

BUILDING INFORMATION MODELING

BIM NA ARQUITETURA, CONSTRUÇÃO E PRÉ-FABRICAÇÃO

DAVID ALEXANDRE MARTINS VASCONCELOS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ÁREA CIENTÍFICA



BUILDING INFORMATION MODELING

BIM na Arquitetura, Construção e na Pré-fabricação

David Alexandre Martins Vasconcelos

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura

Orientação por: Professor Doutor Arquiteto Carlos Nuno Lacerda Lopes

Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto

2013

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao Professor Doutor Carlos Nuno Lacerda Lopes o interesse por orientar esta dissertação. Quero agradecer aos meus pais pelo apoio no decorrer do meu percurso académico. Quero deixar um especial agradecimento à minha tia Ni, pelo acompanhamento dado a esta dissertação, bem como à minha prima Catarina, pelo incentivo no decorrer do referente estudo. Aos meus colegas e àqueles com quem tive o privilégio de conviver ao longo deste percurso académico, pelas vivências partilhadas.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo abordar um tema atual e urgente. O tema abordado “*BIM na Arquitetura, Construção e Pré-fabricação*”, é presente nesta prova devido ao interesse no método de trabalho de Building Information Modeling – BIM, para com os arquitetos, construtores e no desenho e criação de elementos pré-fabricados.

A análise tenta perceber de que modo o projeto de arquitetura pode ser trabalhado neste sistema, de forma que o arquiteto possa ter uma interoperabilidade entre os engenheiros e construtores – AEC. Esta ligação vai dar novas capacidades aos projetos dos vários profissionais, analisados num ambiente comum sugerindo uma maior crítica e análise entre os vários intervenientes. O reflexo da adoção por parte dos *ateliers* de arquitetura a um sistema BIM traz um aumento na produção de trabalho no projeto arquitetónico, que é muito derivado à capacidade dos sistemas BIM funcionarem com mais dimensões do que estamos acostumados, no caso do 3D (Três Dimensões), 4D (Três Dimensões + Tempo) e 5D (Três Dimensões + Tempo + Custos). O projeto de arquitetura aliado a este novo sistema vai torná-lo mais complexo e perspicaz na produção de um sistema construtivo, bem como a criação de elementos pré-fabricados que têm uma maior facilidade de gestão quando inseridos nestes ambientes de trabalho.

O resultado deste trabalho é expresso em casos de estudo de âmbito Nacional e Internacional, de modo a se poder ter uma melhor visão do que estes sistemas podem dar ao Arquiteto, Engenheiro e Construtor. Após a análise a estes casos de estudo é demonstrado num projeto pessoal que medidas são necessárias para podermos aliar os vários intervenientes das AEC, e em que fases cada um entra, mas sempre em conformidade com o ponto de vista do arquiteto.

PALAVRAS-CHAVE

BIM, Arquitetura, construção, prefabricação, sistemas, projeto, tecnologia.

ABSTRACT

The following work has the purpose to expose a current and urgent subject. The tackled topic “*BIM in Architecture, Construction and Prefabrication*”, is present in this essay due to the interest in working method of Building Information Modeling – BIM, for with architects, builders and the design and creation of prefabricated elements.

The analysis tries to understand how the architecture design can be worked in this system, so that the architect may have interoperability between engineers and builders - AEC. This union will give new capabilities to projects of various professionals, analysed in a common environment suggesting greater criticism and analysis among various stakeholders. The reflection of the adoption by the architecture workshops by a BIM system brings an increase in production work in the architectural design, which is very due to the ability of BIM systems work with more dimensions of which we are used to, in the case of 3D (Three Dimensions), 4D (Three dimensions + time) and 5D (Three dimensions + time + costs). The architectural design combined with this new system will turn it more complex and insightful in the production of a building system, as well as the creation of prefabricated elements which have greater ease of management when inserted in these work environments.

The result of this work is expressed in the case studies of international and national context, in order to be able to have a better view of what these systems can give to the Architect, Engineer and Builder. After the analysis of these case studies it's demonstrated in a personal project which measures are necessary for us to ally the several AEC stakeholders, and in which stage each one goes in, but always in agreement with the Architect's point of view.

KEYWORDS

BIM, architecture, construction, prefabrication, systems, design, technology.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

3D – Três Dimensões

4D – 3D + Tempo

5D – 3D + Tempo + Custos

AIA – The American Institute of Architects

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer-Aided Design

CAD/CAM – Computer-Aided Design e Computer-Aided Manufacturing

CNC - Computer Numeric Control

CIPF – Construção Industrial com Base na Pré-fabricação

CSG – Computer Solid Geometry

GIS – Geographic Information System

GDL – Geometric Description Language

TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	3
RESUMO	4
ABSTRACT.....	5
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABELAS	12
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objeto, Objetivo e motivações.....	13
1.2. Sentido oportuno do estudo deste tema	15
1.3. Metodologia de Investigação.....	16
2. CONCEITOS E PRINCÍPIOS SOBRE BIM – BUILDING INFORMATION MODELING	19
2.1. Natureza dos Sistemas BIM.....	20
2.2. Modelação Paramétrica	22
2.2.1. Evolução da modelação Paramétrica	22
2.2.2. Objeto paramétrico	26
2.2.3. Modelação paramétrica aplicada à construção.....	27
2.3. Sistemas BIM	28
2.3.1. Definição.....	28
2.3.2. Características	31
2.4. Interoperabilidade.....	33
2.4.1. Importância da Interoperabilidade.....	33
2.5. Softwares BIM	35
2.5.1. Autodesk Revit.....	35
2.5.2. Bentley Architecture	36
2.5.3. Gehry Technology Digital Project.....	37
2.5.4. Graphisoft Archicad.....	37
2.5.5. Nemetscheck Vectorworks	38
2.5.6 - Tekla Structures.....	39
2.6. O porque da adoção dos sistemas BIM.....	39
2.6.1. Tabela comparativa do CAD,CAD 3D e BIM	40
2.6.2. Os benefícios dos sistemas BIM	41
3. BIM NA ARQUITETURA	43
3.1. Conceitos relacionados com a Arquitetura	43
3.1.1. Arquitetura	43
3.1.2. Projeto	45
3.1.3. Desenho.....	45
3.2. BIM no processo de projeto de arquitetura	46
3.2.1. Processo de programação e conceção do anteprojeto de arquitetura	46
3.2.2. Processos mais utilizados pelos arquitetos na conceção de projeto	47

3.2.3. Melhoramentos realizados nos sistemas BIM, de maneira a oferecer uma base conceitual do projeto.....	48
3.3. BIM no processo de ensino de Arquitetura.....	49
3.4. Implantação dos sistemas BIM nos <i>ateliers</i> de Arquitetura	51
4. BIM NA CONSTRUÇÃO	55
4.1. Construção	56
4.2. Processo de construção apoiado pelos sistemas BIM	57
4.2.1. Processo de planeamento da pré-construção	57
4.2.2. Processo de construção	60
4.2.3. Processo Após construção	61
5. CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO	63
5.1. Contexto Histórico da Construção Industrial com base na Pré-fabricação	64
5.2. Construção Industrial	71
5.3. Construção Industrial com base na Pré-Fabricação – CIPF	71
5.3.1. Melhorias acrescentadas com a Pré-fabricação	71
5.3.2. Condicionantes da Pré-Fabricação	72
5.3.3. Exigência da continuidade entre as partes e o todo	73
5.4. Processos de construção Pré-Fabricados.....	73
5.4.1. Técnicas de montagem e técnicas de ligação entre elementos	73
5.4.2. Construção industrial com base na pré-fabricação por unidades modulares e por componentes.....	75
6. BIM NA PRÉ-FABRICAÇÃO	77
6.1. Processo de construção industrial com base na pré-fabricação inserido nos sistemas BIM.....	77
7. CASOS DE ESTUDO A UTILIZAR SISTEMAS BIM, PARA PROJEÇÃO E CONSTRUÇÃO	83
7.1. Internacional.....	84
7.2. Nacional.....	93
8. PROJETO PESSOAL DESENVOLVIDO EM BIM.....	103
8.1. Etapas de um projeto de arquitetura segundo o LOD – Level of Development	103
8.1.1. LOD 100 – Programa Base	105
8.1.2. LOD 200 – Estudo Prévio/ Anteprojeto.....	107
8.1.3. LOD 300 – Projeto de Execução.....	109
8.1.4. LOD 350 – Instalações e Pré-fabricação.....	111
8.1.5. LOD 400 – Preparação de Obra, Construção e Montagem	113
8.1.6. LOD 500 – Gerenciamento – Modelo Virtual	114
9. CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS EM TRABALHOS FUTUROS	115
9.1. Conclusões.....	115
9.2. Desdobramentos para trabalhos Futuros.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

I - CONTEXTUALIZAÇÃO

II – CONCEITOS E PRINCÍPIOS SOBRE O BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

- Figura 1.** Esboços de Oscar Niemeyer - <http://googlediscovery.com/2012/04/20/google-celebra-aniversario-de-brasilia-com-desenhos-de-oscar-niemeyer/>
- Figura 2.** Parametrização em Rhinoceros - <http://jeanloicnedelec.blogspot.pt/>
- Figura 3.** Esboço do Guggenheim em Bilbao - <http://frankgehrproject.blogspot.pt/2012/10/gehrys-work.html>
- Figura 4.** Guggenheim em Bilbao - <http://www.britannica.com/blogs/2011/02/frank-gehry-symphony-steel-picture-day/>
- Figura 5.** Parede Cortina modelada através de um sistema paramétrico
Eastman, Chuck, John Wiley & Sons ed; BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, Pag. 40
- Figura 6.** Maqueta de Objeto Paramétrico -
- Figura 7.** Modelos que só oferecem visualização 3d - <http://www.oinkfrog.com/2011/08/lumion.html>
- Figura 8.** Modelos sem a sustentação do seu comportamento -
http://semanadaarquitectura.blogspot.pt/2012_08_01_archive.html
- Figura 9.** Modelos compostos por várias vistas CAD de modo a definir o edifício -
<http://www.directindustry.com/prod/autodesk/3d-mechanical-cad-software-14521-555421.html>
- Figura 10.** Modelos que refletem mudanças de dimensões suma vista mas que não se refletem nas restantes vistas -
<http://www.freelandscapedesignprogram.com/are-there-free-landscape-design-programs-for-the->
- Figura 11.** Interoperabilidade entre os profissionais da AEC – [http://images
.autodesk.com/adsk/files/revitarch09_brochure.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/revitarch09_brochure.pdf)
- Figura 12.** Modelo central em BIM, com várias finalidades -
<http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/building-performance-analysis-bpa>
- Figura 13.** Interoperabilidade entre os profissionais da AEC - <http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=IPD>
- Figura 14.** Revit - <http://www.plataformabim.com.br/2012/12/revit-2013-aula-14-criando-vigas-de.html>
- Figura 15.** Bentley Microstation - <http://www.cadalyst.com/files/cadalyst/nodes/2005/2911/i2.jpg>
- Figura 16.** Digital Project - <http://www.gtwiki.org/mwiki/images/4/45/IsSectionView.jpg>
- Figura 17.** Graphisoft Archicad - <http://www.softpedia.com/progScreenshots/ArchiCAD-Screenshot-179766.html>
- Figura 18.** Tekla Structures - <http://structuralsteeldetailing.biz/teklastructures.html>
- Figura 19.** Vectorworks - <http://www.cadalyst.com/files/cadalyst/nodes/2005/2911/i4.jpg>

III – BIM NA ARQUITETURA

- Figura 20.** Desenho de Arquitetura- <http://skoraconstrutora.com.br/site/index.php/blog/arquitetura/45-projeto-de-arquitetura-pode-corresponder-a-ate-12-do-valor-total-da-obra>
- Figura 21.** Desenho de Arquitetura em busca de um modelo 3d - <http://blog.render.com.br/diversos/bim-a-evolucao-do-cad/>
- Figura 22.** Definição do processo concetual de projeto expresso em Bonzai3d - http://www.formz.com/email/05-04-10_Troxel_Review/troxelReview.html
- Figura 23.** Modelo concetual de um edifício em Revit - <http://www.mapdata.com.br/Produtos/Autodesk-Revit-Architecture/>
- Figura 24.** Modelo concetual de um edifício em Archicad – www.upfrontezine.com/2011/upf-694.htm

IV – BIM NA CONSTRUÇÃO

- Figura 25.** Siza, Álvaro; Dias, Adalberto - Edifício da Faculdade de arquitectura da Universidade do Porto, pág. 131
- Figura 26.** Siza, Álvaro; Dias, Adalberto - Edifício da Faculdade de arquitectura da Universidade do Porto, pág. 157
- Figura 27.** Siza, Álvaro; Dias, Adalberto - Edifício da Faculdade de arquitectura da Universidade do Porto, pág. 183
- Figura 28.** Siza, Álvaro; Dias, Adalberto - Edifício da Faculdade de arquitectura da Universidade do Porto, pág. 165
- Figura 29.** Análise do modelo 3d no atelier - <http://davidbim.blogspot.pt/2012/12/curso-presencial-em-sao-paulo-com.html>
- Figura 30.** Análise do modelo 3d no estaleiro de obras - Arto Kiviniemi – SOBE, University of Salford 2013
- Figura 31.** Modelo de um edifício em BIMX - <http://architosh.com/2011/09/in-depth-graphisoft-bimx-for-ipad-iphone/>

Figura 32. Simulação tridimensional em BIMX - <http://architosh.com/2011/09/in-depth-graphisoft-bimx-for-ipad-iphone/>
Figura 33. Utilização de uma tablet na obra - <http://askbrinkmann.com/news-and-awards/2011/12/15/local-team-develops-construction-ipad-app>

V – CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO

Figura 34. Palácio de Cristal, 1851, J. Paxton - <http://solangerossi.com/blog/>
Figura 35. Torre Eiffel, 1889, G. Eiffel - <http://dicasdefrances.blogspot.pt/2011/09/fotos-historicas-de-paris.html>
Figura 36. Fabrica Fagus, 1925, W. Gropius - <http://thaa2.wordpress.com/2009/07/24/industrializacao-alema-e-a-deutsche-werkbund/>
Figura 37. Ford Motor Company, 1905, A. Kahn - <http://verticalurbanfactory.org/OVERVIEW/>
Figura 38. Dom-ino, L. Corbusier, 1914 - <http://archiveofaffinities.tumblr.com/post/11012432351/le-corbusier-dom-ino-system-1915>
Figura 39. Maison Ferembal, J. Prouve, 1948 - <http://antiquesandboutiques.blogspot.pt/2012/06/industrial-beauty-jean-prouve.html>
Figura 40. Case Study nr.21, P. Koenig, 1956 - <http://www.mid-century-home.com/case-study-house-program/case-study-house-21-pierre-koenig/>
Figura 41. Lake Shore Drive, M. V. Rohe, 1951 - <http://chuckmanchicagonostalgia.wordpress.com/2011/05/26/photo-chicago-880-lakeshore-drive-apartments-mies-van-der-rohe-1951/photo-chicago-880-lakeshore-drive-apartments-mies-van-der-rohe-1951/>
Figura 42. Centro George Pompidu, R. Piano, 1871-77 - <http://www.cursodehistoriadaarte.com.br/lopreto/index.php/arte-arquitetura-renzo-piano-1937/>
Figura 43. Carré d'art Nîmes, N. Foster, 1996 - <http://venicebiennale.britishcouncil.org/timeline/1996>
Figura 44. Fabricas de pré-fabricação de betão - <http://delphe743.com/71/print-article.html>
Figura 45. Fabricas de pré-fabricação de madeira - <http://michellekaufmann.com/2008/01/construction-of-smart-home-january-2008/>
Figura 46. Montagem de sistemas porticados - PTEC – Plataforma Tecnología Espanola de Construcción - Industrialización de la Construcción: avances y retos futuros. 2012 - pag. 73
Figura 47. Montagem por Deslizamento - Mayer-Bohe, Walter, Prefabricación – Manuel de la construcción con piezas prefabricadas, Ed. Bhune, Barcelona, 1967; pág.87
Figura 48. Montagem de componentes modulares - Cabrera, Joel Alexander NovasSistemas Cosntrutivos Prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países em desarrollo - orientador: Jaime Fernandez Gomez – Madrid 2010 - pag. 62
Figura 49. Encaixes de componentes pré-fabricados em betão – Ligação Viga X Pilar - <http://www.premoldadositaipu.com.br/produtos.php>
Figura 50. Encaixe elementos de paredes simples e dupla em madeira – Sistema Nórdico - <http://www.imowood.pt/casas-de-madeira/sistema-nordico/>
Figura 51. Técnica de betonagem em sistemas modulares ALFF - Filipe, Ana e Branco, Fernando e Duarte, José, “O sistema modular ALFF” in Arquitectura e Vida, nº 62, Julho/Agosto 2005, pág.76
Figura 52. Unidade modular madeira – Detail, Serie 2001, nº4, - Element und Systeme. Modular Systems. Modules et systèmes, Juni/Juli, 2001; Hotel em Bezau, pág.643
Figura 53. Unidade modulares metal - House extension / Christophe Nogry - <http://www.archdaily.com/54092/house-extension-christophe-nogry/>
Figura 54. Sistema de Construção por componentes em betão pré-fabricado - <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415>

VI – BIM NA PRÉ-FABRICAÇÃO

Figura 55. Esquema do ciclo de criação do modelo em BIM, produção, embalagem e envio - <http://parsonscorp.com/pre-fabrication/>
Figura 56. Esquema da relação BIM – Fabricação - <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415>
Figura 57. Otimização completa do edifício em BIM - <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415>
Figura 58. Detalhamento de componentes em de construção em 3d - <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415>
Figura 59. Produção CNC - Arto Kiviniemi – SOBE, University of Salford 2013

Figura 60. Montagem na obra - <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415>

VII – CASOS DE ESTUDO A UTILIZAR SISTEMAS BIM, PARA PROJEÇÃO E CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Figura 61. CMA CGM Tower - http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/03/29/cma-cgm-tower-in-marseille-france-by-zaha-hadid-architects/?interstitial_displayed=Yes

Figura 62. Strata SE1 - <http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/04/15/strata-se1-in-elephant-castle-uk-by-bfls-architects/>

