, a dificuldade de

aprendizagem das aplicações, o enquadramento com as formas de trabalhar já estabelecidas, o aumento do risco humano, o encontro de parceiros que utilizem o conceito (Rocha, 2010).

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

Relativamente às barreiras processuais, os autores referem:

- a. O mercado ainda não está preparado para receber os BIM, pois está numa fase de inovação;
- b. A obra ou o empreendimento já estão financiados e o projeto completo, não valendo a pena a implementação dos BIM;
- c. Os custos e curva de aprendizagem são 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 serem alteradas;
- f. A questão da apropriação do modelo e da gestão vai exigir muitos recursos ao proprietário.

Para os riscos e barreiras tecnológica, apontam:

- 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.

## **2.8 Implementação e difusão**

Os benefícios produtivos e económicos dos BIM na indústria da construção começam a ser conhecidos e cada vez melhor compreendidos. Por outro lado, a tecnologia está prontamente disponível e a amadurecer rapidamente (Quadro 2).

Muitos dos benefícios do BIM podem ser definidos como diretos, apesar de serem os indiretos aqueles que possuem maior importância. Por diretos, entende-se aqueles que melhoram a qualidade, nomeadamente da visualização e da organização de toda a informação de um projeto de construção. Por sua vez, os indiretos prendem-se com a capacidade de poder potencializar o trabalho colaborativo e a possibilidade de melhorar o entendimento do projeto, contribuindo para a diminuição do risco (Kymmell, 2008).

Quadro 2 – BIM Process and Technology Trends (Eastman, et al., 2011)

Process Trends
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Proprietários estão a exigir BIM e a alterar os contratos de modo a permitir a sua utilização;</li><li>▪ Utilizadores de BIM estão a adquirir novas competências e habilitações;</li><li>▪ Pesquisas recentes demonstram que a utilização de BIM de modo aprofundado por parte de todos os intervenientes cresceu de 34% em 2008 para 45% em 2009;</li><li>▪ Casos de sucesso da utilização de BIM conduziram à aceitação do BIM por parte das empresas de construção;</li><li>▪ Os benefícios práticos do BIM estão a ser intensamente analisados e testados;</li><li>▪ Crescente esforço para padronizar a informação dos modelos BIM;</li><li>▪ Há cada vez maior preocupação com a “construção sustentável”;</li><li>▪ A utilização de ferramentas BIM nas empresas de construção está a aumentar.</li></ul>
Technology Trends
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Surgimento de programas de verificação de conformidade e deteção de colisões de modelos BIM;</li><li>▪ As empresas de desenvolvimento de <i>software</i> BIM continuam a desenvolver e a adicionar funcionalidades novas, oferecendo plataformas cada vez mais ricas e completas;</li><li>▪ As empresas de <i>software</i> estão continuamente a expandir as suas ferramentas BIM, oferecendo produtos específicos para determinadas áreas da construção;</li><li>▪ Fornecedores de produtos para o setor da construção começam a disponibilizar catálogos dos seus produtos no formato 3D paramétrico;</li><li>▪ Ferramentas BIM direcionadas para a gestão da construção estão a aumentar;</li><li>▪ O BIM está a incentivar a utilização de componentes pré-fabricados, que poderão ser adquiridos a nível mundial.</li></ul>

Todavia, 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 interoperacionalidade, 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 B. F., 2011).



## 2.9 Interoperabilidade BIM

No desenvolvimento de um empreendimento de engenharia civil há a considerar diversas fases de desenvolvimento que, no conjunto, formam o ciclo de vida. Para cada fase atuam diferentes intervenientes que partilham e desenvolvem informação. Embora em cada momento desse ciclo se possa considerar que não existe nenhum agente que necessite de toda a informação disponível, para se proceder a uma intervenção sobre o mesmo é frequentemente necessário analisar várias especialidades e vários componentes (Pissarra, 2010).

Todavia, na atual situação da indústria da construção, cada interveniente possui aplicações informáticas próprias com as quais cria a sua informação, procurando estabelecer com cada um dos intervenientes com que se relaciona quais os formatos dos ficheiros que são necessários para a realização da sua especialidade.

Modelar, construir e fazer a manutenção de um edifício é geralmente um processo muito complexo, que exige a cooperação próxima de várias pessoas a trabalhar em diferentes campos. A Figura 8 mostra os muitos possíveis participantes num projeto de construção, incluindo os proprietários do edifício, os empreiteiros, os engenheiros, os encarregados das instalações e o arquiteto (Archicad, 2012).

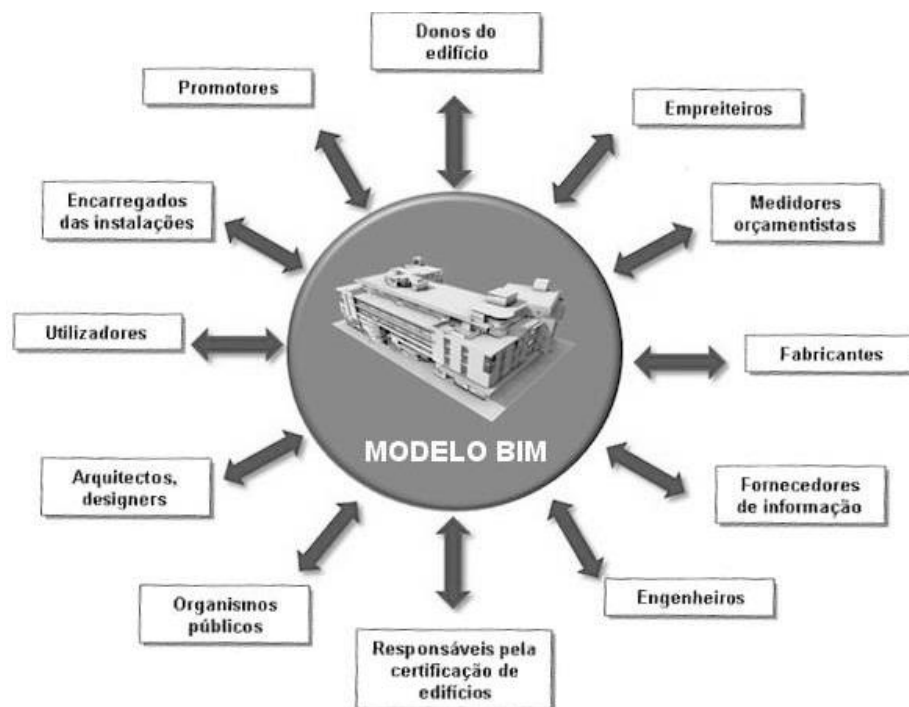


Figura 8 – O modelo BIM como plataforma para comunicação de projetos (reproduzido de Archicad, 2012).

A interoperabilidade é a capacidade dos sistemas comunicarem eficientemente entre si. Esta identifica a necessidade de passar dados entre aplicações e elimina a necessidade de repetir a introdução de dados já concebidos (Ferreira B. F., 2011).

O modelo BIM disponibiliza a plataforma ideal para partilhar os dados do edifício dentro e fora do escritório. O IFC e outros protocolos de ficheiros permitem que o programa BIM comunique com diversas aplicações, tais como os programas estruturais, programas de análise energética e de deteção de colisões (Archicad, 2012).

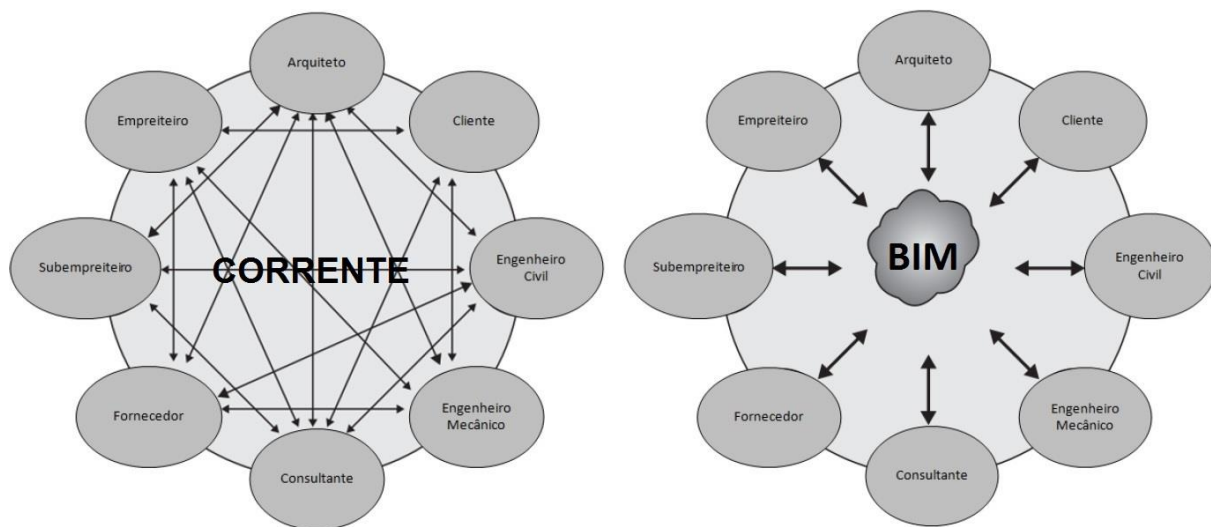


Figura 9 – Visão da interoperabilidade (adaptado de Ribeiro, 2012).

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. 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 B. F., 2011).

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 B. F., 2011).

Segundo um artigo da AIA (*The American Institute of Architects*), a falta de interoperacionalidade do *software* contribui para (Ferreira B. F., 2011):

- 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 não obtenção, por parte da indústria de *software*, de um desenvolvimento robusto de análise e simulação de ferramentas e interfaces necessárias para responder à rápida mudança da indústria.

## 2.10 O formato IFC

Um dos problemas-chave da gestão do ciclo de vida da construção é que os diferentes participantes no projeto necessitam de diferentes tipos de informação do arquiteto, sendo a padronização da informação um dos grandes desafios.

Para colmatar esta lacuna, várias iniciativas foram surgindo na indústria da construção para criar um *standard* para a representação e organização de produtos da construção, das quais se destaca o *Industry Foundation Classes* (IFC) já que atingiu o estado de formato padrão (Ferreira, et al., 2012). O formato IFC é certificado pela ISO e pode ser integrado em quaisquer políticas de garantia de qualidade de uma empresa. IFC é em parte desenvolvido pela IAI – a *International Alliance for Interoperability* (Archicad, 2012).

O modelo IFC é uma linguagem em formato aberto, compatível com várias aplicações BIM, permitindo uma padronização do processo construtivo (Ferreira, et al., 2012). O desenvolvimento do formato IFC começou em 1997 com o IFC1.0 (*First Release*, Primeiro Lançamento) e presentemente está no IFC 2x4 (em processo de aguardar certificação total da *International Organization for Standardization*) (Rocha, 2010).

A Figura 10 demonstra a evolução história do formato IFC.

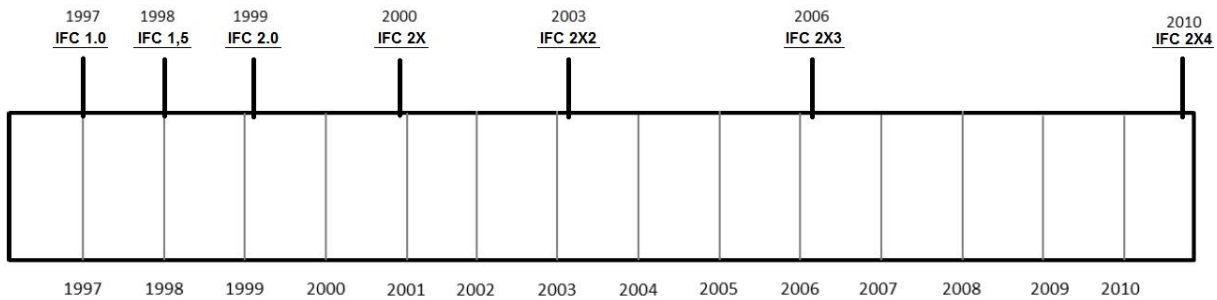


Figura 10 – Versões do formato IFC (adaptado de Ferreira B. F., 2011).

A linguagem IFC interpreta as descrições dos elementos do modelo 3D do edifício (tais como lajes, paredes, pilares, vigas, etc) entre as várias aplicações de *software* durante o processo do projeto. Em comparação com o DXF, que é apenas um formato de elementos gráficos, os ficheiros IFC também definem as propriedades completas dos objetos arquitetónicos, tais como as suas características 3D, materiais e a sua relação com outros objetos (Archicad, 2012).

Todos os principais vendedores de aplicações nos campos da modelação da informação de construção (BIM), da engenharia estrutural, da conceção dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), da análise térmica, de mapas de quantidades e estimativas de custos incorporaram a compatibilidade IFC nos seus produtos (Archicad, 2012).

Uma vez que o IFC é um formato de troca de dados aberto que captura informação da construção, pode ser usado por aplicações comerciais e não comerciais de construção para troca de dados entre eles. O modelo IFC representa os componentes de construção tangíveis, tais como portas, paredes, tetos, janelas, pilares, vigas, lajes, fundações, entre outros; assim como entidades mais abstratas, como horários, espaços, atividades, custos de construção e organização. Essas entidades têm uma série de atributos tais como identificação única, nome, geometria, materiais, acabamentos, inter-relacionamentos e assim por diante (Ferreira, et al., 2012).

A principal vantagem de utilizar o IFC em vez dos outros formatos de ficheiros é a de que a informação BIM é preservada durante a transferência de dados. Por exemplo, as paredes continuarão a ser paredes, preservando toda a informação 2D e 3D anteriormente definida, depois de o ficheiro IFC ser aberto noutra aplicação. O protocolo IFC não só preserva a

descrição geométrica completa em 3D, como também conhece a localização dos objetos, respetivas relações e todas as propriedades (ou parâmetros) de cada objeto (Archicad, 2012).

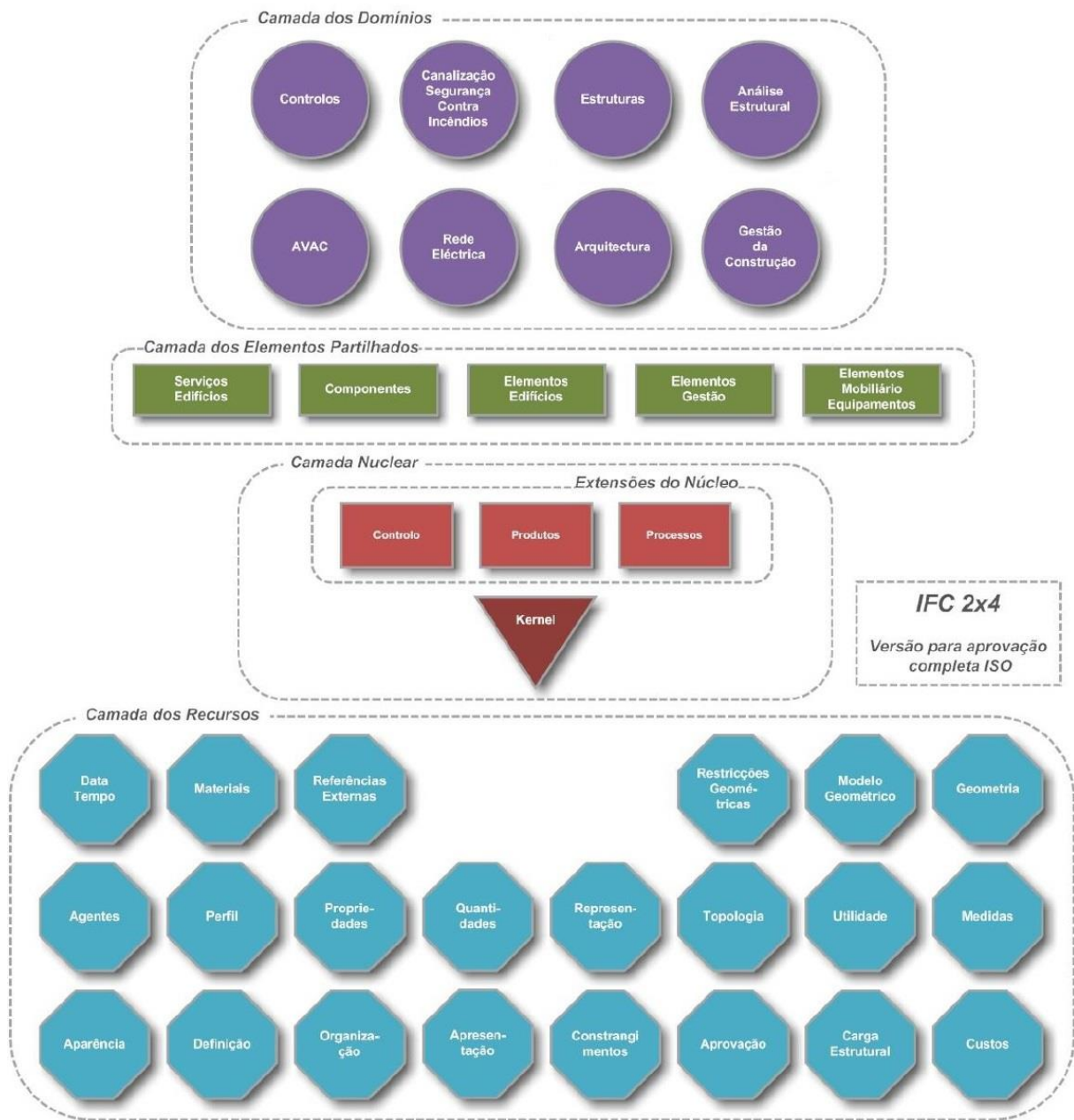


Figura 11 – Estrutura de base de dados do modelo IFC, versão 2x4 (reproduzido de Ferreira, et al., 2012).

A Figura 11 representa o diagrama do modelo IFC que é dividida em quatro camadas separadas em diferentes níveis. Cada camada é composta por várias categorias, e é dentro de cada categoria que as entidades individuais são definidas.

Assim, cada camada apresenta as seguintes características (Khemlani, 2004):

- Camadas dos domínios: é a camada superior do modelo IFC que contém entidades de definições para conceitos específicos de cada domínio, como a arquitetura, engenharia estrutural e gestão de construção. Deste modo, contém informações acerca dos elementos de arquitetura, acerca dos elementos estruturais (sapatas, pilares, vigas), acerca de sistemas AVAC, redes prediais, entre outros.
- Camada dos elementos partilhados: este nível é composto por categorias de entidades que são normalmente utilizadas e partilhadas entre vários tipos de aplicativos ou áreas da indústria da construção. Logo, os elementos de construção partilhada têm esquemas de definições para uma viga, parede, porta, coluna, informações sobre a acústica e outros elementos necessários à realização de uma obra de engenharia.
- Camada Nuclear: esta camada contém entidades que representam os conceitos abstratos que são utilizadas para definir entidades nas camadas superiores. No *Kernel* são definidos, por exemplo, a informação acerca dos autores do projeto e a empresa construtora. O Produto define componentes como, por exemplo, o espaço, o local da obra, elementos construtivos e anotações. As outras duas extensões do esquema - Processo e Controle, relacionam vários conceitos, como tarefas, procedimento, cronologia da obra e aprovação dos trabalhos a serem realizados na obra;
- Camadas dos recursos: contém categorias de entidades que representam propriedades básicas tais como a geometria, materiais, quantidade, medições data e hora, custos, etc. Funcionam como recursos que são utilizados para definir propriedades das entidades nas camadas superiores que foram referidas anteriormente.

## 2.11 Obrigatoriedade legal em adotar 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).

O papel de destaque que o BIM tem vindo a assumir, ao longo de todo o ciclo do empreendimento de construção, é comprovado pelo investimento internacional que tem sido concretizado pelos vários governos, grandes promotores imobiliários, projetistas, construtores, entidades licenciadoras e outras (Meireles, 2013a). Atualmente, a utilização do BIM já é imposta em alguns países para determinados tipos de obra (Figura 12).

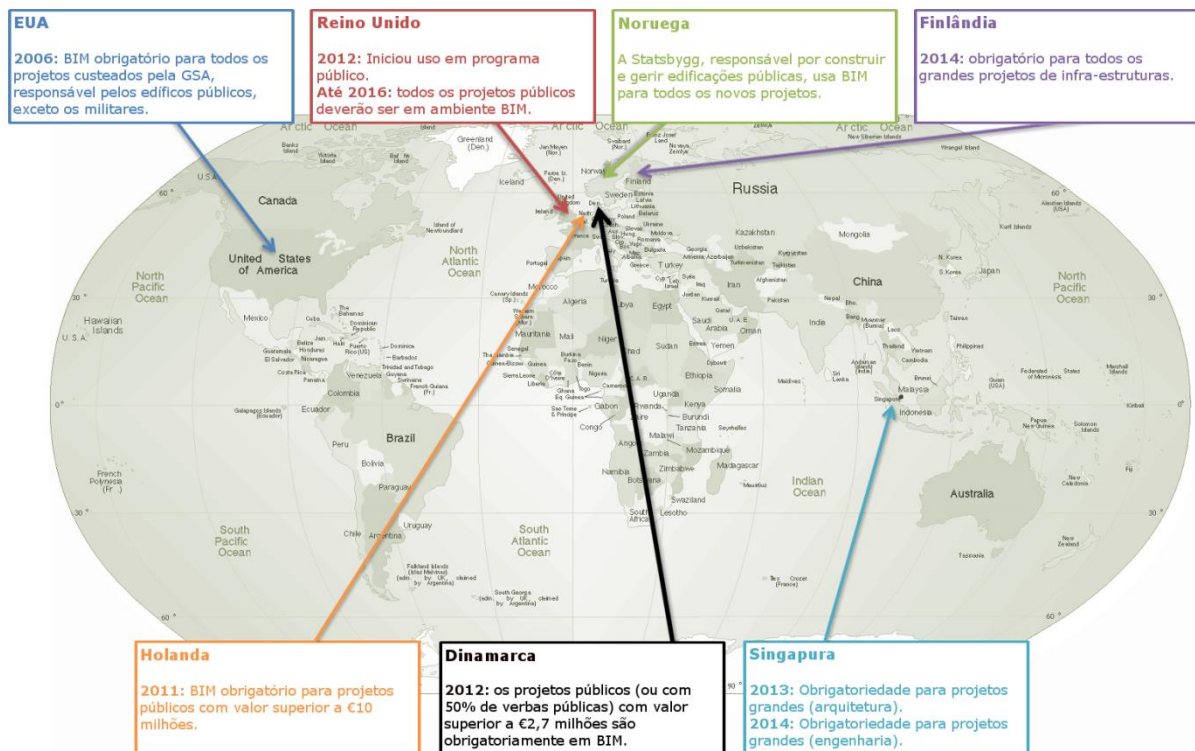


Figura 12 – Imposição da utilização de BIM a nível internacional.

Existe uma tendência internacional de se promoverem iniciativas nacionais que visem a criação de normas que suportem a imposição da utilização do BIM em obras públicas e, consequentemente, na promoção privada. A título de exemplo, na Finlândia, a *Finish Transport Agency* estabeleceu como meta para 2014 solicitar que todos os seus grandes projetos de infra-estruturas 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 sejam 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, 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 *General Services Administration*. Em Singapura, foi definida a sua obrigatoriedade para projetos grandes até 2013 (Arquitetura) e 2014 (Engenharia) (Meireles,2013a).



# 3

## SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: BIM

### 3.1 Considerações iniciais

Um sistema de informação é um conjunto organizado de elementos, podendo ser pessoas, dados, atividades ou recursos materiais em geral. Estes elementos interagem entre si para processar informação e divulgá-la de forma adequada em função dos objetivos de uma organização (FMU, 2013).

Alguns autores descrevem sistema de informação como sendo o sistema que 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).

Os sistemas de informação são atualmente um fator determinante para a competitividade das empresas no setor da construção. 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).

Com o objetivo de melhorar esta situação, é necessário melhorar a comunicação entre as várias especialidades envolvidas na indústria da construção e é vital estabelecer uma estrutura de informação adequada para organizar e manter os dados produzidos (Henriques, 2012).

Assim, tem-se assistido, nesta área, a uma evolução significativa ao longo dos últimos anos. Tecnologias como os BIM revelam potencial para solucionar muitos dos problemas de interoperacionalidade que são reconhecidos atualmente na construção (ODE, 2012).

### 3.2 O conceito BIM e a importância da interoperacionalidade

O conceito de BIM não deve ser confundido com a ideia de um único repositório de informação. A implementação do BIM não significa que toda a informação acerca da construção esteja reunida apenas num único ficheiro, armazenada e mantida apenas por uma empresa, ao longo do ciclo de vida do edifício. Usualmente descrito como um dos objetivos principais da estratégia de implementação do BIM, o “*Single Building Model*” está, hoje, fora do alcance de qualquer utilizador BIM pela mesma razão que foi posta de parte desde há 30 anos atrás: não existem condições, quer tecnológicas quer de mercado que apoiem a sua implementação (Smith & Tardif, 2009).

Com efeito, o processo de realização de um projeto não é, na realidade, assim tão estático e definido para que este conceito seja viável. Existem inúmeras razões para que tal se verifique como, por exemplo, a disponibilidade de recursos no momento necessário e a continuação de determinado projeto antes de questões-chave de coordenação entre todas as especialidades estarem resolvidas. Por exemplo, os projetistas de estruturas não poderão gerar informação sem que a arquitetura esteja definida e, por sua vez, os projetos das especialidades não poderão dar início ao seu trabalho (Henriques, 2012).

De facto, a experiência tem mostrado que um único modelo não vai ao encontro das diversas necessidades de todos os intervenientes e nem todos estes utilizam as mesmas aplicações BIM. Assim, não é plausível que as diferentes especialidades trabalhem em simultâneo, utilizando os mesmos dados contidos num único modelo. Todas as partes envolvidas no projeto necessitam de um modelo próprio para poderem cumprir todas as suas obrigações contratuais, evitar conflitos e a interdependência, utilizando um único modelo que é partilhado (Henriques, 2012).

Por sua vez, não existe nenhum *software* comercial que seja capaz de conter toda a informação desenvolvida acerca de todo o seu ciclo de vida e que a possa tornar acessível a qualquer pessoa automaticamente e em tempo real. Por outro lado, 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 (Smith & Tardif, 2009). Esta capacidade de comunicar e trabalhar em conjunto designa-se por interoperacionalidade.

Deste modo, um modelo de informação de determinado projeto é o resultado de vários modelos BIM produzidos por pessoas diferentes (Figura 13). Cada um destes modelos pode possuir diferentes níveis de detalhe e ter sido produzido por diferentes *software* o que, por sua vez, pode originar ficheiros em formatos distintos.

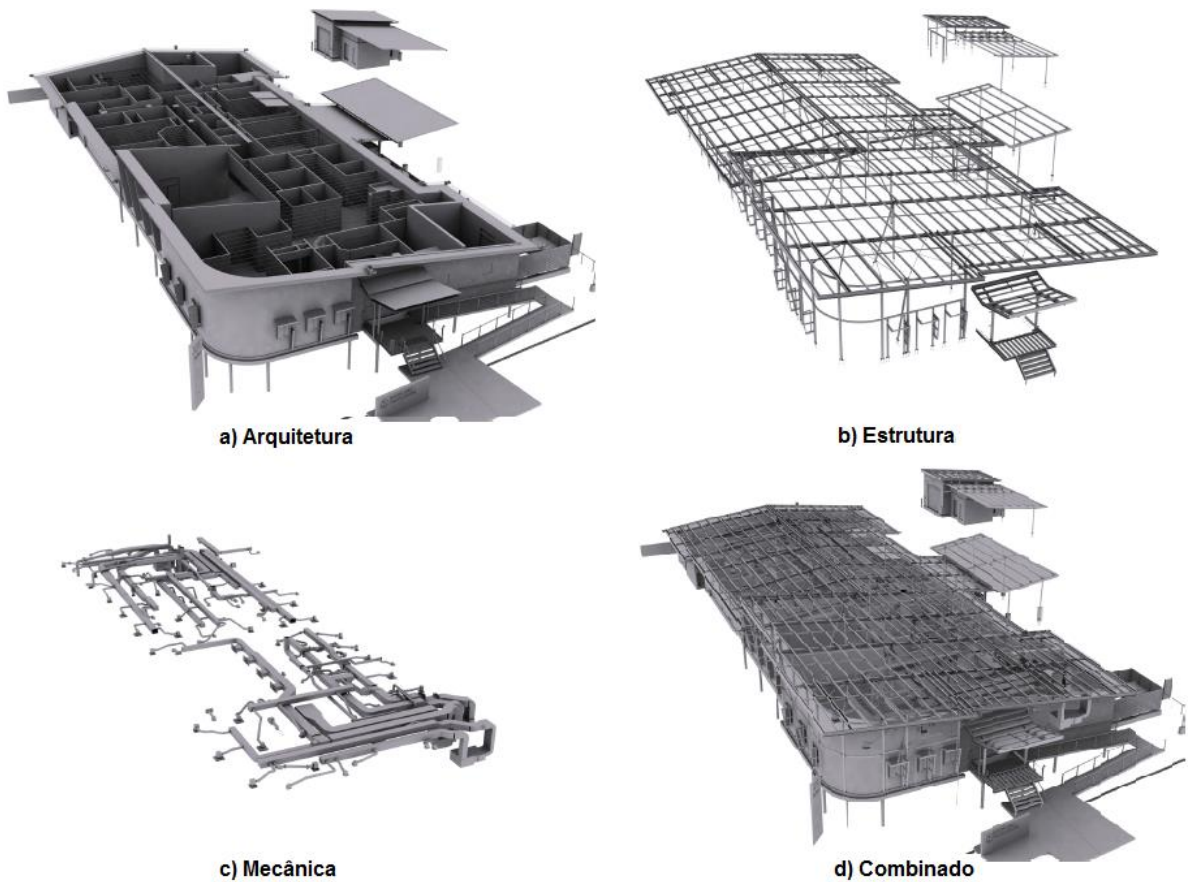


Figura 13 – Diversos modelos BIM produzidos para apenas um projeto de construção (adaptado de Steel, et al., 2009).

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

- modelo de 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);
- modelo do estaleiro (terreno, edifícios vizinhos, paisagem).

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

Assim sendo, torna-se evidente a necessidade de decidir qual o *software* BIM que as empresas irão utilizar, sendo este um dos aspetos mais importantes na sua escolha: o modo como estes “comunicam” com as outras aplicações necessárias ao desenvolvimento de uma obra de engenharia. Deste modo, as empresas necessitam de saber se todos os intervenientes do projeto conseguem abrir e retirar facilmente a informação que necessitam para realizar o seu trabalho através da ferramenta BIM escolhida.

Há a considerar três níveis de interoperacionalidade que a seguir se descrevem (Hamil, 2012):

- **Interoperacionalidade entre *software* do mesmo fornecedor**

Este nível de interoperacionalidade é o mais simples e ocorre quando o *software* utilizado pelos vários intervenientes de projeto é proveniente do mesmo fornecedor. Ocorre, por exemplo, quando a equipa de instalações de redes, arquiteto e engenheiro estrutural trabalham em modelos BIM distintos, utilizando as várias versões do Autodesk Revit. Estes modelos podem ser sobrepostos e agrupados, obtendo, deste modo, um modelo combinado que pode depois ser utilizado para a equipa de planeamento e gestão da construção, utilizando o Navisworks (também da empresa Autodesk). Este tipo de interoperacionalidade apresenta não só grandes benefícios em termos de planeamento e coordenação dos trabalhos, como também na deteção, em tempo útil, de conflitos entre a estrutura e as especialidades.

- **Interoperacionalidade entre *software* de diferentes fornecedores**

Atualmente é impossível projetar e construir um edifício, utilizando apenas *software* 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 custo. Assim, é inevitável que se tenha de recorrer, a determinada altura, a *software* de diferentes fornecedores, sendo necessário definir regras de comunicação que determinem como os dois *software* devem comunicar entre si. Esta comunicação é muito importante, pois pode facilmente reduzir o número de erros e facilitar a coordenação da informação num projeto.

- **Interoperabilidade 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 serviço de correio eletrónico (*e-mail*). De facto, é com alguma naturalidade que qualquer 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).