Figura 63. Vennesla Library - <http://www.archdaily.com/209340/vennesla-library-and-culture-house-helen-hard/>

Figura 64. Musashino Art - <http://urbanlabglobalcities.blogspot.pt/2011/01/musashino-art-university-new-library-by.html>

Figura 65. Escola de Gandra - <http://www.archdaily.com/186259/gandra-school-cnll/>

Figura 66. Fluviaro de Mora - <http://www.fluviariomora.pt/fluviaro/arquitectura>

Figura 67. Factory Business Center - <http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/12/06/factory-business-center-in-braga-portugal-by-simpli-design/>

Figura 68. Envolvente da CMA CGM Tower, **69.** CMA CGM Tower, **70.** Aplicação dos painéis de vidro, **71.** Alçado - http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/03/29/cma-cgm-tower-in-marseille-france-by-zaha-hadid-architects/?interstitial_displayed=Yes

Figura 72. Envolvente da Strata SE1 Tower, **73.** Strata SE1 Tower, **74.** Interior de uma das habitações, **Figura 75.** Desenho dos Alçados - <http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/04/15/strata-se1-in-elephant-castle-uk-by-bfls-architects/>

Figura 76. Envolvente da biblioteca de Vennesla, **77.** Espaço de entrada com praça, **78.** Interior da biblioteca, **79.** Planta de Rés-do-chão - <http://www.archdaily.com/209340/vennesla-library-and-culture-house-helen-hard/>

Figura 80. Exterior do Museu/Biblioteca, **81.** Interior da Museu/Biblioteca, **82.** Escadas e prateleira como estantes, **83.** Planta do 1º Piso - <http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/08/03/musashino-art-university-museum-library-in-tokyo-japan-by-sou-fujimoto-architects/>

Figura 84. Pátio do Complexo escolar, **85.** Exterior, **86.** Interior, **87.** Imagens do interior do ginásio e do corredor, **88.** Axonometria explodida Complexo Escolar - <http://www.archdaily.com/186259/gandra-school-cnll/>

Figura 89. Fluviaro e a sua envolvente, **90.** Interior com os aquários de exposição, **91.** Montagem dos perfis pré-fabricados em obra; **92.** Corte Transversal; **93.** Corte Longitudinal; **94.** Axonometria Explodida - <http://www.archdaily.com/4921/mora-river-aquarium-promontorio-architecture/>

Figura 95. Corredor com os módulos dos escritórios, **96.** Interior de um escritório, **Figura 97.** Planta do rés-do-chão,

Figura 98. Desenho dos módulos dos escritórios - <http://www10.aecafe.com/blogs/arch-showcase/2011/12/06/factory-business-center-in-braga-portugal-by-simpli-design/>

VIII – PROJETO PESSOAL DESENVOLVIDO EM BIM

Figura 99. Área de intervenção e topografia, **100.** Massa da área de intervenção e envolvente, **101.** Trabalho de massa no local de intervenção, **102.** Forma desejada após o trabalho com a massa concetual, **103.** Forma abstrata do edifício pretendido, **104.** Exposição genérica dos elementos constituintes do edifício, **105.** Disposição generalizada de pilares e vigas, **106.** Abertura nas lajes para albergar as caixas de escadas no nível LOD 200, **107.** Modelo geral já com o sistema construtivo, **108.** Configuração das caixas de escadas e respetivos guarda-corpos no nível LOD 300, **109.** Pormenorização dos espaços interiores e sua construção, **110.** Vistas realistas do edifício e dos seus materiais, **111.** Vista gera com uma parede de vidro, **112.** Detalhamento da parede de vidro através do seccionamento dos seus componentes, **113.** Vista gera do palco com elevador, **114.** Detalhamento do palco com elevador através do seccionamento dos seus componentes – Imagens de David Vasconcelos, Agosto de 2013.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da evolução dos elementos media de representação dos projetos de arquitetura - Arto Kiviniemi – SOBE, University of Salford 2013

Tabela 2. Comparação entre os sistemas CAD e os sistemas BIM - Martins, Paola Caliarri Ferrari

A interoperabilidade entre sistemas BIM e Simulação Ambiental Computacional : estudo de caso / Martins, Paola Caliarri Ferrari ; Prof. Orientador Dr. Neamber Furtado Silva - Brasília: Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Ano de 2011

Tabela 3. Crescimento dos sistemas computacionais nos profissionais da AEC, e na educação - Arto Kiviniemi – SOBE, University of Salford 2013

Tabela 3. Custo da implementação dos BIM –

BIM implementation and cost-benefit analyses: a company case study Authors: Nuno Lacerda; Vanessa Tavares; Maria João Venâncio. Country: Portugal Institution/ Company: CNLL, Ld

INTRODUÇÃO

1.1. OBJETO, OBJETIVO E MOTIVAÇÕES

Objeto

O objeto deste estudo, parte da integração do sistema BIM – Building Information Modeling, na Arquitetura. A introdução dos sistemas BIM na Arquitetura, que é algo recente, resulta numa primeira análise, na intenção de facilitar a produção do projeto para a construção e arquitetura.

Este trabalho para além de enquadrar quer no ponto de vista teórico quer do ponto de vista pratico, a produção recente de arquiteturas neste âmbito disciplinar procura-se comparar quer os sistemas BIM existentes no mercado, quer comparar algumas obras realizadas com a esta metodologia BIM. Por isso o estudo desenvolve-se através da análise de vários estudos de caso que consideramos pertinentes para este trabalho.

O tema selecionado dá a perceber os sistemas BIM naquilo que é mais direto à arquitetura, e não às outras especialidades, que é o sentido de projetar, idealizar, quer para espaços edificados ou para espaços urbanos. A utilização de um sistema BIM dá-nos a possibilidade da união num modelo os projetos de arquitetura, engenharia e construção, a chamada AEC, neste o arquiteto assuma a liderança no processos do inicio (conceção) ao fim (construção), podendo chegar até à utilização e manutenção futura do edifício.

Objetivo

O estudo tende a lidar com o projeto – ideia, tomando também a construção como elemento do trabalho nos sistemas BIM, e a facilidade de conseguir trabalhar com a construção de elementos pré-fabricados, devido à capacidade de se ter num só sistema de análise, quer o nível bidimensional e tridimensional, e todas as características da futura construção.

Em modelo virtual, a análise de um projeto de arquitetura leva a refletir constantemente na necessidade de trabalhar com uma maquete, e esta é facilmente produzida nos sistemas BIM, através do modelo tridimensional, aqui trabalhada e criada como modelo virtual com informação integrada.

O estudo procura dar a entender quer aos estudantes e profissionais de arquitetura, alguns aspetos e alguns modos diferenciados de abordar o projeto de arquitetura num sistema BIM, de modo a ser possível estabelecer uma maior ligação no triângulo da AEC, e que é demonstrado em alguns projetos e casos de estudo apresentados ao longo do trabalho.

Motivações

O interesse em estudar esta nova metodologia (integradora e mais global) desenvolvida a partir dos sistemas CAD – Computer Aided Design, no qual a dada altura foi necessário aumentar a complexidade do projeto e assim adicionar mais elementos, e elevando-os a outro nível que o CAD já não conseguia suportar. Este outro nível é evidenciado quando trabalhamos num sistema BIM, onde o projeto consegue ter uma vista tridimensional permanente, criando um novo patamar para a compreensão do mesmo e acrescentando “informação” e bases de dados a cada elemento de um modelo.

A visualização 3D do projeto, parece dispensar na maioria das vezes a necessidade de se criar maquetas físicas, para o estudo dos espaços e articulações dos volumes, à medida que se vai alterando o projeto de arquitetura, realizado de um modo tradicional.

Os sistemas BIM, trabalham com informação que é dada através de parâmetros, e estes são processados segundo essa informação, e refletidos nos objetos em que trabalhamos, os chamados objetos paramétricos. O trabalho com elementos paramétricos, acaba por ser essencial para a definição dos sistemas BIM, podendo estes serem intitulados como sistemas de parametrização.

O sentido de projeção para o futuro que os sistemas BIM apresentam, é fundamental para um profissional de arquitetura que esteja a entrar no mercado de trabalho, pois tudo indica que o progresso da arquitetura está interligado com a evolução das TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação, que necessita de uma constante atualização para com os novos processos de projeto digital. A introdução destes sistemas, ainda não muito afirmados em comparação com os sistemas CAD, é um passo semelhante ao dado quando se deixou de projetar sobre o estirador e se passou para o projeto desenhado em computador. Um passo difícil mas oportuno. E que hoje em dia parece não ser possível de outro modo.

1.2. SENTIDO OPORTUNO DO ESTUDO DESTE TEMA

A análise deste tema, parte do sentido de primeiro recolher informação sobre esta matéria, e depois dar a conhecer uma realidade ao aluno e profissional de arquitetura, engenharia e ao construtor.

Os sistemas BIM mesmo sendo um método de trabalho mais recente que o CAD, deve ser tomado como fundamental para o futuro do arquiteto, na sua abordagem durante o percurso académico de um estudante na universidade, vai tender a mostrar e apresentar outra definição de desenho durante o seu processo de aprendizagem, diferente do que é feita até a data. A criação de modelos 3D é feita na aprendizagem de maneira a mostrar o encontro entre o novo edifício e a envolvente em que este se insere. Tal como no percurso académico, a aprendizagem segundo um sistema BIM é feita de modo progressivo, partindo de um desenho simples do edifício, até a elaboração mais complexa do projeto envolto de uma definição estrutural e construtiva que só se consegue com o apoio de um sistema de desenho computacional mais complexo. A complexidade presente nos projetos deriva muito da implementação das várias estruturas vinculadas aos edifícios; daí os engenheiros

estarem aparentemente mais aptos neste assunto dos sistemas BIM, devido à progressão da complexidade do desenho que é hoje apresentada pelos mais variados *ateliers* de arquitetura, em que a união do engenheiro com o arquiteto e construtor tem de ser maior, de forma a tornar-se o motor da implementação desta metodologia.

Este progresso que se tem verificado na profissão resulta da união com novos sistemas de construção, de iluminação artificial e do controlo de energia e da própria gestão da construção, que leva a adotarmos estes novos sistemas para resolver as complexidades do projeto, da construção e da arquitetura, tal como fez Frank O. Gehry, na criação de um sistema BIM, para que conseguisse interpretar o seu próprio desenho, e a sua ideia de arquitetura.

O aumento do interesse nos sistemas BIM, por parte dos arquitetos levou ao aumento da informação sobre esta metodologia (BIM), assim apresentada tanto em livros, artigos, artigos digitais, e revistas, prefigurando assim este tema bastante atual mas pouco aprofundado.

1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

O método a utilizado na organização desta dissertação passa por um enquadramento do trabalho no seu âmbito, neste caso de sentido teórico. A realização de uma dissertação de âmbito teórico implica a leitura sistemática da bibliografia adjacente ao tema de estudo – BIM na arquitetura, construção e pré-fabricação, e uma vez que não existe ainda muitos trabalhos académicos sobre este assunto, redige-se assim os seguintes pontos para sua análise:

- Busca de bibliografia apresentada por alguns motores de busca – ex: Google Books, e a consulta física de livros na Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto – FAUP, e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP;
- O ponto seguinte à consulta da bibliografia, é a estruturação do trabalho, tendo como base um livro (BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors), e

sendo apoiado ao longo dos vários tópicos pela restante bibliografia, webgrafia, artigos e revistas mais pertinentes para cada caso em análise;

- Seguida da estruturação, parte-se para a leitura da bibliografia escolhida, tirando sistematicamente apontamentos dos vários textos analisados;
- Após a leitura e em consonância com os vários apontamentos tirados, formou-se os tópicos do tema em estudo, seguindo depois para uma escrita, que é auxiliada através de imagens, referências, quadros e entre outros;
- Este método é utilizado para a análise do estudo teórico, numa primeira parte do trabalho, seguindo para segunda parte que aborda de modo físico e virtual determinados projetos que possam assimilar os conhecimentos apresentados na primeira fase.

Os casos de estudos são de âmbito Internacional e Nacional, sendo que no final é apresentado um caso de estudo pessoal, que tende a demonstrar algumas das ideias apresentadas ao longo do trabalho.

CONCEITOS E PRINCÍPIOS SOBRE BIM – BUILDING INFORMATION MODELING

O Building Information Modeling é um sistema que contém na sua essência a ideia de reprodução virtual, que busca para a representação arquitetônica de elementos de apoio, como o caso dos desenhos bidimensionais, que apresentados quer em papel ou no computador. A ideia do trabalho apoiado no desenho em papel e consequentemente apresentado no computador, é refletida na evolução da arquitetura como prática, referente à época que o arquiteto quase assumia o papel de um construtor, engenheiro, e gestor ou seja tinha o papel de um único interveniente na produção de arquitetura que hoje esta completamente fragmentado em vários projetistas, de diversos projetos sendo a obra o elemento de união destes vários intervenientes.

O arquiteto no passado, devido assumir-se como um interveniente máximo na criação do edifício teria de controlar melhor o processo construtivo deste em obra, de forma a não obter erros, que poderiam não ser completamente expressos nos desenhos. A introdução gradual do desenho na arquitetura, mais precisamente as plantas, cortes e alçados e a análise volumétrica através de maquetas, durante o Renascimento, tornou mais clara a leitura do projeto através destes elementos, para auxílio e compreensão dos mestres de obra na execução do edifício (Martins, 2012, p.24).

Alguns elementos ficam em falta com este processo de representação bidimensional, como o caso da análise da luz, das sombras, das texturas, e da

ventilação que só podem ser obtidos segundo outras formas de representação, ao qual no desenho não é possível de observar-se. Esta necessidade de introduzir mais elementos no projeto é demonstrado com a abordagem da modelação tridimensional em computador, só aplicada então na década de 80 do séc. XX. Esta modelação em 3D já conseguia expressar no seu ambiente algumas das características em falta no desenho, sendo elas: a luz, a sombra, os materiais e entre outros. Esta nova abordagem de modelação num ambiente tridimensional consegue trazer para a arquitetura uma maior complexidade de formas.

As primeiras abordagens a uma modelação 3D em computador, só conseguiram introduzir uma nova análise às formas em três dimensões e o aspeto que estas podiam tomar, mas não era ainda possível tratar outros detalhes presentes na obra, como o caso da construção, refletida no aspeto dos materiais. Esta necessidade de se entender os materiais num ambiente computacional, foi colmatada com a introdução dos sistemas BIM, que consegue através das suas ferramentas abordar estas exigências que são fundamentais para edifício (Martins, 2012, p. 24-25).

Assim estas novas abordagens a uma recente metodologia de projeção em arquitetura, vão ser refletidas ao longo deste primeiro capítulo que tem como base apresentar os sistemas BIM, e o contexto em que estes foram criados.

2.1. NATUREZA DOS SISTEMAS BIM

A base dos Sistemas BIM é a modelação tridimensional, que só é conseguida graças à evolução das TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação. Este desenvolvimento da tecnologia é introduzida no final do séc. XX, e veio a adaptar-se de modo a ser possível de realizar-se uma análise arquitetónica num ambiente computacional. Esta nova abordagem da arquitetura aliada as TIC, serviu para reduzir a carga de trabalho e de tempo em volta dos projetos. Numa primeira abordagem sobre o desenho bidimensional, e numa segunda através da modelação tridimensional (Martins, 2012, p. 27).

A partir desta altura seria possível projetar diretamente no computador, podendo assim deixar o trabalho sobre o desenho um pouco de lado, dedicando-se mais ao

trabalho sobre o modelo. Este trabalho sobre um modelo 3D, oferecia um novo leque de opções aos arquitetos, que só era possível num ambiente tridimensional devido as limitações das vistas 2D. (Zevi, 1996, p. 21)

Existe assim uma certa escassez de informação nos desenhos bidimensionais, que complica a análise ao projeto de arquitetura, por parte de uma pessoa que não tenha conhecimento de geometria ao arquitetura, neste caso o cliente da obra. Assim a análise de um projeto de arquitetura num ambiente 3D, foi criado de forma a facilitar a ligação do arquiteto com o engenheiro e o construtor. Estes profissionais trabalham com desenhos bidimensionais, mas mesmos esses podem oferecer erros, na sua execução em obra. A necessidade de poder-se observar o edifício a partir de vários pontos de vista, é fundamental para os diferentes profissionais da AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção. À medida que se evolui no projeto, é possível observar várias mudanças que nos podem ser proporcionadas antes da obra através do modelo tridimensional que poderá demonstrar de que forma o processo construtivo evolui, dentro de várias simulações sobre o modelo. O arquiteto neste ambiente tridimensional poderá tornar-se no principal interveniente ou no interveniente absoluto no projeto, podendo ser o explorador da forma do edifício, bem como desenvolver os detalhes construtivos, e ainda determinar que materiais vão ser utilizados na obra.

A exploração da forma é aumentada quando o arquiteto se insere num ambiente computacional, oferecendo-lhe maior liberdade e assim possibilitando-o a explorar novas formas e se também desejar torna-las mais complexas. O arquiteto tem assim o controlo dos espaços e das formas dadas a estes.

No ano de 1982, começaram-se a projetar modelos tridimensionais de formas complexas e com bastante rigor, através do auxílio do computador. O aperfeiçoamento dos sistemas CAD, que se redefinem nesta década, levou a albergar a representação 3D, no ano de 1988 e partir deste foi possível trabalhar com elementos paramétricos (Eastman, 2008, p.33).

A partir desse domínio (3D) começa a surgir os elementos paramétricos, que reflete-se na parametrização de forma a introduzir o que viria a ser o BIM.

2.2. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA

2.2.1. EVOLUÇÃO DA MODELAÇÃO PARAMÉTRICA

Os sistemas BIM baseiam-se no trabalho sobre a parametrização. Esta surge de uma extensão no qual conjuga a tecnologia CSG (Construter Solid Geometry) e B-rep, que eram sistemas de modelação 3D para projetos da indústria mecânica (Eastman, 2008, p.34).

No ano de 1989, é lançado pela Parametric Pro o programa T-Flex, um modelador paramétrico dedicado à mecânica, bem como também é lançado o Pro-Engenir, um programa desenvolvido pela Parametric Technology Corporation – (PTC) (Cad, 2010, s. pg.).

Com a modelação paramétrica, o objeto vai ser trabalhado de modo hierárquico, através de expressões algébricas e regras lógicas, operando de modo diferente para definir o projeto. O modelo é assim criado até à etapa final através do somatório de parâmetros. Esta adição de parâmetros vai dar evolução ao projeto através da base de dados que cada sistema adota na sua estrutura. Estes bancos de dados estão todos interconectados, daí quando se adiciona uma porta ou janela a uma parede, todas as ligações entre estes elementos vão ser estabelecidas (Eastman, 2008, p.34).

A adição de elementos que compõem a construção de um edifício, resulta num modelo completo de arquitetura. Este tipo de modelo tem a facilidade de se atualizar de modo automático, após a alteração de alguns parâmetros num determinado setor. Nos sistemas CAD tridimensionais, as atualizações sobre o modelo terão de ser feitas de modo manual, não contendo esta automatização dos sistemas BIM, que resulta assim de um maior gasto de tempo na produção de projetos. Esta integração da modelação paramétrica no trabalho da arquitetura, engenharia e construção civil, acaba por resultar na criação dos sistemas BIM.

Para se perceber melhor a concepção dos sistemas BIM, tem de se ter atenção à sua estrutura base, que foca-se nos 3 seguintes pontos: a modelação de superfícies, a modelação de sólidos, e a comunicação entre os vários *softwares* BIM, percebendo de que forma cada um contribui para o aperfeiçoamento desta metodologia, nos seguintes pontos:

1. A modelação de superfícies é baseada no trabalho de pontos, linhas, e faces, com coordenadas existentes no sistema cartesiano tridimensional. A ligação entre elementos pode formar geometrias bidimensionais e tridimensionais. O modo de visualização pode ser numa estrutura de arame, ou em Render¹. Estes modelos não tem massa, mas podem ser formados por curvas através de estruturas simples facetadas. Outros sistemas podem criar o mesmo tipo de curvas, mas através de relações matemáticas que recriam assim curvas mais realistas. Com a facilidade de criação de formas variadas para dar liberdade ao arquiteto de modo a expandir a sua imaginação (Martins, 2011, p.32);



Figura 1. Esboços de Oscar Niemeyer

Comparação entre a liberdade de expressão em desenho à mão, e o desenho computacional

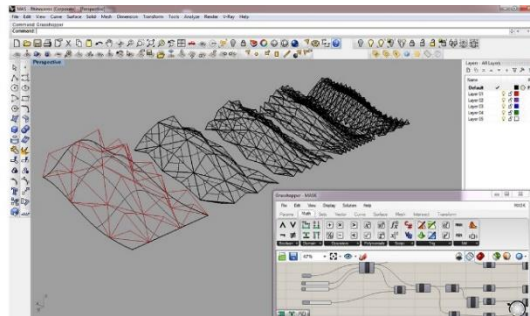


Figura 2. Parametrização em Rhinoceros

2. A modelação de sólidos, criada através de elementos fechados devido a estes serem constituídos por massa, consegue assim criar de modo ainda mais fácil modelos curvos e complexos a partir de elementos reais, que depois podem ser produzido em máquinas CNC (Computer Numeric Control). Este tipo de modelação é mais viável quando o projeto se encontra num nível

¹ Render/Renderização: O termo "renderizar" (do inglês to render) vem sendo usado na computação gráfica, significando converter uma série de símbolos gráficos num arquivo visual, ou seja, "fixar" as imagens num vídeo, convertendo-as de um tipo de arquivo para outro, ou ainda "traduzir" de uma linguagem para outra (Render, 2013, s. pg.)

mais detalhado, e a aproximar-se da composição final do projeto de arquitetura.

Devido ao aumento da capacidade dos computadores na década de 90, foi possível a partir dessa data trabalhar com transformações booleanas sobre os modelos sólidos. Esta capacidade de trabalho sobre um modelo 3D foi tomada em conta pelas indústrias aeroespaciais, automobilística e naval (Mitchel, 1999, p. 235, 268-270).

3. Comunicação com outros *softwares* padronizados. Esta necessidade é referida na obra de Mitchel, devido aos modelos sólidos serem compostos por vários desenhos bidimensionais vetorizados. Com o auxílio deste tipo de modelos existe uma maior capacidade de conceção do projeto em computador, obtendo assim a chamada Arquitetura Digital. Com esta nova tipologia de arquitetura foi possível chegar a um nível formal que até então não era concebido. Este nível formal é expresso através de um dos principais difusores do projeto assistido por computador, neste caso o arquiteto Frank O. Gehry. Gehry projetou o museu de Guggenheim em Bilbao, no ano de 1997, em que a sua forma é bastante fluida, e o material dominante do edifício é o titânio. O princípio deste projeto foi a realização de maquetas físicas, de variados materiais, até se conceber um modelo ideal para o edifício.

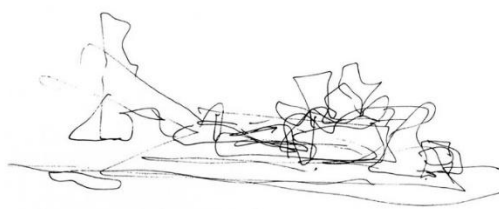


Figura 3. Esboços do Guggenheim em Bilbao



Figura 4. Guggenheim em Bilbao

Após a criação da maquete final, utilizou-se um processo de digitalização tridimensional sobre esse modelo, que depois foi transferido para um software de modelação 3D, neste caso o CATIA. Após este processo foram criados os desenhos, através do seccionamento do modelo virtual, de modo a ser possível levar para máquinas CNC, os elementos necessários para recriar o modelo à escala real. Outros arquitetos utilizam processos reversos ao de Gehry, para conceber os seus projetos, mas sempre auxiliados por um sistema de modelação tridimensional (Guggenheim. 2010, s. pg.).

Nos dias que correm é impraticável criar um edifício que contenha milhares de peças todas diferentes, e que tenham de ser desenhadas todas à mão; graças aos sistemas de desenho computacional este trabalho é simplificado para os seus intervenientes, e podendo também reduzir o custo de produção dos elementos construtivos através da automatização. Uma parede cortina de forma curvilínea é facilmente produzida num sistema paramétrico.

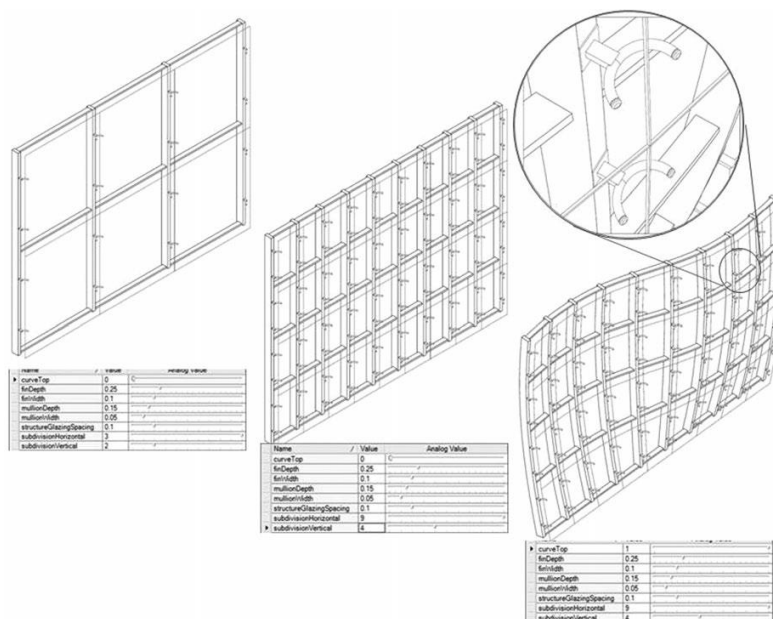


Figura 5. Parede Cortina modelada através de um sistema paramétrico

Esta facilidade de se conseguir formas complexas com um sistema de modelação paramétrico, é também entendida por vários autores como um processo que facilita a flexibilidade de exportação para outros *softwares*, de um modelo único do edifício a trabalhar. Esta razão é derivada ao fato do modelo ligar (link) informações a um

objeto, para aparecer futuramente num formulário a ser trabalhado pelo utilizador. Perante esta produção de informação é necessário que o sistema crie um banco de dados, de maneira a identificar os objetos, matérias, dimensões, sendo possível depois alterar essas características no formulário (Moreira, 2008, p. 95).

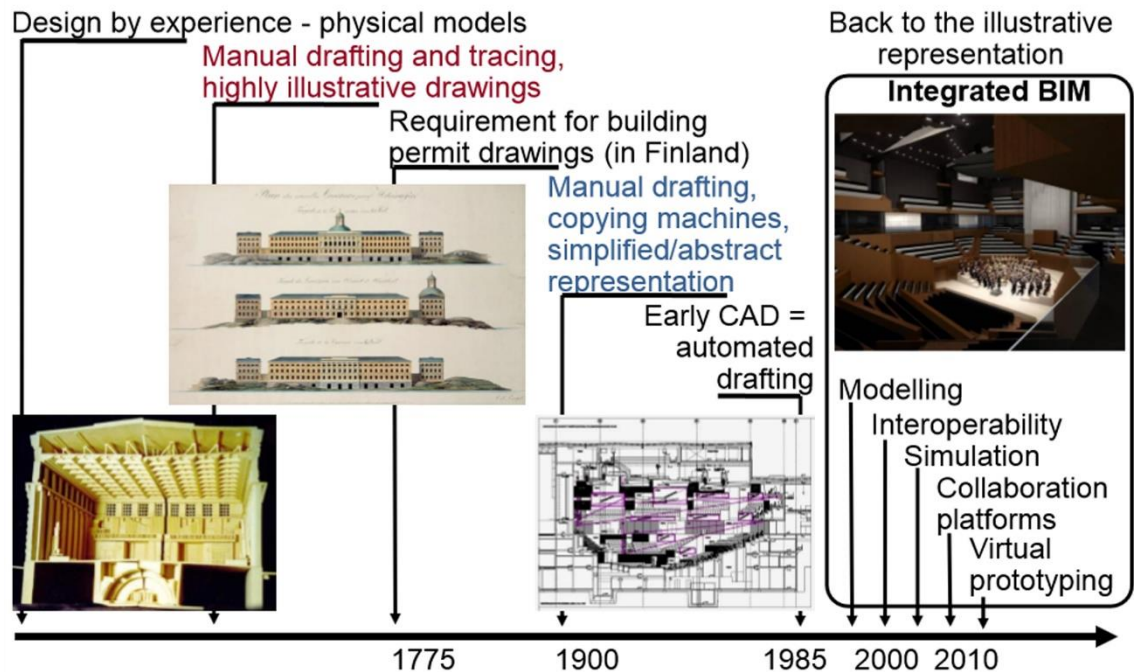


Tabela 1. Resumo da evolução dos elementos media de representação dos projetos de arquitetura

2.2.2. OBJETO PARAMÉTRICO

É possível identificarmos na modelação paramétrica o trabalho que é exercido sobre um objeto, este intitulado de objeto paramétrico. Só perante a análise deste é que podemos compreender como é que a modelação paramétrica consegue ser aplicada à construção.

Segundo Eastman, os objetos paramétricos podem ser definidos por 6 características, que servem como um curto resumo à modelação paramétrica.

As características por detrás do objeto paramétrico são:

- A definição de objetos através de geometrias, dados e regras associadas;
- A geometria é integrada sem redundância, e não permite inconsistências;

- As regras paramétricas dos objetos modificam automaticamente através das geometrias associadas quando inseridos num modelo de edifício ou quando são feitas alterações para associar objetos;
- Os objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação, assim pode-se definir uma parede por meio dos componentes a si relacionados. Os objetos podem ser definidos e geridos por vários níveis hierárquicos;
- As regras associadas aos objetos podem identificar quando uma mudança particular viola as características do objeto, relativamente ao tamanho, fabricação, etc;
- Os objetos tem a capacidade de “linkar” (ligar), de receber, de transmitir ou de exportar um conjunto de atributos, materiais, estruturas, dados acústicos, dados de energia, etc, por outras aplicações e módulos.

A modelação paramétrica realizada nos sistemas BIM, é a possibilidade de modelarmos um objeto de forma a obtermos um edifício (Eastman, 2008, p. 42-43).



Figura 6. Maqueta de Objeto Paramétrico

2.2.3. MODELAÇÃO PARAMÉTRICA APLICADA À CONSTRUÇÃO

Oportunidades

A modelação de um o objeto ou de vários, num *software* com capacidades de parametrização, é a base para o trabalho de modelação que é processado segundo a construção civil. Quando estamos a trabalhar no processo de projeto, através de um sistema BIM, trabalhamos com objetos neste ambiente que são constituídos por famílias, podendo ser personalizados graças às ferramentas existentes no seu

*interface*². O usuário no seu projeto pode integrar e criar novos contextos de famílias de objetos. A capacidade de utilizar os objetos existentes nas livrarias que estão disponíveis nestes sistemas, como o caso de paredes, portas, janelas, etc, pode ser complementada com a criação de novos objetos por parte do utilizador (Eastman, 2008, p. 52-53). ´

Dificuldades

A grande problemática acaba por ser a passagem destes novos modelos, do sistema BIM que o criou para outro diferente, derivado às suas atualizações por vezes não serem feitas de modo automático, sendo necessário fazer essas mesmas de forma manual. Perante este erro é necessário ter em atenção ao modelo, de acordo com o programa que o criou bem como a que piso do edifício esses novos objetos estão associados. Ao copiar os novos objetos é necessário ter sempre os códigos base dos mesmos, bem como os seus atributos relacionados com custos, estimativas de análise estrutural e energética, entre outros.

Perante estas dificuldades os desenvolvedores disponibilizam extensões de forma a tapar estas lacunas. Estas extensões quando disponibilizadas para as firmas, vão de acordo com a tipologia de famílias em que estas mais trabalham, de modo a facilitar a sua produção. Com o aumento da produção, as firmas poderão dedicar-se a outros setores, desde a melhoria do *layout* dos produtos bem como a pormenorização dos mesmos, entre outros casos (Eastman, 2008, 53-54).

2.3. SISTEMAS BIM

2.3.1. DEFINIÇÃO

Os sistemas BIM tentam trabalhar por completo com a produção de edifícios num ambiente 3D, mas por vezes podem ser confundidos por outros aplicativos que trabalham só com a produção de modelos 3D.

² Interface: conjunto de meios planejadamente dispostos sejam eles físicos ou lógicos com vista a fazer a adaptação entre dois sistemas 1 para se obter um certo fim cujo resultado possui partes comuns aos dois sistemas, ou seja, o objeto final possui características dos dois sistemas (Interface, 2013, s.pg.)

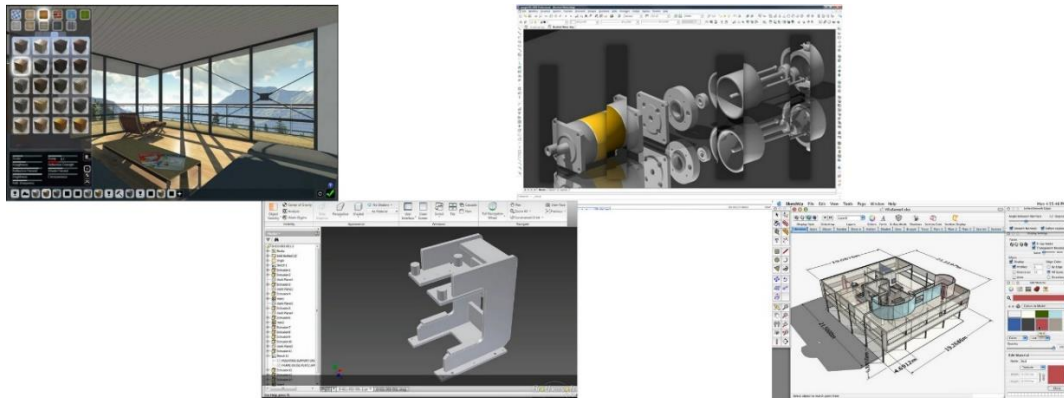
Eastman explica qual o sentido destes novos sistemas de desenho computacional:

“Building Information Modeling (BIM) is one of the most promising developments in the architecture, engineering, and construction (AEC) industries. With BIM technology, one or more accurate virtual models of a building are constructed digitally. They support design through its phases, allowing better analysis and control than manual processes. When completed, these computer-generated models contain precise geometry and data needed to support the construction, fabrication, and procurement activities through which the building is realized.”

Eastman [et al.], 2008, p. 1

Mas para além desta definição, que já estabelece algumas propriedades únicas destes sistemas, o autor na sua obra tenta distinguir os sistemas BIM dos restantes sistemas de modelação 3D, diferenciando-os através dos seguintes tópicos (Eastman, 2008, p. 15-16):

- Modelos que só oferecem visualização 3D, e que contêm os seus dados tridimensionalmente, mas que não incluem os atributos dos objetos, servem como visualizadores, mas não trabalham com o modelo (ex: Artlantis);
- Modelos sem a sustentação do seu comportamento. Estes modelos trabalham com objetos, mas sem os poderem dimensionar, posicionar, devido à falta de motor paramétrico (ex: 3D Studio);
- Modelos compostos por várias vistas CAD de modo a definir o edifício. Não é assegurado o trabalho com o modelo tridimensional, e daí ser difícil de calcular, e analisar os elementos nele contidos (Autocad 3D);
- Modelos que refletem mudanças de dimensões numa vista mas que não se refletem nas restantes. Isto resulta em vários erros apresentados no modelo mas de difícil perceção.



As figuras estão legendadas segundo a disposição do canto superior esquerdo, para o lado direito ate ao canto inferior direito.

Figura 7. Modelos que só oferecem visualização 3D; **Figura 8.** Modelos sem a sustentação do seu comportamento;

Figura 9. Modelos compostos por várias vistas CAD de modo a definir o edifício; **Figura 10.** Modelos que refletem mudanças de dimensões suma vista mas que não se refletem nas restantes vistas

Perante estas características que distinguem o que não é um sistema BIM, podemos apresentar a sua definição através de uma análise singular a cada palavra que compõem o termo BIM – Building Information Modeling.