### 3.3 Níveis de desenvolvimento do modelo de informação

Ao utilizar a tecnologia BIM, à medida que a conceção vai evoluindo, o nível de maturação quer do modelo quer da informação vai evoluindo, sendo incorporados cada vez mais detalhes (Figura 14). O ciclo de construção de uma obra de engenharia engloba um conjunto de diferentes fases, que devem ser respeitadas. Deste modo, é fundamental estabelecer um paralelismo entre o processo de modelação e as diversas fases do projeto (Silva, 2013).

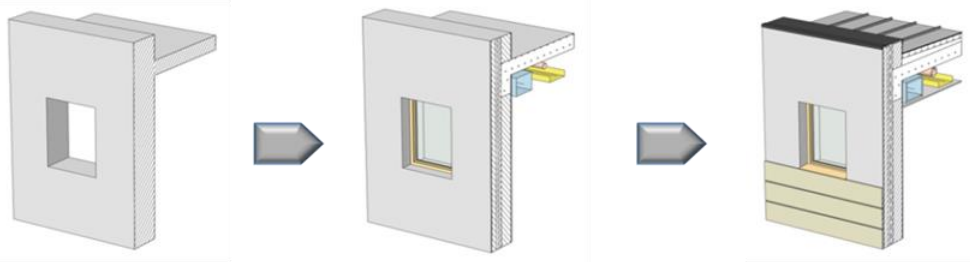
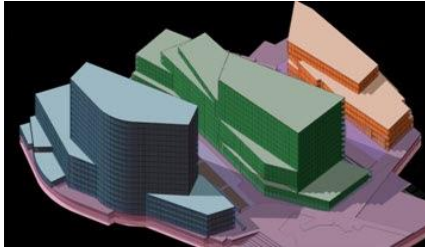


Figura 14 – Nível de desenvolvimento do modelo (reproduzido de Meireles, 2012b).

Com o intuito de estruturar o processo de modelação, o *American Institute of Architects* publicou um documento E202 onde estabelece o nível de desenvolvimento (AIA, 2008). Segundo este documento há a considerar 5 níveis de desenvolvimento: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500. Cada nível de desenvolvimento corresponde à necessidade de informação específica e aos objetivos do modelo (Quadro 3).

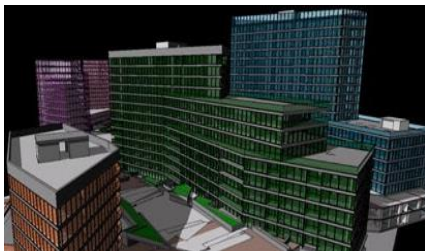
Quadro 3 – Níveis de desenvolvimento

**LOD 100**



LOD 100 é essencialmente um estudo da volumetria espacial do projeto em geral para determinar a área, altura, volume, localização e orientação. Este nível de detalhe é tipicamente usado para estudos de viabilidade e estimativas de custo grosseiras. Quando se trabalha no LOD 100, não há muita informação disponível para além de uma ideia do tamanho do projeto e da sua forma geral (Weygant, 2011).

**LOD 200**



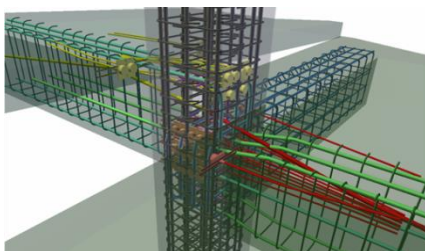
Neste LOD, para além da definição da geometria aproximada, informação não gráfica pode ser adicionada aos elementos do modelo. Neste nível as paredes, pisos, telhados, aberturas são definidos mas podem não especificar exatamente quais os materiais ou componentes que são utilizados. Por exemplo, aberturas em paredes ou em telhados nesta fase podem ainda não ser janelas ou portas ou claraboias, mas apenas aberturas. Neste nível podem ser realizadas várias análises no sentido de determinar quais as soluções construtivas que serão utilizadas (Weygant, 2011).

**LOD 300**



LOD 300 fornece mais informação acerca das quantidades, tamanho, forma, localização e orientação. Neste nível, a geometria está perfeitamente definida com precisão. Além disso, 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, para a compilação de mapas de trabalhos e quantidades 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 e pormenores relacionados com o seu projeto, montagem e fabricação, para além de outras informações que permitam análises precisas e estimativas de custos rigorosas (Henriques, 2012).

**LOD 500**



O LOD 500 pode ser considerado uma representação digital *as-built* 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.

### 3.3.1 Correspondência entre o LOD e a legislação nacional

A elaboração de um projeto é um processo iterativo, havendo uma aproximação sucessiva ao pretendido pelo dono da obra. Deste modo, há a considerar a existência de várias fases de desenvolvimento de um projeto, situação que no caso das obras públicas se encontra perfeitamente consignada e definida na Portaria 701-H/2008, publicada em Diário da República de 29 de julho. As fases que geralmente se consideram são (Couto, 2010/2011a):

- **Programa preliminar**

É um documento fornecido pelo dono da obra ao autor do projeto onde se definem os objetivos e características gerais que a obra deve satisfazer; onde são referenciados os dados sobre a localização, exigências de comportamento, funcionamento da obra, assim como os limites de custo e a indicação geral dos prazos para a elaboração do projeto.

- **Programa base**

O programa base é um documento elaborado pelo autor do projeto de acordo com as condições expressas no programa preliminar. É apresentado de forma a proporcionar ao dono de obra a compreensão clara das soluções propostas pelo projetista, com base nas indicações expressas no programa preliminar. Depois de aprovado pelo dono da obra, serve de base ao desenvolvimento das fases posteriores do projeto.

- **Estudo prévio**

O estudo prévio é um documento 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.

- **Anteprojecto**

O "anteprojecto" é 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 anteprojecto aprovado pelo dono da obra, destinado a constituir, juntamente com o programa de concurso e 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, deverá constituir um conjunto coordenado de 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 (Quadro 4):

Quadro 4 – Articulação entre as fases de projeto definidas na Portaria n°701-H/2008 e o LOD

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

No escalonamento proposto, optou-se por considerar algumas fases em conjunto, uma vez que a metodologia proposta pela AIA não é rígida, sendo por isso adaptável ao definido na Portaria n°701-H/2008. Deste modo, 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 de modelação BIM

Importa salientar que existe um elevado número de sistemas BIM disponíveis no mercado. Os considerados e descritos nesta secção foram escolhidos de modo a contemplar aqueles que são mais utilizados, quer em Portugal quer no estrangeiro e de modo a ser possível apresentar exemplos de *software* BIM com diferentes aplicabilidades dentro do setor da construção.



Assim, dividiu-se os sistemas BIM em dois grupos principais – o primeiro grupo corresponde a ferramentas de modelação, quer de arquitetura, quer de estruturas, quer de redes e instalações; o segundo grupo diz respeito aqueles que, através do modelo BIM realizado por ferramentas do primeiro grupo, são capazes de reunir a informação no sentido de possibilitar a análise e gestão da construção, tais como estimativas de custo, planeamento do tempo, entre outros (Figura 15). Os sistemas pertencentes ao segundo grupo serão descritos no capítulo 4.

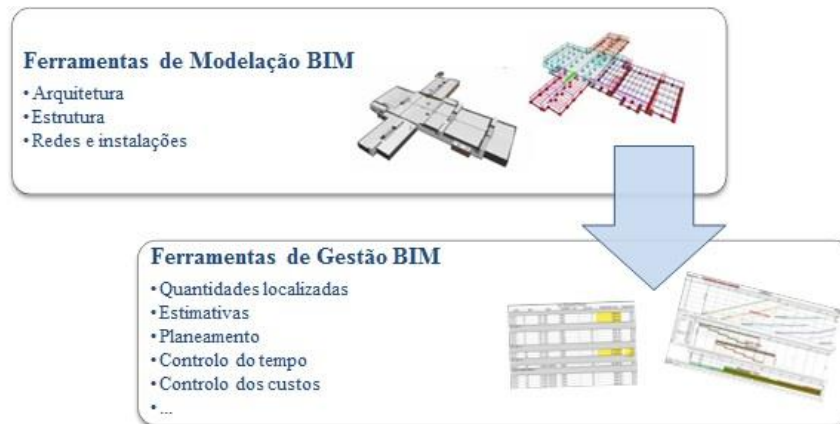


Figura 15 – Diferentes grupos de Sistemas BIM considerados.

### 3.4.1 Autodesk Revit



Figura 16 – Logotipo do Autodesk Revit 2014.

O Autodesk Revit (Figura 16) é o *software* BIM mais conhecido e mais popular no setor da construção. O *software* Revit apresenta uma plataforma completamente diferente e independente do popular Autodesk Autocad. Funciona em plataforma Windows e em formato nativo 64-bits. O primeiro *software* BIM da Autodesk foi introduzido no mercado em 2002.

Designado por Revit Architecture era exclusivamente vocacionado para a conceção de arquitetura, mas rapidamente se tornou o mais utilizado nas empresas que utilizam o BIM. Depois de anos de desenvolvimento, o pacote Revit evoluiu no sentido de fornecer diversas ferramentas que se estendem aos engenheiros de redes e instalações (Revit MEP) e aos

engenheiros estruturais (Revit Structures). A partir da versão 2013, a Autodesk passou a disponibilizar uma versão de Revit que contem estas três vertentes num só programa (Jiang, 2011).

O Revit foi desenvolvido em torno de um motor de modelação paramétrico que permite criar modelos 3D rigorosos e consistentes, para além de manter coordenada toda a informação e documentação (vistas do modelo, folhas de desenho, cortes, tabelas e listagens, perspectivas, mapas de quantidades, etc) relacionada com esses documentos (Micrográfico, 2007). Com efeito, permite que os objetos modelados sejam modificados de acordo com os valores atribuídos às suas variáveis, quer nas tabelas quer diretamente no modelo, e experimentar diferentes hipóteses de solução, em modo interativo. Por sua vez, as geometrias associativas permitem estabelecer relações entre os diferentes componentes do mesmo objeto, os quais se ajustam hierarquicamente consoante as alterações efetuadas a certos elementos (Gil, 2011).

Além disso, as ferramentas de conceção de design do Revit possibilitam a realização de imagens foto-realistas do projeto. Possui uma completa biblioteca de objetos/famílias e ferramentas apropriadas para representação e detalhe da construção, assim como uma interface com o utilizador simples e bem organizada que assegura a modelação completa tanto em 2D como em 3D (Motzko, et al., 2011).

O Revit possui, ainda, um detetor de erros e colisões entre elementos do projeto e a capacidade de extrair e calcular quantidades de materiais, área e volume de espaços, permitindo a realização de análises de desempenho, energéticas e de custos (Motzko, et al., 2011). Permite executar o modelo analítico para cálculo estrutural, cálculo de tubagens e condutas e importar ferramentas de nuvens de ponto (tecnologia a laser) diretamente no Revit. Por outro lado, permite a partilha de trabalho, onde vários utilizadores podem trabalhar simultaneamente no mesmo modelo de edifício inteligente (Autodesk, 2013a).

O Autodesk Revit suporta os formatos mais *standard* como o PDF, IFC, DWG, DWF, DXF, ODBC (Quadro 5). É uma ferramenta muito poderosa e possui no mercado um variado leque de aplicações que o suportam, tais como aplicações de análise energética, cálculo estrutural, análises BIM 4D e 5D e animações foto-realista 3D.

Quadro 5 – Formatos que o Revit é capaz de importar e exportar (Kumar, 2008)

Importa os formatos:	Exporta os formatos:
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficheiros rvt, rfa</li> <li>▪ Ficheiros CAD como dwg e dxf</li> <li>▪ Formato IFC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ficheiros rvt e rfa</li> <li>▪ Ficheiros CAD como dwg e dxf</li> <li>▪ Base de dados ODBC</li> <li>▪ Ficheiros de imagem como jpeg</li> <li>▪ Ficheiros gbXML</li> <li>▪ Ficheiros FBX</li> <li>▪ Formato IFC</li> </ul>

Como aspeto negativo, há a referir a forma com que utiliza a memória do computador, com perdas significativas de desempenho para grandes projetos (Ribeiro J. T., 2013).

### 3.4.2 Graphisoft ArchiCAD



Figura 17 – Logotipo do Graphisoft Archicad 17.

O Archicad é o *software* BIM de arquitetura que existe há mais tempo no mercado e um dos mais utilizados internacionalmente. A Graphisoft começou a sua comercialização nos anos de 80. A versão atual do Archicad é a 17 e foi desenvolvido para correr no sistema operativo Mac ou em sistema Windows.

De entre as funcionalidades do Archicad, destacam-se as seguintes (Marcos, 2009):

- Edifício Virtual: a informação acerca do projeto fica armazenada numa base de dados central e qualquer alteração feita é automaticamente visível em todo o tipo de vistas, planos e modelos 3D;
- Objetos Inteligentes: os elementos de construção como portas, janelas, colunas entendem e reagem ao ambiente em que estão, acelerando o trabalho e facilitando a gestão do projeto;
- Trabalhar em 3 Dimensões: possibilidade de pensar e editar em modo 3D em tempo real.

- Visualização Instantânea: as ferramentas de renderização permitem a possibilidade de criar imagens e animações dentro do Archicad.
- Documentação eficiente: os documentos e dados necessários à construção do edifício (materiais, dimensões, custos, etc.) podem ser gerados a partir do modelo projetado.
- Trabalho em grupo: o Archicad permite partilhar o projeto por vários utilizadores, distribuí-lo a clientes ou consultores ou ainda visualizá-lo via web.

O Archicad possui ferramentas de modo a possibilitar criar automaticamente a simulação de um edifício real. Ao desenhar não só se criam linhas, elipses e arcos como também se levantam automaticamente paredes, colocam portas e janelas, entre outros. Enquanto se colocam elementos nas plantas, o Archicad cria uma base de dados, que pode ser extraída para descrever completamente todo o edifício virtual.

Como plataforma interoperacional, o Archicad consegue comunicar com diversos *softwares*, tais como (Eastman, et al., 2011):

- Estruturais: Tekla Structures, Revit Structures, Scia Engineer, SAP2000, ETABS, AxisVM, entre outros, através do formato IFC.
- Redes técnicas: Autocad MEP, Revit MEP, através do formato IFC.
- Visualização: Artlantis e LightWork para renderização, Maxon Cinema 4D para animações.

O Archicad suporta os formatos mais *standard*, tais como DXF, DWG, IFC, PDF, XLS, etc.

### 3.4.3 Tekla Structures



Figura 18 – Logotipo do Tekla Structures.

O Tekla é um *software* desenvolvido por uma empresa finlandesa fundada em 1966. O primeiro *software* ligado à construção desenvolvido por esta empresa designava-se por Xsteel, foi introduzido em meados de 1990 e depressa se tornou a aplicação de detalhe de estruturas

em aço mais utilizada em todo o mundo. A partir de 2000, Tekla adicionou ao seu produto a realização e detalhe de elementos em betão. Em 2004, o *software* passou a denominar-se por Tekla Structures (Figura 18), de modo a refletir essas novas funcionalidades, tais como pormenorização em betão armado e betão pré-fabricado, para além das estruturas metálicas. Recentemente, também foram adicionadas capacidades de gestão da construção ao Tekla Structures (Eastman, et al., 2011).

O *software* é capaz de acompanhar o projeto desde a fase de conceção, passando pela fase de pormenorização até à fase de produção e montagem. É uma ferramenta muito direcionada para estruturas e apresenta resultados excelentes. Os modelos Tekla podem ser combinados com outros *softwares* BIM, permitindo uma ótima colaboração (Kymmell, 2008). O Quadro 6 apresenta exemplos de aplicações suportadas pelo Tekla Structures.

Quadro 6 – Exemplo de aplicações suportadas pelo Tekla Structures

<b>Aplicação</b>	<b>Empresa</b>	<b>Funções</b>
CYPECAD	Cype	Design e cálculo estrutural
SAP2000	Computers & Structures, Inc	Cálculo estrutural
Robot	Autodesk	Cálculo estrutural
STAAD	Bentley	Design e cálculo estrutural
RSTAB	Dlubal	Design e cálculo estrutural
SCIA	Nemetschek	Design e cálculo estrutural

A modelação no Tekla é paramétrica, pelo que todos os elementos do modelo podem ser customizados e editados a qualquer momento, de modo a responder às necessidades do projeto. Funciona em plataforma Windows e, por possuir muitas funcionalidades, requer algum tempo até que o utilizador fique totalmente familiarizado com o *software* (Eastman, et al., 2011). De entre as funcionalidades, destacam-se as seguintes (Guarnier, 2009):

- Possui biblioteca de perfis, ligações, materiais e normas técnicas (podem ser atualizadas);
- Realiza análise da estrutura através de simulação de cargas;
- Produz plantas 2D, cortes e detalhes automaticamente;
- Gera listas de materiais automáticas e estimativas de custo;
- Permite que qualquer modificação realizada no modelo seja atualizada em todos os demais desenhos, automaticamente.

Possui a capacidade de importar e exportar diversos tipos de formato, como os ficheiros DWG, DXF, IFC, XML, entre outros.

### 3.4.4 Outros sistemas BIM

O Quadro 7 apresenta exemplos de aplicações provenientes de outros fornecedores com potencialidades semelhantes ao *software* descrito anteriormente.

Quadro 7 – Outras ferramentas de modelação BIM

Empresa	Produto	Descrição
Bentley	MicroStation	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.
Nemetschek	Allplan 2013	O Allplan 2013 possui inúmeras ferramentas que permitem a modelação de arquitetura, de elementos estruturais em betão, aço e estruturas pré-fabricadas assim como sistema AVAC e ainda a gestão da construção, como listas de quantidades e estimativas de custo.
Gehry Technologies	Digital Project	É um <i>software</i> BIM que possui três módulos de produtos designados por Designer, Manager e Extensions. Permitem a conceção e modelação de arquitetura, engenharia e construção e ainda a gestão de projetos, como listas de quantidades e estimativas de custo.

# 4

## BIM APLICADO À GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

### 4.1 Considerações iniciais

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.

O nível de detalhe de informação de um modelo BIM depende do que se pretende fazer. Por exemplo, para uma estimativa rigorosa dos custos, o modelo deve ser suficientemente detalhado para fornecer listas de quantidades e materiais rigorosas. Para uma análise 4D (planeamento do tempo) um modelo menos detalhado é adequado, apesar de ser necessário conter informação acerca dos trabalhos temporários (colocação de andaimes, escavações) e definir as fases da construção.

Deste modo, tornam-se evidentes inúmeras vantagens para as empresas de construção. Porém, estas têm que ter em consideração que é necessário seguir uma curva de aprendizagem. Assim, a transição dos desenhos para o modelo BIM não é uma tarefa fácil, uma vez que quase todos os processos e fases da construção exigem alterações, de modo a ser possível exponenciar todas as potencialidades do BIM. É, por isso, importante planear cuidadosamente estas alterações e providenciar assistência técnica no sentido de ajudar a orientar o esforço da transição.

Por conseguinte, esta transição é necessária e vital para que as empresas de construção possam beneficiar das vantagens do BIM na sua própria organização e adquirir uma melhor posição na indústria da construção.

Assim, o presente capítulo começa por demonstrar qual o método que as empresas de construção podem seguir para usufruir dos sistemas BIM e explica, de um modo teórico, as vantagens e potencialidades da tecnologia BIM aplicado à gestão da construção, tendo como base de informação o livro “*BIM Handbook*” (Eastman, et al., 2011) com inúmeras adaptações de modo a responder à realidade portuguesa. No final, faz-se, ainda, uma descrição das aplicações BIM disponíveis no mercado destinadas a tirar proveito dessas mesmas capacidades de gestão da construção.

## 4.2 A utilização do BIM nas empresas de construção

Apesar do uso das ferramentas BIM estar a crescer rapidamente, o BIM é ainda uma tecnologia que se encontra nas fases iniciais de implementação. Por isso, as empresas de construção seguem diferentes abordagens para tirar proveito das suas potencialidades (Eastman, et al., 2011).

Frequentemente, quando as equipas de projeto não utilizam o BIM, são as empresas de construção que procedem à modelação completa. Mesmo quando o uso do BIM na arquitetura se tornar banal, os empreiteiros necessitarão de modelar componentes adicionais e acrescentar informações de construção específicas de modo a obter modelos BIM úteis para a empresa.

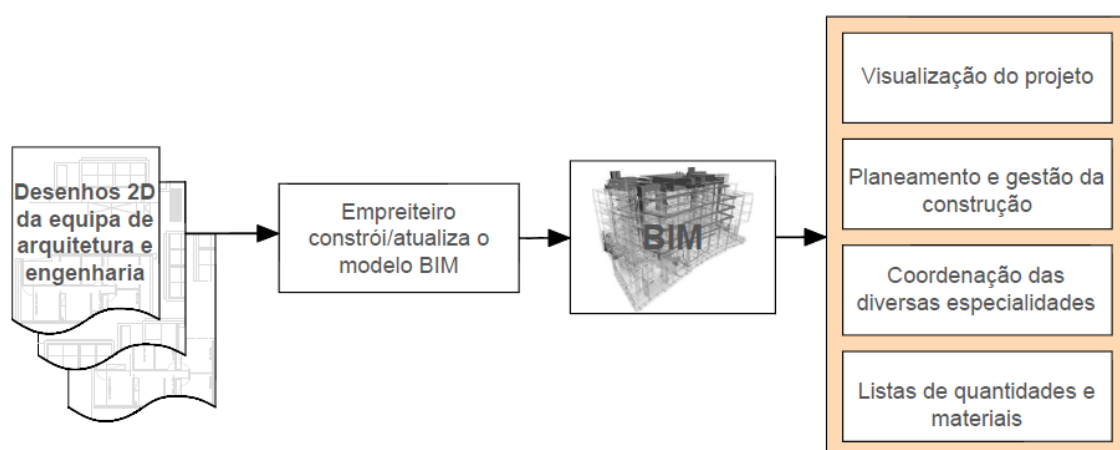


Figura 19 – Implementação BIM nas empresas de construção quando o modelo é desenvolvido a partir dos desenhos 2D (adaptado de Eastman, et al., 2011).



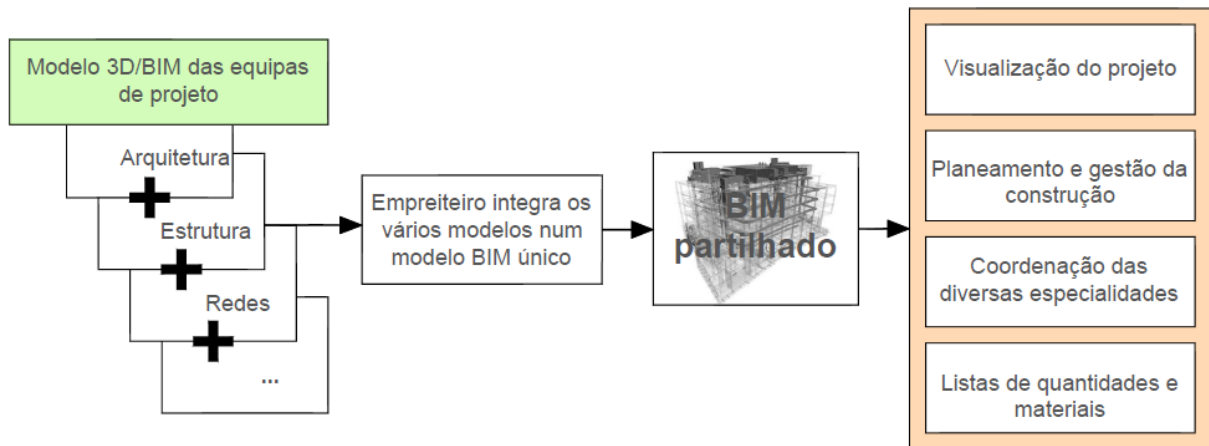


Figura 20 – Implementação do BIM nas empresas de construção quando as equipas de projeto contribuem com um modelo BIM (adaptado de Eastman, et al., 2011).

A Figura 19 demonstra o método mais comum (atualmente) que as empresas de construção seguem para criar um modelo de informação da construção a partir dos desenhos 2D das diferentes especialidades do projeto.

Outra abordagem para a implementação do BIM está ilustrada na Figura 20. Neste caso, cada uma das equipas de projeto fornece um modelo BIM referente à sua especialidade. Todavia, se uma equipa de projeto ainda trabalhar em 2D, o empreiteiro pode converter os desenhos 2D para BIM de modo a que o trabalho dessa equipa possa ser acrescentado ao modelo integrado. Normalmente, o empreiteiro gere a integração destes vários modelos, que são desenvolvidos independentemente por diferentes membros da equipa de projeto, mas que depois são reunidos num modelo colaborativo comum.

Depois de completado o modelo, pretende-se, em ambas as abordagens, utilizá-lo para múltiplas finalidades de apoio às empresas de construção, tais como visualização, planeamento e calendarização, coordenação, listas de quantidades e materiais, entre outros. Estas potencialidades são descritas ao longo deste capítulo.

### 4.3 Potencialidades do BIM nas empresas de construção

As potencialidades da aplicação do BIM no âmbito da gestão, acompanhamento e planeamento da construção residem, essencialmente, nos aspetos que a seguir se enunciam e que passarei a desenvolver:

- **Deteção de erros e omissões de projeto;**
- **Obtenção automática de listas de quantidades e estimativa de custo;**
- **Análise e planeamento da construção;**
- **Suporte adicional integrado na gestão da construção;**
- **Auxílio no uso de elementos pré-fabricados;**
- **Verificação e acompanhamento das atividades da construção.**

#### 4.3.1 Deteção de erros e omissões de projeto

Tradicionalmente, a deteção de erros e incompatibilidades é feita manualmente através da análise dos diversos desenhos 2D (plantas, cortes, alçados) que compõem o projeto. Este método manual revela-se lento, caro, propício a erros e depende do uso de desenhos atualizados.

Os *softwares* BIM destinados à deteção de erros e omissões de projeto (Figura 21) oferecem inúmeras vantagens sobre o método tradicional 2D. Estas ferramentas permitem detetar automaticamente erros ou incompatibilidades de geometria ou erros baseados em regras predefinidas pelo utilizador. Permitem uma deteção seletiva de conflitos e incompatibilidades entre sistemas específicos, como por exemplo entre os elementos que compõem a estrutura do edifício e os sistemas de redes prediais, uma vez que todos os elementos que os constituem se encontram perfeitamente definidos no modelo BIM. Deste modo, a deteção automática de erros e omissões pode ser feita em qualquer modelo BIM, independentemente do seu nível de detalhe e do tipo de sistema (arquitetónico, estrutural, etc). Possibilita, ainda, a deteção de incompatibilidades definidas pelo utilizador. Por exemplo, é possível verificar em que situações o espaço compreendido entre os equipamentos mecânicos e o nível do piso é inferior a 2 metros.

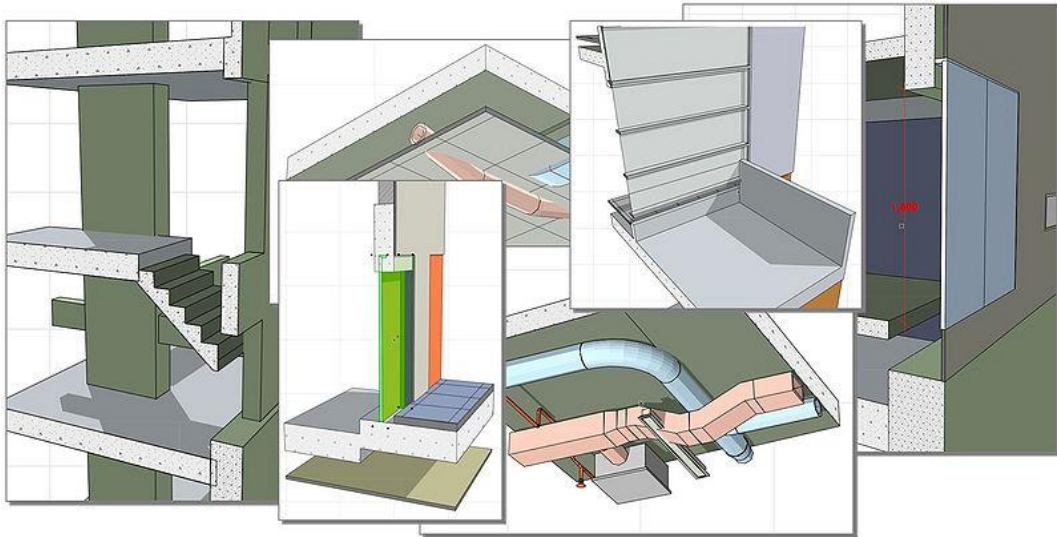


Figura 21 – Detecção de erros e omissões de projeto (reproduzido de WIQI, 2011).

Independentemente da complexidade do modelo BIM, é necessário assegurar que este possui um nível de detalhe adequado. De facto, é preciso que contemple detalhe suficiente, tal como modelação de tubagens, condutas, estrutura de aço, entre outros componentes, de modo a que os conflitos possam ser eficientemente detetados. Há que ter em consideração que existem erros de projeto que podem ser irrelevantes se detetados antecipadamente, uma vez que podem ser facilmente solucionados. Contudo, se esses mesmos erros e omissões só forem identificados no decurso da obra, podem provocar custos elevados na sua resolução e atrasar a construção.

#### 4.3.2 Obtenção automática de listas de quantidades e estimativas de custo

Existem vários tipos de estimativas de custos durante o processo de conceção do projeto. Com efeito, nas fases iniciais há a considerar um orçamento grosseiro e à medida que o projeto de conceção evolui, é possível obter estimativas finais com maior precisão.

Manifestamente, não é desejável esperar até ao fim da fase de conceção de projeto para se desenvolver uma estimativa dos custos. Se o projeto exceder o orçamento depois do projeto de conceção finalizado, existem apenas duas opções possíveis: cancelar a obra ou procurar alternativas de modo a cortar custos e, possivelmente, retirar qualidade ao mesmo. À medida que o projeto progride, estimativas preliminares ajudam a identificar problemas com

antecedência, despertando progressivamente a procura de alternativas. Este processo permite à equipa de projeto e dono da obra tomar decisões ponderadas, resultando numa maior qualidade de construção que vai de encontro às restrições do custo. O BIM facilita muito o desenvolvimento destas estimativas preliminares.

Durante as fases iniciais de conceção do projeto, as únicas quantidades disponíveis para fins estimativos são aquelas associadas às áreas e volumes, tais como os tipos de espaço, comprimentos e perímetros. Estas quantidades são adequadas para as fases do programa preliminar e programa base, onde as estimativas são feitas com base, por exemplo, na quantidade de área construída, no número de andares, no número de lugares de estacionamento para um parque automóvel, na área do telhado, entre outros.

As medições evoluem depois para um maior detalhe acompanhando o evoluir dos elementos do projeto. Na fase de ante-projeto ou projeto base as medições incluem já uma avaliação das quantidades de trabalho e estimativa definitiva do custo da obra. Esta avaliação é feita através de um domínio total e de um conhecimento detalhado de todas as tarefas/trabalhos que constituem o projeto e da capacidade de as quantificar com rigor a partir dos elementos do projeto que, nesta altura, já incluem peças desenhadas gerais com rigor e detalhe e o pré-dimensionamento dos principais órgãos, bem como uma memória descritiva da solução com justificação das soluções, dos materiais, dos sistemas e processos construtivos e dos equipamentos. Na fase final, de projeto de execução, as medições atingem, tal como os restantes documentos do projeto, o máximo detalhe e rigor (Couto, 2010/2011a).

O BIM possibilita, à medida que o projeto se aperfeiçoa, a extração rápida das listas de quantidades e materiais detalhadas automaticamente. Todas as ferramentas BIM fornecem capacidades para extrair quantidades de elementos, de áreas e volume de espaços, de materiais, e descrever estes em qualquer fase ou estado do projeto. Estas quantidades são mais do que adequadas para produzir estimativas de custo aproximadas.

Para orçamentação mais rigorosa e adequada aos construtores, há a referir a necessidade de modelar o projeto com o nível de detalhe adequado. Por exemplo, o *software* BIM pode fornecer a quantidade exata de betão nos pilares, mas se o modelo não contemplar a modelação do aço nos pilares, as listas de quantidades de aço não serão obtidas.