O “Building”, que representa o edifício ou construção. No pressuposto atual dos sistemas BIM, é o trabalho acima de tudo com a conceção do edifício, e não tanto com a construção. Os sistemas BIM tentam trabalhar com o projeto, e o detalhe da construção durante o seu ciclo de vida.

A “Information”, informação, é bastante importante nos sistemas BIM. As formas de comunicar a informação de um edifício estão-se a tornar mais complexas, mas sempre apresentadas da mesma maneira. Os sistemas BIM armazenam e integram toda a informação referente aos modelos (geometria, materiais, estruturas, instalações), disponível na sua base de dados (Moreira, 2012, p. 71).

O modelo pode apresentar assim 3 tipos de informação, sendo elas:

1. Informação Geométrica – quanto mais informação e detalhe vai ser dado ao projeto mais preciso este irá ser em relação as ideias do projetista. Esta informação pode combater alguns problemas que são obtidos no modelo 3D;

2. Informação Não-Gráfica – atualmente os objetos podem conter informação não gráfica, relacionada com a sua função e estrutura. As informações relativas ao material, cor, são apresentada em tabelas;
3. Informação em “*Link*” (vinculo) – informação existente no modelo que não é relacionado diretamente, e que está vinculado por um *hiperlink* (GIS³).

O termo “Modeling”, referente ao processo de modelação é a expressão total do edifício e da sua estrutura, presente no seu modelo 3D. Na maioria dos casos o modelo é constituído por objetos, sendo referido como modelo do objeto ou modelo orientado pelo objeto (*objet – oriented*). Nos sistemas BIM o objeto é o constituinte do modelo, ou seja como se tratasse de um objeto – janela, terá de estar ligado a um objeto – parede, daí as suas regras de criação têm de estar conectadas à base, devido a serem objetos paramétricos. Esta base de dados vai albergar todas as ligações que devem estar estabelecidas pelos objetos paramétricos.

Estes objetos são definidos por expressões numéricas ou lógicas, que vão incorporando-se aos modelos, através do seu utilizador, e cada *software* BIM adota diferentes expressões para os seus objetos (Moreira, 2012, p. 72).

2.3.2. CARATERÍSTICAS

Na análise geral aos sistemas BIM, alguns autores caracterizam este sistema em 5 parâmetros, divididos por:

1. O modelo virtual é englobado por “objetos” digitais, com características que definem os elementos físicos da construção.
Ao construir-se um modelo virtual, iremos definir no processo digital os mesmos parâmetros que são aplicados ao projeto real. Através desta definição do processo virtual em função da construção, o projetista vai ter outra forma de compreender o processo construtivo, devido a esta nova ferramenta funcionar segundo o trabalho deste, inserido num ambiente 3D.

³ GIS - Geographic Information System, Portuguese: Sistema de Informação Geográfica – SIG, é um sistema de hardware, software, informação espacial e procedimentos computacionais que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. (GIS, 2013, s. pg.)

Alguns problemas associados à definição dos espaços do edifício, e do processo construtivo poderão ser acertados dentro do modelo virtual (Moreira, 2012, p. 73).

2. Estratégia de armazenamento de toda a informação do projeto numa base de dados. Através dos sistemas BIM, os dados do projeto são convertidos em gráficos, tabelas e texto, de maneira a auxiliar o utilizador. Os cortes, alçados, pormenores construtivos, e tabelas são todos concebidos segundo os mesmos dados. Estes vão concordar uns com os outros de modo a assegurar a correta definição do edifício em que se está a trabalhar.
3. O armazenamento centralizado da informação.

Este armazenamento traz duas consequências; numa primeira, a informação é recolhida de modo a ser utilizado numa fase seguinte. Hoje em dia no processo de busca de informação, encontra-se desconexa para o projetista, sendo que o irá a continuar a ser, aquando da sua utilização numa fase seguinte de projeto. A segunda consequência é a possibilidade de vários utilizadores trabalharem o mesmo projeto com a mesma informação. Assim é possível ter vários intervenientes a trabalhar sobre um único modelo virtual, tais como os arquitetos, fabricantes, engenheiros, construtores, proprietários, etc; sendo que é possível dar certas funções a um utilizador, com o intuito de adicionar, modificar ou extrair informação (Moreira, 2012, p. 74).

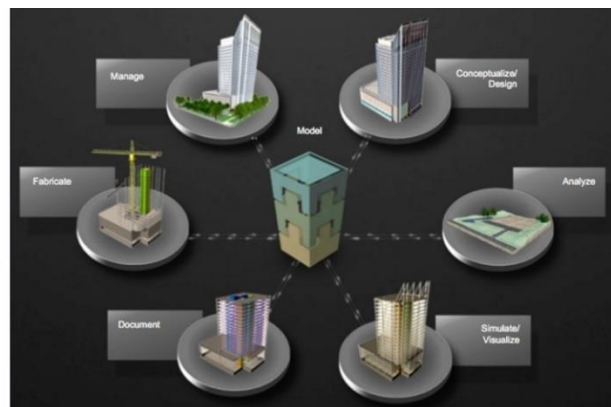


Figura 11. Interoperabilidade entre os profissionais da AEC; **Figura 12.** Modelo central em BIM, com várias finalidades

4. A natureza paramétrica dos objetos nos sistemas BIM. Na natureza dos BIM, existe um número reduzido de objetos, dos quais criam uma grande quantidade de elementos de construção. Sendo que o projetista fica com maior liberdade de expressão para ao seu projeto, no momento em que trabalha sobre estes objetos.
5. A direta comunicação dos sistemas BIM com determinadas ferramentas computacionais para a construção de componentes do edifício. Através da tecnologia CAM – Computer Aided Manufacturing, consegue-se estabelecer uma ligação direta com os sistemas BIM, de modo a desenhar-se os elementos do edifício, e logo de seguida proceder à sua fabricação.

2.4. INTEROPERABILIDADE

Este conceito está bastante associado aos sistemas BIM, devido à sua necessidade de troca de informação dentro de um sistema computacional. Um *software* não consegue por si só trabalhar com todos os projetos de especialidades dum edifício, durante o processo de projeção. O sentido da interoperabilidade é a possibilidade de trocar informação para outros *softwares* melhorando a comunicação entre os vários utilizadores, de maneira a aumentar o trabalho e análise sobre o mesmo modelo. A interoperabilidade, que tem na sua base o verbo interoperar, traduz o sentido de trabalho entre vários profissionais num único modelo, utilizando diferentes *softwares* (Eastman [et al.], 2008, p. 65).

2.4.1. IMPORTÂNCIA DA INTEROPERABILIDADE

Um edifício é definido por varias fases, que são criadas segundo uma sequência, mas que não é feita de modo rígido. Cada fase sustenta a informação que é partilhada para todo o ciclo de trabalho, podendo essa mesma ser gravada em vários formatos de acordo com os seus utilizadores. As fases de trabalho funcionam como hiperligações, cada uma só funciona perante a outra, daí a informação de saída de uma fase, é informação de entrada numa fase seguinte.

Ao conceber-se um edifício, a primeira fase começa por ser o trabalho com a envolvente em que este se vai inserir, e a fase seguinte já vai trabalhar segundo a

projeção do edifício, tendo sempre em atenção à informação utilizada na fase anterior. A colocação do edifício no terreno, vai ser feita mediante a disposição solar do local, e através deste parâmetro o arquiteto vai ter em atenção às relações obtidas dessa mesma, de forma a dar um maior conforto aos vários espaços do edifício a construir. A informação adicionada ao modelo virtual vai ser melhorada quando se funciona segundo um processo interoperabilidade, graças também a utilização de vários *softwares*, por parte de cada interveniente, durante o processo de projeção. Apesar de diferentes *softwares*, a informação vai-se mantendo. Assim a interoperabilidade é a necessidade de troca de informação, e a capacidade de elimina-la quando esta se encontre repetida, facilitando o fluxo de trabalho (Martins,2012, p. 67).).

A arquitetura e a construção são atividades que se complementam, tal como as ferramentas que os suportam. Deste modo o processo de interoperabilidade é fundamental para os vários profissionais das AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção. A necessidade da interoperabilidade começou no final da década de 70, princípios da década 80, do séc. XX com os ficheiros de CAD 2D, inseridos no programa Intergraph. Traduzia-se assim arquivos de projeto neste *software* de forma a se obter a informação pretendida, que era assim expressa através da documentação. A complexidade que se veio a impor ao longo dos anos para formular o projeto de execução de um edifício, é demonstrada assim pela intervenção de vários projetistas com determinadas formações dentro da Construção Civil. O resultado desta união de conhecimentos é refletida pelas diferentes plataformas de trabalho dos vários profissionais, que acaba por originar este processo de interoperabilidade de modo a concretizar todas as ideias dos vários projetistas, num único modelo virtual (Eastman [et al.], 2008, pág. 66).

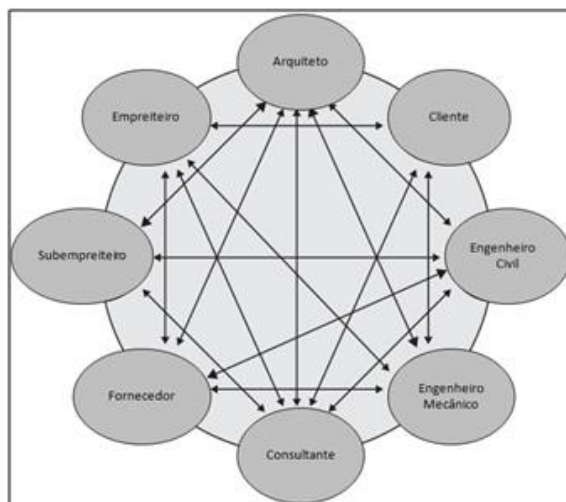


Figura 13. Interoperabilidade entre os profissionais da AEC

2.5. SOFTWARES BIM

Devido ao modelo virtual ser criado segundo várias especialidades da construção, cada profissional vai projetar a sua parte com o *software* que mais lhe convém. Hoje em dia podemos encontrar vários fabricantes e desenvolvedores de sistemas BIM, como o caso da Autodesk, Graphisoft, Bentley, etc. Assim organiza-se de modo alfabético os principais *softwares* BIM, presentes neste estudo:

2.5.1. AUTODESK REVIT

Este *software* é o mais conhecido no mercado, e líder atual para o uso no projeto de arquitetura. O potencial deste *software* está na capacidade de coordenar todos os elementos inseridos numa única base de dados, de maneira a conseguir oferecer ao usuário uma rápida revisão dos resultados obtidos, segundo a observação do modelo virtual, e através dos vários documentos que compõem. É possível ainda criar novos objetos paramétricos dentro deste *software* (Eastman [et al.], 2008, pag. 57).

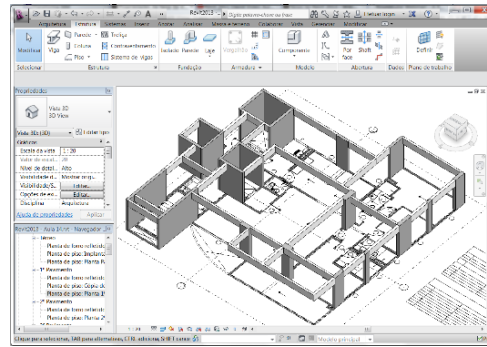


Figura 14. Revit

2.5.2. BENTLEY ARCHITECTURE

O ambiente Bentley trabalha segundo os vários softwares da sua família. Pertencem a família Bentley os *softwares*: Bentley Architecture, Bentley Structure, e Bentley HVAC. Este fabricante tenta simplificar a utilização dos aplicativos Bentley, através do trabalho com os ficheiros de projeto em CAD, daí a sua salvaguarda ser feita em formato DWG.

Este *software* também oferece uma maior facilidade para a criação de novos objetos paramétricos, através do Parametric Model Studio (Eastman [et al.], 2008, p. 80-81).

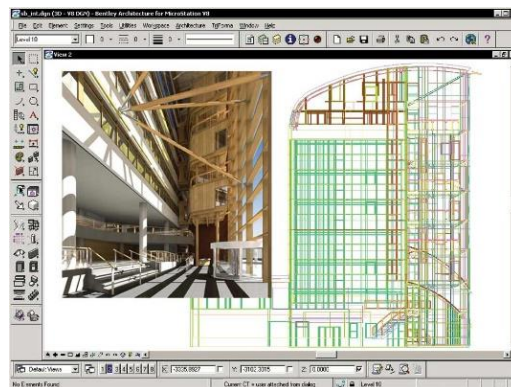


Figura 15. Bentley Microstation

2.5.3. GEHRY TECHNOLOGY DIGITAL PROJÉT

Este *software* foi desenvolvido pela empresa de tecnologia associado ao arquiteto Frank O. Gehry, a Gehry Technologies, com base no sistema computacional CATIA. Este *software* é complexo, mas a sua aprendizagem é feita através de uma sequência. O Digital Project contém definições que estão aliadas às classes dos objetos paramétricos, dos quais se está a trabalhar.

É um excelente aplicativo para criar formas complexas, podendo ser depois utilizado na produção dessas mesmas formas. Este aplicativo é mais associado a produção de modelos de carros, aviões, etc, escasseando alguns recursos aplicados à construção (Eastman [et al.], 2008, p.85).

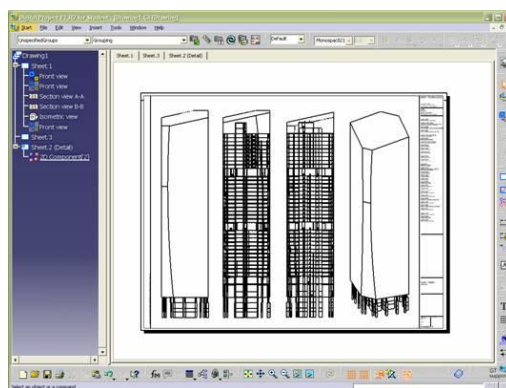


Figura 16. Digital Project

2.5.4. GRAPHISOFT ARCHICAD

O Archicad é um *software* BIM de fácil interação. A sua estrutura tenta ajudar o utilizador a se inserir no seu ambiente, através de cursores inteligentes, bem como os seus menus estão feitos de acordo com as tipologias de componentes da construção civil. Os desenhos gerados pelo Archicad, a partir do modelo virtual são feitos automaticamente, e representam as várias vistas que compõem o edifício. É possível observar a progressão feita ao longo do projeto, através da capacidade de detalhe que o Archicad oferece, graças as vistas associadas à pormenorização quer em 2D e 3D.

O Archicad oferece uma vasta biblioteca de objetos paramétricos. Podemos associar alguns destes objetos ao trabalho de modelação do terreno, bem como ao interior do edifício, que se está a projetar. Todas as geometrias que são criadas pelos objetos do Archicad, e os novos modelos produzidos são realizados através do motor Geometric Description Language (GDL⁴) baseada na construção CSG⁵, e pelo sistema de visualização Visual Basic-Link (Eastman [et al.], 2008, p.83).

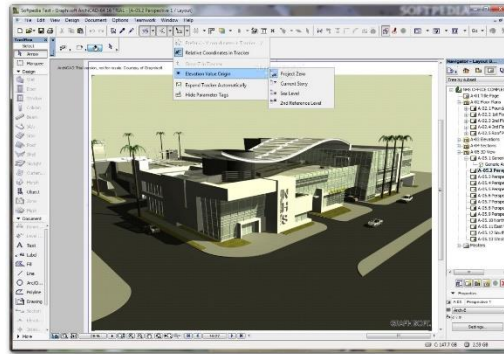


Figura 17. Graphisoft Archicad

2.5.5. NEMESTSCHECK VECTORWORKS

O Vectorworks é um *software* que tenta representar o ambiente de trabalho do arquiteto, no que toca a objetos paramétricos necessários para representar um edifício. Este aplicativo trabalhar com toda uma lista de especialidades ligadas a construção, sendo elas: a arquitetura, o *design*, o território, a análise da iluminação, e o desenho das instalações mecânicas. Este *software* oferece também uma vasta biblioteca de objetos, trabalháveis, e apoia a criação de novos objetos por parte do utilizador (Eastman [et al.], 2008, p. 88).

⁴ GDL: In computer-aided design, Geometric Description Language (GDL) is the programming language of ArchiCAD library parts. GSM is the file format of these CAD objects (GDL, 2013, s. pg.)

⁵ CSG: Constructive Solid Geometry, em Portugues GSC - Geometria Sólida Construtiva, é uma das técnica para modelagem de sólidos por meio de operações booleanas. O princípio básico implica a construção de um modelo complexo a partir de um conjunto de primitivas recorrendo-se de uma série de operações booleanas sequenciais alternadas ou não, tipicamente a União, Interseção e a Diferença (CSG, 2013, s. pg.).

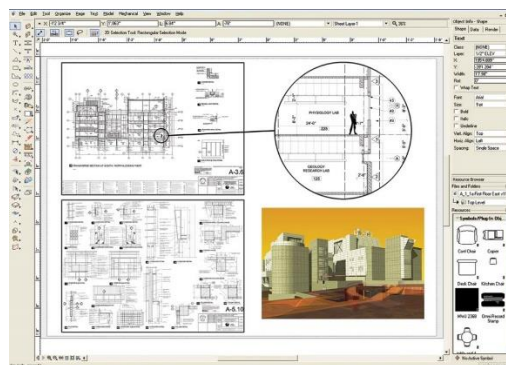


Figura 19. Nemetscheck Vectorworks

2.5.6 - TEKLA STRUTURES

A Tekla Structures é a ferramenta mais utilizada para a criação de estruturas na construção civil, sendo que consegue apoiar os vários profissionais que trabalham sobre o mesmo modelo. É um *software* que trabalhou sempre com elementos de betão pré-fabricado, mas que veio ao longo dos anos a melhorar o seu trabalho sobre outros tipos de materiais, como o caso da madeira e do aço. Tem a capacidade de ter uma análise administrativa da construção. É um *software* que tenta rentabilizar a fabricação automatizada. As suas funcionalidades são facilmente aprendidas, mas é necessário tomar algum tempo para conhecer todas as suas capacidades (Eastman [et al.], 2008, p. 88).

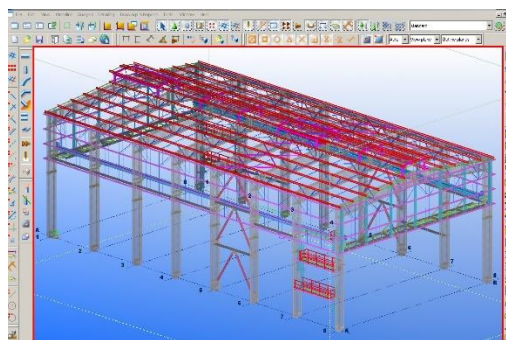


Figura 18. Tekla Structures

2.6. O PORQUE DA ADOÇÃO DOS SISTEMAS BIM

Após a análise dos vários componentes que constituem os sistemas BIM, desde: a modelação paramétrica, a interoperabilidade, entre outros convém perceber de que forma eles melhoram a interação do arquiteto com o seu projeto. Para entender

melhor esta interação, e perceber o porquê da necessidade de adoção dos sistemas BIM em detrimento de outros sistemas, podemos observar esta posição a partir da seguinte tabela, que compara os sistemas CAD convencionais, com os sistemas CAD 3D e com os sistemas BIM.

2.6.1. TABELA COMPARATIVA DO CAD, CAD 3D E BIM

	SISTEMA CAD BIDIMENSIONAL	SISTEMA CAD TRIDIMENSIONAL	SISTEMAS BIM
Representação	Geometria	Geometria	Geometria, dados e parâmetros
Representação	Bidimensional	Bidimensional/tridimensional Possuem ferramentas para criação de modelos tridimensionais com formas simples e complexas	Bidimensional/tridimensional Possuem ferramentas para criação de modelos tridimensionais com formas simples e complexas*
Parametrização (atualização desenhos)	Qualquer alteração em uma representação ortográfica deve ser manualmente atualizada nas outras representações ortográficas	Qualquer alteração em uma representação ortográfica exige a re-extração de projeções ortográficas e sua complementação manual	Qualquer alteração em um objeto é automaticamente atualizada em todas as plantas
Propriedade dos materiais	Não possui atributos especificando as propriedades dos materiais	Não possui atributos especificando as propriedades dos materiais	Possuem banco de dados com atributos especificando as propriedades dos materiais
Colaboração entre as equipes de projeto	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Não permite a colaboração simultânea no mesmo arquivo	Permitem colaboração entre as equipes do projeto
Interoperabilidade com sistemas de análise ambiental	Interoperabilidade limitada a exportação da geometria - os desenhos podem ser exportados somente como .dwg ou .dxf	Interoperabilidade limitada a exportação da geometria - os desenhos podem ser exportados somente como .dwg ou .dxf	Interoperabilidade – o modelo pode ser exportado em vários formatos
Sustentabilidade	Não possui estratégias sustentáveis	Possuem estratégias sustentáveis limitadas	Possuem estratégias sustentáveis - permitem exportação para softwares de simulação ambiental e a possibilidade de analisar as atribuições e o comportamento dos materiais
Estimativa de custos	Não possui ferramentas para estimativa de custos	Possui ferramentas limitadas para estimativas de custos	Possuem ferramentas para estimativa de custos

Continuação

Planejamento da construção	Não permite planejamento da construção	Permite, de forma limitada, o planejamento da construção	Possuem ferramentas para planejamento da construção
Ocupação pós-construção	Não possibilita gerenciamento após a construção	Possibilita gerenciamento limitado após a construção	Possibilita gerenciar a pós-ocupação da construção

Tabela 1. Comparação entre os sistemas CAD e os sistemas BIM

Nesta tabela divide-se os sistemas CAD em dois: bidimensional e tridimensional. Esta divisão deve-se ao CAD 3D poder modelar alguns elementos nessa vista, bem como ainda observar algumas estratégias a nível da sustentabilidade do edifício, algo que não existe no CAD 2D, devido ao trabalho com as geometrias abstratas, como o exemplo das linhas e das tramas.

O ponto maior de distinção dos três sistemas é então a geometria. As geometrias nos sistemas BIM são feitas através de parâmetros, sendo que estes representam de modo concreto os componentes de um edifício. A união de todos os elementos de construção resulta num modelo completo de edificação. Todo o modelo é integrado, tal como uma peça única. Esta integração facilita a conceção de outros documentos como plantas, cortes, alçados, derivado à sua capacidade direta de representação nessas vistas, e das suas sistemáticas atualizações.

A interoperabilidade, é um processo que nos sistemas CAD não tem tanta expressão pois só é possível exportar determinadas formas geométricas. Nos sistemas BIM é possível através da interoperabilidade, exportar o modelo e os seus atributos para outro tipo de *software* com as mesmas capacidades. Através da tabela percebemos que a evolução que houve com os sistemas BIM veio a melhorar a produção de projetos de arquitetura.

2.6.2. OS BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS BIM

Nos sistemas BIM poderemos ter benefícios diretos e indiretos. Os benefícios diretos são a qualidade da visualização, bem como o armazenamento da informação relativa à construção. Nos benefícios indiretos temos o trabalho colaborativo entre

os vários intervenientes do projeto – a interoperabilidade. Em geral podemos trabalhar o modelo virtual, retirando todos os seus erros de forma a não existir problemas, durante o processo de construção do edifício.

Esta melhoria apresentada pelos sistemas BIM tenta de alguma maneira reduzir os erros que venham sendo apresentados por outras representações. As correções que os vários produtores/desenvolvedores de sistemas BIM vêm fazendo ao longo dos anos em função das plataformas de trabalho, resultam numa crescente melhoria na produção de projetos de arquitetura, graças a um maior estudo em volta dos métodos de trabalho utilizados por partes dos arquitetos.

A permanente simulação de um modelo virtual realizado por parte de um *atelier*, contribui para uma melhor reflexão sobre o mesmo, e daí a necessidade de todos os trabalhadores estarem a par do mesmo projeto para que este seja um modelo que agrade a todos os intervenientes. Graças muito à colaboração dos vários profissionais da construção civil, muitos dos erros obtidos ao longo do processo de construção conseguem desaparecer por completo. Desta maneira, os benefícios dos sistemas BIM são inerentes à sua natureza, pois o utilizador é que vai trabalhar de forma a melhorar o seu projeto.

Num contexto geral os benefícios dos sistemas BIM são focados na visualização, colaboração e eliminação de erros do projeto (Kymmell, 2008, p. 46-47).

Mas de forma a se perceber como estes benefícios podem refletir no trabalho do arquiteto, e do construtor em volta dos sistemas BIM, esse estudo será expresso nos capítulos referentes ao BIM na Arquitetura, BIM na Construção e BIM na pré-fabricação.

3

BIM NA ARQUITETURA

3.1. CONCEITOS RELACIONADOS COM A ARQUITETURA

No estudo da arquitetura temos vários conceitos que tentam entender de que maneira esta relaciona-se com os seus intervenientes. A introdução de uma nova metodologia de trabalho através dos sistemas BIM, no processo de projeto de arquitetura, obriga a que o arquiteto busque de novos conhecimentos para se inserir da melhor forma neste novo processo de desenho digital, mas sempre a trabalhar com os elementos base da Arquitetura. Daí a metodologia de trabalho a ser utilizada pelo arquiteto tenta representar a conceção de um edifício, através dos desenhos realizados ao longo do processo de projeto. Daí a necessidade de se analisar alguns conceitos que se encontram por detrás da Arquitetura, tais como: o projeto, o desenho. Após estas análises e possível abordar esta nova metodologia, aquando da sua utilização por parte do estudante e do profissional de Arquitetura.

3.1.1. ARQUITETURA

O conceito de arquitetura é bastante discutido pelos intervenientes que a estudam e praticam, mas alguns arquitetos que marcam o nosso dia-a-dia tentam através da suas ideias dar um conceito próprio de Arquitetura.

O conceito mais antigo relacionado com a arquitetura: é a arte de compor e construir toda a espécie de edifício, segundo as regras e proporções convenientes. Uma das belas-artes ou Artes do desenho, a par da Pintura e da Escultura: é a arte de planejar,

edificar e ornar edifícios, adequando-os a uma função, mas dando-lhe uma qualidade estética (Silva, 2005, pág., 41).

Podemos obter outras definições que se fundam mais sobre os conceitos de projeção de Arquitetura como indica da seguinte forma Oscar Niemeyer:

“A Arquitetura é invenção. E sob essa prima de compreensão, é que realizo os meus projetos, sempre em busca da beleza, de soluções expressivas, diferentes, capazes de causas surpresa”

Joana Helm, 2011, s. pg.

Podendo distinguir-se de outros arquitetos, do qual as suas definições de Arquitetura estão em volta do processo construtivo segundo a composição espacial do edifício, tal como refere Lúcio Costa:

“Arquitetura é antes de mais nada, de construção, mas construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinar finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente arte plástica. Porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto, desde a germinação do projeto, ate a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites – máximo e mínimo – determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionadas pelo meio, reclamado pela função ou impostos pelo programa, - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada.”

Silva, 2005, p. 41

Estas definições aqui apresentadas tentam expressar os valores em análise ao longo do tema em estudo, que partem da arquitetura e da construção, entre outras definições que sejam intrínsecas a estas duas.

3.1.2. PROJETO

O termo projeto vem do latim “*projetu*”, que significa: lançar para diante. A nível de ideias, significa que uma ideia se formaliza visando executar ou realizar algo no futuro. Aplicado à arquitetura, essas ideias formalizam-se codificando um cenário futuro que vai ser concretizado, e as ações necessárias para que este seja criado. No sentido filosófico do conceito projeto, este representa a antecipação de possibilidades, isto é, toda previsão, predição, predisposição, ordenação, predeterminação, etc, constituindo-se numa meta, como também serve como uma maneira de ser e agir distinta de quem recorre a esta (Projeto, 2013, s. pg.).

3.1.3. DESENHO

O desenho, é originário do latim “*disegno*”. Refere o traçado ou delineação de um edifício ou figura. Expressa a busca de uma ideia original de um objeto ou obra destinados à produção em série. O mesmo pode tentar definir um projeto ou plano, de forma a descrever este verbalmente, através de riscos, cores, etc (Silva, 2005, p. 126).

O desenho está ligado às artes, e à construção civil, entre outros. O desenho é o processo pré-liminar da configuração mental e na busca de uma solução. Assim o desenho corresponde à representação de uma obra futura. O ato de desenhar representa a expressão criativa do homem, mas podendo servir para uma realidade já existente. O desenho pode ser expresso no verbo desenhar, que indica uma ação do homem, na produção do objeto que o homem utiliza, ou utilizada no substantivo desenho, que indica uma expressão final do ato de desenhar, como exemplo dos cortes, alçados e plantas na arquitetura (Silva, 2005, p. 126).

Desenho de arquitetura

É a representação gráfica numa superfície, de expressão arquitetónica, pela linha, contorno, e forma. É o desenho numa escala adequada, como resultado de uma criação artística baseada na sensibilidade e na razão, o duplo aspeto próprio da arquitetura. É o meio pelo qual o arquiteto expõe a ideia, interpreta um desejo. É a linguagem do estado de um anteprojeto ou de um projeto arquitetónico, por meio

do traço, das plantas e dos cortes e das fachadas, concretiza-se pelo desenho uma ideia, uma conceção (Silva, 2005, p. 126-127).

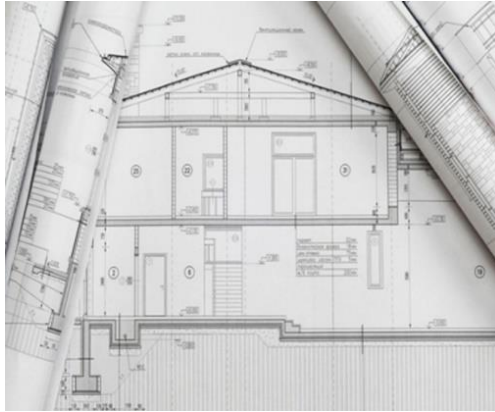


Figura 20. Desenho de Arquitetura

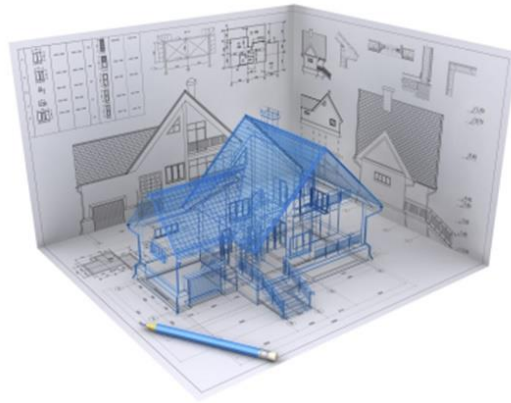


Figura 21. Desenho de Arquitetura em busca de um modelo 3D

3.3. BIM NO PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA

Perante a análise anterior de alguns conceitos que tentam definir a arquitetura, podemos partir para a análise da interação desta com o novo sistema de desenho computacional – o BIM. Primeiro tenta-se perceber de que modo o arquiteto está presente na formulação de um programa para determinado edifício; e no segundo ponto tenta-se entender quais os processos de conceção de projeto por parte dos arquitetos. Neste ponto vai-se estudar de que forma o arquiteto procede para a conceção das suas ideias durante o processo de projeto, utilizando determinados *softwares*, que buscam explorar a liberdade do projetista, representada através da forma. No terceiro ponto, dá-se compreender de que maneira os sistemas BIM conseguem explorar os conceitos e as ideias, apesar ainda da sua pouca utilização neste processo.

3.3.1. PROCESSO DE PROGRAMAÇÃO E CONCEÇÃO DO ANTEPROJETO DE ARQUITETURA

Perante a integração do projeto de arquitetura num sistema BIM, temos que ter em atenção que esta união ainda é pouco refletida pelos seus utilizadores, para expressar as suas ideias concetuais. Por vezes para se definir um projeto, o arquiteto tem que inserir-se na conceção do programa do edifício, em que este é definido

pelas áreas dos espaços, tipo de construção, avaliação funcional, e viabilidade económica. Perante a criação do programa é concebida então a estrutura do edifício através da sua construção pi-a-piso, bem como a sua colocação no terreno, perante a disposição solar, e as edificações aí já existentes. As decisões de busca de um programa para o edifício, e o encontro de uma forma, são os pontos fundamentais para a criação de uma base conceitual do edifício (Eastman [et al.], 2008, p. 205).

3.3.2. PROCESSOS MAIS UTILIZADOS PELOS ARQUITETOS NA CONCEÇÃO DE PROJETO

O desenho conceitual de um edifício, é criado pelos projetistas mais experientes, através da colaboração com a sua equipa no *atelier*. Este processo é feito através de uma primeira abordagem de um conceito aplicado ao edifício em volta de esboços, em que o lápis da vida a estes. Os esboços tornam-se na base para a definição do projeto. Devido à necessidade de se utilizar o lápis para conceber o projeto de arquitetura, os sistemas computacionais mais complexos como o BIM, são ainda pouco explorados, devido sobretudo a uma maior necessidade compreensão cognitiva dos mesmos. Os *softwares* ligados ao BIM ainda não contêm por completo uma função de criação conceitual e formal das ideias do arquiteto. Devido a isto, muitos são os arquitetos que exploram outros *softwares* para expressar melhor as suas ideias conceituais. Dentro desses aplicativos temos: o SktcheUp, Bonzai3d, e o Rhinoceros que se tornam como ótimos aplicativos para a expressão formal, espacial e conceitual. (Eastman [et al.], 2008, p. 205).

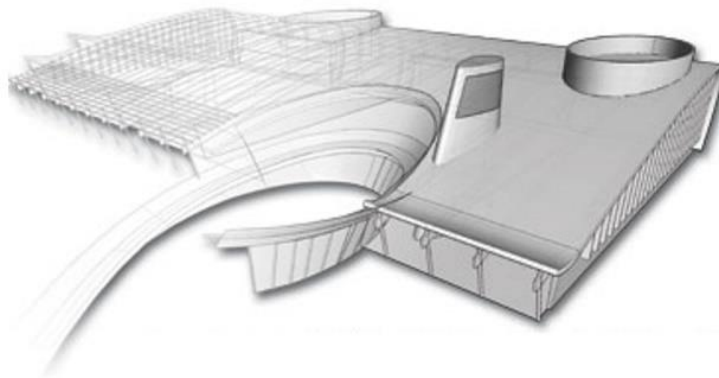


Figura 22. Definição do processo conceitual de projeto expresso em Bonzai3d

3.3.3. MELHORAMENTOS REALIZADOS NOS SISTEMAS BIM, DE MANEIRA A OFERECER UMA BASE CONCEITUAL DO PROJETO

Devido às limitações obtidas pelos sistemas BIM, em volta da expressão conceitual do edifício, os vários desenvolvedores tentam hoje em dia viabilizar melhor este processo, através de melhorias aplicadas aos seus *softwares*. Algumas ideias passam pelo trabalho sobre as “massas/volumetrias” ou a procura de um objeto, composição formal ideal. Estes objetos tentam ser trabalhados através de uma personalização paramétrica, feito segundo uma expressão mais liberal das formas que compõem o edifício

Algumas das melhorias aplicadas na concepção do projeto arquitetura, nos vários *softwares* BIM são:

- Adição no Autodesk Revit, de ferramentas de trabalho sobre massas, oferecendo uma maior facilidade de criação de formas livres, bem como a colocação de uma grelha sobre uma superfície de modo a ser trabalhada este de forma paramétrica;
- A Graphisoft Archicad e o Vectoworks tentam trabalhar as suas formas de modo liberal, através da integração de um sistema de modelação tridimensional, como o caso do Cinema 4D. Ambos *softwares* conseguem trabalhar com massas de maneira a se conseguir um conceito formal para o projeto de arquitetura;
- A Bentley Architecture na sua base contem ferramentas de modo a auxiliar o processo conceitual para o projeto de arquitetura.