Importa salientar que, apesar do BIM fornecer quantidades adequadas para a realização de listas de medições detalhadas, este, por si só, não substitui os orçamentistas. Na verdade, os orçamentistas desempenham um papel fundamental, muito para além da função de extrair medidas e quantidades, uma vez que é necessário avaliar inúmeras condições adicionais que têm impacto no custo final da obra, tais como as condições invulgares das paredes, requisitos de montagem específicos e condições de acesso difíceis. A identificação automática destas condições através das ferramentas BIM não é, ainda, exequível.

Utilizar a tecnologia BIM para orçamentação facilita, inegavelmente, a tarefa de obter listas de quantidades de materiais e possibilita uma rápida visualização, identificação e avaliação das mesmas, o que permite obter mais tempo para analisar as soluções construtivas e para otimizar preços de subempreiteiros e fornecedores. Um modelo de construção detalhado é uma ferramenta de mitigação de risco que pode significativamente reduzir propostas de custo, porque reduz a incerteza associada às quantidades de materiais.



Figura 22 – Capacidade do BIM em obter mapas de quantidades automáticos em oposição ao método tradicional de medições.

A realização de estimativas de custo através do BIM necessita da associação dos elementos do modelo 3D à informação acerca do seu custo. Recorrer ao BIM para estimativas de custo em detrimento dos desenhos 2D, para além de ser um processo muito mais rápido, também elimina erros e omissões (Figura 22).

Nenhuma ferramenta BIM oferece as capacidades totais de uma folha de cálculo. Assim, os orçamentistas devem adotar o método que melhor se adequa ao seu processo de estimar o custo da obra. As opções principais são:

- **Exportar as quantidades de materiais do BIM para *software* de estimativa**

A maioria das ferramentas BIM disponíveis no mercado possui a capacidade de exportar a informação acerca de todos os componentes. Esta capacidade inclui a possibilidade de exportar listas de quantidades para folhas de cálculo ou base de dados externas. O Microsoft Excel é das ferramentas mais usadas na realização de orçamentos. Assim, a capacidade de extrair quantidades do BIM para o Excel é geralmente suficiente para muitos orçamentistas.

- **Ligar a ferramenta BIM diretamente ao *software* de estimativa**

Esta alternativa é capaz de ligar diretamente o BIM a uma ferramenta de estimativa de custos através de um *plug-in* ou de *software* adicional. Muitos *softwares* de orçamentação possuem, hoje em dia, *plug-ins* para várias ferramentas BIM. Permitem associar diretamente componentes do BIM a informação necessária para a estimativa de custo, tais como base de dados que englobam o custo do material, da mão-de-obra, dos equipamentos, da instalação e montagem. Esta informação, geralmente inclui referência às atividades da construção, como por exemplo, colocar cofragens, colocar as armaduras, betonar, cura do betão e, por fim, retirar as cofragens. Como resultado, esta informação pode ser utilizada para definir as atividades básicas da construção e fazer o planeamento do tempo, obtendo assim um modelo 4D. É possível associar a cada elemento gráficos do modelo a estimativa do seu custo. Isto é muito útil pois permite facilmente encontrar elementos do projeto que não têm associado o seu custo estimado. Esta abordagem resulta muito bem quando se tem um modelo de informação detalhado. A integração e colaboração dos intervenientes desde o início do projeto é a chave para o uso eficaz da tecnologia BIM.

### 4.3.3 Análise e planeamento da construção

O planeamento e calendarização da construção engloba a sequência de atividades no espaço e no tempo, tendo em conta a alocação e aquisição de recursos, quantidades, restrições espaciais, entre outros.

Tradicionalmente, o diagrama de barras (Método de Gantt) é o mais utilizado na programação e controlo de prazos, contudo a relação existente entre as atividades identificadas resulta só de uma sugestão. Hoje em dia, utiliza-se predominantemente o diagrama CPM (*Critical Path Method* ou Caminho Crítico em português) que torna possível evidenciar quais são as atividades críticas que condicionam o prazo final da obra e sobre as quais deve incidir a máxima atenção do coordenador (Couto, 2010/2011b). Como exemplo dessas ferramentas, temos o Microsoft Project ou o Primavera SureTrak.

No entanto, estes métodos usualmente utilizados não relacionam diretamente os elementos do projeto com as atividades da construção. O planeamento é uma tarefa manual e morosa e, não raras vezes, as atividades não coincidem com o projeto de conceção. Por outro lado, suscita dificuldades aos intervenientes da obra para entender a calendarização e o encadeamento das atividades definidos e qual o seu impacto na logística no local da obra. Deste modo, apenas algumas pessoas totalmente familiarizadas com o projeto e com o modo de como será construído podem avaliar se o planeamento é exequível e plausível.

Assim, a tecnologia BIM oferece uma resposta a estas falhas. Por um lado, a análise 4D possibilita adicionar aos elementos 3D do modelo associações temporais. O planeamento da construção é, deste modo, ligado ao modelo 3D, permitindo uma visualização da sequência das atividades da construção da obra (Figura 23). O BIM 4D permite fazer animações que demonstram a simulação virtual da construção, ao permitir visualizar o planeamento e toda a sequência temporal dos trabalhos que, no conjunto, completam a execução da obra.

Por outro lado, o BIM possibilita ainda a análise e otimização do planeamento do tempo, uma vez que existem ferramentas BIM que auxiliam a otimizar a sequência dos trabalhos/atividades ao incorporar os fatores de tipo espacial ou físico (betonar um pilar depois de o cofrar, por exemplo), fatores relacionados com a disponibilidade de recursos e informações de produtividade.

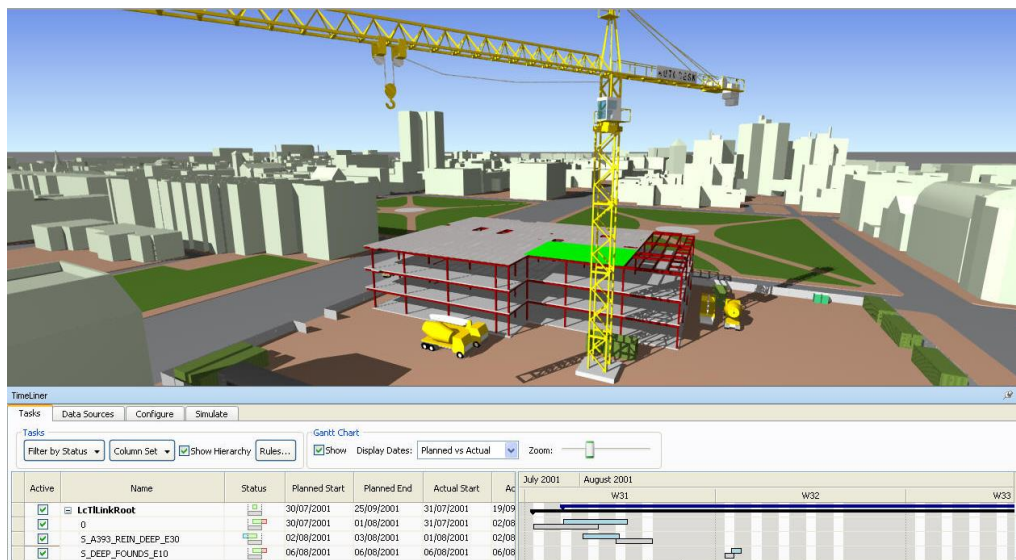


Figura 23 – Associação do modelo 3D à sequência temporal das atividades da construção (reproduzido de May, 2011).

#### 4.3.4 Suporte adicional integrado na gestão da construção

Durante o processo de construção, as empresas utilizam uma variedade de processos e ferramentas para gerir, acompanhar e informar permanentemente o estado da execução de uma obra. Estes processos variam desde o planeamento do tempo e controlo dos custos aos sistemas de qualidade e de segurança. Contudo, estes processos não se encontram incluídos ou associados ao projeto de conceção, sendo obtidos manualmente, o que acarreta o dispêndio de tempo e o risco de cometer erros na sincronização da informação. Assim, o BIM pode fornecer suporte providencial a estes processos, uma vez que contem informação detalhada, acerca de todos os seus elementos, que pode ser utilizada por parte de várias aplicações. Deste modo, todos os intervenientes do projeto podem usufruir de vantagens significativas ao possibilitar a análise visual da evolução da execução da obra e ao alertar para problemas potenciais ou reais.

Alguns exemplos de como as empresas estão a utilizar o BIM para dar suporte a este tipo de processos:

- **Localizar variações entre o orçamento e o custo real**

Existem *softwares* que permitem adicionar o custo real aos elementos do modelo e, depois, visualizar e analisar onde existem variações significativas entre o custo real e a estimativa considerada, utilizando o modelo 3D do BIM. Isto permite uma melhor



compreensão de como o projeto está a evoluir em termos de custo e ainda verificar onde se situam as maiores discrepâncias.

- **Estado do Projeto**

A cada elemento do modelo de informação pode estar associado um campo destinado ao seu estado e, dependendo do projeto, pode tomar os valores de “em fase de conceção”, “aprovado para construção”, “em execução”, etc. Estes campos podem ser associados a diferentes cores de forma a que a equipa de projeto possa rapidamente determinar qual o estado atual dessa atividade da construção e identificar aquelas que estão a provocar atrasos.

- **Aquisição de produtos**

Uma vez que o BIM define todo o material que é necessário comprar para executar a obra, é possível adquiri-lo diretamente a partir das ferramentas BIM. Esta capacidade ainda se encontra nas fases iniciais de desenvolvimento, mas irá, certamente, evoluir rapidamente com os fabricantes a desenvolver modelos dos seus produtos e a disponibilizá-los na Internet. Como exemplo, temos o *plug-in* desenvolvido pelo *Ist Pricing*, disponível nos Estados Unidos que permite a aquisição de produtos dentro do Archicad e Revit, por exemplo, e fornece estimativas de custo automáticas do material entregue no local da obra tendo por base o código postal. O Autodesk Seek é outro exemplo que permite aos utilizadores do Revit encontrar uma grande variedade de produtos de fabricantes e adicioná-los, com as suas especificações, ao modelo de informação. Estes são automaticamente incluídos nas listas de quantidades e são devidamente visualizados em 2D e 3D.

- **Gestão de Segurança**

A segurança é um aspeto de extrema importância para todas as organizações. Assim, é de valorizar qualquer ferramenta que auxilie a deteção de situações que possam pôr em causa a segurança dos intervenientes da obra. O BIM ao permitir uma melhor visualização do projeto, possibilita à equipa detetar com antecedência essas situações de perigo e tomar precauções de modo a mitigar ou minimizar os riscos. Por outro lado, permite contemplar no BIM elementos de segurança, como por exemplo a modelação da localização e formato das guardas de segurança, tal como se demonstra na Figura 24.

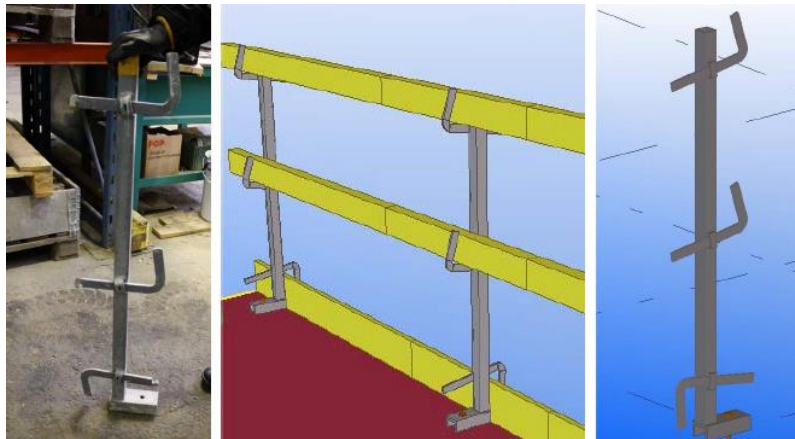


Figura 24 – Modelação de uma guarda de segurança, utilizando ferramenta BIM (reproduzido de Kiviniemi, et al., 2011).

#### **4.3.5 Auxílio no uso de elementos pré-fabricados**

A utilização de elementos pré-fabricados está a tornar-se cada vez mais comum uma vez que reduz os custos de mão-de-obra no local, diminui os prazos de execução e minimiza o risco associado com a instalação em obra. Hoje em dia, muitos componentes da construção são produzidos e/ou montados em fábricas e entregues no local da obra para instalação.

A utilização da tecnologia BIM poderá ter um impacto bastante forte na indústria da pré-fabricação, uma vez que contribuirá para o aumento do rigor e otimização de recursos, numa indústria atualmente distribuída e fragmentada (Ferraz & Morais, 2012).

Com efeito, a crescente criação de objetos BIM por parte de fornecedores de produtos e serviços da construção, tais como catálogos de elementos BIM com diversos produtos e peças pré-fabricadas, permitirá aos projetistas utilizar essas mesmas peças de uma forma rápida e eficaz, podendo importar diretamente esses objetos para os seus modelos BIM.

Simplifica-se, deste modo, a comunicação entre os atores e integra-se o processo no sentido de uma maior proximidade entre a fabricação e o projeto, ao permitir a troca das especificações de material, requisitos de acabamentos, modo de entrega e colocação automaticamente através do BIM. Isto leva a uma redução de tempo e de erros e permite aos fabricantes participar no planeamento da construção com maior antecedência.

### 4.3.6 Verificação e acompanhamento das atividades da construção

Os projetistas e construtores necessitam de verificar e acompanhar constantemente os trabalhos em obra de modo a assegurar que estes vão de encontro ao que foi especificado em projeto. Quando são detetados erros, o construtor necessita de dispensar muito tempo na sua resolução. Ora, o BIM pode ser um grande auxílio na verificação da conformidade dos trabalhos em obra. Importa referir que mesmo quando a equipa de projeto realiza um projeto exato e sem erros, há sempre a possibilidade de ocorrerem erros humanos na sua execução. Detetar esses erros à medida que ocorrem tem um enorme valor para qualquer empresa de construção.

Técnicas e ferramentas automáticas associadas ao BIM estão a ser desenvolvidas para auxiliar a verificação e o acompanhamento da construção no local de obra. Alguns exemplos são:

- **Tecnologia a laser**

Os construtores podem utilizar tecnologia laser, tais como equipamentos de medida (a laser) que transmitem a informação diretamente a uma ferramenta BIM, de modo a verificar, por exemplo, se os pilares a betonar estão situados na localização correta, se o piso está com a altura correta, etc. A tecnologia a laser pode ser também utilizada para trabalhos de reabilitação, ao permitir o levantamento de detalhes de como o edifício foi construído. Permite também obter nuvens de pontos (Figura 25), contendo informação acerca da geometria de diversos tipos de objetos, de pequenas ou grandes dimensões (elementos decorativos, edificações, centros urbanos), simples ou extremamente complexos, e com elevada precisão (Groetelaars & Amorim, 2011). A nuvem de pontos pode ser exportada para as ferramentas BIM.

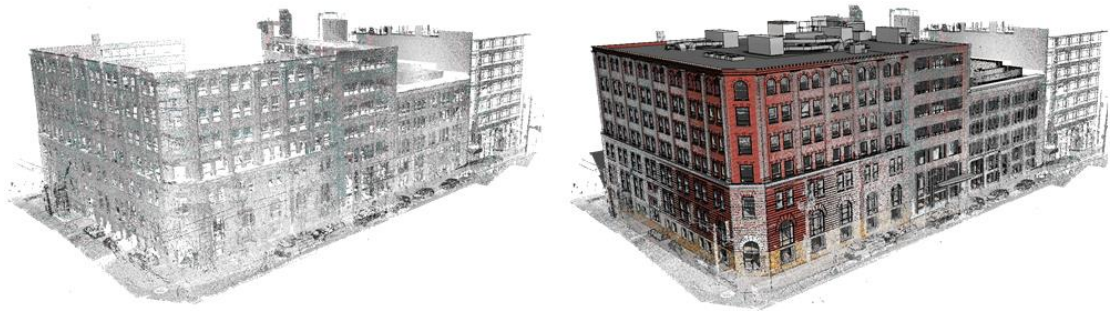


Figura 25 – Nuvem de pontos, utilizando tecnologia laser (reproduzido de Lucena, 2013).

- **Tecnologia GPS**

Os rápidos avanços nos sistemas de posicionamento global (GPS) e a disponibilidade de dispositivos de GPS móveis oferecem aos empreiteiros a possibilidade de ligar as ferramentas BIM com o GPS para verificar localizações. Outra das potencialidades é possibilitar a utilização de máquinas (como escavadoras e bulldozers) controladas por GPS que consigam fazer o trabalho de acordo com o modelo tridimensional do BIM (Harris, 2010).

- **Aplicações móveis**

Os dispositivos móveis apresentam um papel importante ao permitir fornecer aos profissionais da construção um meio de visualizar e analisar os projetos no local da construção da obra. A maioria dos fornecedores de *software* BIM fornece, hoje em dia, aplicações compatíveis com os dispositivos móveis, o que permite aos utilizadores aceder à informação 3D gráfica ou não gráfica que compõe o modelo BIM original em qualquer local (Martins, 2013). Estas aplicações móveis (Figura 26) permitem fazer o *download* do modelo, navegar em 3D e seleccionar os elementos de projeto para verificar os seus dados. Deste modo, possibilita a inspeção e análise da conformidade dos trabalhos em obra.



Figura 26 – Aplicações móveis de fornecedores BIM.

## 4.4 Sistemas de gestão BIM

Neste ponto serão abordados alguns dos principais sistemas BIM vocacionados para a gestão e utilização da construção, nomeadamente os direcionados para o BIM 4D e 5D. A título de exemplo, serão descritos de modo mais pormenorizado o *software* Vico Software e o Autodesk Navisworks. Há a referir que as funções descritas não correspondem à totalidade da capacidade dos mesmos, mas sim àquelas com maior destaque no âmbito da gestão da construção.

### 4.4.1 Autodesk Navisworks



Figura 27 – Logotipo Autodesk Navisworks.

O Autodesk Navisworks (Figura 27) é um programa que permite a visualização de modelos BIM e possui inúmeras aplicações úteis em quase todas as fases da utilização do BIM. Permite visualizar, navegar e perceber o modelo virtualmente. O Navisworks funciona quase como um jogo de computador, uma vez que é possível navegar pelo projeto livremente utilizando um “avatar” (Figura 28). Além disso, como não é um modelador, limita, em muito, os erros que se possam cometer numa análise ao modelo BIM.

A principal função do Navisworks é fornecer um modelo 3D interoperacional da conceção do projeto de construção. Diversos *softwares* são utilizados nas diferentes especialidades que produzem modelos BIM em diferentes formatos de ficheiros. O Navisworks fornece um visualizador do modelo que consegue ler quase todos os formatos de ficheiros.

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 (Kymmell, 2008).

Uma das razões pelas quais o Navisworks consegue lidar com ficheiros de grande tamanho e navegar sob o modelo BIM sem esforço é o facto de todos os modelos serem transformados em modelos de superfície. Isto remove necessariamente alguma da informação (e alguma da inteligência) dos modelos originais, mas, na generalidade, não é um problema. A informação que é mantida é a geometria e a informação espacial, e isso é suficiente para manter toda a informação visual e analisar a deteção de erros ou omissões de projeto.



Figura 28 – Navegação no Autodesk Navisworks (reproduzido de Grafik, 2012).

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.

Outra das funcionalidades é a linha de tempo (função *Timeliner*) para a análise da calendarização da construção, que é uma funcionalidade muito útil uma vez que permite visualizar a simulação da sequência das atividades da construção. Quer se importe a calendarização das atividades da construção a partir de um *software* externo, tal como o

Microsoft Project ou Primavera, quer se proceda a uma calendarização de raiz no Navisworks através da linha de tempo, os componentes do modelo 3D podem ser associados a uma atividade agendada e, assim, é possível visualizar os elementos do modelo BIM a aparecer (ou desaparecer) na sequência temporal das atividades da construção. Esta é uma excelente funcionalidade para visualizar e acompanhar o progresso da construção (Kymmell, 2008).

Além disso, é ainda possível realizar imagens renderizadas e animações tridimensionais do projeto.

#### 4.4.2 Vico Software



Figura 29 – Logotipo Vico Software.

As ferramentas Vico (Figura 29) possuem características muito interessantes e úteis para o planeamento e gestão da construção e são, por isso, ferramentas de destaque e a ter em conta por parte das empresas de construção.

Por um lado, o Vico Software possui ferramentas que permitem realizar estimativas de custo a partir do BIM, ao anexar a cada elemento do modelo virtual informação acerca dos materiais, mão-de-obra e recursos necessários para a execução desse mesmo elemento, pelo que, o elemento passa a conter toda a informação acerca do seu custo de construção, sendo depois possível planear e otimizar a calendarização de todas as atividades da construção (Figura 31).

A estrutura de estimativa do Vico Software baseia-se, essencialmente, em três níveis: receita, método e recursos (Figura 30). 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 (Kymmell, 2008).

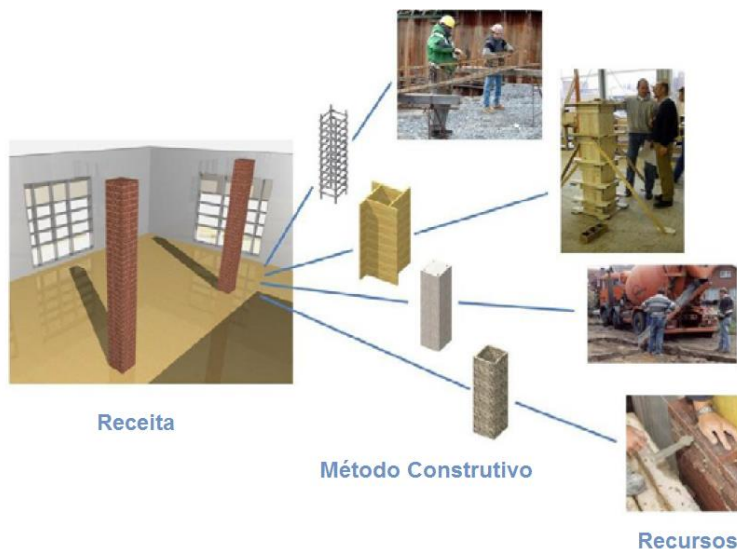


Figura 30 – Esquema da “Receita” do elemento pilar (adaptado de VICO, 2013).

O nível de detalhe da receita e dos elementos do modelo à medida que o projeto de conceção evolui oferece uma potente ferramenta de análise de custos. Apesar do processo de definição das “receitas” ser moroso e trabalhoso, rapidamente se tira partido do mesmo e, uma vez completo, mantêm-se funcional para futuros projetos, onde os mesmos elementos poderão ser utilizados.

Além disso, possui ainda ferramentas de otimização do planeamento e calendarização das atividades da construção, baseado na Linha de Balanço (LOB). A Linha de Balanço (Figura 32) 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, em comparação com o método do caminho crítico representado em Gráficos de Gantt, 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 (Monteiro & Martins, 2011).





Figura 31 – Metodologia das ferramentas VicoSoftware (adaptado de VICO, 2013).

As novas ferramentas informáticas de aplicação da Linha de Balanço 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, produzirem automaticamente uma parte substancial da informação necessária para desenvolver o planeamento em LOB (Monteiro & Martins, 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 (Kymmell, 2008).

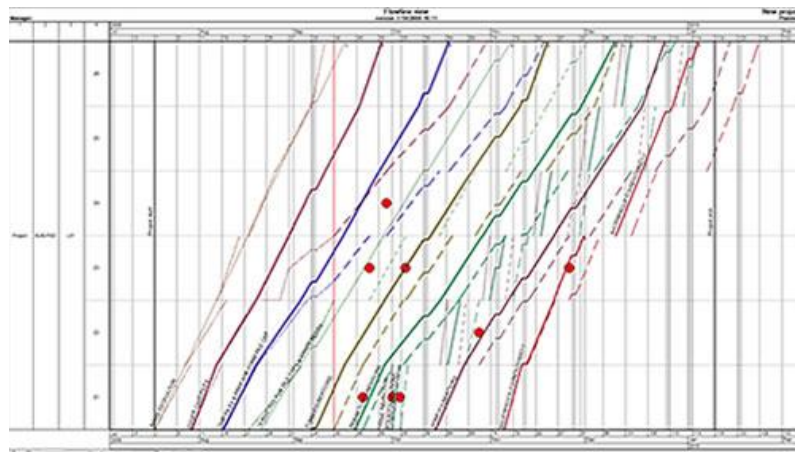


Figura 32 – Otimização da produtividade utilizando Linha de Balanço (adaptado de VICO, 2013).

Por fim, a calendarização das atividades da construção otimizada pode ser visualizada através de animações que permitem simular a sequência das atividades da construção.

### 4.4.3 Outros Sistemas

O Quadro 8 apresenta um resumo de aplicações provenientes de outros fornecedores com potencialidades 4D e 5D e semelhantes ao *software* descrito anteriormente.

Quadro 8 – Outras ferramentas de gestão BIM

Empresa	Produto	Descrição
Solibri	Model Checker	O Solibri traz arquivos BIM de todos os <i>softwares</i> compatíveis com IFC para um único ambiente, permitindo a visualização do projeto. Atua como um verificador ortográfico num processador de texto, mas em vez de palavras, ele analisa os componentes de construção dos modelos BIM. Revela potenciais erros e incompatibilidades no projeto e verifica se o modelo está em conformidade com os códigos de construção e as melhores práticas da organização.
Gehry Technologies	Digital Project	É uma ferramenta vocacionada para o planeamento e gestão da construção. Permite associar os diversos elementos do modelo às atividades da construção provenientes do Primavera ou Microsoft Project e gerar uma simulação 4D (Eastman, et al., 2011).
Bentley	ProjectWise Navigator V8i	Esta aplicação permite visualizar e navegar virtualmente no projeto. Além disso, permite a análise do projeto no sentido de detetar e resolver conflitos e ainda gerar simulações e análise 4D, tais como a sequência temporal das atividades da construção. Permite ainda adicionar notas e comentários a pormenores de projeto e criar imagens renderizadas foto-realistas (Bentley, 2013).
Innovaya	Visual Simulation	Este <i>software</i> é dedicado à análise do planeamento do tempo (4D) e ao controlo dos custos (5D). Permite otimizar e simular a sequência das tarefas da construção. Por outro lado, consegue extrair e gerar as quantidades de modelos provenientes do Revit e Tekla Structure de modo a ser possível estimar os custos com precisão e rapidez (Innovaya, 2013).
Synchro Ltd	Synchro Professional	É uma ferramenta disponível desde 2007 e é uma das mais sofisticadas na análise da calendarização e potencialidades 4D. É vocacionado para empresas de construção civil e fornece ferramentas de apoio de planeamento, programação e gestão em variados tipos de trabalhos, tais como edifícios habitacionais, estradas, pontes, etc. (Synchro, 2013).

## 5

## CASO DE ESTUDO

### 5.1 Considerações iniciais

A realização deste capítulo permitiu colocar em prática a utilização de algumas ferramentas BIM com o intuito de experimentar e aferir, na medida do possível, os conceitos e práticas anteriormente explicadas nesta dissertação. Para o efeito, foi utilizado predominantemente o *software* Autodesk Revit 2013, por ser um dos mais populares no setor da construção.

### 5.2 Apresentação do projeto

O projeto em estudo corresponde a uma adaptação minha de um anexo de uma habitação unifamiliar, realizado através do processo tradicional com representação de plantas, cortes e alçados em 2D, pela empresa CREAM (Criação e Estudos de Arquitetura e Engenharia, Lda.). De seguida, simplifiquei ligeiramente o projeto através do Autodesk Autocad, obtendo, assim a base de partida para o presente caso de estudo.

A Figura 33 e Figura 34 correspondem ao alçado e plantas de rés-do-chão e cobertura em dwg que serviram de base à realização do modelo em Autodesk Revit.

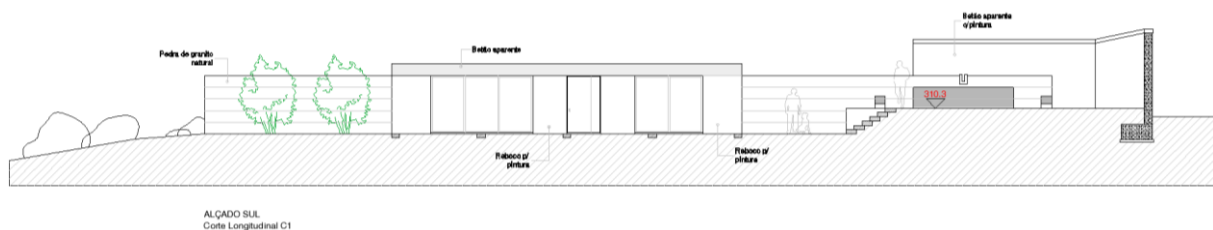


Figura 33 – Alçado principal.

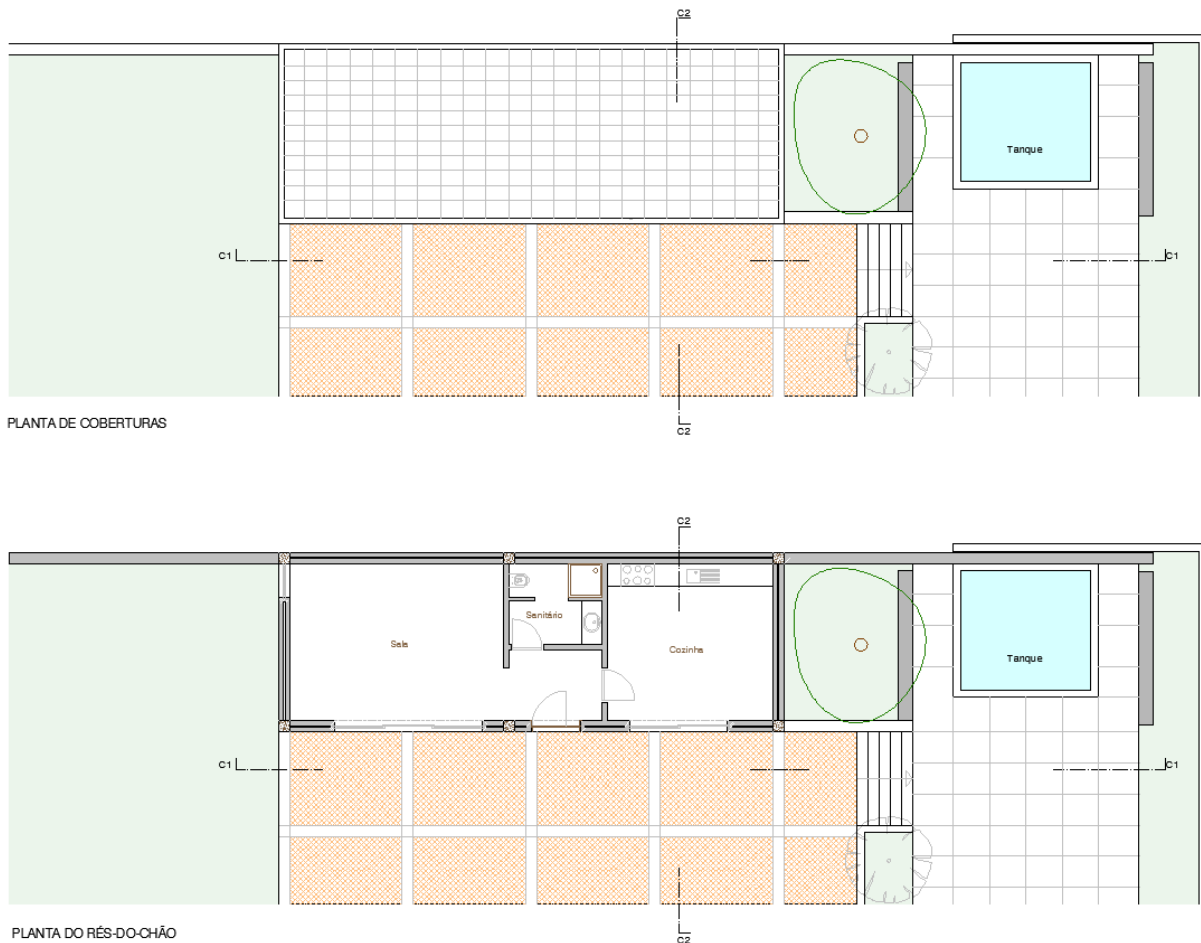


Figura 34 – Planta de cobertura e rés-do-chão.