Num modo geral existe uma crescente melhoria para o processo conceitual do edifício, dentro dos sistemas BIM, e no qual é ainda aperfeiçoado quando se trabalha em volta de um gerenciador de análises energéticas e ambientais, sendo eles:

- Revit – Ecotec Analysis, Green Building Studio;
- Archicad – EcoDesigner; Bentley – GBXML. Estes analisadores estão integrados nos *softwares*, em forma de extensões.

Através destas extensões o processo conceitual pode ser auxiliado, por exemplo através de um estudo solar de maneira a se perceber melhor a colocação do edifício no terreno, e a partir daí a sua forma poderá ser gerada segundo essas mesma disposição (Eastman [et al.], 2008, p. 201).

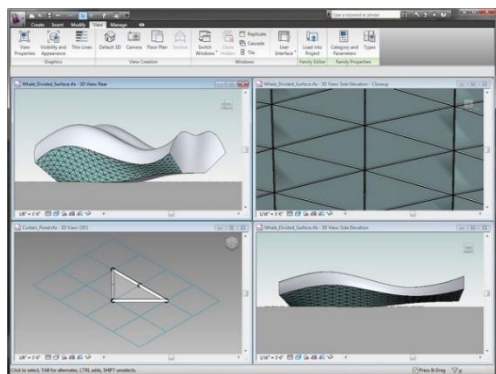


Figura 23. Modelo conceitual de um edifício em Revit

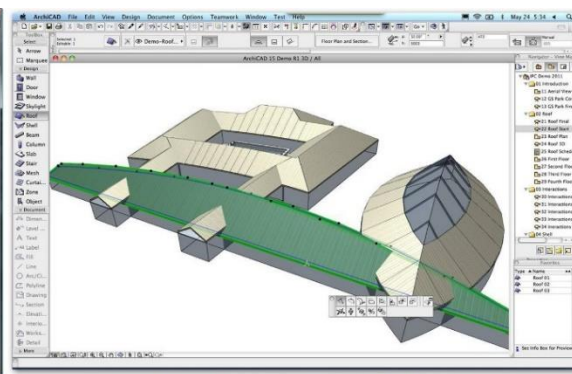


Figura 24. Modelo conceitual de um edifício em ArchiCAD

3.4. BIM NO PROCESSO DE ENSINO DE ARQUITETURA

A metodologia de ensino da arquitetura, busca na concepção de projetos, e nestes são representados determinados edifícios em estudo. Assim o ensino da arquitetura enverga pelas fases iniciais do projeto, estudos preliminares e anteprojeto, deixando para um segundo plano a construção e a viabilidade técnica, que muitas vezes é pouco referida. Devido a isto, a criação de um projeto é pouco fundado no sistema construtivo, mas sim numa base conceitual.

O projeto torna-se um processo de busca de forma, relações espaciais, e as exigências atribuídas pelo programa, sem haver grande consideração sobre as estruturas e instalações, bem como uma falta de clareza do sistema construtivo aplicado ao edifício em que se está a trabalhar. Devido a esta falta de análise sobre estes parâmetros, o aluno não percebe por completo de que forma o edifício vai ser construído, bem como entender que elementos o constituem, e como estes se integram na construção. Esta falta de aprendizagem na construção, proporciona a um aluno uma maior dificuldade de compreensão desta após o seu percurso académico, e que é demonstrada quando ele se insere no mundo de trabalho, aquando da sua entrada num *atelier*, ou numa empresa.

Com uma educação auxiliada através de um processo sobre os sistemas BIM, o aluno vai ter uma aprendizagem mais integrada, graças à criação de elementos construtivos que são observados e trabalhados em três dimensões. No processo de desenho quer seja da estrutura, das caixilharias, das fundações, o aluno vai entender como é feita a sua colocação no espaço, bem como observar o processo construtivo do edifício. Este processo não deixa de ser consolidado com o trabalho realizado no estaleiro de obras, mas serve como princípio para a melhor percepção desse mesmo (Florio, 2007, pág. 7).

A criação de um modelo virtual, com a definição do seu processo construtivo em BIM, faz com que tenhamos sempre em atenção a esse, durante o processo de projeto. Muitos dos erros obtidos na criação de projetos académicos, decore da falta de compreensão do processo construtivo em que se está a trabalhar, segundo as sequencias que este se desenvolve. Estes erros podem ser diluídos com a introdução de uma maior pormenorização dos encaixe e das montagens, que são observadas e analisadas durante o processo de modelação, de modo a se substituir aos poucos os desenhos 2D abstratos, por desenhos mais detalhados e mais precisos do processo construtivo, que se está a analisar.

Esta compreensão do processo construtivo e o seu modo de criação sequencial, faz com que se entenda melhor as soluções escolhidas, bem como reduzir os gastos associados a estes, devido aos desperdícios de material e de tempo. Desta maneira, existe uma maior facilidade no entendimento das novas dimensões associadas aos sistemas BIM, que são o 4D (3D + tempo) e 5D (3D + tempo + custos) (Florio, 2007, pág. 7).

Algumas academias tentam implementar nos cursos associados à construção civil, uma aprendizagem associada aos sistemas BIM para apoio dos seus projetos. A University of Salford em Manchester implementa esta ideologia, desde os primeiros anos do curso ligados às AEC, sendo assim um dos melhores casos existentes na atualidade. Esta universidade tenta dar a perceber aos seus alunos, que não se deve fazer uma aprendizagem distanciada dos processos computacionais, mas sim fazer esse percurso lado a lado com estes novos sistemas, para que a tecnologia acabe por

ser uma ferramenta idêntica ao lápis, que está sempre presente quando o arquiteto mais precisa.

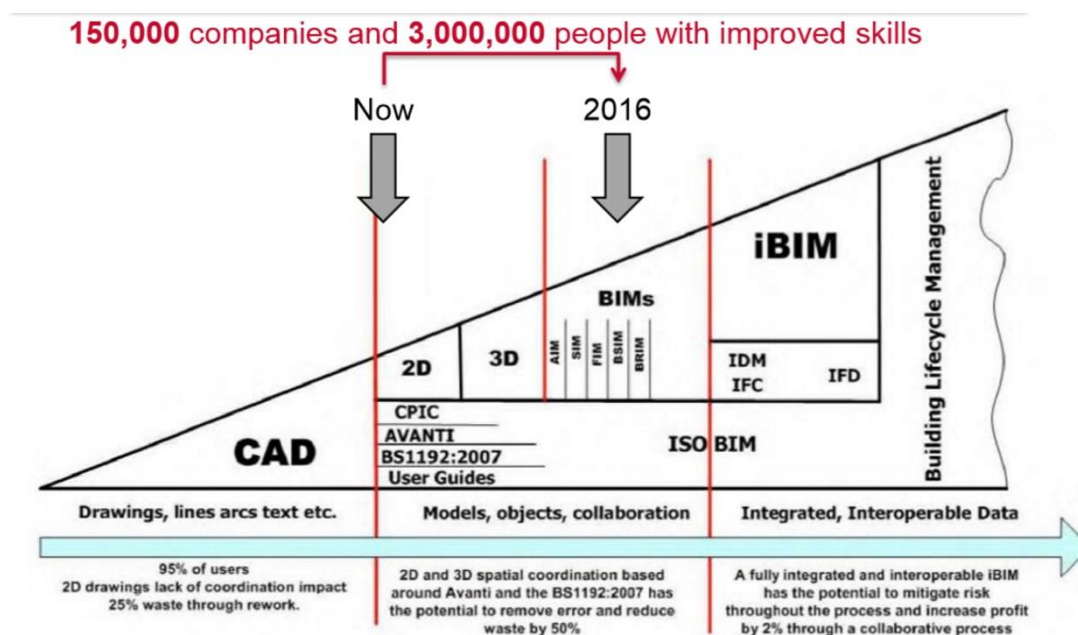


Tabela 2. Crescimento dos sistemas computacionais nos profissionais da AEC, e na educação

3.5. IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS BIM NOS ATELIERES DE ARQUITETURA

A introdução dos sistemas BIM nas academias de arquitetura, é de fácil entendimento por para os alunos que a vão estudar, pois a suas mentes são jovens, o mesmo já não é tão simples num *atelier*. A inserção destes sistemas num *atelier* não se torna simples, pois os profissionais de arquitetura já vêm a trabalhar com outros sistemas, e a aprendizagem desta metodologia, envolve neste caso gastos. Daí a necessidade de demonstrar aos arquitetos que a adoção destes novos sistemas pressupõem um melhoramento significativo no processo de projeto, bem como estes sistemas brindam com uma maior oferta ao projeto de arquitetura, ao contrário de outros sistemas.

Segundo Eastman, os *ateliers* podem adotar medidas para uma fácil introdução dos seus trabalhadores nos sistemas BIM, tal como:

- O auxílio de trabalhadores mais novos no gabinete, para com os mais experientes de forma a inserirem-se nestes sistemas;

- Prever um treino sobre o software BIM dia sim, dia não através de um horário flexível aos trabalhadores;
- Oferecer aos trabalhadores um local relaxado para o treino sobre estes sistemas;
- E por último, ter acesso a empresas e *ateliers*, que tenham implementado esta nova metodologia de forma a perceber que atitudes a tomar para a sua própria adoção.

Apesar destas atitudes de forma a melhorar a implementação dos sistemas BIM, nada é garantido, pois no *atelier* são varias pessoas, de diferentes gerações a trabalhar, e estas podem ter uma aprendizagem mais ou menos facilitada. Outros desafios são introduzidos com a adoção dos sistemas BIM, tal como o maior número de documentos produzidos por estes sistemas. Esta produção reduz algumas horas de trabalho, que no entanto são gastas na produção de um modelo tridimensional completo por parte um ou de vários trabalhadores mais experientes nestes sistemas, dentro do próprio *atelier*. Graças a uma maior experiencia, por parte destes mesmos trabalhadores, é possível que estes possam produzir todos os detalhes dentro do modelo, diminuindo assim o número de desenhos, que antes eram fundamentais para a pormenorização do projeto de arquitetura. Através desta redução na produção de desenhos, reduz-se o número de pessoas a trabalhar nos mesmos, mas daí cria-se a necessidade de haver mais pessoas a trabalhar no modelo 3D, nunca deixando de se necessitar do mesmo número profissionais por parte do gabinete (Eastman [et al.], 2008, p. 258-259).

Apesar destas consequências, é de referir que o investimento num *software* é um custo que tem de ser refletido por parte do *atelier*, de forma a perceber de que maneira este pode contribuir para a evolução deste ambiente de trabalho. Não só podemos falar dos custos associados ao programa, mas também dos gastos para o treino dos vários profissionais do gabinete. Esta necessidade de adoção de um novo sistema de desenho computacional, poderá ser obrigatório num futuro próximo, mas o que acaba por ser necessário é dar a entender aos vários profissionais das AEC, que um investimento deste tamanho só consegue oferecer ganhos a longo prazo.

1. BIM implementation cost

	BIM implementation cost							
	software		hardware		staff training		initial increment in project time	
	cost	%	cost	%	cost	%	cost	%
2006	7.457,50 €	12%	3.756,53 €	11%	12.990,00 €	17%	32.544,00 €	52%
2007	4.364,00 €	7%	10.790,00 €	32%	13.200,00 €	17%	18.892,50 €	30%
2008	13.599,00 €	21%	5.292,58 €	16%	19.924,00 €	26%	11.354,40 €	18%
2009	5.915,00 €	9%	3.714,17 €	11%	10.200,00 €	13%	0,00 €	0%
2010	19.331,00 €	30%	6.147,76 €	18%	6.935,00 €	9%	0,00 €	0%
2011	7.024,00 €	11%	3.168,78 €	9%	5.600,00 €	7%	0,00 €	0%
2012	6.923,00 €	11%	845,00 €	3%	8.960,00 €	12%	0,00 €	0%
total	64.613,50 €	27%	33.714,82 €	14%	77.809,00 €	33%	62.790,90 €	26%
total							238.928,22 €	

Tabela 3. Custo da implementação dos BIM

2. BIM implementation benefits

	Benefit			
	Company's benefit		Clients' benefit	
	increase of profit imputed to BIM	%	decrease in hourly rate	%
2006	3.940,00 €	2%	0,00 €	0%
2007	7.048,00 €	4%	20.496,00 €	3%
2008	8.570,00 €	5%	106.060,50 €	17%
2009	13.630,00 €	8%	141.586,73 €	22%
2010	152.370,00 €	86%	125.178,50 €	20%
2011	74.450,00 €	42%	157.972,05 €	25%
2012	-82.630,00 €	-47%	81.444,00 €	13%
total	177.378,00 €	22%	632.737,78 €	78%
total				810.115,78 €

Tabela 4. Benefícios com a implementação dos BIM

As duas tabelas representam: a 1ª os custos associados à introdução dos BIM, em atelier do ano de 2006 a 2012; e a 2ª o benefícios dessa implementação no mesmo período de tempo, associados ao atelier CNLL-Carlos Nuno Lacerda Lopes

BIM NA CONSTRUÇÃO

O processo de construção é uma das fases que tem bastante importância por parte dos vários profissionais da AEC. O arquiteto tem sempre consciência no seu projeto, qual processo construtivo a utilizar, bem como a expressão de que certos materiais determinam as suas ideias e os seus conceitos.

Eastman refere na sua obra o seguinte sobre o processo de construção aliado aos sistemas BIM:

“Utilizing BIM technology has major advantages for construction that save time and money. An accurate building model benefits all members of the project team. It allows for a smoother and better planned construction process that saves time and money and reduces the potential for errors and conflicts.”

Eastman [et al.], 2008, p. 263

Devido às premissas aqui referidas pelo autor, demonstrado através do interesse de se utilizar um modelo virtual de forma a reduzir determinados erros ocorridos no processo de construção, no qual é mais aprofundado no 1º ponto deste capítulo, que retrata o significado da construção; e num 2º ponto vai-se perceber de que forma a construção, se está a relacionar com os sistemas BIM. Esse último ponto divide-se em itens 3 sendo eles: 1 - Processo de planeamento da pré construção; 2 – Processo de construção; 3 – Pós Construção.

4.1. CONSTRUÇÃO

A construção deriva do termo latim *construtione*. Significa a corporização de um projeto técnico ou mental, edifício de obra de engenharia, trabalho fluvial ou marítimo de proteção à utilização ao Homem. Obra em elaboração ou concluída (Branco, 1993, p. 62).

Quer na arquitetura e na engenharia, a construção é a execução de um projeto previamente elaborado, seja de uma edificação ou de uma obra de arte, sendo de maior porte e que se destinam a infra-estruturas tal como pontes ou viadutos. É um processo de execução das várias partes do projeto, desde as fundações até aos acabamentos. Consistem em construir o que consta num projeto, seguindo um sistema construtivo, elaborado segundo as normas técnicas vigentes (Construção, 2013, s. pg.).

Construção Civil

Nome usado pelos tratadistas franceses do séc. XIX para designar a disciplina que engloba o conjunto dos conhecimentos dos materiais e técnicas da arte de construir edifícios. A construção civil é o termo que engloba a confecção de obras tais como casas, edifícios, aeroportos, barragens entre outras infraestruturas, em que contribuem os vários intervenientes das AEC (Construção, 2013, s. pg.).

Assim a construção acaba por ser um processo de corporização de um modelo, de determinados profissionais, e concebido segundo certos materiais. É uma disciplina que alberga delimitados conhecimentos, de vários profissionais.



Figura 25; 26; 27; 28. Desenvolvimentos da construção da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto - FAUP

4.2. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO APOIADO PELOS SISTEMAS BIM

Quando trabalhamos sobre um projeto, temos de ter em atenção que este irá ter um sistema construtivo, assim os BIM poderão se tornar como ferramentas essenciais para o projetista, como para quem vai construir e fabricar as componentes da construção.

No processo de construção, são utilizados documentos que tentam detalhar este estágio, podendo assim ser auxiliados pelos sistemas BIM, bem como outros sistemas computacionais de forma a oferecer o melhor de cada um, para se conseguir um projeto mais integrado. Para este trabalho e avaliação, é necessário conter todas as fases inerentes ao projeto de arquitetura, de maneira a que o processo de construção cresça da mesma forma que este projeto.

Mas para se entender melhor que tipo de fases tem de haver no processo de construção, o autor Kymmell expressa na sua obra as 3 fases que acha pertinente implementar, de forma a auxiliar este processo, sendo elas: planeamento da pré-construção; fase de construção; e pós construção (Kymmell, 2008, p. 38).

4.2.1. PROCESSO DE PLANEAMENTO DA PRÉ-CONSTRUÇÃO

Este processo remete-se ao desenvolvimento do estudo de ideias. É uma análise proprietária sobre os espaços necessários a integrar no edifício bem como o conforto oferecido por cada um destes. Estas observações são facilmente estudadas através do modelo virtual, sendo que também é possível analisar determinadas atividades adjacentes a este planeamento. Este tipo de atividades, refletem-se na busca de um valor alvo para o processo de construção, e graças às especificações contidas no modelo virtual. Esta fase acaba por ser a base do planeamento de construção, de forma a desenvolver-se, e se corrigir determinados problemas de projeto.

Por detrás deste planeamento existe a facilidade de análise e trabalho do modelo 3D num ambiente virtual, e daí todos os componentes da construção podem ser desenhados, e desde logo representados em documentos, que conseguem ser

atualizados ao longo do trabalho sobre o modelo. Através do modelo virtual percebe-se logo as conexões que são necessárias para definir o processo construtivo. Através do modelo 3D, poderá ser por vezes necessário um maior esforço por parte de determinados profissionais da construção civil. O modelo acaba por ser determinante para os consultores e fabricantes, pois sobre as suas especialidades haverá um maior detalhe para que essas partes sejam fabricadas, e o modelo sirva assim como uma loja de peças. Para esse efeito, são criadas certas secções com componentes de um modelo geral, de modo a auxiliar as várias especialidades, melhorando também o modelo geral, e reduzindo a ocorrência de erros no processo de construção (Kymmell, 2008, p. 38).

A coordenação de todos os componentes adjacentes é bastante complexa, e torna-se muito trabalhosa quando temos de colaborar com outros sistemas, tais como o MEP, e a EP. Perante esta conjugação de especialidades, trabalhadas sobre um sistema BIM, deixamos de necessitar de sobrepor plantas, cortes e alçados em suporte físico, e começamos a observar o modelo e entender todas as concordâncias, e não concordâncias que podem ser resolvidas durante ato de modelação. Devido a esta crescente melhoria, conseguimos assim reduzir os conflitos obtidos durante a coordenação da obra. (Kymmell, 2008, pág. 38).

Através da capacidade de resolução de problemas sobre o modelo virtual, por parte dos vários intervenientes percebemos melhor o significado da interoperabilidade. Com o modelo virtual é possível criar simulações de maneira a perceber o processo construtivo, bem como criar metas a esse processo. Estas simulações sobre o modelo 3D completo, conseguem demonstrar as sequências do seu processo construtivo. As simulações obtidas sobre o modelo dão a entender aos intervenientes as necessidades que são aplicadas com a introdução da maquinaria associada às várias instalações mecânicas do edifício.

Através deste modelo e com a utilização da sua base de dados, é possível obtermos os custos e estimativas de material a utilizar, graças a uma estratificação relativa as dimensões, cores, texturas, etc. Todas as atualizações do planeamento, são apresentadas no modelo 3D, bem como determinadas análises de custos, que vão sendo melhoradas por parte dos projetista ao longo do desenvolvimento do modelo.

Os custos que vão ser aplicados pelos vários projetos, e a interação destes com o modelo 3D, criam a possibilidade de se estabelecer metas aos seus orçamentos. Ao conseguirmos uma flexibilidade sobre o custo/tempo, irá ser possível interpretar algumas variações sobre a edificação de acordo com as exigências aplicadas à obra, tais como: os materiais, a mão-de-obra, etc (Kymmell,2008, pág. 40-42).

Ao trabalhar-se numa 1ª fase, sobre um plano de pré-construção é possível através de análises ambientais, obtermos um estudo dos custos de energia, e percebendo o desempenho e os consumos associados à obra. O desempenho energético de um edifício pode ser ligado ao processo de planeamento do projeto. Isto servirá para perceber o ciclo de vida do edifício, bem como o ciclo de vida dos componentes que o constituem. Estas análises podem ser conjugadas com estudos de iluminação natural, ou artificial de forma a perceber os seus custos inerentes.

É possível ainda entender de que modo é que certas instalações podem ser colocadas de forma a não criarem conflitos com outras. É necessário ter em atenção ao desenvolvimento do modelo de modo a não cometer erros devido à não clareza do deste, em função do projeto de execução. Graças à implementação desta metodologia é possível exportar os elementos necessários para a construção, a partir do modelo, possibilitando aos intervenientes um maior foco em determinados aspetos do projeto, conforme as necessidades que este possa criar (Kymmell,2008, pág. 42-43).



Figura 29. Análise do modelo 3D no atelier obras



Figura 30. Análise do modelo 3D no estaleiro de obras

4.2.2. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO

Após o planeamento do processo construtivo, vai ser mais fácil a sua administração através do modelo 3D. Esta fase ligada ao processo construtivo, ainda não é completamente abordada pelos sistemas BIM, e portanto é necessário prever a informação fundamental para esse procedimento. Através de um planeamento bem formulado, é necessário a coordenação rigorosa dos detalhes, criados sobre o modelo, bem como a fabricação dos componentes que constituem o edifício.

Os sistemas BIM podem servir num primeiro ponto, como elemento de apoio à criação de reuniões, de maneira a ser discutido sobre o modelo quais as necessidades aplicadas à evolução da obra. Ao ser possível prever e analisar alguns parâmetros ligados à obra, irá ser possível definir o número de trabalhadores a utilizar nela. É possível ainda observar de modo sequencial o processo de construção, em volta do modelo virtual de forma a perceber-se que instalações já foram aplicadas no edifício. As instalações são possíveis de controlar através dos BIM, de maneira a perceber a sua fabricação, bem como coordenar os prazos de entrega e faturação. Para isto ser possível, muitas vezes os fabricantes tem o seu próprio modelo 3D, segundo o modelo geral do edifício, de modo a se perceber a colocação das devidas instalações em obra, e como estas são colocadas bem como entender para que espaços esses componentes estão destinados. Poderá se proceder a simulações sobre o modelo, de forma a se entender o processo de instalação destes componentes mecânicos (Kymmell, 2008, pág. 43).

Estes modelos virtuais servem de complemento para a resolução de outros problemas. Infelizmente muitas vezes os vários modelos criados estão sujeitos à não concordância dos *softwares*, até mesmo para com o modelo virtual completo. Para a resolução destes problemas terá de haver uma maior comunicação por parte dos vários intervenientes. Esta comunicação vai servir para uma melhor compreensão dos diversos projetos por parte dos vários profissionais associados à construção civil.

No geral, os sistemas BIM tentam facilitar o processo de construção, graças também ao desenho do terreno em que o edifício se vai implantar, de forma a entender os

processos necessários à integração da nova construção com o tecido urbano existente, bem como compreender de que maneira é feita a colocação do estaleiro de obras, a criação de acessibilidades à obra, entre outros (Kymmell, 2008, pág. 42-43).

Para melhor interpretação do processo de construção vários desenvolvedores de *softwares*, como o caso da Graphisoft, trabalham com programas para *tablets*, *smartphones* de forma a se entender no estaleiro alguns problemas que possam aparecer durante a obra.

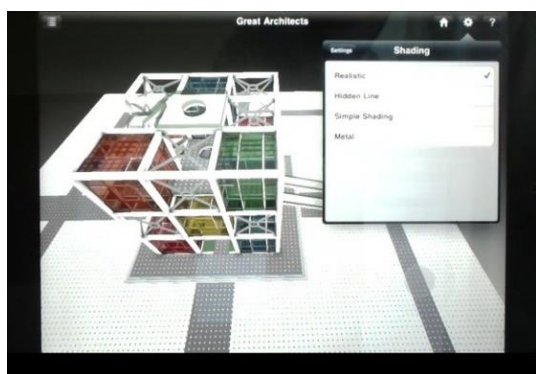


Figura 31. Modelo de um edifício em BIMX

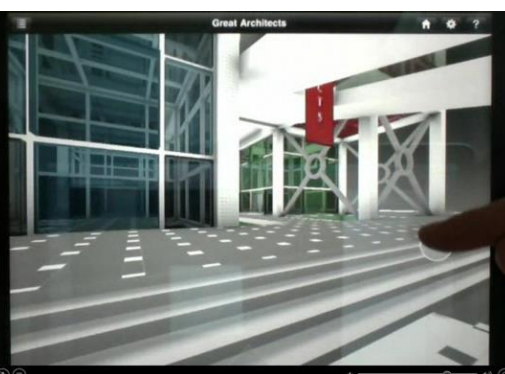


Figura 32. Simulação tridimensional em BIMX

4.2.3. PROCESSO APÓS CONSTRUÇÃO

Após a finalização da obra, os sistemas BIM servem como elemento de controlo à manutenção do edifício, e dos seus componentes. Perante este processo poderá ser necessário a reavaliação do modelo 3D. Muitos elementos adicionados ao processo de construção, terão de ser atualizados após o finalizar deste processo. Daí torna-se imprescindível uma regular atualização do modelo 3D do edifício, perante as modificações realizadas aos vários espaços do edifício.

No processo de pós construção, muitos dos elementos do edifício serão modelados e trabalhados, de forma a melhorar o conforto dos espaços. Os sistemas BIM podem servir para controlar a manutenção do edifício, como também para controlar as instalações mecânicas, ex: HVAC, instalações elétricas, de modo a auxiliar os proprietários. As manutenções podem ser feitas através do modelo virtual, criando uma calendarização para essas mesmas. Estas manutenções são facilmente previstas

quando se joga com a base de dados do modelo 3D, inserido no sistema BIM. As capacidades obtidas pelo modelo virtual poderão também levar a perceber como é possível proceder sobre uma emergência relativa a uma instalação mecânica (Kymmell,2008, pág. 44-45).

O trabalho que é possível de se realizar sobre um modelo pós construção, reflete-se também na disposição do mobiliário dentro dos espaços do edifício, sendo possível planejar a disposição deste de acordo com os espaços do edifício.

Por vezes, para ser mais precisa uma atualização do modelo de um edifício, após a finalização da obra busca-se por uma digitalização tridimensional dos vários espaços, que serve para prevenir futuros problemas. A digitalização 3D é refletida por uma “nuvem de pontos” que depois é expressa em desenhos, quando exportados para um sistema BIM (Kymmell,2008, pág. 45).



Figura 33. Utilização de uma *tablet* na obra

Desta maneira um modelo 3D num sistema BIM, poderá oferecer um controlo total da obra, antes, durante e após esta.

CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO

Perante a análise que foi feita sobre a construção, e o seu processo aliado aos sistemas BIM, este capítulo irá dar a entender o significado da construção industrial com base na pré-fabricação.

E desta forma Eastman entende a complexidade atual dos edifícios e a pré-fabricação da seguinte forma:

“Buildings have become increasingly complex. They are one-of-a-kind products requiring multidisciplinary design and fabrication skills. Specialization of the construction trades and economies of prefabrication contribute to increasingly larger proportions of buildings, components and systems being preassembled or fabricated offsite.”

Eastaman [et al.], 2008, p.305

E partindo desta pequena abordagem sobre determinados parâmetros da pré-fabricação, vai-se entender melhor o significado desta tipologia de construção, através de uma análise no tópico 5.1, sobre o seu contexto histórico. Após essa análise vai se identificar o significado da construção industrial, seguindo depois para o estudo da construção industrial com base na pré-fabricação. Na sequência desta última análise, tenta-se identificar algumas características que são fundamentais no processo de construção industrial com base na pré-fabricação, como o caso das suas condicionantes, e a exigência da continuidade dos elementos

que compõem o edifício. Por último analisa-se alguns dos processos de construção, primeiro através das técnicas de montagem e de ligação entre elementos, e segundo sobre a construção por componentes ou por unidades modulares.

5.1. CONTEXTO HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO

Quando se fala de pré-fabricação, temos de ter em atenção à sua origem, e o que a caracteriza do restante tipo de construção que é industrializada. Desta maneira quando se fala de pré-fabricação, aplicada à construção temos de intitula-la de Construção industrial com base na Pré-fabricação – CIPF. Perante esta premissa é necessário analisar este tipo de construção segundo a industrialização.

2ª Metade do séc. XIX

A industrialização surge durante a 2ª revolução industrial e determinou a criação dos processos mecânicos, que deram procedimento a esta época, proporcionando o aparecimento dos CIPF. A partir daqui inventam-se vários materiais que se distinguiram neste período. Surge o betão em 1820. Em 1844, cria-se o cimento Portland. Em 1855 é concebido a produção industrial de aço. Para além da introdução de novos materiais também surgiu uma nova gestão relacionado com os processos industriais.

Perante as revoluções surgem novas necessidades, que são traduzidas nos novos meios de transporte, o aumento da espacialidade dos edifícios, entre outros. Ao ser criado novas tipologias de edifícios, foi pertinente aos seus projetistas ensaiarem estruturas que dominassem por completo o edifício (Tomè, 2006, pág. 10). São projetadas edificações que utilizam componentes pré-fabricados de betão e vidro, e betão armado parcialmente pré-fabricado. Através destas experiencias seria possível criar as Grandes Exposições Industriais, realizadas na 2ª metade do séc. XIX, como o exemplo da Torre Eiffel.

Começam a surgir novos paradigmas, na 2ª metade do séc. XIX, sobre a “arquitetura do ferro e do vidro”. Os edifícios ligados a este paradigma, nas suas construções continham o sentido das CIPF, de um modo que a construção fosse rápida de montar

e desmontar. Este tipo de construção já era parcialmente mecanizada à semelhança de uma linha de montagem. Estes edifícios eram constituídos por componentes totalmente pré-fabricados, e modulares, e montados por aparafusamento, para ser possível depois a sua desmontagem, e deslocação. A partir deste princípio, a estética dos edifícios era funcionalista, sem ornamentação, e com o esqueleto estrutural a predominar na sua composição e associado a grande panos de vidro, oferecendo assim uma maior iluminação aos edifícios (Tomè, 2006, pág. 10).



Figura 34. Palácio de Cristal, 1851, J. Paxton

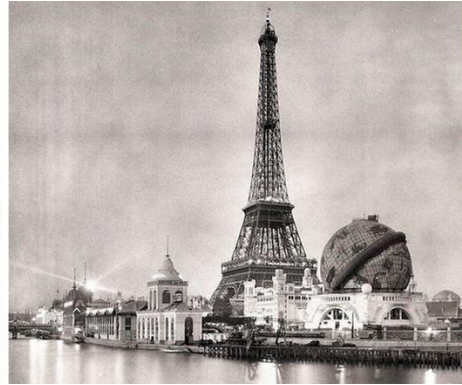


Figura 35. Torre Eiffel, 1889, G. Eiffel

1ª Metade séc. XX

No princípio do séc. XX, vários países eram vanguardistas no processo de pré-fabricação, como o caso do Reino Unido, França, Alemanha e EUA. Estes países tinham em vários arquitetos os difusores desta corrente, fazendo experiências ligadas à pré-fabricação e “*standardização*”.

Na Alemanha, através do seu contexto industrial, dentro das “Arts and Crafts” foi criado a associação “Deutscher Werkbund”, produzindo elementos quer de *design* e de construção. Os seus criadores foram Peter Behrens, Walter Grupios entre outros. Das suas primeiras obras foram as conhecidas fábricas da AEG, por Peter Behrens, e fabrica Fagus por Walter Grupios. Grupios forma também no ano de 1914, a Bauhaus, com base nas Belas Artes e Ofícios, mas que também se interessavam nas criações industriais. Baseando-se no funcionalismo, como expressão artística em que o criador testava manualmente o seu protótipo, produzido em série, aliando forma, técnica e economia. Esta filosofia era expressa nos seus edifícios, bem como todos os objetos funcionais, existentes nos seus

interiores. Gropius ao projetar as instalações Dessau, mostra que a Bauhaus poderá ser um bom campo para a experimentação de produtos e construções industriais, recorrendo também à pré-fabricação. Gropius nos seus projetos criava os edifícios por completo através da pré-fabricação, mas devido às dificuldades dessas aplicações na construção, as suas obras acabavam por ser um misto de arquitetura industrial e convencional (Tomè, 2006, pág. 12).

Nos E.U.A, foi Albert Kahn que introduziu o trabalho com a arquitetura industrial, através da criação de espaços fabris com os princípios da CIPF. Esses espaços tinham de ser amplos para albergar fábricas como da Ford, Chevrolet, tornando-se como o paradigma dos novos espaços industriais. Kahn no seu projeto para a Ford Old Shop, explora o sistema de retícula em betão, criado por Ernest Ransome, e no edifício da Chevrolet aplica sistemas metálicos de fixação mecânica (Tomè, 2006, pág. 12-13).



Figura 36. Fabrika Fagus, 1925, W. Gropius,



Figura 37. Ford Motor Company, 1905, A. Kahn

Mas perante a 1ª Guerra mundial, os arquitetos passaram a apontar baterias para os problemas relacionados com a habitação, sendo o dilema máximo do séc. XX, pensado no programa de habitação para massas.

Começou-se a tomar mais em conta o uso da máquina, de modo a oferecer mais tempo e facilidade a quem trabalha com elas, dando uma maior simplificação, nos processo e nos meios, através da “*standardização*” e produção em série.

Em França, foi com Le Corbusier, e o seu paradigma da casa como máquina de habitar, que possibilitou a introdução da máquina na vida do arquiteto. Corbusier aplicava nos seus edifícios o modelo industrial da construção fabril, que era entendido nas grelhas modulares de pilares e lajes, dando ênfase à estrutura em detrimento da composição espacial, intitulando-o assim de sistema Dom-ino. Com o bairro “quartiers Moderns Fruges”, experimenta a ideologia da “*standardização*”, e fabricação em série pela composição modular, e criando uma diversidade de espaços personalizáveis através da planta-tipo (Tomè, 2006, pág. 13).

Perante a necessidade acrescida da construção de habitação para massas, Ernst May, em Frankfurt cria um modelo de construção industrial, através de elementos “*standard*”, como as paredes em painel pré-fabricadas e produzidas em fábrica, e montadas em sítio.

Com a reunião dos CIAM – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, pretendeu-se a reunião de ideias acerca da arquitetura e urbanismo, e as suas aplicações, em relação com o Movimento Moderno que revolucionou a arquitetura nas décadas seguintes, através da introdução de novos métodos de projetar e construir em arquitetura.

Jean Prouvé cria o sistema de pórtico modular 6x6m, em 1939, no sentido de criar uma linha de produção de casas para férias em madeira, transportáveis e rápidas de montar (Tomè, 2006, pág. 14).

Nos Estados Unidos já eram produzidas habitações de madeira totalmente pré-fabricadas em fábrica e levadas para o local, bem como foram geradas as “casas kit”, e casas por catálogo.

Vários arquitetos Americanos criaram as suas próprias casas pré-fabricadas, tal como:

- Richard Buckminster Fuller, e a Dymaxion House, com uma estrutura em aço, de forma hexagonal, com mastro no centro;
- Robert MacLoughlin, com a American Motohom, com componentes metálicos pré-fabricados;

- Konrad Wachsmann, cria a The Packadge House, com um sistema modelar de grelha metálica e com painéis “standardizados” (Tomè, 2006, pág. 14-15).

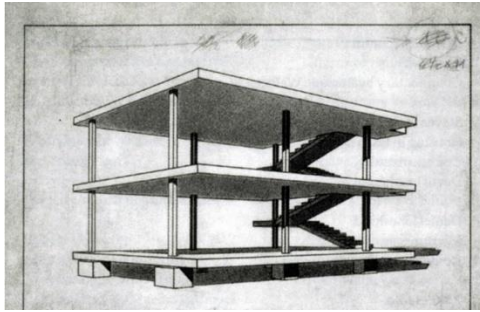


Figura 38. Dom-ino, L. Corbusier, 1914



Figura 39. Maison Ferembal, J. Prouvé, 1948

Pós 2ª Guerra Mundial

Perante a necessidade acrescida de habitação para massas de baixo custo, após 2ª guerra mundial, são criadas por várias identidades, programas de apoio à criação destas habitações, como a Case Study nr. 8 dos arquitetos Charles e Ray Eames. A sua habitação era construída por elementos estruturais “*standardizados*” de produção industrial, e testavam a flexibilidade espacial, em contraponto à rigidez dos elementos construtivos.