Tal como se verifica nas figuras, trata-se de um anexo constituído por uma sala, uma cozinha e uma casa de banho. Possui uma geometria de implantação retangular e é constituído por um único piso. Possui uma estrutura reticulada, constituída por pilares, vigas e lajes maciças em betão armado.

### 5.3 Elaboração do modelo

O modelo elaborado contempla a arquitetura, estrutura e redes prediais de abastecimento de água. As restantes especialidades não foram abordadas. Por ter utilizado o mesmo programa para a realização da arquitetura e especialidades, a interoperabilidade estudada corresponde à “interoperabilidade entre *software* do mesmo fornecedor” descrita no capítulo 3.2.

Relativamente aos componentes integrados no modelo, o seu nível de desenvolvimento variou entre o LOD 300 e o LOD 400. O nível de desenvolvimento LOD 500, que corresponde à fase de exploração, manutenção e monitorização do edifício, não foi contemplado por não dispor dessa informação relativamente a todos os elementos do modelo.

### 5.3.1 Arquitetura

A modelação de arquitetura foi realizada tendo por base os desenhos 2D em dwg. O Revit possui a funcionalidade de poder importar (e exportar) ficheiros CAD, tais como o formato dwg, dwf, dxf (Figura 35).

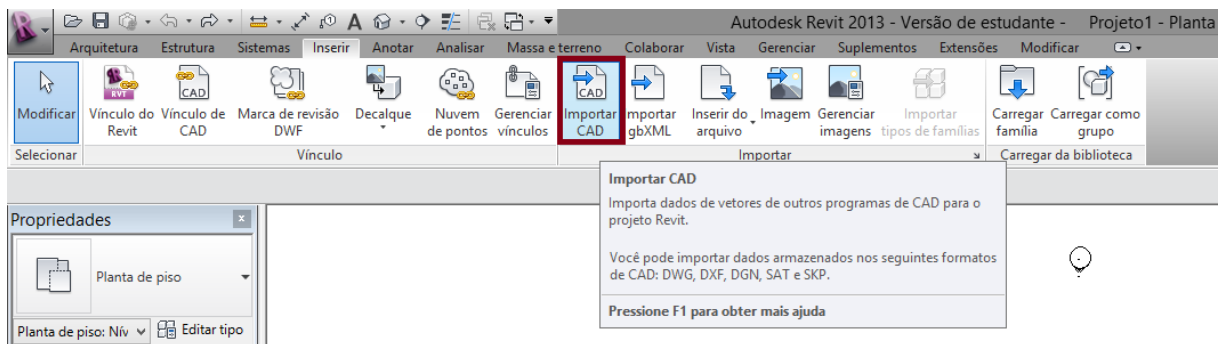


Figura 35 – Função importar ficheiros dwg no Revit.

Logo nesta fase inicial foi possível detetar e perceber que o projeto em Autocad possuía erros de representação, uma vez que as plantas não coincidiam com o alçado. Esse erro resultou das alterações iniciais realizadas em Autocad.

A Figura 36 representa a planta de rés-do-chão e o alçado principal importado de dwg no Revit. Sobre a planta do rés-do-chão modelou-se a escada em Revit (representada a vermelho), sendo possível constatar que a posição da escada e do piso a que esta dá acesso não coincide com o representado em alçado.

Assim, importa salientar que o BIM, ao permitir uma melhor representação do projeto, possibilita a deteção antecipada de erros de projeto desde as fases iniciais de conceção.

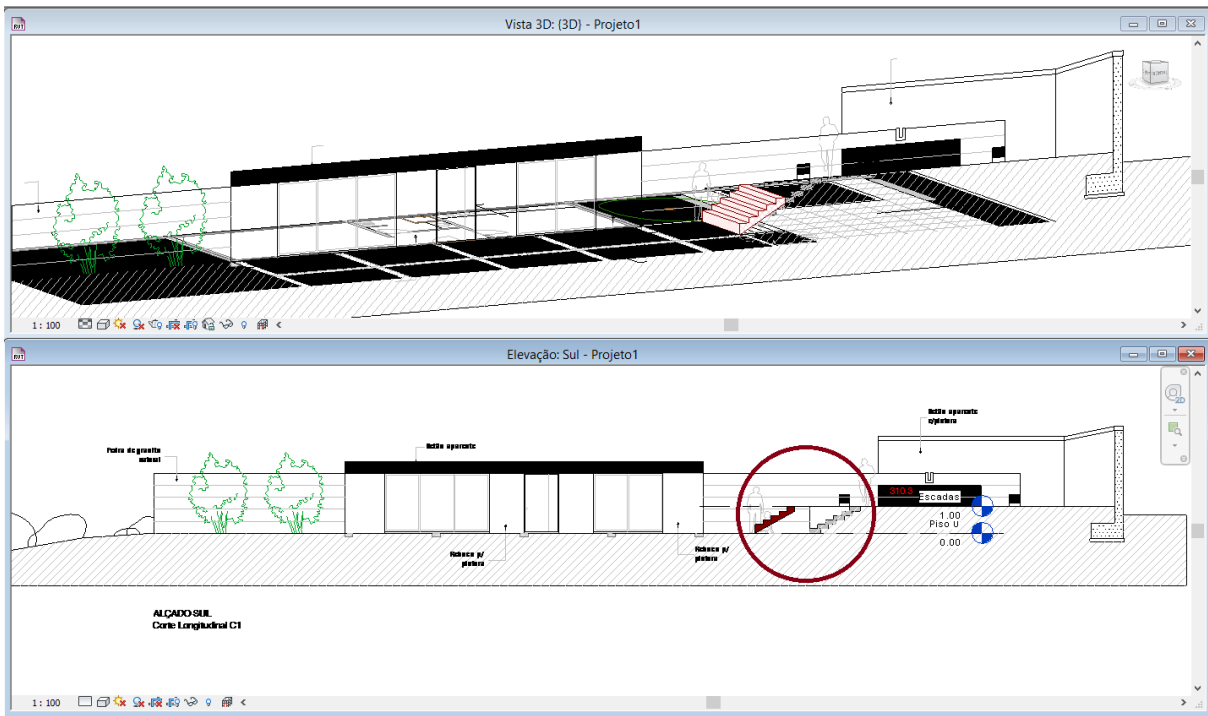


Figura 36 – Desfasamento entre a planta de rés-do-chão e o alçado importado de dwg.

Durante a modelação da arquitetura verificou-se que o facto do *software* BIM possibilitar o trabalho em várias vistas em simultâneo (plantas, cortes, alçados e 3D) faz com que o utilizador tenha uma maior noção dos problemas que possam existir. Por outro lado, ao contrário dos programas CAD em que as representações são um conjunto de linhas apenas interpretadas por humanos, ao longo da modelação em Revit, facilmente são perceptíveis que os desenhos são também interpretados pelo computador. De facto, ao longo da modelação, são apresentados várias questões ou sugestões de como definir o projeto e ainda avisos relacionados com os elementos do mesmo (Figura 37).



Figura 37 – Avisos relacionados com os elementos do modelo.

Com a utilização do Revit, todos os cortes, vistas e plantas desejadas são obtidas automaticamente, fazendo com que a realização destes elementos de trabalho seja um processo célere e preciso.

À medida que se evolui na conceção do projeto, é necessário começar a representar os sistemas construtivos tais como os tipos de lajes e paredes. Estes elementos possuem várias camadas de materiais que, se utilizássemos um *software* CAD, teriam de ser representadas manualmente, utilizando linhas e tramas que representariam a espessura e os diferentes materiais. Por oposição, quando se utiliza um *software* BIM, neste caso o Revit, este processo é indubitavelmente simplificado devido à parametrização dos elementos do modelo. No BIM todos os elementos possuem informações associadas, assim como o modo de representar. No caso das paredes e lajes, as diversas camadas são definidas previamente numa caixa de diálogo, fazendo com que sempre que se abra uma projeção se possa visualizar os componentes das paredes e lajes lá projetados automaticamente. Por outro lado, em caso de ser necessário alterar essas mesmas soluções construtivas no projeto, não será preciso redesenhar todas as paredes ou lajes, por exemplo, nos desenhos todos, uma vez que as modificações são feitas na caixa de diálogo e que, automaticamente, qualquer alteração lá feita faz com que todas as projeções sejam atualizadas.

No caso de estudo, considerou-se para as paredes exteriores o sistema de isolamento por ETICS (isolamento térmico pelo exterior) com tijolo térmico de 24cm (Figura 38).

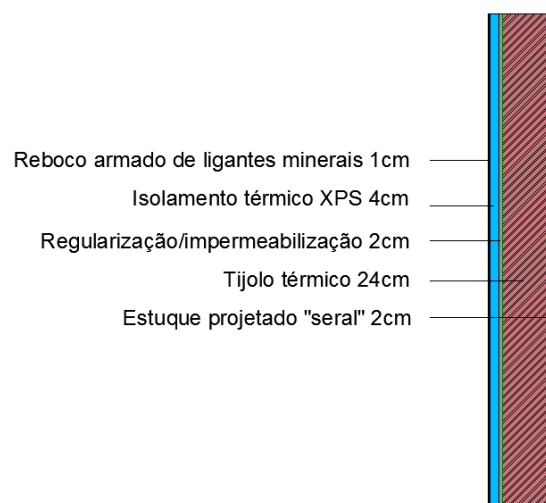


Figura 38 – Constituição das paredes exteriores.

Tal como explicado anteriormente, todas as soluções construtivas foram definidas previamente numa caixa de diálogo. A Figura 39 mostra a caixa de diálogo do Revit referente à parede exterior definida na Figura 38.

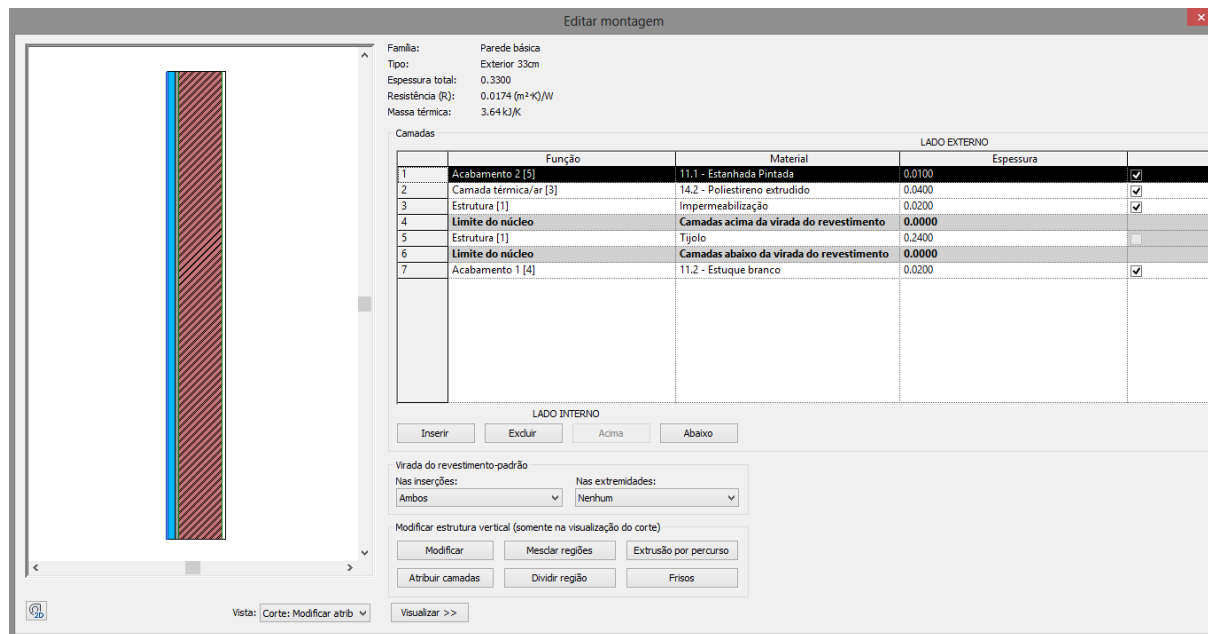


Figura 39 – Caixa de diálogo do Revit para caracterização das paredes exteriores.

Outra das potencialidades dos programas BIM que se destaca, através da realização deste caso de estudo, é a sua capacidade de gerar várias vistas de trabalho. Dado que as vistas estão interligadas, todas as modificações realizadas numa das vistas serão atualizadas automaticamente em todas as outras. A vantagem desta funcionalidade é o facto de permitir poupar muito tempo a refazer todos os desenhos e detetar mais rapidamente os erros de projeto.

Na Figura 40 é possível observar o aspeto geral do *software* Autodesk Revit 2013, assim como a vista 3D concluída do caso de estudo.

Por sua vez, a Figura 41 e Figura 42 representam, respetivamente, a planta do rés-do-chão e os cortes longitudinais e transversais do caso de estudo em BIM.



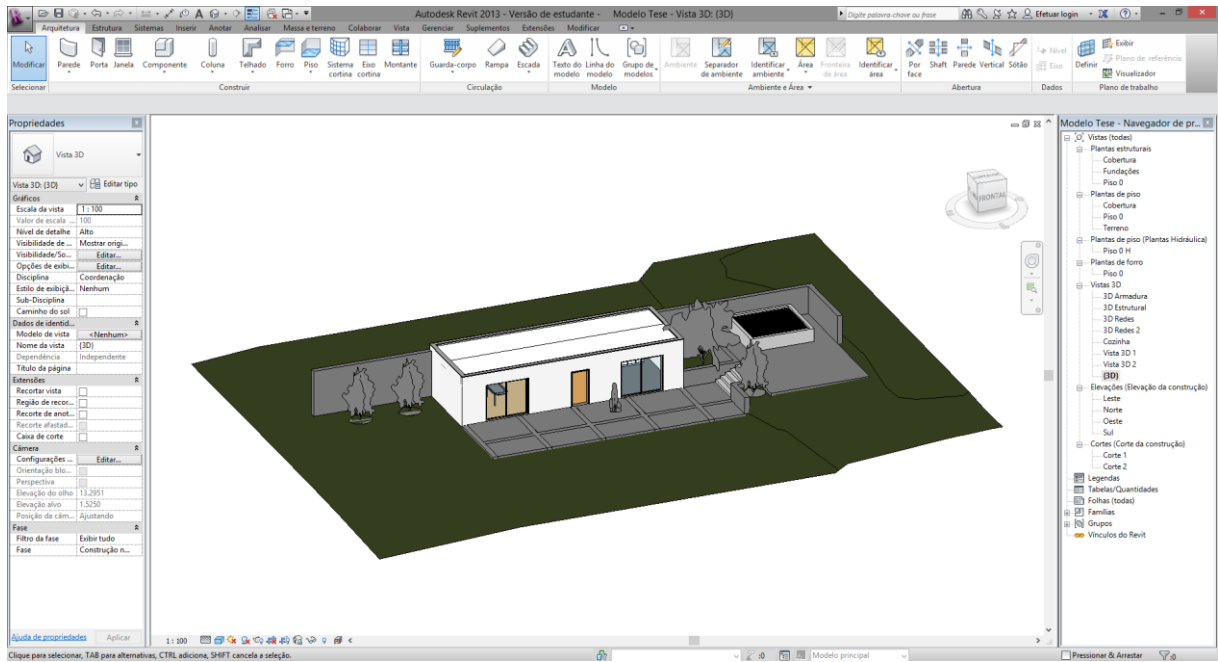


Figura 40 – Aspeto geral do modelo BIM e do ambiente do Autodesk Revit.

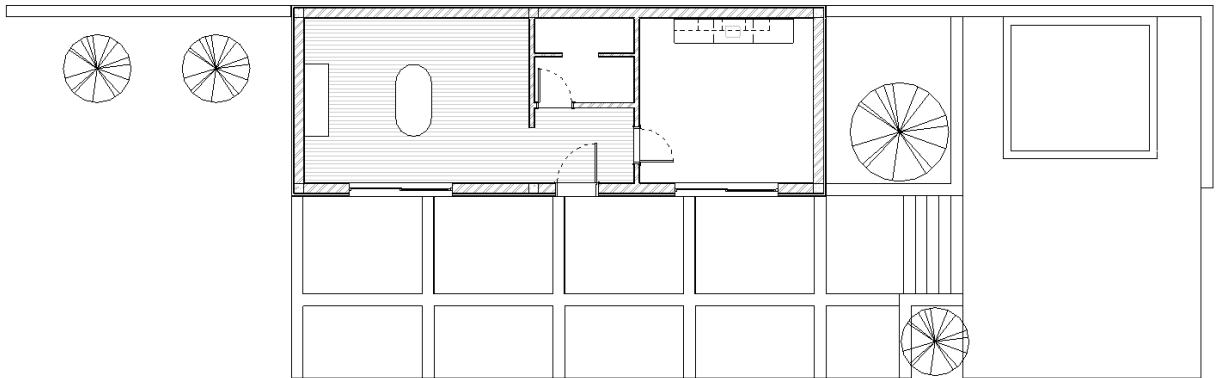


Figura 41 – Planta do rés-do-chão em Revit.



Figura 42 – Cortes gerados automaticamente em Revit.

Outra das potencialidades do BIM é a sua capacidade de renderizar várias vistas diretamente no Revit (Figura 43). A renderização é a conversão de um elemento em 3D para uma representação em 2D, quer para obter uma imagem estática, quer para obter imagens foto-realísticas em vídeo (animação 3D). O BIM potencializa a realização destas imagens uma vez que, ao contrário do CAD, num modelo BIM o utilizador desenvolve o seu projeto, também, em 3 dimensões. Assim, realizar imagens foto-realistas torna-se um processo muito mais simplificado. Estas imagens e animações têm um papel muito importante no marketing e vendas de uma empresa, ao permitir uma melhor comunicação com todos os intervenientes, em particular com o cliente e dono da obra. Por outro lado, faz com que seja possível avaliar e estudar ideias concetuais do projeto desde as fases iniciais e comunicá-las a todos os participantes do projeto.



Figura 43 – Imagens renderizadas diretamente no Revit 2013.

### 5.3.2 Especialidades

Concluída a fase da arquitetura, deu-se início à realização de algumas especialidades a título exemplificativo, tais como a estrutura e as redes prediais de abastecimento de água. Nesta fase, foi necessário perceber o método colaborativo do Autodesk Revit. A versão utilizada, Revit 2013, incluiu num só programa as ferramentas que nas versões anteriores eram independentes, tais como o Revit Architecture para arquitetura, o Revit MEP para engenheiros de redes e instalações e Revit Structures para os engenheiros estruturais.

Assim, foi necessário perceber como funcionava a interoperacionalidade entre *software* proveniente do mesmo fornecedor, neste caso proveniente da Autodesk. Quando arquitetos, engenheiros estruturais e engenheiros de instalações prediais colaboram num projeto é necessário partilhar informação acerca do mesmo, de forma a que todos os projetistas trabalhem na mesma base de informação. Coordenando eficazmente o trabalho, o projeto ganha em qualidade, conduzindo a uma economia de tempo e trabalho desnecessário, minimizando os erros.

#### ▪ Ferramenta Copiar/Monitorar

Caso o gabinete de arquitetura e o das engenharias fossem independentes e utilizassem ambos o Revit, a colaboração poderia ser realizada através da ferramenta “Copiar/Monitorar” do Revit.

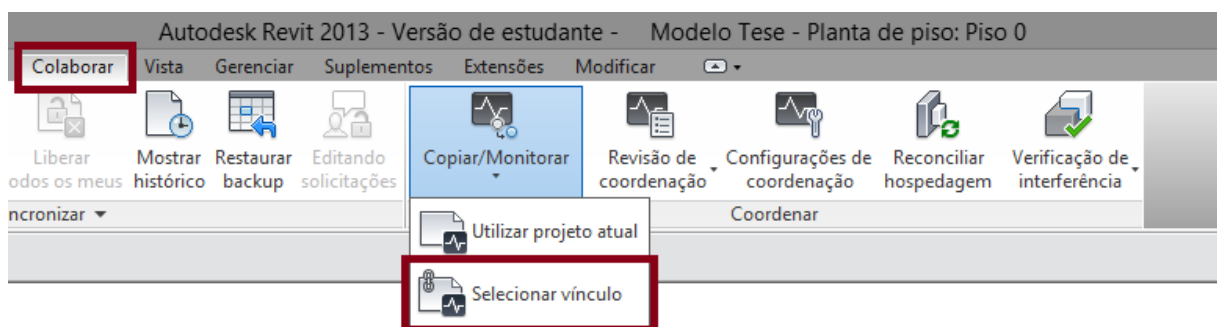


Figura 44 – Função copiar/monitorar.

Este método é utilizado quando, por exemplo, o engenheiro de estruturas recebe o ficheiro Revit de arquitetura (podendo estar finalizado ou em desenvolvimento). O engenheiro de estruturas começa por escolher um *template* estrutural no Revit e insere um “vínculo” do projeto de arquitetura (Figura 44).

Após realizado o “vínculo” do ficheiro Revit de arquitetura, o engenheiro estrutural pode copiar alguns elementos do projeto de arquitetura que têm interesse para a realização do seu trabalho. Por exemplo, pode copiar os níveis de piso, os pilares, as lajes e as paredes estruturais. Convém salientar que esta função, para além de copiar, também monitoriza esses mesmos elementos. Se o arquiteto alterar a localização de um dos pilares no ficheiro Revit de arquitetura, o engenheiro estrutural irá receber uma notificação a informar dessa mesma alteração, podendo esta ser facilmente replicada no modelo de Revit de estruturas.

De modo a que os diferentes intervenientes do mesmo projeto sejam notificados das alterações que as restantes especialidades possam causar, os “vínculos” devem ser criados em ambos os sentidos. Voltando ao exemplo anterior, se o arquiteto necessitar de ser notificado sempre que o projeto de estruturas provoque alterações no projeto de arquitetura, o arquiteto terá de vincular o ficheiro Revit de estrutura do engenheiro no seu ficheiro. O mesmo procedimento é utilizado para as diversas especialidades (Figura 45).

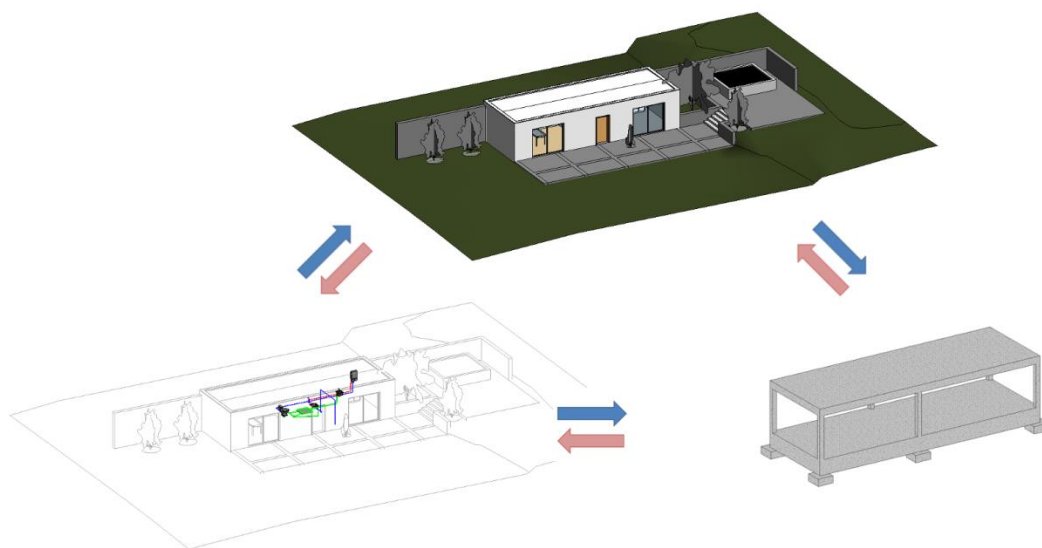


Figura 45 – Fluxo de trabalho de copiar/monitorar para modelos vinculados.

- **Worksharing**

O *worksharing* é um método de projeto que permite que vários membros da equipa trabalhem no mesmo modelo de projeto simultaneamente. A colaboração é feita através do uso de um modelo central, arquivo rvt (extensão Revit). É criado um modelo central para que os membros da equipa possam efetuar alterações simultâneas no projeto em cópias locais deste modelo central, conforme ilustrado na Figura 46 (Autodesk, 2013b):

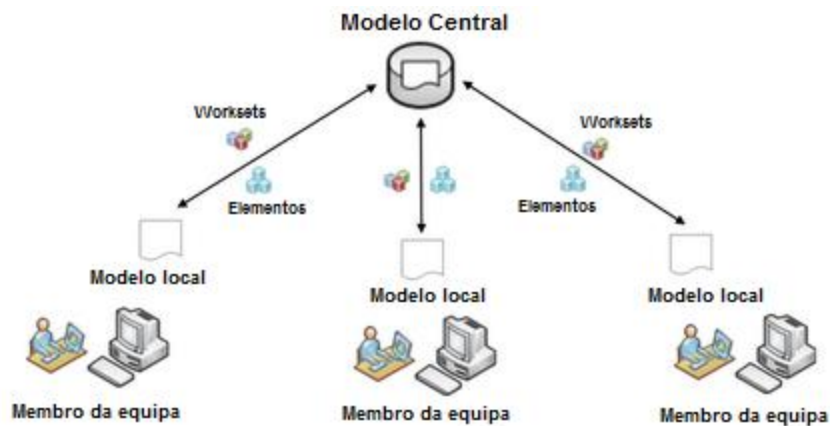


Figura 46 – *Worksharing*: compartilhamento de trabalho no Revit (reproduzido de Autodesk,2013b).

Normalmente os membros da equipa são atribuídos para uma área funcional específica a ser trabalhada, ou por setores de uma edificação de grande porte (hotel, hospital, shopping), ou por disciplinas, como:

- projetos de arquitetura;
- projetos estruturais;
- projetos de instalações prediais.

Os projetos do Revit podem ser subdivididos em *worksets*. Os *worksets* são conjuntos de elementos do Revit criados pelos usuários ou organizados por critérios como, por exemplo, famílias e vistas. No Revit Architecture e no Revit Structure o *workset* é uma coleção de elementos do tipo paredes, portas, pisos ou escadas. No Revit MEP o *workset* é uma coleção de elementos como tubos, difusores ou dissipadores de ar (Autodesk, 2013b).

De modo a que não ocorram conflitos no projeto, somente um utilizador pode editar cada *workset* no mesmo momento. Todos os membros da equipa podem visualizar os *worksets* criados por outros membros da equipa, mas não podem alterá-los. No processo de

*worksharing*, os usuários devem trabalhar sempre nos arquivos locais, mantendo o arquivo central protegido. É importante guardar os arquivos locais e sincronizar o arquivo central periodicamente. Neste processo é fundamental a organização e a comunicação entre os membros da equipa (Autodesk, 2013b).

No caso de estudo, dado que o projeto é simples e todas as especializadas foram realizadas por um único utilizador, não se recorreu a nenhum dos métodos descritos acima e optou-se por fazer os vários trabalhos no mesmo ficheiro rvt. Iniciou-se com a modelação da arquitetura, de seguida realizou-se a estrutura e, por fim, as redes prediais de abastecimento de água (Figura 47), utilizando sempre o mesmo programa – Revit 2013.

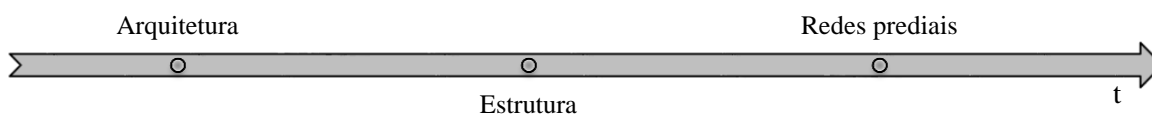


Figura 47 – Metodologia seguida na realização do caso de estudo.

### 5.3.3 Estrutura

Durante a modelação da estrutura foi evidente a facilidade e a rapidez de gerar desenhos. Com efeito, o Revit possui famílias dos principais elementos estruturais, como sapatas, pilares, vigas, lajes e paredes fazendo com que a sua representação seja muito simples, uma vez que, na maioria dos casos, apenas é necessário definir as dimensões. Além disso, tal como na arquitetura, qualquer alteração que se faça será automaticamente repercutida em todas as vistas e projeções.

Outra das potencialidades a destacar do BIM na realização do projeto de estruturas é a sua capacidade de gerar automaticamente o modelo analítico para dimensionamento dos elementos estruturais. Além disso, é possível especificar as combinações de esforços no próprio Revit, sendo apenas necessário exportar o ficheiro para um programa de cálculo estrutural. Neste caso, mais uma vez a interoperacionalidade é facilitada e direta com *software* do mesmo fornecedor, nomeadamente com o programa de cálculo estrutural Autodesk Robot Structural Analysis.



A Figura 48 representa o aspeto final da estrutura, constituída por sapatas, pilares, vigas e lajes em betão armado.

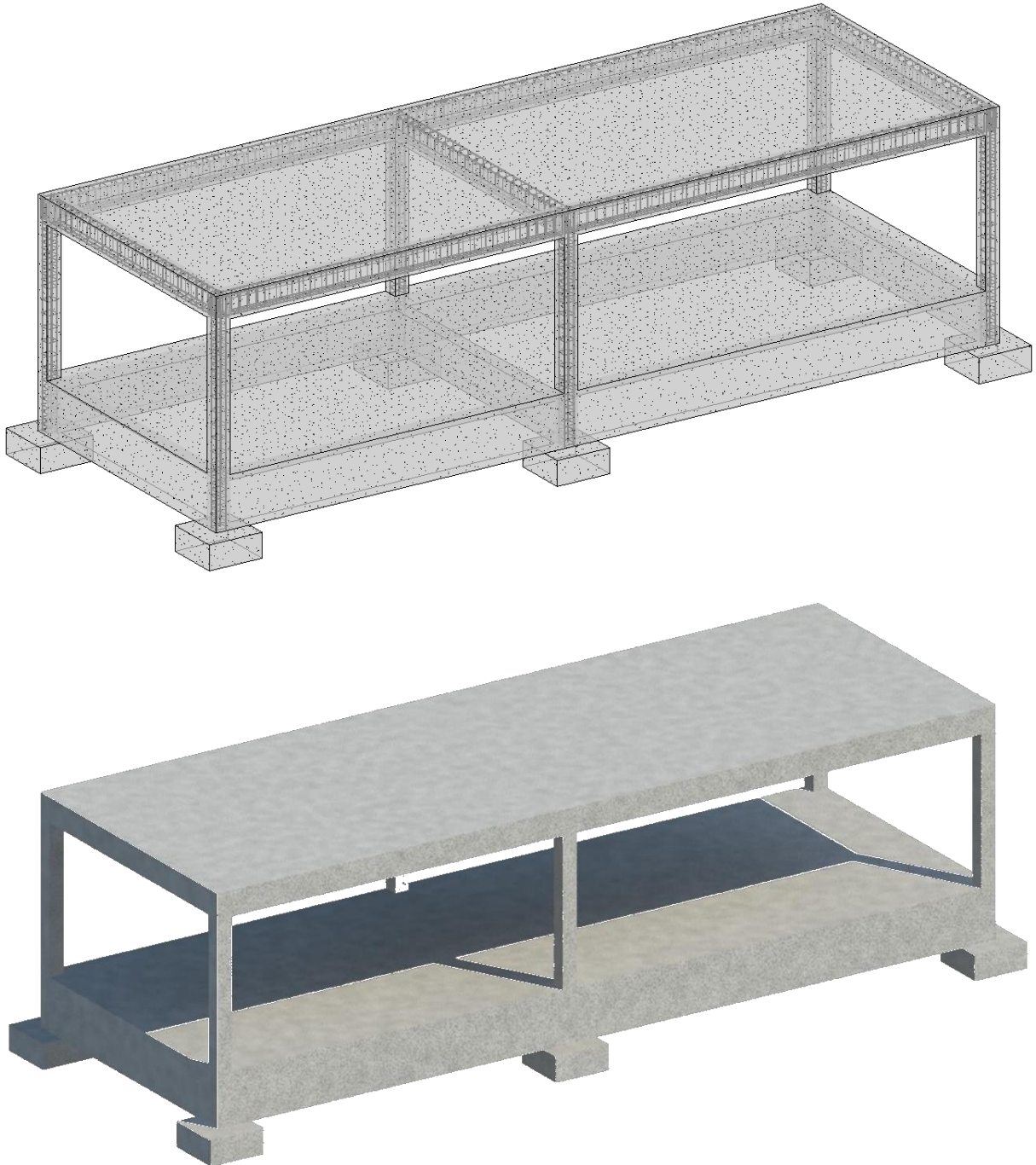


Figura 48 – Aspeto geral da estrutura do caso de estudo.

A Figura 49 representa o modelo analítico para cálculo estrutural assim como o modo de enviar a estrutura para o programa de cálculo, neste caso para o Robot Structural Analysis. A azul são representados os pilares, a verde as vigas e a laranja as lajes. Importa referir que os nós necessitam de estar todos conectados, pelo que seria necessário corrigir o modelo analítico representado na Figura 49 de modo a fazer com que os nós das lajes, vigas e pilares coincidissem. O Autodesk Revit possui essas ferramentas.

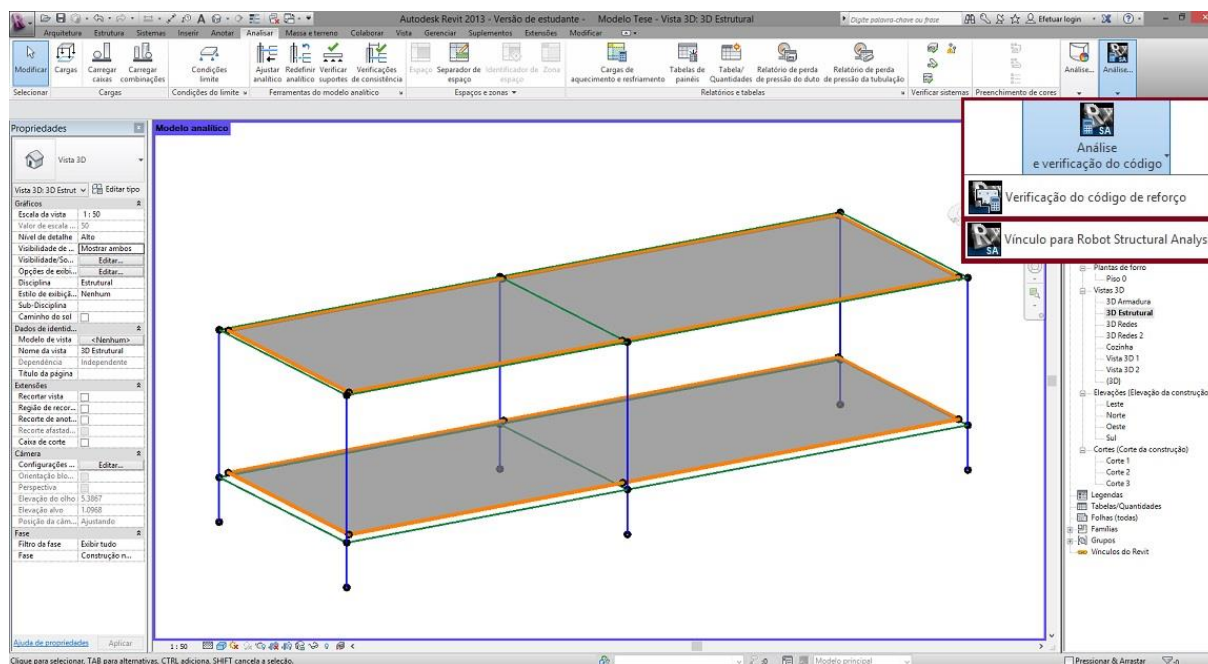


Figura 49 – Modelo analítico e interoperacionalidade com o Robot Structural Analysis.

Outras das vantagens do Revit é a possibilidade de modelar a armadura estrutural. Esta possibilidade faz com que seja possível obter as quantidades exatas de aço para armadura, assim como detetar incompatibilidades antecipadamente e providenciar uma visualização muito poderosa de pormenores de disposição construtivas de armaduras.

De modo exemplifico, apenas se procedeu à modelação das armaduras de vigas e pilares no caso de estudo (Figura 50).



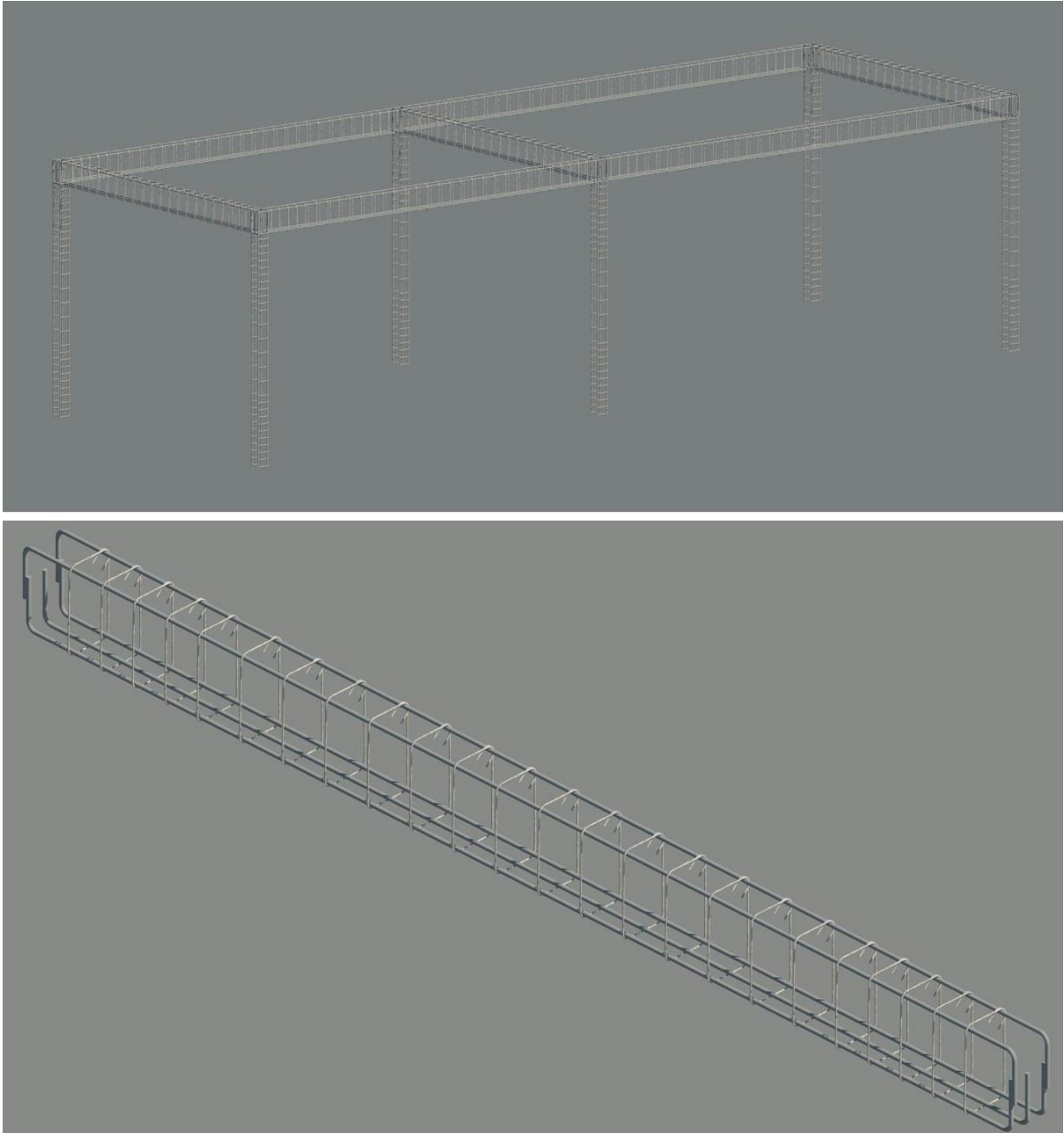


Figura 50 – Modelação de armadura de vigas e pilares.

#### 5.3.4 Redes prediais de abastecimento de água

Completada a parte de arquitetura e estrutura, deu-se início à modelação das redes prediais. O método de trabalho é semelhante às restantes disciplinas. De facto, é possível modelar em 3 dimensões assim como nas vistas de corte e alçado. Todas as folhas e vistas do modelo são atualizadas automaticamente sempre que for realizada qualquer alteração, garantindo sempre o rigor e a coordenação da documentação e dos projetos.

A Figura 51 representa a visualização 3D das redes de abastecimento de água. A azul corresponde à rede de abastecimento de água fria, a vermelha à água quente e a verde às águas residuais. A modelação destes elementos revelou-se algo morosa e trabalhosa, apesar do Revit fornecer várias ferramentas de auxílio à sua realização, tais como sugestões de possíveis traçados automáticos.

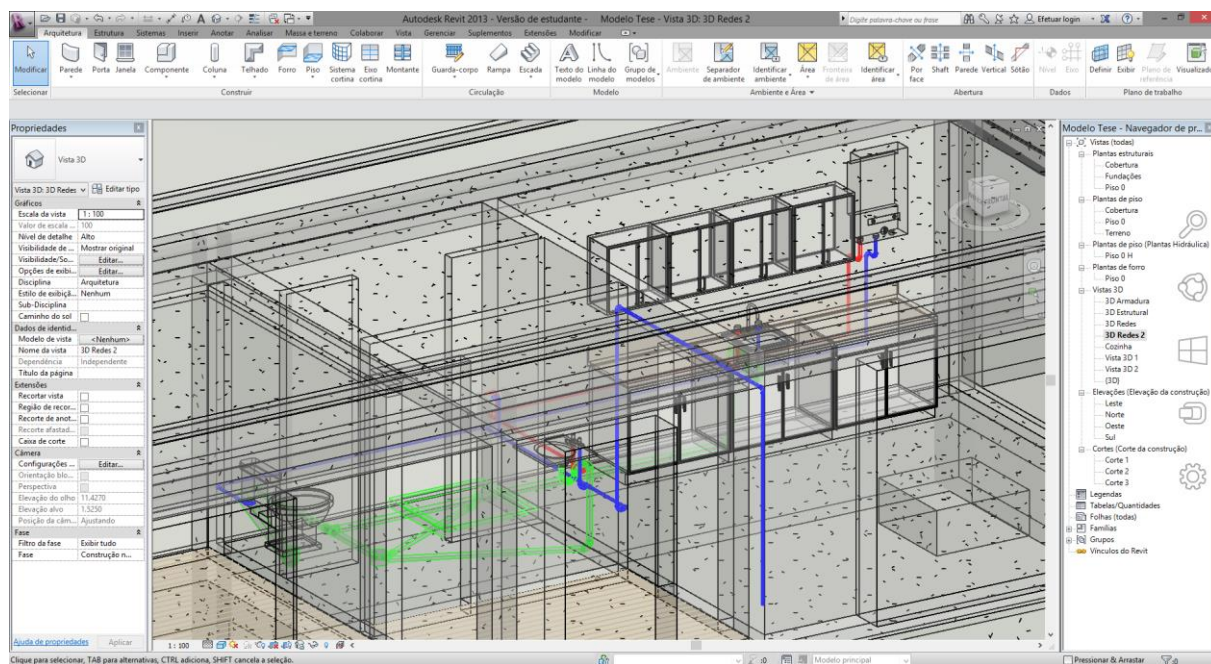


Figura 51 – Vista 3D e ambiente do Revit no traçado de redes prediais.

Durante a modelação das redes foi possível verificar que o Revit possuiu a capacidade de calcular perdas de pressão, caudais e de dimensionar tubagens e condutas. Porém, essas funcionalidades não foram aferidas, uma vez que os diâmetros das tubagens foram previamente definidos.

Escolhido o tipo de tubagem pretendida e definido o traçado, o Revit insere automaticamente os acessórios de ligação e intersecção de tubagens.

A grande vantagem que se destaca da modelação das redes de abastecimento de água é a possibilidade de se perceber claramente o seu traçado, através da representação em diversas vistas, tais como a vista em 3 dimensões. Isto é muito útil, pois consegue-se perceber claramente o traçado e avaliar, por exemplo, se os enchimentos das lajes são suficientes para

que as tubagens sejam embebidas, assim como perceber se o traçado não atravessa nenhum dos elementos estruturais.

Um dos aspetos negativos que se destaca no Revit é a representação em planta das redes prediais. A tubagem de água quente situa-se normalmente alinhada com a da água fria, mas a uma cota superior a pelo menos 5cm. Isto em planta resulta apenas numa linha, mas é comum representar-se por duas linhas paralelas tal como representado no exemplo da Figura 52.

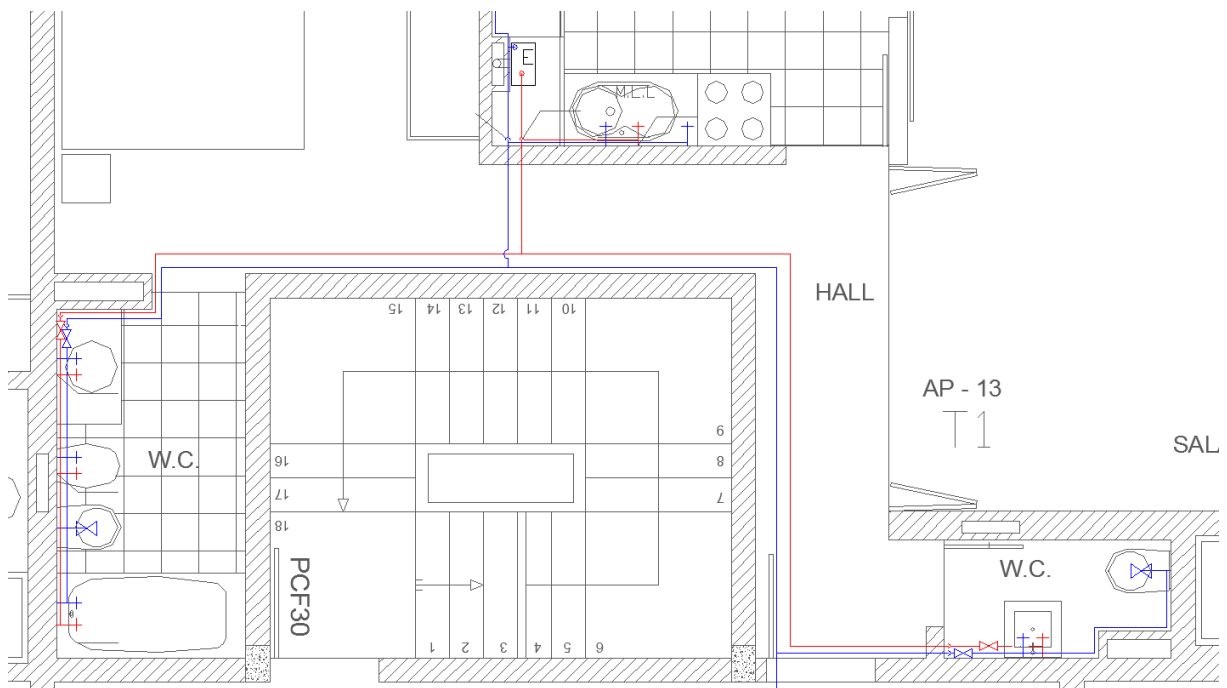


Figura 52 – Exemplo de representação de redes prediais de água fria e quente.

Contudo, a representação em planta das redes no Revit resulta apenas numa só linha e, neste caso, apenas se consegue visualizar a linha superior, a referente à água quente. Para contornar este entrave, será necessário criar “linhas de detalhe” manualmente que representem a tubagem de água fria, o que é algo trabalhoso. Este tipo de linhas são específicas de determinada vista no Revit. No caso de estudo, optou-se por desenhar as tubagens de água fria e quente desfasadas, de modo a contornar “este problema”.

Outra das dificuldades constatadas foi a realização da caixa sifonada para as redes residuais, uma vez que o Revit não fornece a família desse elemento. Assim, foi necessário criar manualmente essa família no Revit, uma vez que nem em *websites* de famílias parametrizadas, tais como o Autodesk Seek, foi possível obter esse elemento.

A Figura 53 representa, em planta, o traçado das redes prediais de abastecimento de água. A Figura 54 representa o mesmo traçado, mas em vista de 3 dimensões.

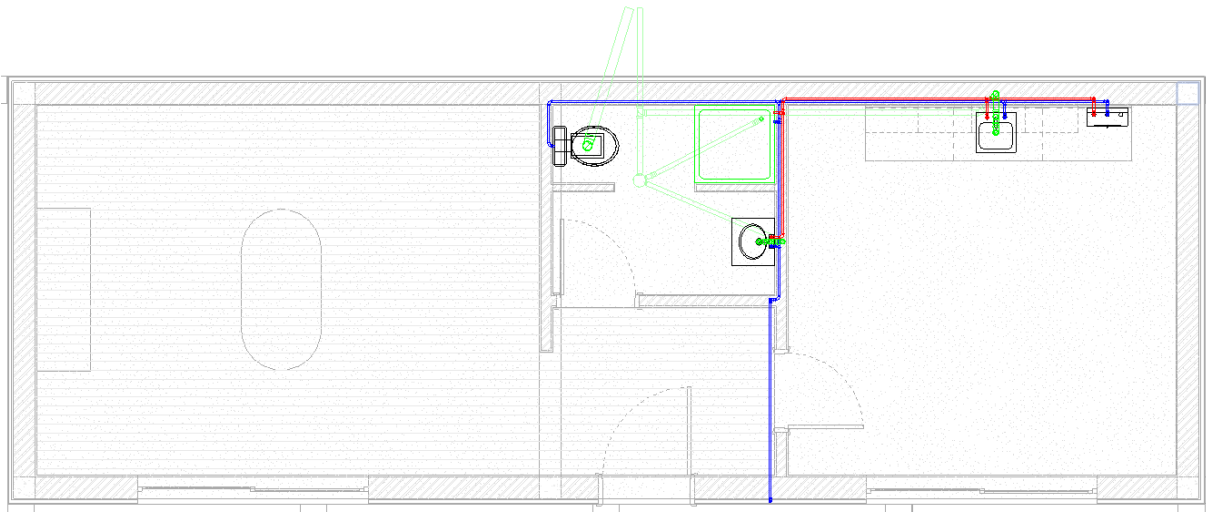


Figura 53 – Redes prediais de abastecimento de água: planta.

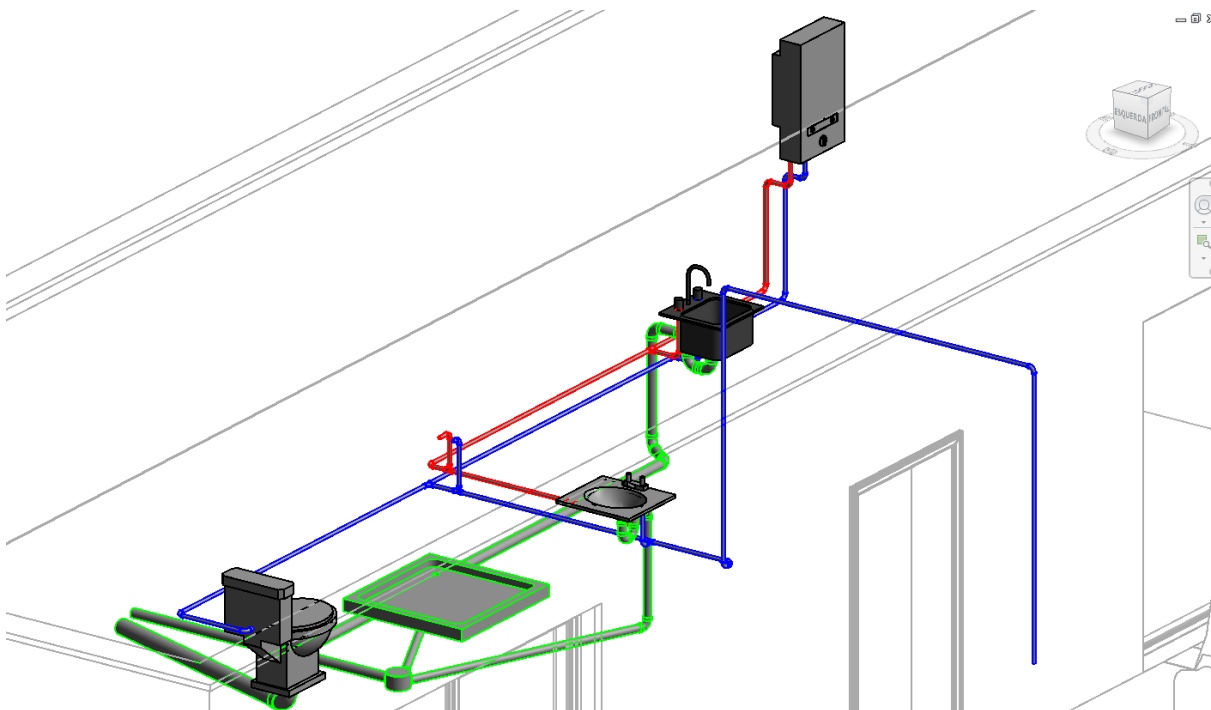


Figura 54 – Redes prediais de abastecimento de água: vista em 3D.

## 5.4 Caso de estudo aplicado à gestão da construção

No capítulo 4 da dissertação descrevem-se as potencialidades do BIM aplicado à gestão da construção. Neste capítulo, irão demonstrar-se alguns dos pontos aí explicados numa vertente prática, através do desenvolvimento do caso de estudo.

### 5.4.1 Detecção de erros e omissões de projeto

Como foi referido anteriormente, o Revit (assim como todos os *softwares* BIM) possibilita uma visualização e representação poderosa em duas e três dimensões, fazendo com que, no decorrer do projeto, se detetem possíveis erros de conceção antecipadamente.

O Revit é um *software* inteligente que interpreta toda a modelação. Assim, durante a modelagem, o Revit interpreta, faz perguntas e dá sugestões acerca do que o utilizador pretende realmente fazer (Figura 55). Além disso, sempre que o Revit encontra alguma incompatibilidade, aparece uma caixa de aviso a alertar o utilizador de que alguma coisa não está bem explícita ou definida. É ainda possível, em qualquer altura, o utilizador fazer uma revisão geral do seu projeto através da consulta de avisos do Revit (Figura 56).

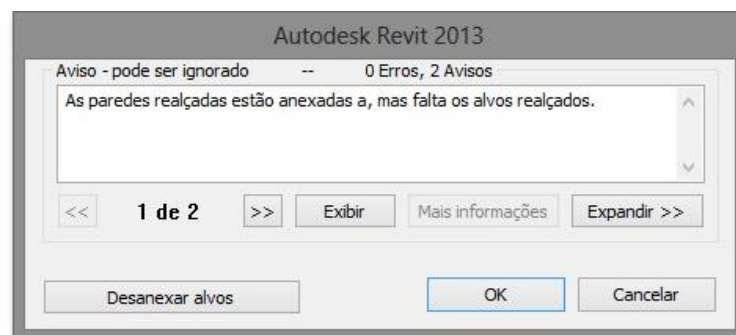


Figura 55 – Exemplo de caixa de aviso do Revit.

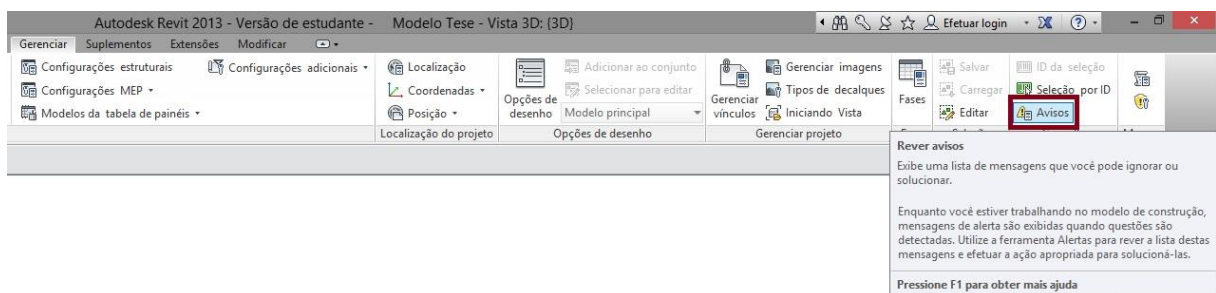


Figura 56 – Função de consulta de avisos de projeto do Revit.



Por outro lado, o Revit permite uma detecção seletiva de conflitos e incompatibilidades entre elementos específicos (Figura 57). A título de exemplo, verificou-se se existiam incompatibilidades entre as tubagens de abastecimento de água (tubulação) e os pilares estruturais, sendo possível concluir que existem tubagens a atravessar pilares estruturais. O Revit exibe várias vistas e assinala a cor laranja os elementos em conflito, de modo a ser possível ao utilizador visualizar essa incompatibilidade (Figura 58).

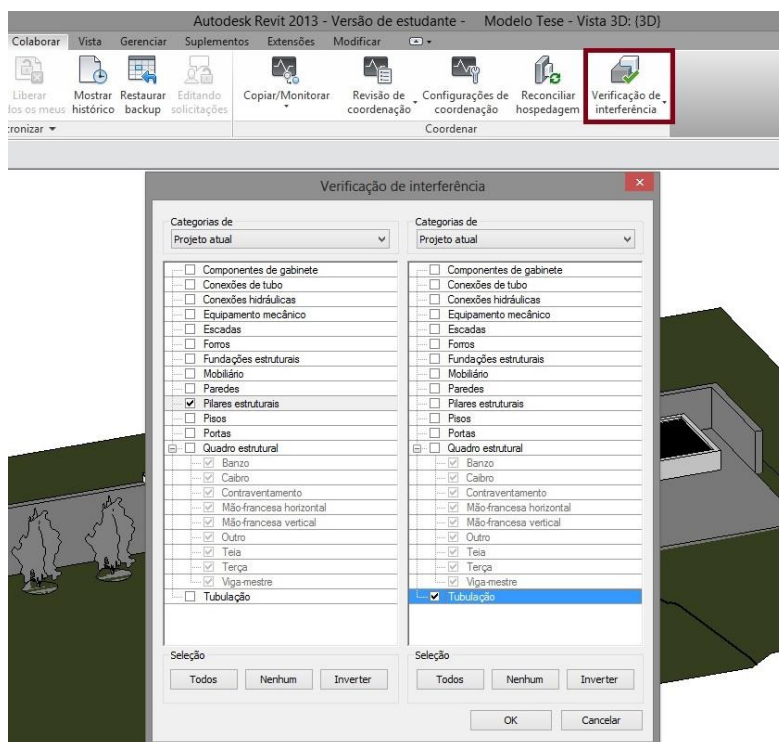


Figura 57 – Verificação de interferências do Revit.

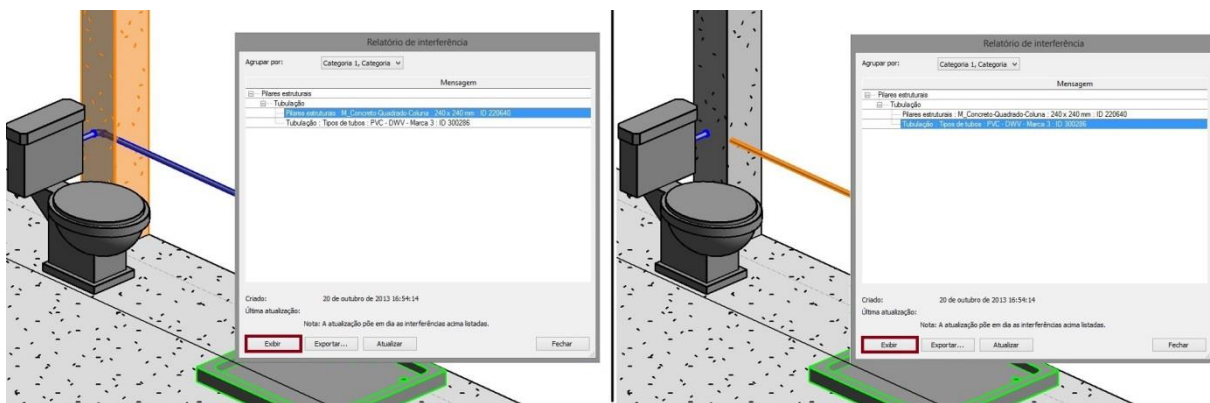


Figura 58 – Interferência entre pilar e tubagem de água fria, representado a laranja.

### 5.4.2 Obtenção automática de listas de quantidades e estimativa de custo

As estimativas de custo são essenciais para que um projeto seja bem-sucedido e é muito importante que se realizem desde as fases iniciais do projeto. O BIM possibilita, automaticamente, a obtenção dessas medidas desde a fase inicial de concepção do projeto, atualizando-as de modo automático à medida que o projeto evolui. Quando se utiliza o BIM para a extração de quantidade de materiais, evitam-se erros na quantificação dos materiais, uma vez que a probabilidade de os omitir ou duplicar quantidades é muito mais reduzida do que se as medições fossem realizadas manualmente. O Revit possibilita a criação de diversos tipos de tabelas de quantidades de materiais/componentes (Figura 59).

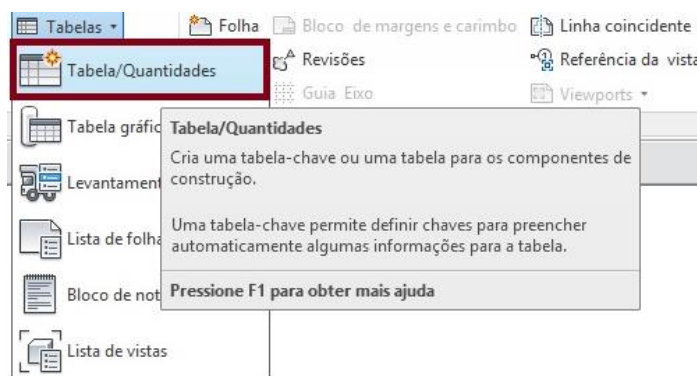


Figura 59 – Função de criar listas de quantidades de materiais no Revit.

A título de exemplo, será demonstrado o modo de contabilizar a quantidade de betão a fornecer para a realização das sapatas de fundação.

O Revit guarda toda a informação do projeto, cabendo ao utilizador seleccionar a informação que pretende aproveitar. Assim, inicialmente, é necessário seleccionar a categoria de material a quantificar. Neste exemplo, a categoria corresponde a “fundações estruturais”, pertencente ao filtro “estrutura” (Figura 60).

De seguida, seleccionam-se, de entre uma lista, os campos necessários. Neste caso, e de acordo com as regras de medição, é necessário seleccionar os campos comprimento, largura e volume (Figura 61).

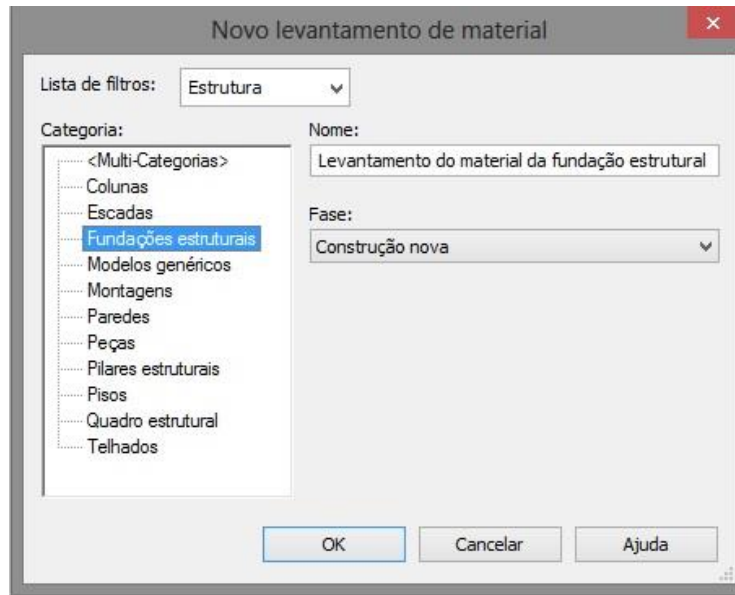


Figura 60 – Escolha da categoria para obtenção de listas de quantidades.

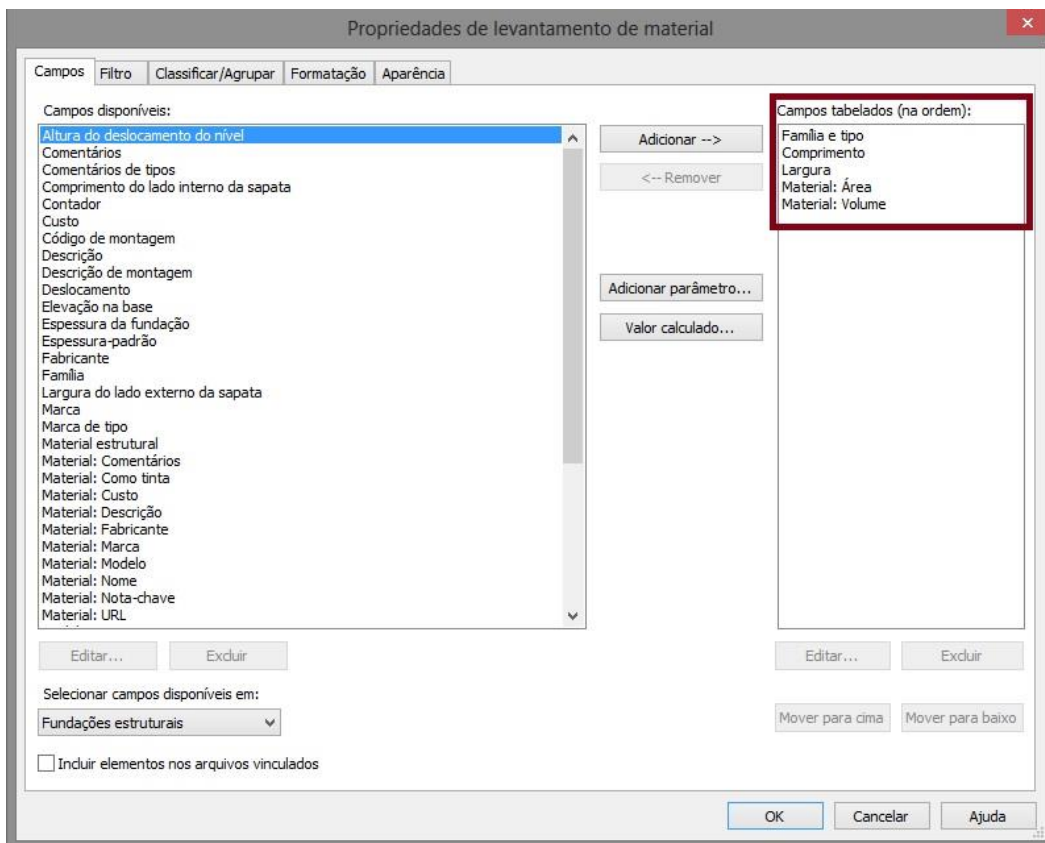


Figura 61 – Campos necessários para a realização do articulado referente a quantidade de betão em sapatas.



O resultado final está representado na Figura 62. A destacar que a tabela é interativa pois, quando se seleciona, por exemplo, a primeira sapata da lista, esta é representada a azul em qualquer das vistas ativas, neste caso na vista 3D estrutural.

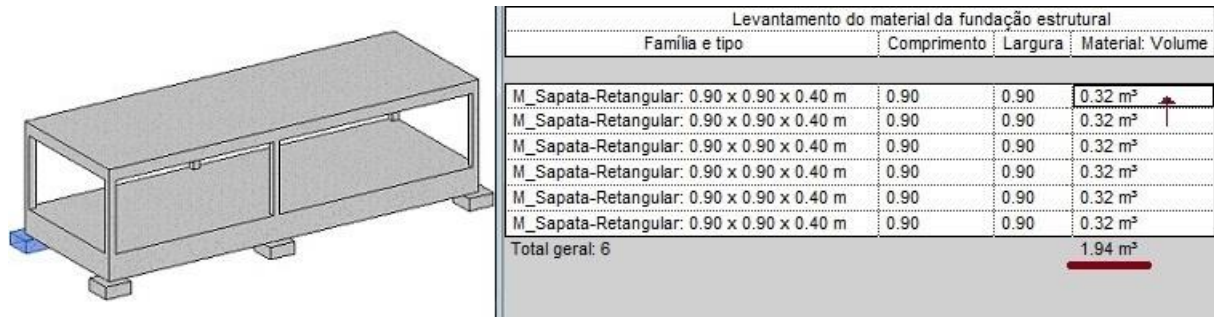


Figura 62 – Articulado para quantidade de betão armado necessário para sapatas de fundação.

Por outro lado, tal como referido no capítulo 4, estimativas de custo grosseiras nas fases iniciais são importantes para ter uma ideia se o projeto vai de encontro ao pretendido pelo dono da obra. Com efeito, as estimativas correspondentes ao programa preliminar e ao programa base são, recorrentemente, associadas a perímetros, áreas e volumes. Na Figura 63 é possível visualizar uma tabela correspondente às áreas úteis dos diversos compartimentos do projeto (Cozinha, WC e Sala) que é obtida e atualizada automaticamente sempre que haja alterações no projeto.

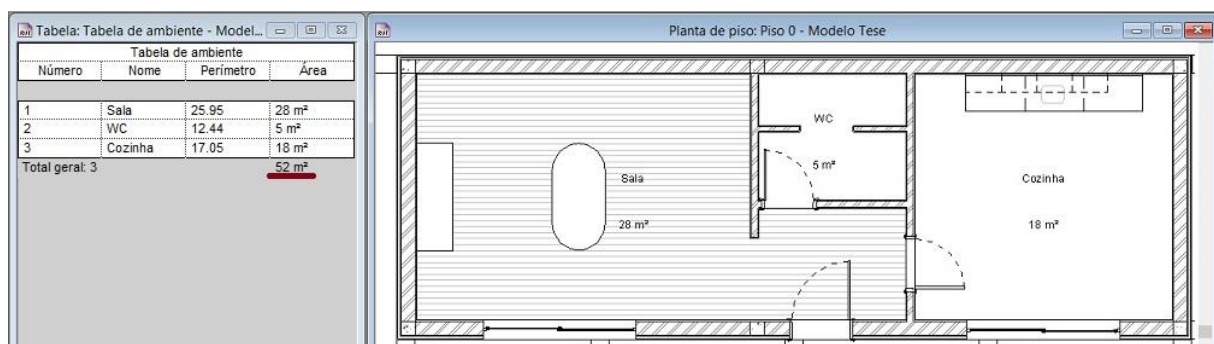


Figura 63 – Área útil de espaços do projeto organizado em tabelas no Revit.

Todas as tabelas realizadas no Revit podem ser exportadas para diversos programas de estimativa para, posteriormente, fazer corresponder às quantidades o custo do material, fabrico, mão-de-obra e colocação.

De modo a averiguar essa capacidade de exportar a informação das tabelas do Revit para outros programas, procedeu-se ao envio da tabela de quantidade de betão para sapatas de fundação para o Microsoft Excel através da função exportar relatórios do Revit (Figura 64).

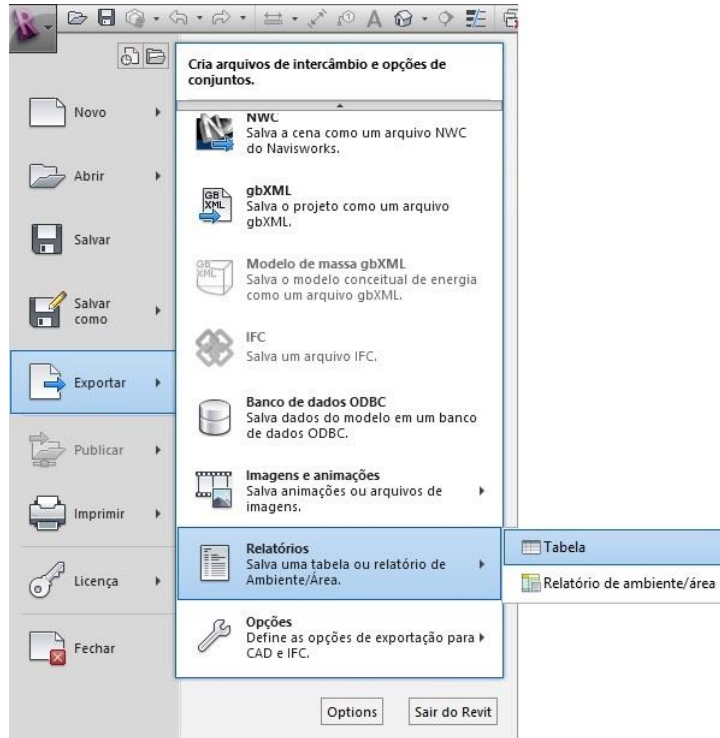


Figura 64 – Função exportar relatórios do Revit.

O Revit exportou essa informação em formato txt (extensão para arquivos de texto). De seguida, abriu-se esse ficheiro na folha de cálculo Microsoft Excel, obtendo-se, facilmente, toda a informação pretendida, tal como se demonstra na Figura 65.

Levantamento do material da fundação estrutural			
Família e tipo	Comprimento	Largura	Material: Volume
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
M_Sapata-Retangular: 0.90 x 0.90 x 0.40 m	0.90	0.90	0.32 m³
<b>Total geral: 6</b>			<b>1.94 m³</b>

Figura 65 – Tabela exportada pelo Revit para o Microsoft Excel.

### 5.4.3 Análise e planeamento da construção

No que se refere às capacidades do BIM na análise e planeamento da construção descritos no capítulo 4.3.3, o Revit não está vocacionado para esse fim. Assim, aquele que, pelas suas características, parece ser o mais vocacionado para gestão e planeamento da construção é o *Vico Software*, pelas suas funções baseadas na linha de balanço. Contudo, a Autodesk também possui um *software* vocacionado para esta área, designado por Autodesk Navisworks (Figura 66).

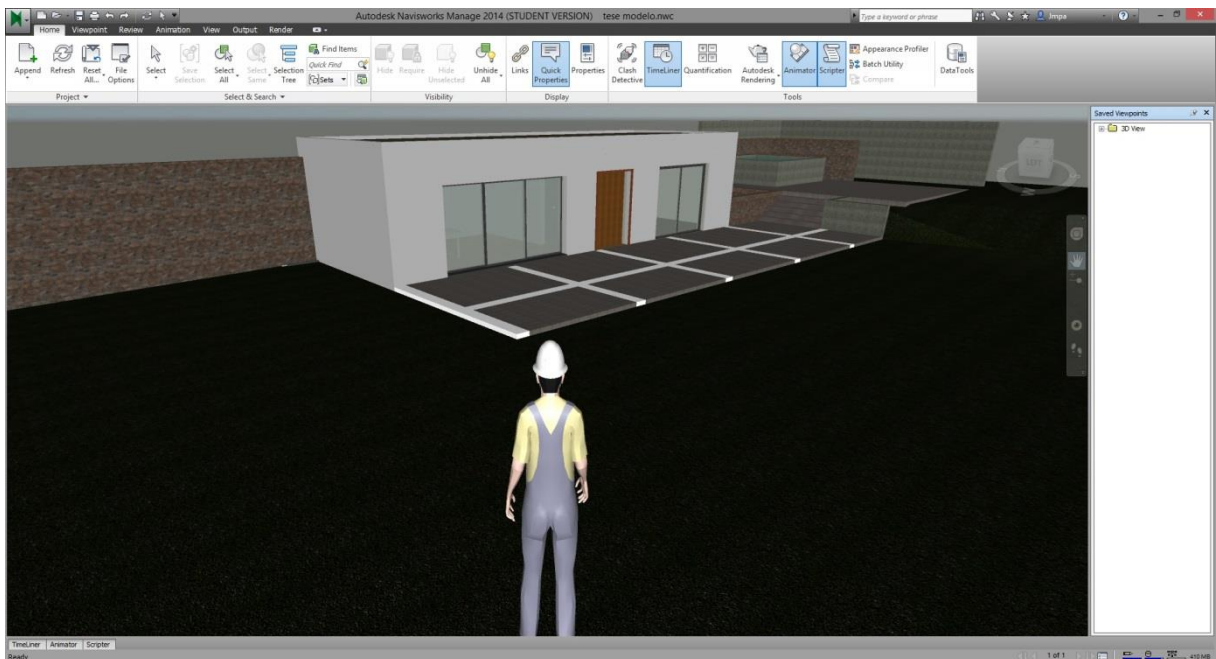


Figura 66 – Aspeto geral do Autodesk Navisworks.

Será feita uma apresentação muito breve e sucinta do Navisworks 2014 associado ao presente caso de estudo e referente apenas ao presente tópico em análise, uma vez que o Navisworks possui muitas outras funções descritas no capítulo 4. O Navisworks abre os ficheiros com extensão Revit (rvt) diretamente, sem ser necessário exportar o modelo num ficheiro específico no Revit, apesar de este também possuir essa opção (Exportar para Navisworks – extensão nwc).

Será, então, abordado a capacidade deste *software* em adicionar aos elementos 3D do modelo BIM associações temporais (BIM 4D), permitindo uma visualização e acompanhamento da sequência das atividades da construção.

Contudo, importa salientar que o Navisworks não tem a capacidade de otimizar as atividades da construção. Para esse efeito, pode-se utilizar o encadeamento das atividades da construção obtido através de *softwares* que se utilizam recorrentemente para esse fim, tais como o Microsoft Project ou Primavera (que recorrem ao diagrama CPM). O Navisworks possui a ferramenta de importar essas listas de tarefas/atividades (Figura 67).

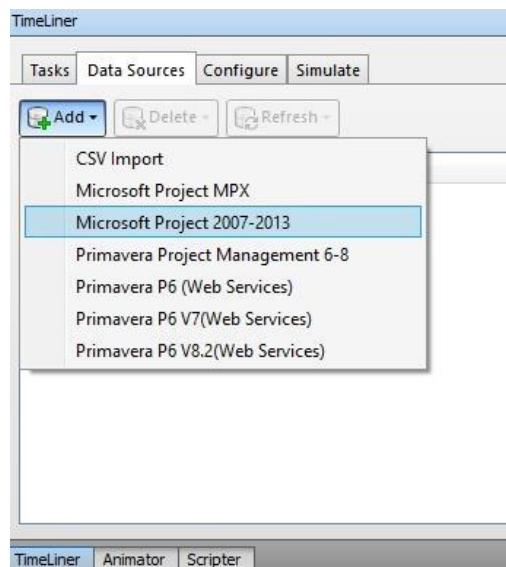


Figura 67 – Capacidade do Navisworks em importar o planeamento das atividades da construção de outros *softwares* de gestão de projetos.

Recorrendo à função *Timeliner* do Navisworks é possível criar ou importar (tal como referido anteriormente) as diversas atividades da construção. De modo muito simplificado, será demonstrada a sequência temporal da realização da estrutura em betão do caso de estudo. Assim sendo, a duração das atividades foi definida como sendo de 1 dia (8 horas de trabalho) para cada e as atividades restringiram-se a execução sapatas de fundação, colocação armaduras pilares, execução dos lintéis de fundação, execução da laje de piso, execução das vigas e execução da laje de cobertura.

A Figura 68 traduz a calendarização dessas atividades e o respetivo Diagrama de Gantt, assim como a visualização 3D da estrutura do caso de estudo no Autodesk Navisworks. Depois de definida a calendarização das atividades da construção basta fazê-las corresponder aos elementos 3D do modelo. Facilmente se obtém a animação BIM 4D, traduzida em imagens na Figura 69.

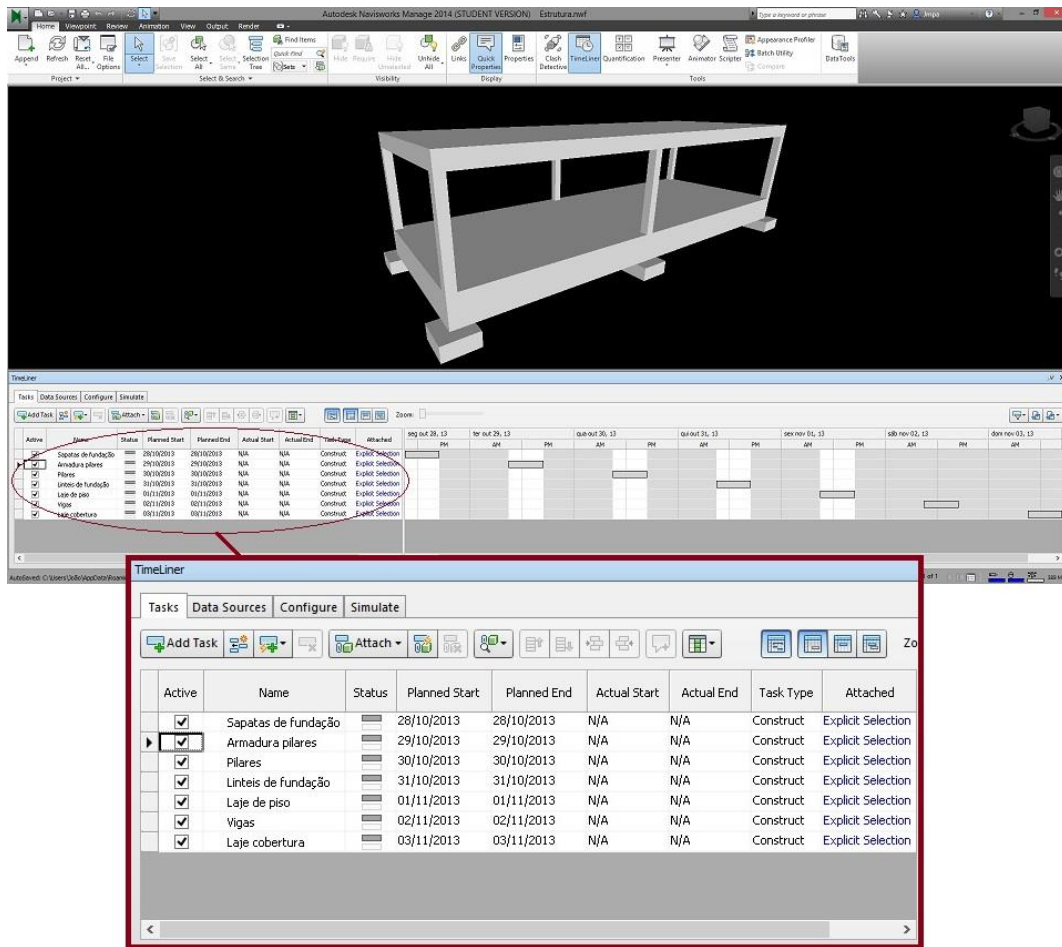


Figura 68 – Calendarização simplificada para a execução da estrutura do caso de estudo.

Verifica-se que a animação 4D proporciona um entendimento claro e comum do objetivo do projeto, dos planos da construção e da situação corrente do projeto. De facto, o Navisworks permite não só a visualização da calendarização das atividades planeadas, mas também o acompanhamento das mesmas, uma vez que possibilita comparar o planeado com o estado atual/real na obra.

Deste modo, através do caso de estudo, percebe-se, claramente, que a simulação em 4D possibilita um melhor planeamento e ajuda a identificar riscos na fase mais precoce possível, para além de possibilitar uma melhor gestão e organização do estaleiro de obra.



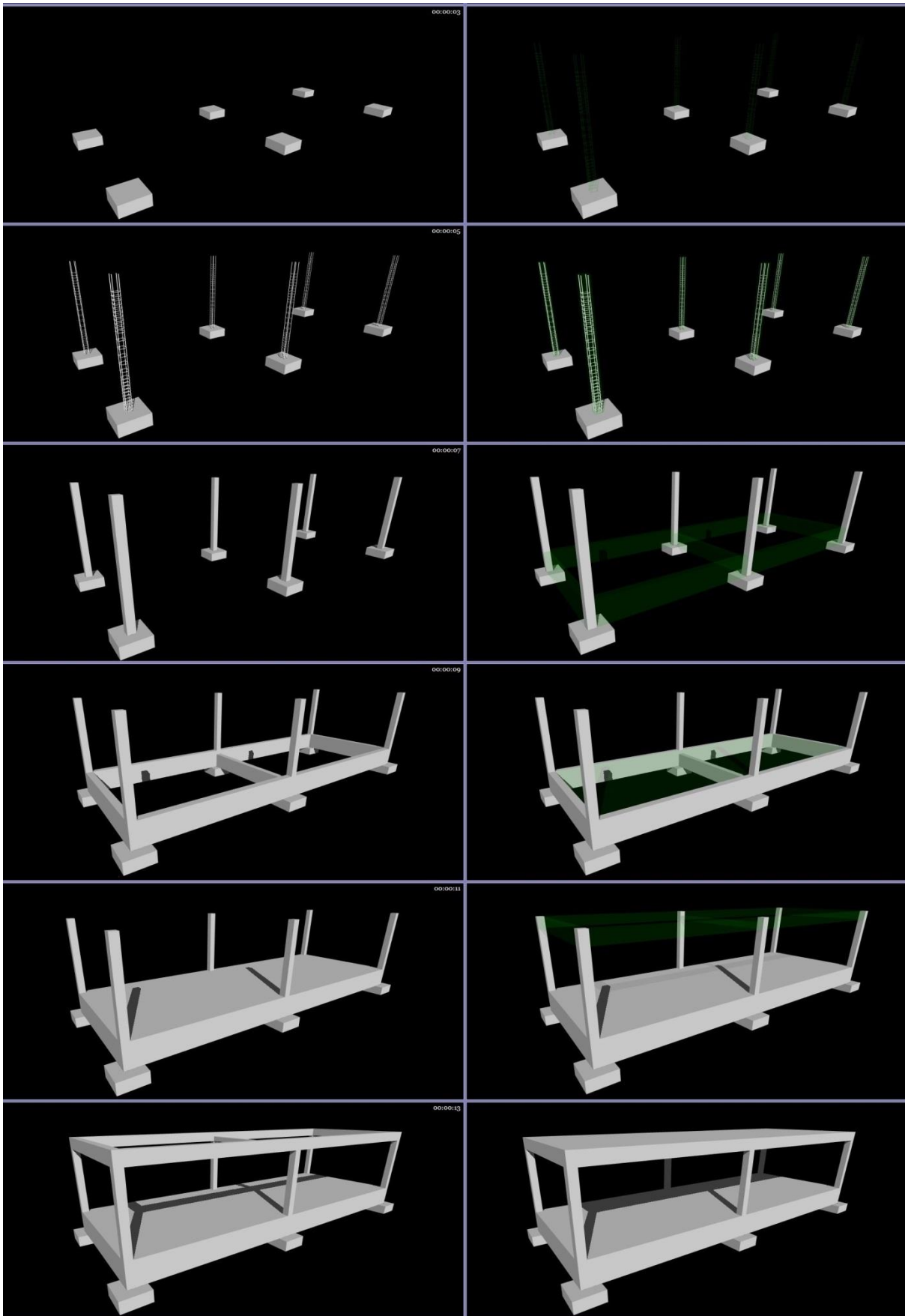


Figura 69 – Imagens da animação 4D da sequência das atividades para execução da estrutura do caso de estudo.

#### 5.4.4 Verificação e acompanhamento das atividades da construção

No que diz respeito a estas funcionalidades abordadas no capítulo 4, o estudo aqui retratado será restringido apenas às aplicações móveis. Assim, será demonstrado como colocar o projeto Revit do caso de estudo disponível em qualquer local através dos dispositivos móveis.

A Autodesk possui diversos serviços com base na nuvem, designados por Autodesk 360 (Figura 70). O conceito de computação em nuvem (em inglês, *cloud computing*) refere-se à utilização da memória e das capacidades de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da internet (Wikipédia, 2013).



Figura 70 – Serviço “nuvem” da Autodesk – Autodesk 360.

Procedeu-se, então, ao envio do projeto do caso de estudo em Revit (rvt) para esta plataforma, bastando para isso ser registado na Autodesk. A Figura 71 representa o serviço Autodesk 360 e mostra a função de enviar ficheiros para esta plataforma, assim como o armazenamento nesta do ficheiro Revit do caso de estudo – “Modelo Tese.rvt”.

Concluído este processo, o ficheiro Revit correspondente ao caso de estudo passa a estar acessível em qualquer lugar e em qualquer computador ou dispositivo móvel (Android ou iOS) com ligação à internet.

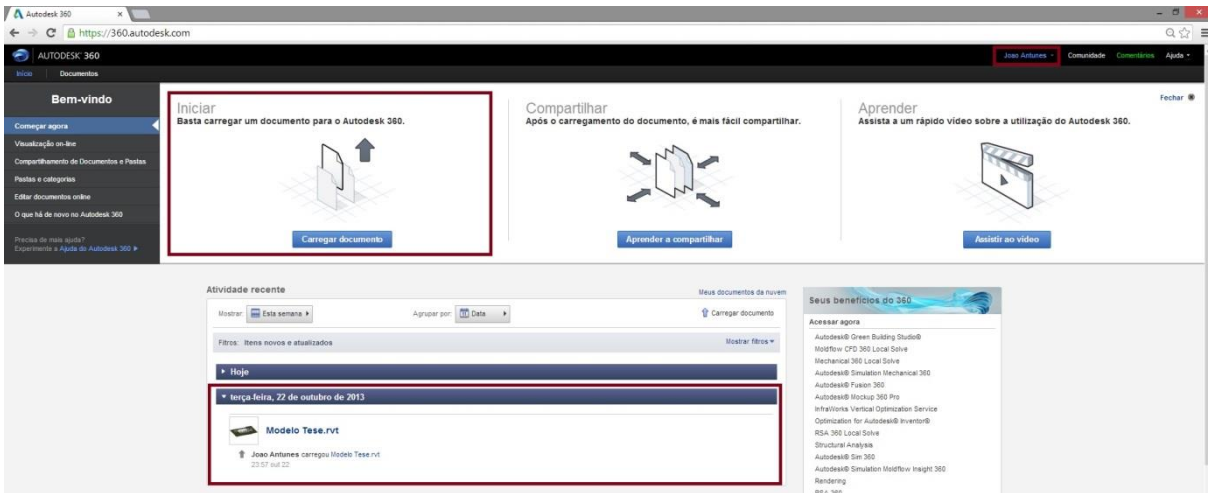


Figura 71 – Aspeto geral Autodesk 360 e armazenamento na “nuvem” do caso de estudo – “Modelo Tese.rvt”.

De seguida, basta descarregar a aplicação móvel Autodesk 360 Mobile (Figura 72) no dispositivo (iPad neste caso) para aceder ao caso de estudo em qualquer altura e lugar. A Figura 73 representa algumas fotografias da visualização das várias vistas do caso de estudo (3Ds, cortes, plantas) num dispositivo móvel. É possível abrir e visualizar todas as vistas, detalhes e pormenores do projeto realizado em Revit, possibilitando navegar nas vistas 3D, fazer zoom e mover os desenhos. Facilmente se verificou que, de um modo muito acessível, a equipa de projeto passa a dispor de ferramentas que a auxiliam a comunicar com todos os intervenientes da obra e a aceder a todos os projetos realizados a qualquer altura e em qualquer lugar. Isto permite, indubitavelmente, a inspeção e análise da conformidade dos trabalhos em obra, contribuindo para uma mitigação dos erros e, conseqüentemente, para um aumento da margem de lucro.

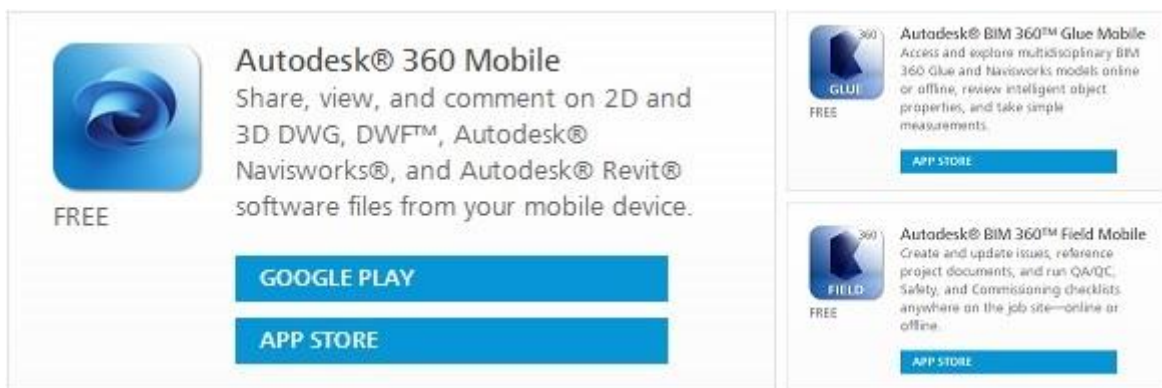


Figura 72 – Aplicações móveis da Autodesk relacionadas com o BIM.



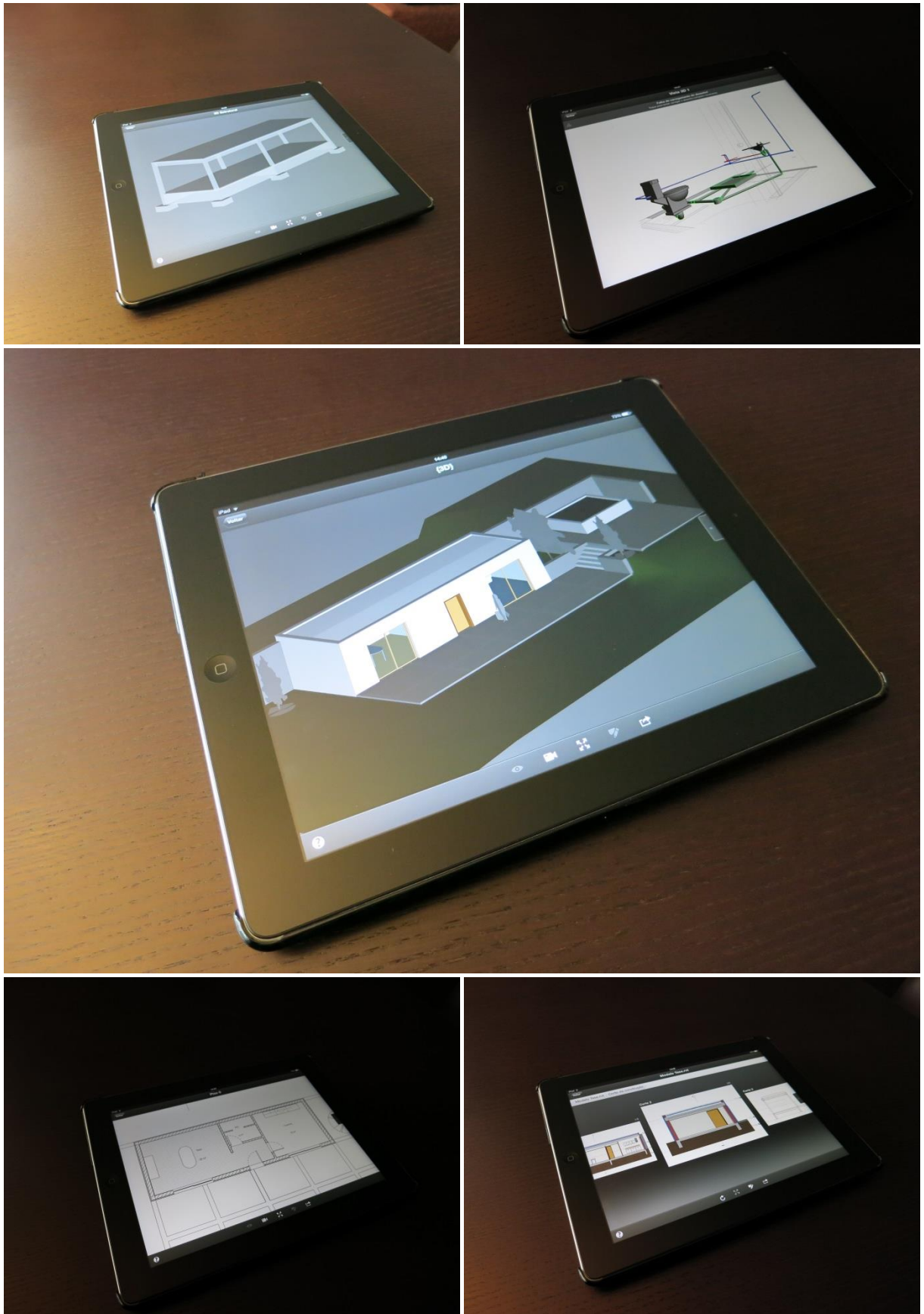


Figura 73 – Caso de estudo em dispositivo móvel, visualização 3D, cortes e plantas.

## 5.5 Interoperacionalidade entre *software* de diferentes fornecedores

Para finalizar o capítulo sobre o caso de estudo, será abordada a interoperacionalidade do mesmo. A definição de interoperacionalidade, descrita ao longo desta dissertação, é a capacidade dos sistemas comunicarem eficientemente entre si, de modo a suavizar o fluxo de trabalho e a facilitar os processos.

Posto isto, ao longo do desenvolvimento do caso de estudo, a interoperacionalidade já foi referida em diversas situações. De facto, ficou explícito o uso da interoperacionalidade quando se realizou a arquitetura, parte da estrutura (comunicação com o Robot Structural), redes prediais e animação temporal das atividades da construção (BIM 4D), tendo como base a mesma fonte de informação. Além disso, aquando da realização das especialidades (capítulo 5.3.2) foram descritos alguns métodos de trabalho em equipa. Porém, importa referir que grande parte da interoperacionalidade associada ao caso de estudo corresponde à interoperacionalidade entre *software* do mesmo fornecedor, neste caso Autodesk.

Assim, esta dissertação não ficaria completa se não se abordasse um pouco a interoperacionalidade entre *software* de diferentes fornecedores e através de normas *standard* de dados (IFC, por exemplo), uma vez que, seguramente, no atual mercado de trabalho são utilizados diferentes *softwares*.

Deste modo, será demonstrada a utilização do formato IFC entre o Autodesk Revit 2013 e o Graphisoft Archicad 17. Será ainda apresentado um exemplo da interoperacionalidade através do recurso a *add-ins* que algumas empresas do setor desenvolvem, de maneira a facilitar a comunicação de informação com os *softwares* com maior presença no mercado. O exemplo do recurso *add-ins* aqui retratado é pertencente ao *software* de animações e imagens renderizadas Lumion 3D.

A Figura 74 representa a capacidade do Revit em exportar no formato IFC, assim como as versões IFC suportadas, donde se destaca a versão IFC 2x3.

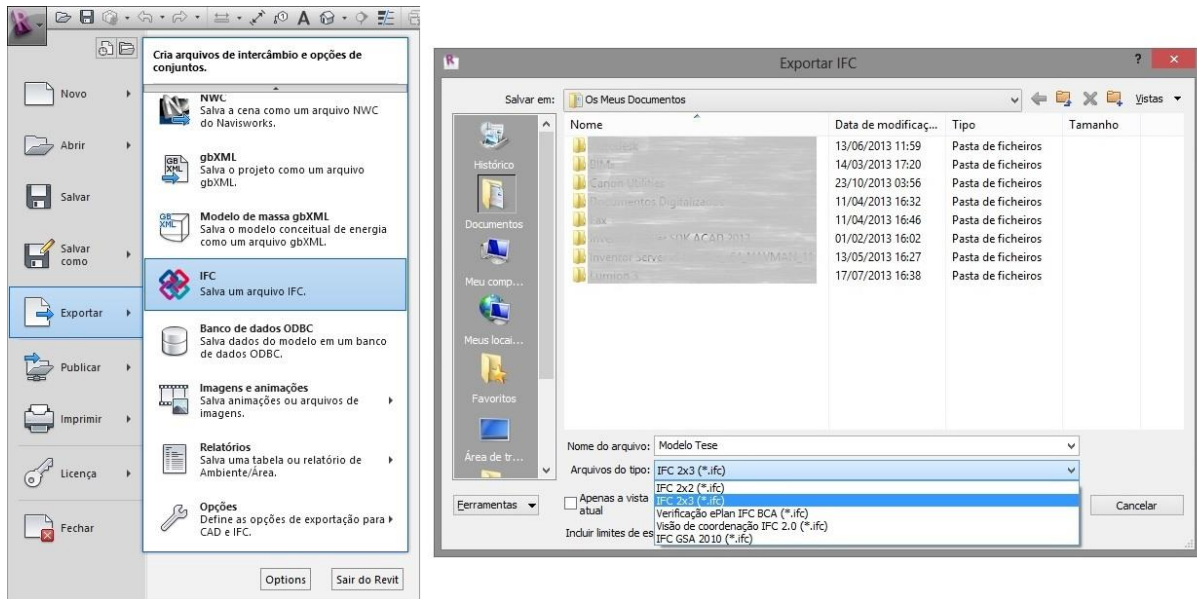


Figura 74 – Opção Exportar IFC (versão IFC 2x3) no Revit.

De seguida, de modo a averiguar a capacidade de envio do projeto em formato *standard* aberto, abriu-se o ficheiro IFC gravado no Revit 2013 no Archicad 17 (versão para sistema operativo Mac OS). O Archicad abriu sem qualquer problema o ficheiro IFC do Revit, como se comprova na Figura 75.

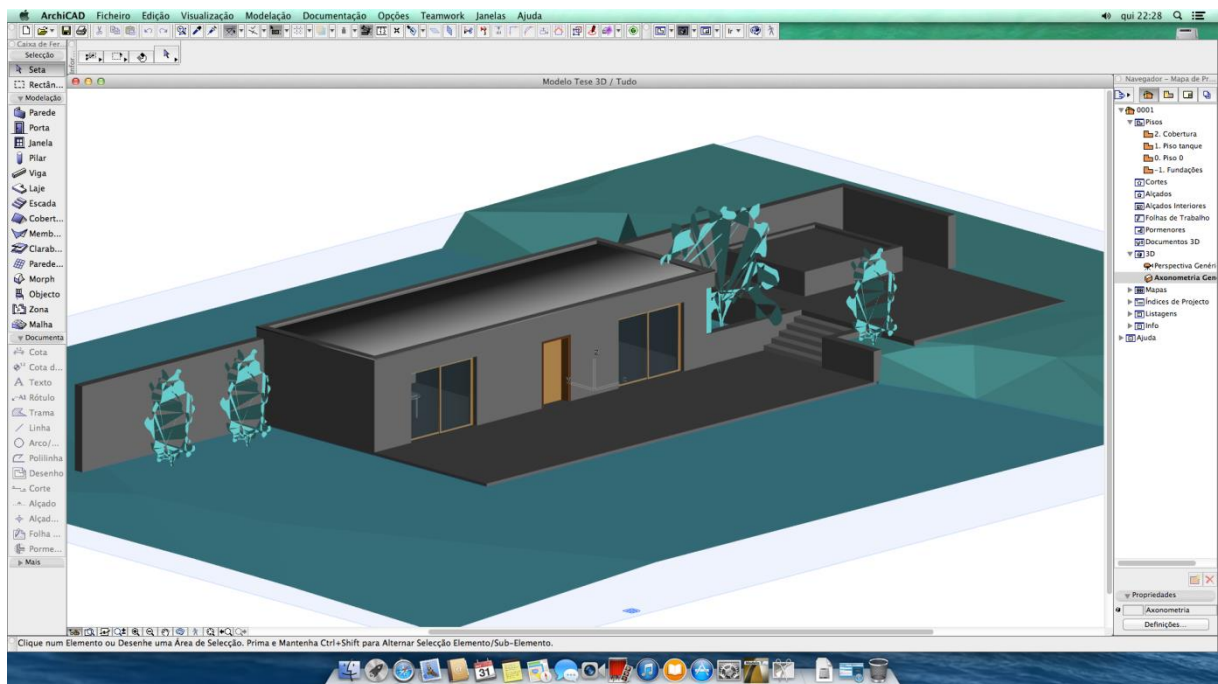


Figura 75 – Caso de estudo no Archicad 17 através do formato IFC.

Foi possível verificar que a informação gráfica não foi perdida, assim como muita da informação associada aos elementos do modelo, como descrição, custo e fabricante. No entanto, dada a complexidade do tema, não foi possível um estudo mais aprofundado.

De salientar que o formato do IFC suportado pelo Archicad 17 é o IFC 2x3, tal como o Revit 2013. Contudo, dentro deste formato, o Archicad possui diversos “tradutores” (tanto para abrir como para guardar em IFC) no sentido de melhorar a comunicação com os sistemas BIM mais cotados no mercado e descritos nesta dissertação, como o Revit e Tekla (Figura 76).

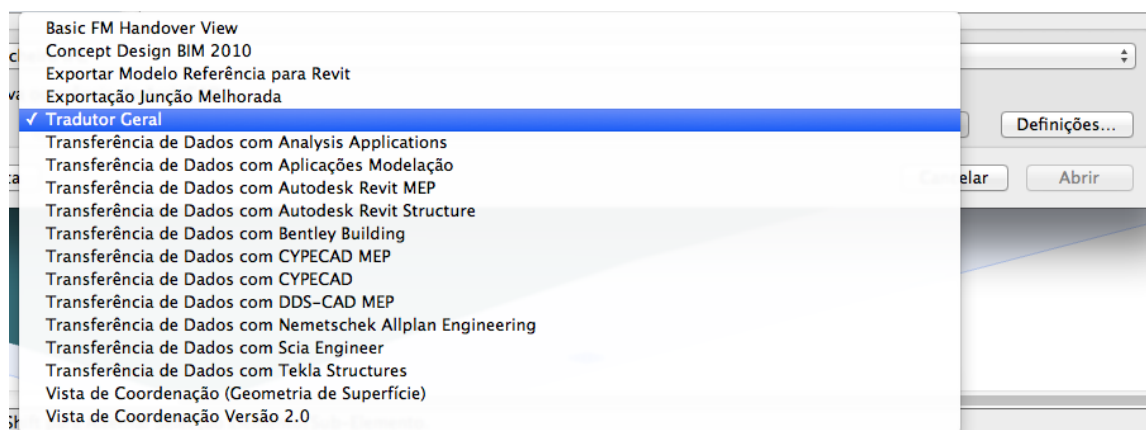


Figura 76 – Tradutores do formato IFC no Archicad.

No capítulo reservado à revisão do estado de arte, a versão do formato IFC referida como mais recente era o IFC 2x4, no entanto, no período da realização desta dissertação, foi lançada uma nova geração do formato – o IFC 4, lançada no dia 12 de Março de 2013 (Figura 77), que será, seguramente, incluída nas próximas versões dos sistemas BIM.

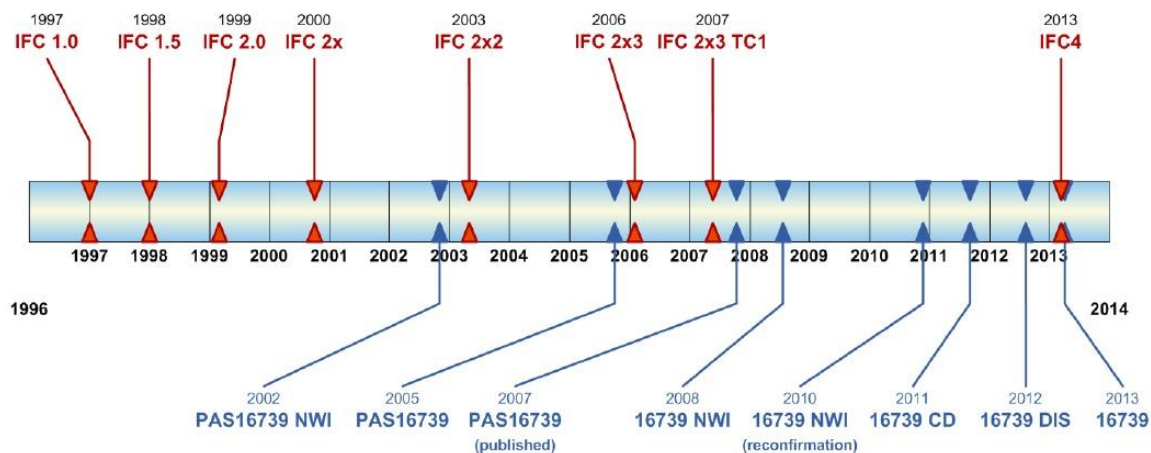


Figura 77 – Versões do formato IFC atualizado (reproduzido de Liebich, 2013).

De entre as novidades do IFC 4, destacam-se as seguintes (Liebich, 2013):

- Aumenta a capacidade da especificação do IFC em serviços da construção e elementos estruturais, com novas características geométricas, paramétricas, entre outras;
- Permite um vasto número de novos fluxos de trabalho – incluindo troca de modelos 4D e 5D, de fabricantes e biblioteca de produtos, assim como de simulações térmicas e avaliações de sustentabilidade;
- Liga todas as definições de propriedades do IFC ao dicionário de dados do buildingSMART;
- Melhora a documentação com a implementação de inúmeros conceitos;
- Contém o esquema ifcXML4, totalmente integrado na especificação IFC;
- Corrige problemas técnicos detetados desde a versão IFC 2x3;
- Possibilita a extensão do IFC à infraestrutura e a outros elementos utilizados na obra.

Para finalizar, testou-se ainda a interoperacionalidade através de *add-ins*. A Figura 78 representa o *add-in* do programa de renderização Lumion 3D para o Revit e a Figura 79 algumas imagens foto-realistas do caso de estudo renderizadas no Lumion 3D. Verificou-se que o recurso a este *add-in* permitiu uma simples e correta transferência de toda a informação necessária, sem qualquer tipo de problema ou entrave, tal como se previa.

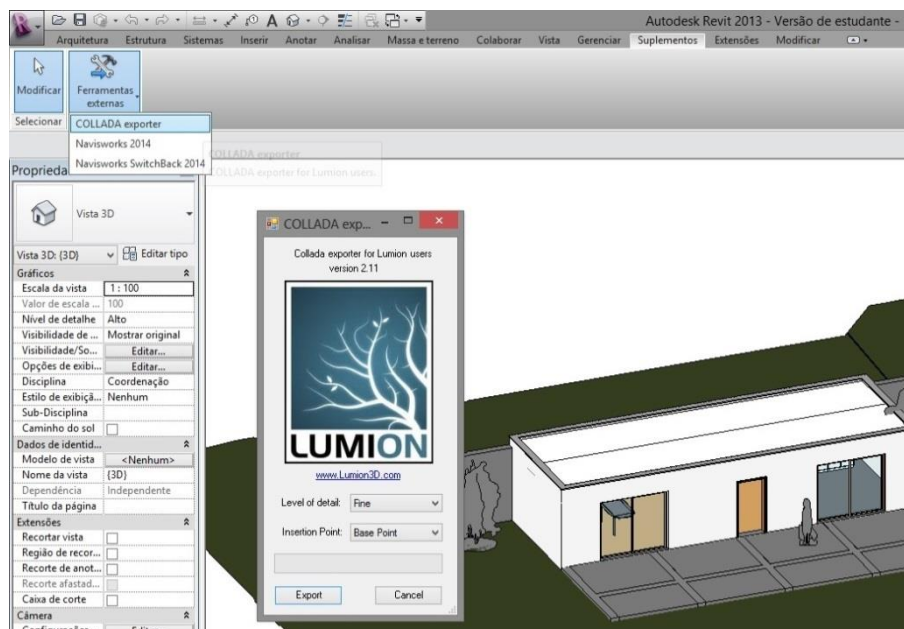


Figura 78 – Interoperacionalidade através de *add-ins* (suplementos).





Figura 79 – Imagens foto-realista do caso de estudo, renderizadas no Lumion 3D.

# 6

## QUESTIONÁRIO

### 6.1 Considerações iniciais

Apesar de não haver, por enquanto, qualquer exigência de âmbito legislativo, é possível utilizar o BIM em qualquer obra, independentemente da dimensão, e usufruir das funcionalidades úteis aos vários intervenientes, desde o dono de obra, aos projetistas, construtores, utilizadores e equipas de manutenção e conservação (CYPEBIM, 2013).

Assim, para dar resposta às questões de investigação relacionadas com o estado atual de implementação e a aplicabilidade dos sistemas BIM tendo em conta a sua divulgação, seguiu-se uma estratégia de inquérito por questionário. Para tal objetivo, o questionário assume-se como a opção mais assertiva, por tornar possível recolher essa informação diretamente dos intervenientes da indústria da construção civil. Deste modo, o presente capítulo visa analisar e discutir os resultados obtidos através, essencialmente, da análise de gráficos.

O questionário inicia-se pela identificação da empresa e profissão do inquirido, seguida por uma questão para determinar se a empresa utiliza, ou não, a tecnologia BIM. Consoante a resposta, foi apresentado um questionário diferente, terminando, em ambos os casos, com uma pergunta comum. No que diz respeito ao tamanho da amostra, apenas se obtiveram 34 respostas válidas, apesar de inquiridas cerca de 200 empresas.

A profissão dos inquiridos corresponde, maioritariamente, a arquitetos e engenheiros, mas também a diretor geral, diretor de sistemas de informação e medidor orçamentista.

## 6.2 Análise e discussão dos resultados

Tal como referido anteriormente, a apresentação e análise dos resultados será realizada recorrendo, essencialmente, à representação gráfica.

O questionário inicia-se com a questão essencial relativamente ao grau de implementação do BIM nas empresas do setor da construção. Pretende-se saber se os inquiridos utilizam, ou não, a tecnologia BIM.

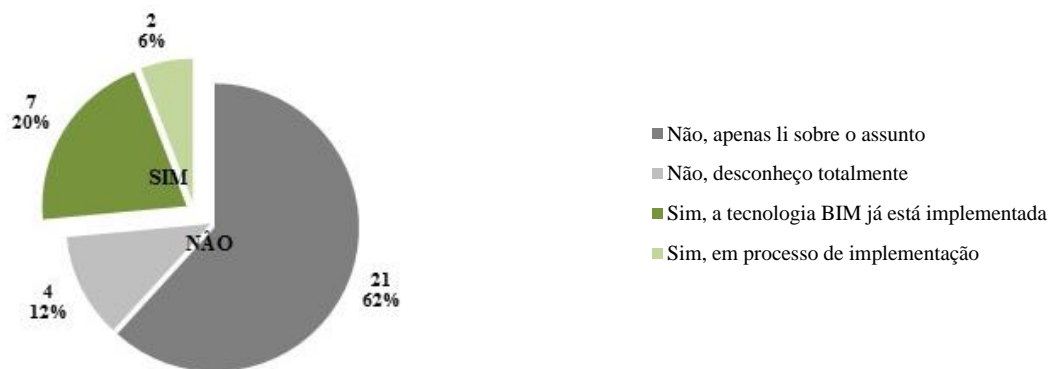


Figura 80 – Resultados obtidos relativamente ao grau de implementação do BIM.

Através da análise do gráfico anterior (Figura 80) é possível verificar que a maioria das empresas inquiridas não utiliza o BIM nos seus projetos. Efetivamente, verifica-se que 74% não utiliza o BIM (21 empresas que apenas conhecem o conceito e a 4 que o desconhecem totalmente) e apenas 26% o utilizam (7 empresas que já implementaram o BIM e a 2 empresas que se encontram em processo de implementação).

Todavia, estas percentagens podem ser enganadoras, pois o índice de utilização do BIM poderá, ainda, ser inferior e não traduzir fielmente o panorama atual da sua implementação. Com efeito, do grupo total de inquiridos (cerca de 200), apenas se obtiveram 34 respostas, sendo possível deduzir que muitos não responderam ao questionário por desinteresse pelo assunto (fruto do não uso do BIM). Por oposição, os inquiridos que já utilizam o BIM tendem a responder ao questionário em maior número, devido a uma maior motivação e agrado pelo tema.



### 6.2.1 Inquiridos que não utilizam o BIM

Relativamente ao questionário direcionado àqueles que não utilizam atualmente o BIM foi colocado uma questão para aferir se estes têm perspectiva de o utilizar.

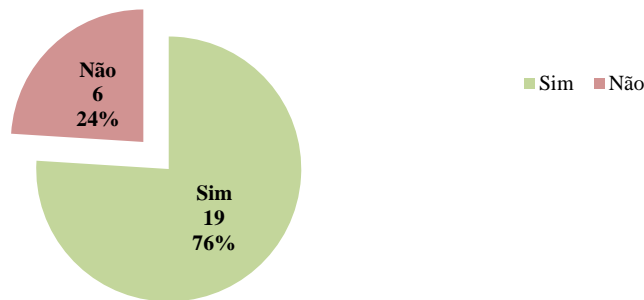


Figura 81 – Resultado acerca das perspectivas de utilização do BIM, por parte dos que ainda não o utilizam.

Verifica-se que 76% dos inquiridos (19 empresas) têm perspectivas de utilizar o BIM e que apenas 24% não o tencionam utilizar (Figura 81). Estes resultados podem traduzir-se numa possível vulgarização favorável do BIM num futuro próximo.

Com o objetivo de determinar as principais razões pelas quais os inquiridos não utilizam o BIM, apresentou-se uma lista de possíveis causas, cabendo-lhes selecionar aquelas que melhor explicam essa não utilização.

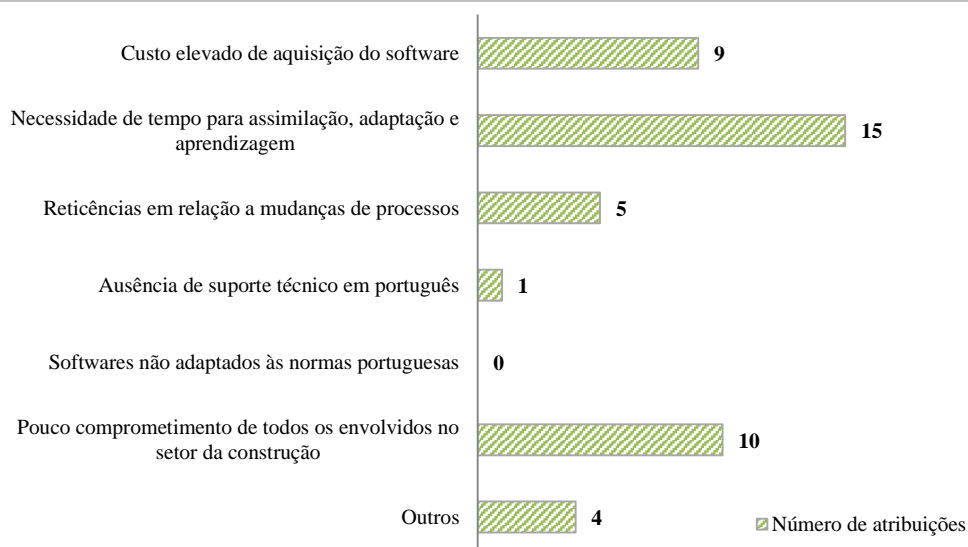


Figura 82 – Número de atribuições, por parte das empresas, face aos principais motivos para não utilizarem a tecnologia BIM.

Através da análise do número de atribuições a cada uma das causas listadas (Figura 82) foi possível concluir que a principal razão pela qual os inquiridos não utilizam o BIM é a necessidade de tempo para assimilação, adaptação e aprendizagem (15 inquiridos seleccionaram esta opção). Outra das razões mais apontadas para a não utilização do BIM é o pouco comprometimento de todos os envolvidos no setor da construção civil, seguido pelo custo elevado de aquisição de *software*.

### 6.2.2 Inquiridos que utilizam ou estão em processo de implementação do BIM

No que diz respeito às questões destinadas aos que já utilizam ou estão em processo de implementação do BIM nas suas empresas, importa salientar que o tamanho da amostra foi apenas de nove inquiridos (Figura 80). Assim, a análise destes dados é, inevitavelmente, mais subjetiva e pode não traduzir fielmente a realidade.

Posto isto, foi direccionada uma questão relativamente ao sistema de informação BIM utilizado, no sentido de perceber qual o *software* mais comum em Portugal.

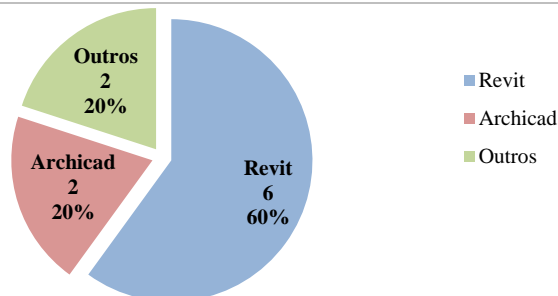


Figura 83 – Sistemas BIM utilizados pelas empresas que já os implementaram ou estão em vias de implementar.

Através da análise do gráfico (Figura 83) verifica-se que o *software* mais utilizado por parte das empresas que utilizam o BIM é o Autodesk Revit (60%), seguido pelo Graphisoft Archicad, numa percentagem muito inferior (20%). Os restantes *softwares* utilizados correspondem ao Tekla Structures, Tricalc e ao CypeBIM. Estes resultados vão de encontro ao esperado, uma vez que a maioria destes *softwares* foi descrita nesta dissertação. Por outro lado, uma das razões por se ter utilizado o Revit no caso de estudo foi a sua forte divulgação em Portugal. O facto do Revit ser da mesma empresa do popular Autocad e Robot Structures pode ter contribuído para esta realidade.

De seguida, apresentou-se uma questão (de resposta aberta) destinada aos trabalhos e às fases de projeto em que se utilizaram os sistemas BIM. Obtiveram-se respostas que traduzem uma forte utilização do BIM, tal como ilustram os seguintes excertos: “*Utilizou-se o BIM em escolas até projeto de execução - Hotéis, estádios, piscinas, fase de licenciamento*”, afirma um dos inquiridos; “*Projeto Teatro Jordão em Guimarães - Compatibilização de redes AVAC 3D com modelo 3D da arquitetura. Projeto Palácio do Raio em Braga - exportação do modelo 3D de arquitetura para auxiliar projeto de engenharia civil*” refere outro inquirido, ficando claro a utilização do BIM para compatibilização das diversas especialidades envolvidas; e ainda o uso do BIM para trabalhos internacionais, destaca o terceiro inquirido: “*Edifício na Guiné – anteprojecto; Moradia em França - projeto de execução; Edifício na Arábia Saudita - projeto de execução (Tekla - output dos desenhos de estrutura metálica).*”.

Posteriormente, foram colocadas questões no sentido de traçar um retrato em relação às funcionalidades do BIM mais valorizadas e às possíveis vantagens e impedimentos da sua implementação. Para o efeito, os respondentes foram confrontados com três afirmações, no sentido de atribuírem o seu grau de concordância em relação às mesmas.

Para a apresentação dos resultados, foi realizada a média da importância atribuída (escala de 1 a 5) pelos diversos inquiridos e foram traduzidos nos gráficos de barra que se seguem:

#### 1- Importância atribuída às funcionalidades do BIM:

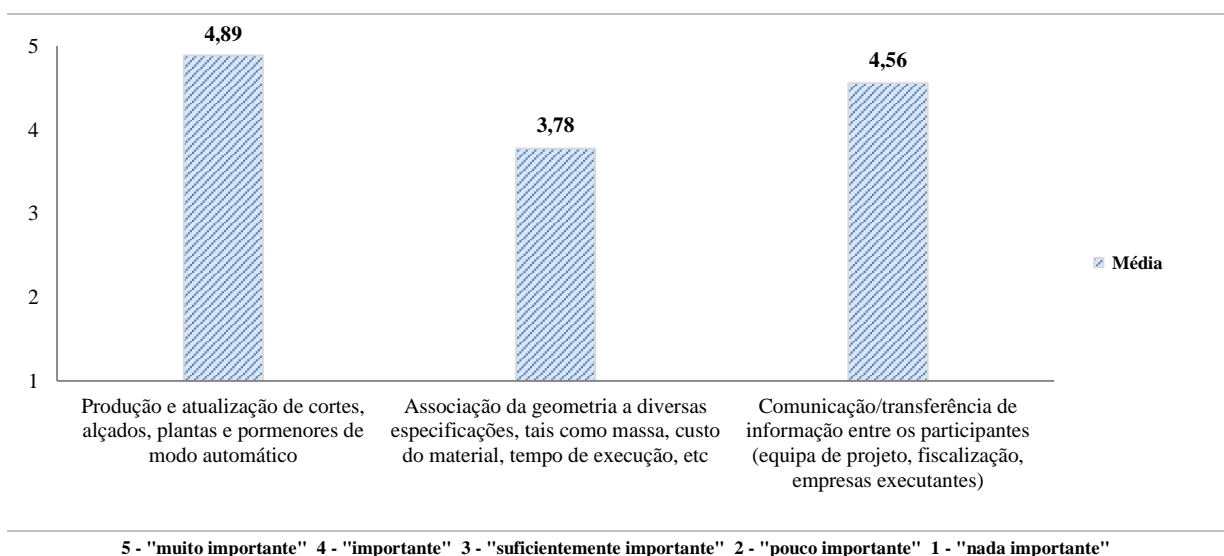


Figura 84 – Média da importância atribuída às diferentes funcionalidades do BIM enunciadas.

Conclui-se que a funcionalidade do BIM mais valorizada por parte dos inquiridos (Figura 84) corresponde à produção e atualização de cortes, alçados, plantas e pormenores de modo automático (média de atribuição de 4,89, o que se traduz em “muito importante”). A segunda característica mais valorizada é a comunicação/transferência de informação entre os participantes (equipa de projeto, fiscalização, empresas executantes), ou seja, à interoperacionalidade dos sistemas BIM. Por fim, a funcionalidade menos valorizada corresponde à associação da geometria a diversas especificações, tais como massa, custo do material e tempo de execução, apesar de esta funcionalidade ser a mais importante para as empresas construtoras.

Assim, através destes resultados, pode-se concluir que o BIM é atualmente mais utilizado por parte das equipas projetistas (por ter sido atribuída maior importância às funcionalidades mais destinadas a estas) e ainda pouco utilizado por parte das empresas construtoras, que necessitam de combinar os diversos projetos em BIM e associar as diversas especificações, como custo, tempo de execução, entre outras, de modo a usufruir das capacidades plenas deste tipo de sistemas de informação.

## 2- Principais vantagens em implementar o BIM:

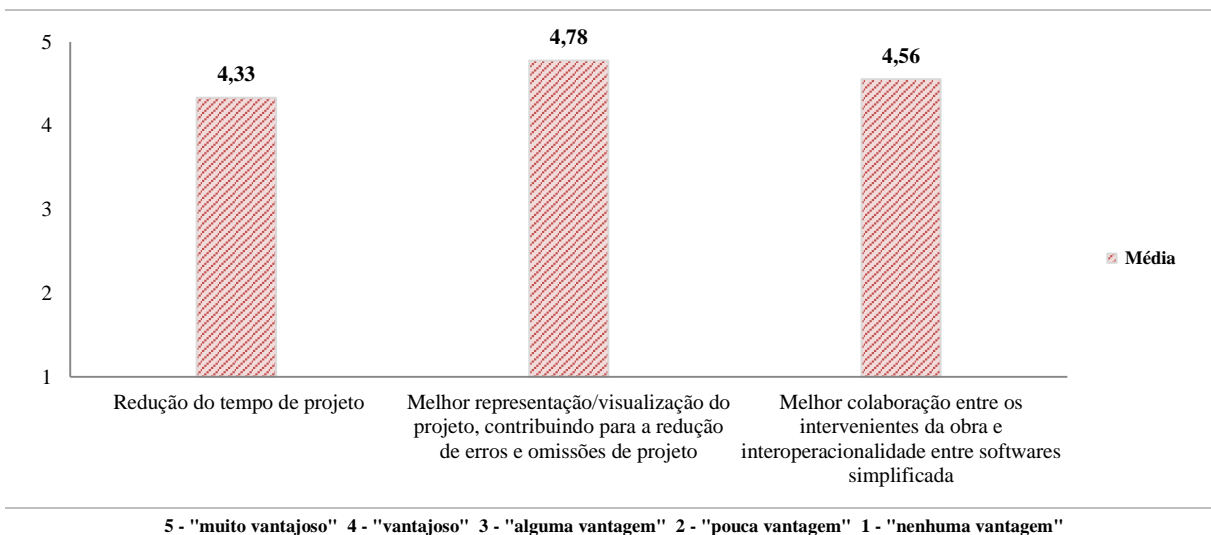


Figura 85 – Média da importância atribuída às diferentes vantagens enunciatas.

Relativamente às principais vantagens em implementar o BIM, apresentadas na Figura 85, foi atribuída uma valorização alta para todos os parâmetros listados, correspondente a uma valorização entre vantajoso e muito vantajoso. Contudo, a mais valorizada corresponde à

melhor representação/visualização do projeto, contribuindo para a redução de erros e omissões de projeto. Por oposição, a menos valorizada corresponde à redução do tempo de projeto, talvez pelo facto de ainda não ser comum utilizar o BIM em fases mais avançadas de integração de especialidades e intervenientes, onde os ganhos de tempo, no cômputo geral, são maximizados. Estes resultados vão, de certo modo, ao encontro das conclusões obtidas no ponto 1.

### 3- Principais impedimentos da implementação do BIM:

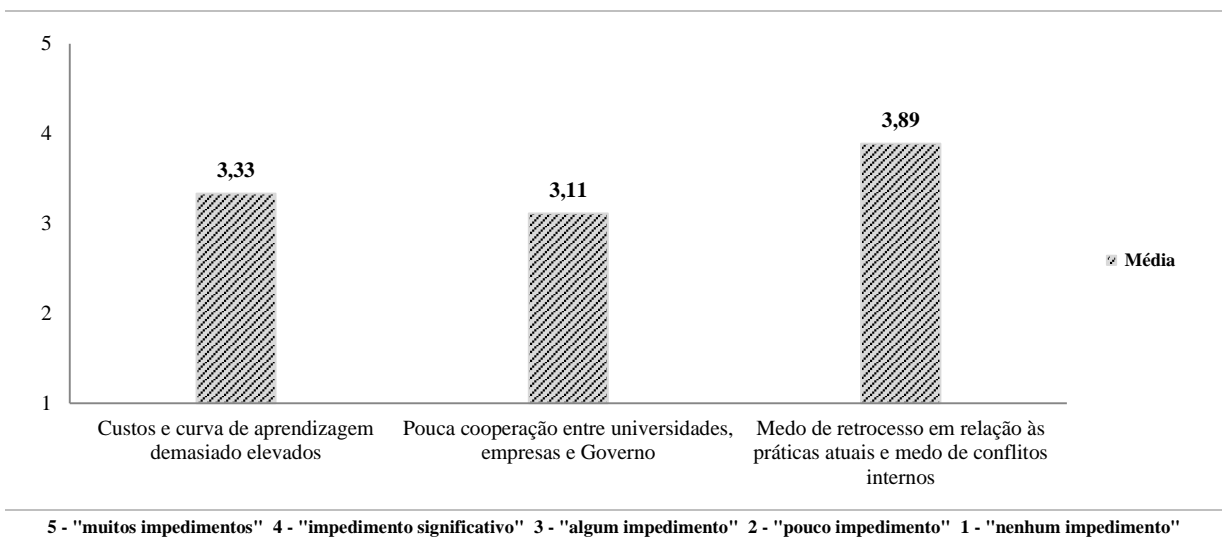


Figura 86 – Média da importância atribuída aos diferentes impedimentos enunciados.

De acordo com a Figura 86, observa-se que, na opinião dos respondentes, os impedimentos apresentados não são um entrave significativo à implementação do BIM, dado que a média atribuída foi inferior a “4”. No que diz respeito aos principais impedimentos da implementação do BIM, o mais valorizado por parte dos inquiridos que utilizam o BIM foi o medo de retrocesso em relação às práticas atuais e o medo de conflitos internos (correspondente a uma média de atribuição de 3,89 traduzido em impedimento significativo).

Este resultado era, de certa forma, previsível uma vez que com o BIM assiste-se a uma mudança do paradigma da construção - a mudança de CAD com linhas e objetos representativos, para processos e tecnologias com entidades construtivas inteligentes, permitindo modelos de simulação desde o primeiro estudo e automatização da produção de toda a documentação de projeto, o que obriga a grandes mudanças, relativamente às práticas atuais, estando, deste modo, associadas reticências e receios de implementação.

### 6.2.3 Questão comum aos inquiridos

Para terminar o questionário foi colocada uma questão de resposta aberta, comum aos inquiridos, que corresponde à percepção destes relativamente ao uso e vulgarização do BIM em Portugal e se têm conhecimento de empresas que o utilizem recorrentemente nas suas obras. Os resultados estão representados num gráfico de barras, onde as respostas dos inquiridos foram transpostas em “Sim” e “Não” (Figura 87).

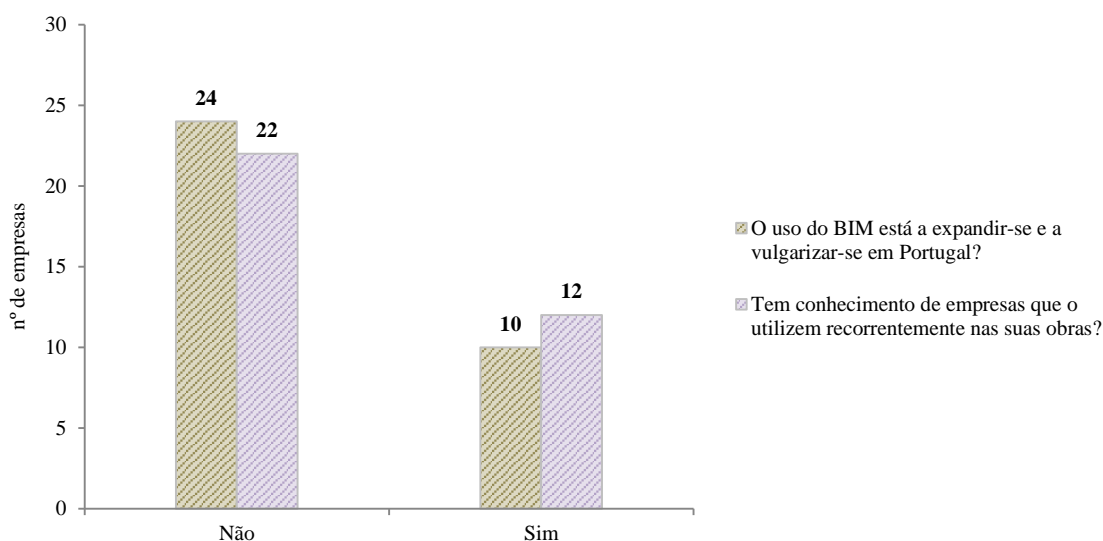


Figura 87 – Número de empresas que responderam afirmativamente ou negativamente às questões relativas à vulgarização do BIM.

Através da análise da Figura 87 é possível constatar que a maioria dos inquiridos (24 empresas) considera que o uso do BIM não se está a expandir e vulgarizar em Portugal (vs 10 empresas que consideram que está a expandir-se). Apenas 12 dos 34 inquiridos, têm conhecimento de empresas que utilizam recorrentemente o BIM nas suas obras.

Dado que era uma questão de resposta aberta, obtiveram-se algumas respostas muito interessantes, das quais se destacaram dois inquiridos, pela visão holística, quer da indústria da construção quer do conceito idealizado do BIM, que se transcrevem de seguida:

*“A utilização do BIM, para poder ser eficaz, carece de envolvimento por parte de todos os actores no acto de construir. Um Projecto é uma actividade de um conjunto alargado de especialistas e se um ou dois não estiverem aptos a utilizá-lo, todo o processo se revela*

*inglório. Em Portugal há já alguns exemplos de utilização, principalmente em trabalhos que têm a sua cadeia de valor própria mas que raramente se integram na cadeia mais geral de uma forma integrada (exemplo: a realização de um projecto de Arquitectura ou de Estruturas)... Trata-se, pois de um acto de pioneirismo. Na minha opinião, a efectiva implementação do BIM terá que passar pela "venda" da ideia aos Donos de Obra (Promotores Imobiliários, Estado), os únicos que têm a chave de acesso a todo o processo de construção e, talvez mais importante ainda, de exploração.” (afirma o inquirido 1).*

*“Sim, o BIM está a expandir-se mas há um enorme entrave colocado pelos técnicos projetistas na mudança. Estão demasiadamente acomodados ao simples CAD 2D, talvez porque os técnicos decisores não utilizem o BIM ou não queiram perder o tempo de atualização de conhecimentos. Há uma barreira para implementar um sistema que obriga a estudar e a planificar a obra desde o primeiro elemento que se desenha. Há também o problema de cada especialidade se fechar demasiado em si mesma e não queira inputs externos no seu modelo. É, quanto a mim, uma questão de tempo, uma vez que a revolução da introdução do CAD nos anos 80/90 teve exatamente os mesmos problemas.” (afirma o inquirido 2).*

Com efeito, estas transcrições traduzem fielmente uma das conclusões deste trabalho – apesar de atualmente se observar (e desejar) a implementação do BIM por parte de algumas empresas projetistas, a integração destas na cadeia mais geral raramente é verificada, pelo que se torna praticamente impossível, nesta fase de implementação, exponenciar as potencialidades associadas ao tão publicitado conceito de integração total do BIM.





# 7

## CONCLUSÕES

O objetivo de estudar as potencialidades dos sistemas BIM, assim como de perceber a eficácia dos mesmos na comunicação e na gestão da informação entre todos os intervenientes foi, de um modo geral, alcançado. Com efeito, quer através da explanação teórica, quer recorrendo ao caso de estudo, concluiu-se que os sistemas BIM possuem inúmeras funcionalidades que podem, inegavelmente, contribuir para uma maior eficácia e produtividade da indústria da construção civil.

Através da pesquisa dos sistemas BIM disponíveis no mercado, verificou-se que existe uma oferta muito grande por parte das empresas dedicadas ao desenvolvimento de *software* para o setor da construção e que, cada vez mais, oferecem funcionalidades poderosas e abrangentes às diversas fases do desenvolvimento de um projeto. Das funcionalidades de gestão estudadas destacam-se as normais tarefas de medição, orçamentação, calendarização, planeamento, identificação de erros e omissões, com significativas melhorias em termos de eficiência e produtividade, pela simplicidade e automatização que os sistemas BIM possibilitam.

Relativamente à utilização dos BIM nas empresas do setor da construção, sugere-se que a sua implementação seja gradual e ponderada, ou seja, que se estabeleçam patamares e objetivos realistas a alcançar. Constatou-se que existe uma ideia irrealista associada ao conceito BIM, que corresponde à ideia de um único ficheiro onde todos trabalham simultaneamente, utilizando os mesmos dados e o mesmo programa desde a fase de conceção até à fase de demolição. Na prática, este conceito não se ajusta à realidade da indústria da construção, onde se utilizam diferentes *softwares*, pelo que este conceito não é viável, pelo menos num futuro próximo.

Deste modo, verificou-se que é atribuída grande importância à interoperacionalidade, ou seja, à capacidade dos sistemas comunicarem eficientemente entre si. Ficou demonstrado, através

do caso de estudo, que os fluxos de trabalho e processos são, de facto, facilitados. Veja-se, por exemplo, a capacidade de realizar as diversas especialidades tendo como base a mesma informação, a capacidade de exportar diretamente a estrutura para programas de cálculo estrutural, a capacidade de associar ao modelo planeamentos e calendarização da obra provenientes de *softwares* específicos para o efeito (Microsoft Project ou Primavera) e a capacidade de comunicar com o Microsoft Excel para estimativas de custo. Indubitavelmente, todas estas potencialidades listadas não seriam possíveis recorrendo aos tradicionais sistemas CAD. Por outro lado, constatou-se que os BIM possibilitam guardar todas as vistas, como alçados, plantas e cortes em todos os formatos que os *softwares* CAD utilizam e que são recorrentemente utilizado no setor da construção, como o dwg dxf, dwf, pdf. Assim, este aspeto nunca será um impedimento para a implementação do BIM nas empresas nacionais. Por sua vez, no que diz respeito à interoperacionalidade, utilizando a norma de dados *standard* e aberta IFC, conclui-se que existe um compromisso, por parte dos envolvidos no desenvolvimento dos BIM, em uniformizar e organizar a informação de modo a ser possível comunicar os modelos entre *softwares* de diferentes fornecedores. Verificou-se que os fornecedores de sistemas BIM acompanham o evoluir do formato IFC, incluindo-o nos seus produtos e, em alguns casos como o Archicad, adaptando-o no sentido de otimizar a comunicação com os demais sistemas BIM.

Contudo, verificou-se, através do caso de estudo, que existe uma liberdade enorme na modelação em BIM, o que faz com que seja muito importante definir normas no sentido de uniformizar e definir requisitos para as diversas fases do projeto. Esta liberdade e não existência de normas fazem com que empresas construtoras pioneiras na utilização do BIM em Portugal realizem de base os seus próprios modelos BIM através das peças desenhadas e escritas provenientes das equipas de projeto, mesmo que recebam, por exemplo, o projeto de arquitetura em BIM. Isto deve-se ao facto de ser necessário seguir um padrão na modelação, como por exemplo identificar coerentemente todos os elementos do modelo, de modo a ser possível usufruir das capacidades plenas do BIM, como o de obter listagens de materiais corretas, com associações automáticas ao custo e tempo de execução. Assim, e mais uma vez, recomenda-se que as empresas de conceção de projeto comecem a utilizar o BIM como ferramenta principal no seu gabinete, de modo a usufruir das funcionalidades básicas do mesmo como a produção e atualização automática de cortes, alçados, plantas e pormenores, e de uma melhor representação/visualização do projeto, que contribui para uma redução significativa de erros e omissões de projeto, entre outras. Só a partir daí será possível começar

a pensar na integração total de todos os intervenientes necessários à realização de um edifício e, por conseguinte, exponenciar todas as potencialidades do BIM. Estas conclusões são, também, corroboradas pela análise aos resultados do inquérito por questionário realizado.

Importa ainda referir que o sistema BIM analisado no caso de estudo (Revit 2013) é bastante intuitivo e tem uma interface simples e amigável, pelo que se conclui que a curva de aprendizagem não é assim tão elevada como se tende a defender. De facto, quando comparado ao tradicional sistema CAD, a dificuldade de aprendizagem do BIM é em todo semelhante. Porém, há que ter em atenção que o BIM ao possibilitar modelar com níveis de detalhe muito elevados (atingindo, se necessário, níveis *as built* da construção real) também exige o dispêndio de muito tempo, revelando-se, em alguns casos, um processo trabalhoso e moroso, como se comprovou na modelação das armaduras e redes de abastecimento de água. Por isso, se a implementação do BIM continuar a crescer acentuadamente, em virtude da obrigatoriedade da sua utilização em diversos países estrangeiros, talvez se possa antever o surgimento de uma nova profissão no seio das empresas de construção – o modelador BIM.

No que diz respeito ao inquérito por questionário efetuado, verificou-se que a maioria das empresas portuguesas não utiliza o BIM nos seus projetos, mas tenciona adotá-lo futuramente. As principais razões atribuídas são a necessidade de tempo para assimilação, adaptação e aprendizagem e o pouco comprometimento de todos os envolvidos no setor da construção civil. No caso das empresas que já utilizam os sistemas de informação BIM, constatou-se que o *software* Autodesk Revit é o mais utilizado. Concluiu-se, ainda, que a funcionalidade do BIM mais valorizada é a produção e atualização de cortes, alçados, plantas e pormenores de modo automático. Todos os utilizadores reconhecem a importância e mais-valia dos sistemas BIM, atribuindo às vantagens sugeridas uma classificação de “muito vantajoso”. No entanto, existem entraves na sua implementação, tais como o medo de retrocesso em relação às práticas atuais e o receio de conflitos internos, mas, na opinião dos inquiridos, não são em geral significativos (valorização inferior a 4). Por fim, todas as empresas que responderam ao questionário consideraram que o uso do BIM não está a expandir-se e a vulgarizar-se em Portugal e apenas algumas empresas têm conhecimento de outras que o utilizam recorrentemente.

Face ao exposto, há que sublinhar que este trabalho se inseriu numa perspetiva holística da construção civil, dado que o BIM engloba diversas especialidades (arquitetura, engenharia...)

e acompanha todas as fases do ciclo de vida de um edifício, ao permitir explorar e estudar alternativas desde a fase concetual de um empreendimento até à sua demolição. Assim, há a referir o facto de não ter sido possível abranger todas as funcionalidades e singularidades dos sistemas BIM, pelo que se deixam algumas recomendações/sugestões para desenvolvimentos futuros:

- Avaliar, de modo aprofundado, as singularidades do setor da construção que atrasam a difusão dos BIM, apontando soluções práticas e sugerindo normas, transversais aos sistemas BIM, que favoreçam a sua implementação e tornem possível integrar mais eficazmente os diversos intervenientes de uma obra;
- Analisar a influência das instituições de ensino e do Estado na possível adoção generalizada deste tipo de sistemas. Perceber como o Estado pode, através da legislação, privilegiar a sua adoção, em especial nas obras públicas;
- Estender o estudo das funcionalidades do BIM à integração de manutenção (6D), à reciclagem (7D) e a outras funcionalidades de análise térmica e sustentabilidade;
- Aprofundar o estudo do formato IFC na sua componente prática, tendo em consideração a importância do mesmo como possível formato padrão.

## 7

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIA. (2008). *Document E202 - Building Information Modeling Protocol Exhibit*.
- Allset. (2012). *Allset Projetos Elétricos*. Obtido em 21 de 03 de 2013, de [http://allsetprojetos.com.br/images/clients/port\\_13.jpg](http://allsetprojetos.com.br/images/clients/port_13.jpg)
- Andrade, M. L., & Ruschel, R. C. (2009). BIM: Conceitos, Cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. *SBQP - Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído*, 602-613.
- Archicad, G. (2012). *Manual de Colaboração Graphisoft*. Graphisoft.
- Autodesk. (2013a). *Revit para concepção e construção de edifícios*. Obtido em 03 de Junho de 2013, de <http://www.autodesk.pt/products/autodesk-revit-family/features>
- Autodesk. (2013b). Obtido em 29 de Junho de 2013, de Worksharing: Compartilhamento de Trabalho no Revit: <http://communities.autodesk.com/brazil/blog/worksharing-compartilhamento-de-trabalho-no-revit>
- Azevedo, J. O. (2009). *Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direcção Técnica de Obras*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.
- Bentley. (2013). *Bentley Products*. Obtido em 5 de Junho de 2013, de Bentley: <http://www.bentley.com/en-US/Products/>
- Carvalho, J. Á. (1996). *Desenvolvimento de Sistemas de Informação: Da Construção de Sistemas Informáticos À Reengenharia Organizacional*. Relatório de Disciplina contendo o Programa, Conteúdo e Métodos de Ensino, Universidade do Minho, Departamento de Sistemas de Informação- Escola de Engenharia.
- Couto, J. P. (2010/2011a). *Técnicas de Medição e Orçamentação de Obras*. Apontamentos Pedagógicos de Organização e Gestão da Construção I, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil.
- Couto, J. P. (2010/2011b). *Organização de Estaleiros e Planeamento Geral de Obras*. Apontamentos Pedagógicos de Organização e Gestão da Construção II, Universidade do Minho, Departamento Civil.

- CYPEBIM. (2013). *top informática*. Obtido em 18 de 10 de 2013, de <http://www.topinformatica.pt/index.php?cat=3&item=58951>
- Depoli, J. (2011). *A Representação Gráfica em Arquitetura*. Obtido em 2 de Março de 2013, de [http://www.studioarqbox.com/download/artigos/studioarqbox\\_app\\_a\\_representacao\\_grafica\\_em\\_arquitetura.pdf](http://www.studioarqbox.com/download/artigos/studioarqbox_app_a_representacao_grafica_em_arquitetura.pdf)
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey.
- Ferraz, M., & Morais, R. (24-26 de Outubro de 2012). O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão . *BE2012 - Encontro Nacional Betão Estrutural*.
- Ferreira, B. F. (2011). *Aplicação de Conceitos BIM à Instrumentação de Estruturas*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Ferreira, B., Lima, J., Rio, J., & Martins, J. P. (24-26 de Outubro de 2012). Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão. *BE2012 - Encontro Nacional Betão Estrutural*.
- FMU, T. (2013). *Processos, Pessoas e Tecnologia / Empresas tradicionais, virtuais e digitais*. Obtido em 16 de Abril de 2013, de FMU Total - Sistemas de Informação: <http://fmutotal123.wordpress.com/2013/04/13/processos-pessoas-e-tecnologia/>
- Fontes, H., Azenha, M., & Vaz, R. S. (10-12 de Novembro de 2010). Potencialidades de aplicação de ferramentas "Building Information" no apoio à transmissão de conhecimento relativo a estruturas de betão armado. *BE2010 - Encontro Nacional Betão Estrutural*.
- Gil, A. C. (2011). *Modelos Digitais – Geometria Associativa: particularidade da musealização de monumentos em extensão*. Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Insitudo Superior Técnico.
- Grafik, S. (2012). *Autodesk Navisworks*. Obtido em 12 de 07 de 2013, de [http://www.sayisalgrafik.com.tr/Urunler/yapi-tasarimi/autodesk-navisworks/autodesk-navisworks-nedir-/ozellikler/2012-ozellikleri\\_802.aspx](http://www.sayisalgrafik.com.tr/Urunler/yapi-tasarimi/autodesk-navisworks/autodesk-navisworks-nedir-/ozellikler/2012-ozellikleri_802.aspx)
- Groetelaars, N. J., & Amorim, A. L. (2011). Tecnologia 3D Laser Scanning: características, processos e ferramentas para manipulação de nuvens de pontos. *XV Congresso Sigradi*.

- Guarnier, C. R. (2009). *Metodologias de Detalhamento de Estruturas Metálicas*. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Ouro Preto.
- Hamil, S. (2012). *Building Information Modelling and Interoperability*. Obtido em 29 de Abril de 2013, de ThinkBIM Blog: <http://ckegroup.org/thinkbimblog/?p=39>
- Harris, J. (2010). *Integration of BIM and Business Strategy*. Masters of Project Management Program, Northwestern University, Evanston.
- Henriques, A. F. (2012). *Integração do ProNIC em ambiente BIM - Um modelo para o trabalho em ambiente colaborativo*. Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Insitudo Superior Técnico.
- Innovaya. (2013). Obtido em 5 de Junho de 2013, de Innovaya - Helping Build your Vision: <http://www.innovaya.com/>
- Jiang, X. (2011). *Developments in Cost Estimating and Scheduling in BIM technology*. Master's degree thesis, Northeastern University, Department of Civil and Environmental Engineering, Boston, Massachusetts.
- Khemlani, L. (2004). *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. Obtido em 17 de Maio de 2013, de AECbytes: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html>
- Kiviniemi, M., Sulankivi, K., Kähkönen, K., Mäkelä, T., & Merivirta, M.-L. (2011). BIM-based Safety Management and Communication for Building Construction. *Espoo 2011. VTT Tiedotteita*.
- Kumar, S. (2008). *Interoperability Between Building Information Models (BIM) and Energy Analysis Programs*. Master's degree thesis, University of Southern California, Faculty of the School of Architecture.
- Kymmell, W. (2008). *Building Information Modeling - Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations*. McGraw\_Hill Construction.
- Liebich, T. (2013). IFC4 – the new buildingSMART Standard. *buildingSMART*.
- Lino, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (24-26 de Outubro de 2012). Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. *BE2012 - Encontro Nacional Betão Estrutural*.
- Lucena, S. (2013). *Tecnologia BIM*. Obtido em 18 de 06 de 2013, de Novidades Revit Architecture 2014: <http://www.tecnologiabim.com.br/?p=148>
- Marcos, M. H. (2009). *Análise da Emissão de CO2 na fase Pré-Operacional da Construção de Habitações de Interesse Social Através da Utilização de uma Ferramenta CAD-BIM*. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- Martins, J. P. (2013). Development of 3D interfaces for mobile BIM applications. *1st BIM International Conference*.
- May, B. (2011). *Structural Revit Ninja*. Obtido em 11 de 05 de 2013, de Navisworks 2012: <http://revitninja.blogspot.pt/2011/04/navisworks-2012.html>
- Meireles, A. R. (28 de Novembro de 2012b). O BIM na Mota-Engil Engenharia. *Workshop BIM Nacional*.
- Meireles, A. R. (28 de Junho de 2013a). O BIM será uma realidade internacional em 2015/16. *Construir - O jornal de negócios da indústria da Construção*, 10, 11.
- Micrográfico. (2007). Soluções Autodesk para arquitetura e engenharia. *Micrográfico online*.
- Monteiro, A., & Martins, J. P. (27 e 28 de Outubro de 2011). Linha de Balanço - Uma Nova Abordagem ao Planeamento e Controlo das Actividades da Construção. *GESCON*.
- Motzko, C., Binder, F., Bergmann, M., Zielinski, B., Zabielski, M., & Gajewski, R. (2011). *Computer Methods in Construction*. Darmstadt, Warsaw: Construction Managers' Library.
- ODE. (2012). *Seminário sobre Sistemas de Informação para a Construção*. Obtido em 15 de Maio de 2013, de Ordem dos Engenheiros: <http://www.ordemengenheiros.pt/pt/agenda/seminario-sobre-sistemas-de-informacao-para-a-construcao/>
- Picotês, A. J. (2010). *Aplicação de Modelos de Informação para a Construção a Empreendimentos de Pequena Dimensão*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Pissarra, N. M. (2010). *Utilização de Plataformas Colaborativas para o Desenvolvimento de Empreendimentos de Engenharia Civil*. Tese de Mestrado, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Poças Martins, J. P. (2009). *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Ribeiro, D. C. (2012). *Avaliação da Aplicabilidade do IPD em Portugal*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Ribeiro, J. T. (2013). *Modelagem de Informações de Edificações Aplicada no Processo de Projeto de Aeroportos*. Tese de Mestrado, PPG-FAU Universidade de Brasília, Brasília.
- Rocha, J. G. (2010). *Utilização do BIM na Reabilitação de Edifícios*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.



- 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*. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. John Wiley & Sons.
- Steel, J., & Drogemuller, R. (14 de Abril de 2009). Model Interoperability in Building Information Modelling. *Knowledge Industry Survival Strategy Initiative*.
- Steel, J., Drogemuller, R., & Toth, B. (1 de November de 2009). Model Interoperability in Building Information Modelling. *Software and Systems Modeling manuscript*.
- Synchro. (2013). *The New Dimension in Construction Project Management*. Obtido em 5 de Junho de 2013, de Synchro: <http://synchro ltd.com/product/>
- Taborda, P. J. (2012). *O BIM como plataforma para concursos públicos: contribuição para uma metodologia de implementação*. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- TEECOM. (2012). *Integrated Technology Package: The Battle Between AutoCAD and Revit*. Obtido em 22 de 03 de 2013, de <http://info.teecom.com/posts/bid/191538/Integrated-Technology-Package-The-Battle-Between-AutoCAD-and-Revit>
- VICO. (2013). *VICO Software*. Obtido em 17 de 06 de 2013, de <http://www.vicosoftware.com/>
- Weygant, R. S. (2011). *BIM Content Development - Standards, Strategies, and Best Practices*. John Wiley & Sons.
- Wikipédia. (2013). *Computação em nuvem*. Obtido em 29 de Setembro de 2013, de [http://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o\\_em\\_nuvem](http://pt.wikipedia.org/wiki/Computa%C3%A7%C3%A3o_em_nuvem)
- WIQI. (2011). *Wiki da Construção*. Obtido em 02 de Julho de 2013, de BIM: <http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>



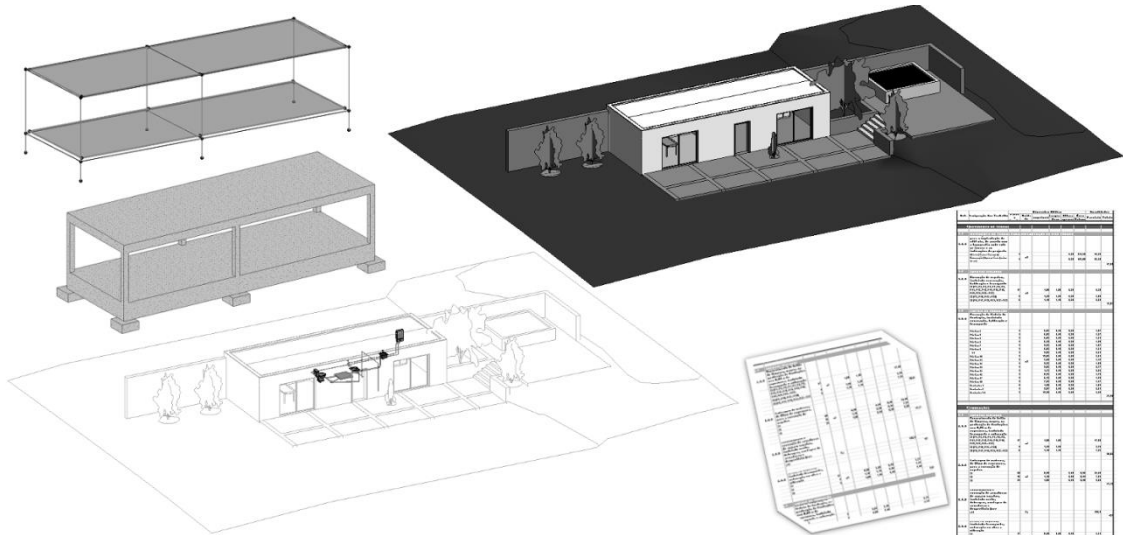
## **ANEXOS**



# Questionário sobre o BIM

Este questionário enquadra-se no âmbito da dissertação "Interoperabilidade em Sistemas de Informação" para obtenção do grau de mestre pela Universidade do Minho

**\*Obrigatório**



**Nome da empresa \***

\_\_\_\_\_

**Profissão \***

- Arquiteto
- Engenheiro
- Outra: \_\_\_\_\_

**Utiliza a tecnologia BIM? \***

- Sim, a tecnologia BIM já está implementada
- Sim, em processo de implementação
- Não, apenas li sobre o assunto
- Não, desconheço totalmente

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

**1. Qual é o *software* BIM que utiliza? \***

- Revit
- Archicad
- Outro: \_\_\_\_\_

**2. Quais foram os trabalhos e as fases de projeto em que utilizou as ferramentas BIM?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**3. Que importância atribui à tecnologia BIM na sua empresa, relativamente aos seguintes parâmetros? \***

Atribua uma nota de 1 a 5, em que 1 corresponde a "nada importante"; 2 - "pouco importante"; 3 - "suficientemente importante"; 4 - "importante" e 5 - "muito importante"

	1	2	3	4	5
Produção e atualização de cortes, alçados, plantas e pormenores de modo automático					
Associação da geometria a diversas especificações, tais como massa, custo do material, tempo de execução, etc					
Comunicação/transferência de informação entre os participantes (equipa de projeto, fiscalização, empresas executantes)					

**4. Vantagens em implementar o BIM \***

Atribua uma nota de 1 a 5, em que 1 corresponde a "nenhuma vantagem"; 2 - "pouca vantagem"; 3 - "alguma vantagem"; 4 - "vantajoso"; 5 - "muito vantajoso"

	1	2	3	4	5
Redução do tempo de projeto					
Melhor representação/visualização do projeto, contribuindo para a redução de erros e omissões de projeto					
Melhor colaboração entre os intervenientes da obra e interoperacionalidade entre <i>softwares</i> simplificada					

**5. Impedimentos da implementação do BIM \***

Atribua uma nota de 1 a 5, em que 1 corresponde a "nenhum impedimento"; 2 - "pouco impedimento"; 3 - "algum impedimento"; 4 - "impedimento significativo"; 5 - "muitos impedimentos"

	1	2	3	4	5
Custos e curva de aprendizagem demasiado elevados					
Pouca cooperação entre universidades, empresas e Governo					
Medo de retrocesso em relação às práticas atuais e medo de conflitos internos					

**6. Na sua opinião, o uso do BIM está a expandir-se e a vulgarizar-se em Portugal? Tem conhecimento de empresas que o utilizem recorrentemente nas suas obras? \***

---



---



---



---

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

**1. Tem perspectivas de a utilizar? \***

- Sim  
 Não

**2. Quais são as principais razões pelas quais não utiliza o BIM? \***

Selecione as opções que considere mais relevantes

- Custo elevado de aquisição do *software*  
 Necessidade de tempo para assimilação, adaptação e aprendizagem  
 Reticências em relação a mudanças de processos  
 Ausência de suporte técnico em português  
 *Softwares* não adaptados às normas portuguesas  
 Pouco comprometimento de todos os envolvidos no setor da construção  
 Outra: \_\_\_\_\_

**3. Na sua opinião, o uso do BIM está a expandir-se e a vulgarizar-se em Portugal? Tem conhecimento de empresas que o utilizem recorrentemente nas suas obras? \***

---



---



---



---