Pierre Koenig cria também a sua Case Study nr.21, em que esta é projetada para um casal, sem filhos. A sua estrutura era criada através de um pórtico modular de aço, com a chapa de zinco e as caixilharias de vidro a servirem de revestimento. Perante a composição “*standardizada*” dos elementos a sua construção e montagem eram feitas de forma rápida, no local de obra (Tomè, 2006, pág. 15).

Através das Case Study, é possível estudar habitações de baixo custo devido aos elementos serem produzidos em grande escala, como o aço, vidro e alumínio.

Mies van der Rohe no período pós 2ª guerra, torna-se o difusor das CIPF, devido às tipologias por ele estudadas dos arranha-céus, e do pavilhão transparente em vidro. Os elementos industrializados e pré-fabricados, acabaram por ser os pontos mais

marcantes da arquitetura de Mies. Garças a CIPF, Mies demonstrou na sua obra a utilização de processos rigorosos de projeção de arquitetura, aliada à produção em série, e “*standard*”, do aço e do vidro. O exemplo claro dessa construção na obra de Mies é o Lake Shore Drive, que contém perfis de aço verticais no seu exterior. O processo utilizado por Mies, deu para expressar uma imagem positiva dos elementos pré-fabricados, que foi tomada por outros arquitetos. A projeção de edifícios que contêm perfis metálicos servem não só como estrutura, mas também para a composição espacial. Mies tinha interesse na repetição, e na produção em série, dando um caráter único aos seus edifícios (Tomè, 2006, pág. 16).



Figura 40. Case Study nr.21, P. Koenig, 1956



Figura 41. Lake Shore Drive, M. V. Rohe, 1951

2ª Metade do séc. XX

Durante a 2ª metade do séc. XX, a construção civil é feita através dos métodos convencionais, e utilizando um pouco dos elementos industriais.

As CIPF consolidaram duas tendências, sendo a 1ª a CIPF parcial, e a 2ª a CIPF total ou quase total.

A CIPF parcial trabalha com elementos de construção convencional, e elementos industriais pré-fabricados (Tomè, 2006, pág. 17). A CIPF total, ou quase total, trabalha por completo com elementos pré-fabricados, a serem produzidos em fábrica e montados no local de obra.

Na década de 60, desenvolvem-se os sistemas de pré-fabricação pesada baseada em painéis de betão pré-fabricado de grandes dimensões. Mas também se cria os sistemas leves de pré-fabricação: graças a estruturas de aço e metal

“standardizados” e de rápida montagem, que criam formas variadas, mas sempre de um baixo custo, tendo os exemplos dos sistemas de estruturas suspensas cobertas por membranas. São renovadas as expressões tecnológicas, através da alta tecnologia, que é presente no Centro Georges Pompidou, de Renzo Piano e Richard Rogers. Todas as infraestruturas estão visíveis, e os materiais predominantes são o metal e o vidro (Tomè, 2006, pág. 18).

Após este edifício ter-se tornado como um bom teste para algumas das experiências dos arquitetos sobre a construção industrial, outros profissionais da área seguiram estas pisadas, tais como:

- Richard Rogers, desenvolveu outros edifícios, em grande escala, recorrendo a “*standardização*” e pré-fabricação;
- Norman Foster; aplicou na sua obra sistemas mais complexos a nível estrutural e nas infraestruturas, tornando os seus edifícios maiores;
- Moshe Safdie, apresentou na Expo 67, 158 unidades modulares de habitação pré-fabricada em betão: chamado Habitat 67;
- Kisho Kurokawa, desenvolveu unidades modelares de modo a constituir um conjunto edificado;
- Santiago Calatrava, utiliza na sua obra estruturas complexas de aço. Através de formas curvas e sinuosas, materializadas pelo aço e pelo vidro (Tomè, 2006, pág. 18-19).



Figura 42. Centro George Pompidu, R. Piano, 1971-77



Figura 43. Carré d'art Nîmes, N. Foster, 1996

5.2. CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL

Conceito

A construção Industrial é a construção com base nos processos sistematizados de produção de edifícios, de maneira a reduzir a mão-de-obra, tirando proveito dos processos de produção fabril e de montagem mecânica. Criada através de sistemas modulares, em que os seus componentes são pré-fabricados e pré-montados, em fábrica e montados no local, este tipo de construção tenta ser melhor que a convencional, devido a gestão dos recursos, do desenho, da sistematização do projeto e do processo de construção, sendo expresso na mão-de-obra, e nos prazos e custos da construção. Os elementos construtivos são produzidos na fábrica, de modo “*standard*”, e em série. O processo de obra para esta construção assemelha-se à produção fabril, e o processo de estaleiro idêntico à construção em fábrica.

Perante este método é possível gerir e controlar todo o processo construtivo mediante a qualidade final das peças. Através de uma sistematização e quantificação, pretende-se reduzir gastos relativos à mão-de-obra, material, e atrasos sistemáticos na obra. Graças a estas potencialidades a construção industrial busca uma qualidade maior nas suas peças, associada a uma maior eficiência na produção e gestão (Tomè, 2006, pág. 35).

5.3. CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO – CIPF

5.3.1. MELHORIAS ACRESCIDAS COM A PRÉ-FABRICAÇÃO

As CIPF conseguiram com a sua introdução na construção civil uma maior garantia no planeamento, qualidade, rigor, e fiabilidade nas peças produzidas e nos tempos de fabrico. A sua qualidade é expressa devido ao respeito milimétrico na produção dos elementos construtivos, através de processos industriais. Este respeito pelas dimensões, atribuem ao projeto um maior rigor na conceção de detalhes, e quantificação de elementos para a obra, bem como a sua ligação com outros elementos. Através disto, é possível dimensionar de forma clara os espaços do edifício, e quantificar o número de elementos que o compõem, de maneira a processar um orçamento preciso, devido ao rigor estabelecido pela sua produção e montagem.

Os orçamentos conseguidos perante este tipo de construção, são distintos de uma construção convencional, em que custos relativos a: desperdícios de materiais, atrasos entre projeto e obra, são mínimos ou não existentes (Tomè, 2006, pág. 38).

Para que seja possível uma redução dos valores relativos ao orçamento da construção, é necessário uma máxima produção de componentes industrializados e pré-fabricados e um controlo total da obra, através de técnicas industrializadas, quer na montagem e na ligação dos elementos. Esta mais-valia para os orçamentos passa pela fiabilidade e rapidez nos tempos de execução da obra. Mas o acabamento consentido pela produção industrial dos componentes, é o mais fiável possível pois tudo é levado ao mínimo detalhe e rigor. Perante uma credibilidade nos prazos de obra, que por vezes pode se ampliar, é possível criar uma flexibilidade entre a produção industrial e o tempo de obra (Tomè, 2006, pág. 39).



Figura 44. Fábricas de pré-fabricação de betão



Figura 45. Fábricas de pré-fabricação de madeira

5.3.2. CONDICIONANTES DA PRÉ-FABRICAÇÃO

Com a pré-fabricação é preciso ter em atenção algumas condicionantes, tais como:

- Compatibilidade entre sistemas, de modo a assegurar a rapidez do processo de montagem, para com o projeto e o controlo de execução;
- Garantir uma economia de custos e tempo através da capacidade de repetição de um módulo e do recurso a geometrias regulares;
- Tratar da imagem em relação à viabilidade das partes que formam o todo (Tomè, 2006, pág. 40-41).

5.3.3. EXIGÊNCIA DA CONTINUIDADE ENTRE AS PARTES E O TODO

O edifício é um elemento constituído por várias peças para formar um todo, mas que tem de ser feito de modo contínuo na sua construção. A continuidade da construção é dividida à continuidade da estrutura, no processo de obra, e da sucessão temporal de execução e de impermeabilização. A continuidade estrutural nos elementos pré-fabricados é necessária, devido à estabilidade do edifício em relação a cargas verticais e horizontais, de maneira a controlar o risco de deformação de todos os subsistemas do edifício.

A continuidade de processo de obra é necessário, perante o controlo da qualidade, de custo e de prazos de execução, consistida no domínio da montagem dos próprios sistemas pré-fabricados. Na continuidade temporal de execução, um projeto realizado através de elementos pré-fabricados, tem de perceber o ritmo da obra de maneira a não precisar de auxílio de outros sistemas (Tomè, 2006, pág. 40).

5.4. PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO PRÉ-FABRICADOS

5.4.1. TÉCNICAS DE MONTAGEM E TÉCNICAS DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS

Existem varias técnicas de montagem entre elementos pré-fabricados, sendo eles: montagem de sistemas porticados, montagem por deslizamento, montagem através de componentes modulares e montagem por unidades modulares (Tomè, 2006, pág. 40).

A montagem de elementos isolados, significa que os elementos pré-fabricados são elevados por gruas e justapostos por encaixes, podendo ser reforçado os pontos de ligação de forma manual. Perante a necessidade do edificio são criadas ou não fundações.

Na montagem por deslizamento, são montados os elementos verticais da estrutura, e são deslizados sobre estas os elementos horizontais, como o caso das paredes.

As lajes são colocadas desde o rés-do-chão para o último piso (Tomè, 2006, pág. 41).

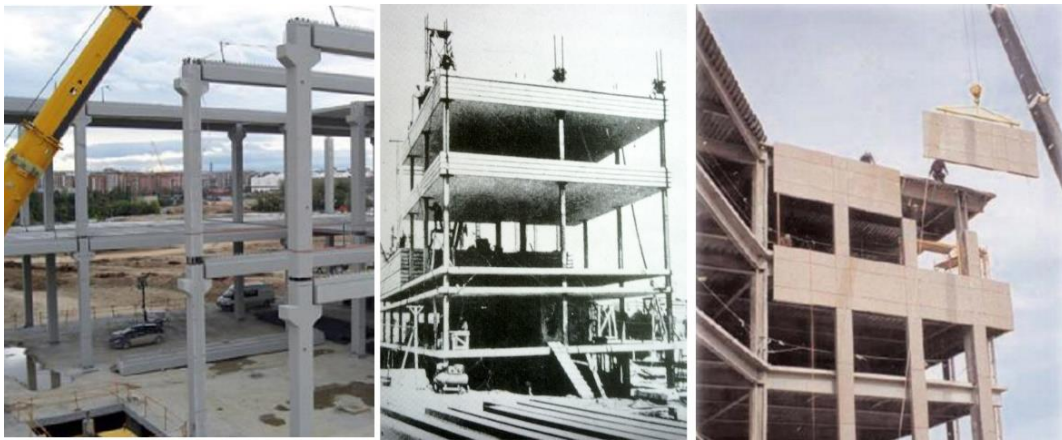


Figura 46. Montagem de sistemas porticados; **Figura 47.** Montagem por deslizamento; **Figura 48.** Montagem de componentes modulares

Montagem de componentes organizados segundo sistemas modulares, feita com o apoio de elementos mecânicos. São aplicados na estrutura paramentos constituídos por sistemas modulares, que podem ser blocos de grandes dimensões, e colocados como se fossem módulos. Estes módulos vão completamente montados na oficina, com impermeabilização, e isolamento.

Pode por vezes os sistemas modelares pré-fabricados condizerem a unidades modulares. No contexto geral todos estes elementos vão devidamente confinados da fábrica, para serem aplicados à estrutura. Nas unidades modulares o seu preenchimento interior já vai todo composto de fábrica. O paramento destes elementos pode ser adicionado por completo ou parcialmente, no caso das estruturas de aço, ou a estrutura pode também ser o paramento no caso de estruturas de betão.

Para a ligação de elementos, existe a “junta-seca” (através do encaixe por aparafusamento), a betonagem das ligações (betão a reforçar a ligação entre elementos) e armaduras de continuidade (ligações em aço pré-esforçado, introduzidos entre os elementos e depois betonados) (Tomè, 2006, pág. 41).

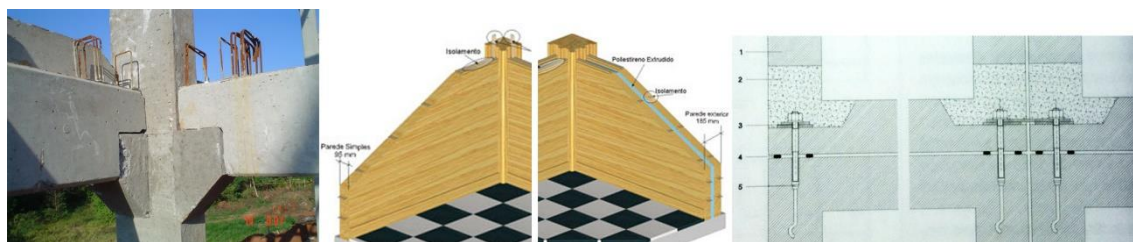


Figura 49. Encaixes de componentes pré-fabricados em betão; **Figura 50.** Encaixe elementos de paredes simples e dupla em madeira; **Figura 51.** Técnica de betonagem em sistemas modulares ALFF

5.4.2. CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO POR UNIDADES MODULARES E POR COMPONENTES

No projeto de arquitetura é necessário perceber quais as características inerentes ao processo de construção industrial com base na pré-fabricação. Esse processo pode ser feito através de unidades modulares (tipo CONTENTOR) ou por componentes (tipo LEGO) (Tomè, 2006, pág. 42).

A pré-fabricação por unidades modulares (tipo CONTENTOR), significa a adição de unidades estruturais a uma base. O material utilizado nestas unidades condiciona o projeto, bem como os seus espaços. Os componentes são criados em fábricas e acoplados no local. Na pré-fabricação de unidades modulares de aço ou madeira, é possível adicionar componentes à estrutura, devido ao esqueleto da unidade. É possível produzir a unidade por completo ou parcialmente em fábrica, e depois vendida em catálogo. As unidades modulares em betão, tem capacidade estrutural daí a sua produção ser feita através da junção de moldes, dando um monobloco, que é enchido uma só vez, e depois desenformado, ex: sistema ALFF (Tomè, 2006, pág. 42).

Na construção pré-fabricada por componentes (tipo LEGO), o projeto contém a premissa da adição de componentes exclusivos de diferentes origens, conciliáveis entre si. A construção pré-fabricada por componentes reporta à construção total do edifício (des)montável. O material a utilizar condiciona o projeto, sendo que os materiais são: madeira, betão e metal, montados em oficina e aplicados no local.

Para o metal ou madeira, estes são aplicados a um esqueleto estrutural e a uma sub-estrutura, como se fosse uma malha reticulada. Aplica-se um enchimento e um revestimento sobre a estrutura, e a sua cobertura tem um sistema construtivo

semelhante ao revestimento. Os elementos podem ser produzidos por várias fábricas.

Para os componentes de betão, a sua estrutura é semelhante à convencional, através de pilares e lajes, e a sua cobertura é feita de modo diferente do pavimento ou do paramento. Existem painéis de revestimento em betão, bem como sistemas de paramento.



Figura 52. Unidade modular madeira; **Figura 53.** Unidade modulares metal; **Figura 54.** Sistema de Construção por componentes em betão pré-fabricado

Os componentes pré-fabricados de elementos modulares, a sua modularidade resulta do processo de fabrico industrial, bem como a coordenação entre os elementos diversos, criados em várias fábricas. A modularidade é aplicada quer aos sistemas como ao produto, que tem este sentido modular devido à sua produção ser feita através de medidas “*standard*”, padronizadas e agregadas pela repetição das mesmas. Os sistemas modulares partem da compilação de produtos modulares, e que conjugados formam um determinado sistema, sendo criados e unidos em fábrica e levados para o local. Como o caso de grandes paramentos de blocos de betão pré-fabricados, devidamente produzidos em fábrica e montados no local (Tomè, 2006, pág. 43).

BIM NA PRÉ-FABRICAÇÃO

Quando se pensa na produção segundo um processo “*standard*”, aliado a um sistema de construção industrial, temos de ter em conta que graças às novas tecnologias de computação, estes dois processos podem interagir de maneira a oferecer mais vantagens do que outros sistemas até agora utilizados. Esta união pode levar até outros patamares quando inseridos dentro dos sistemas BIM. Nesta análise podemos perceber como esses novos sistemas, quer de computação quer de fabricação, podem se associar de forma a oferecer o melhor de cada um. Eastman entende quais os benefícios da união entre os BIM e a pré-fabricação da seguinte maneira:

“By removing or drastically reducing the overhead effort required to produce shop drawings, BIM platforms make it economically feasible for companies to prefabricate a greater variety of pieces for any building project.”

Eastman [et al.], 2008, p. 321

Partindo desta premissa aqui presente, vai-se então aprofundar esta conjugação entre os novos sistemas computacionais, com a Construção Industrial com base na Pré-fabricação, nos tópicos seguintes.

6.1. PROCESSO DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIAL COM BASE NA PRÉ-FABRICAÇÃO INSERIDO NOS SISTEMAS BIM

A união que podemos ter dos processos de produção industrial e os sistemas BIM, parte da possibilidade de trabalharmos através de processos de produção assistida

por computador, como o exemplo dos CNC⁶ – Computer Numeric Control. Devido ao trabalho que é realizado nos sistemas BIM, através da criação dos componentes da construção segundo objetos paramétricos, dá a possibilidade de modelar de forma completa os detalhes que compõem estes objetos desde portas, janelas, entre outros.

O trabalho que é possível de se realizar num sistema BIM, dá ao processo de produção industrial com base na pré-fabricação, reduções incríveis relativamente ao tempo gasto na criação destes elementos. Esta economia de tempo pode ser trabalhada de acordo com o desenho das peças a produzir, e estas irão ser realizadas em função do projeto e das ideias do arquiteto, para que este consiga ainda prever os tempos de produção, e de entrega em obra.

O modelo 3D feito nos sistemas BIM, dos componentes pré-fabricados, é executado de forma maleável. Perante estas capacidades que são adquiridas com a ligação destes dois ambientes, fabricação e BIM, é necessário que o arquiteto tome em atenção a todos os detalhes, que estão presentes no modelo virtual, em consonância com os restantes projetos que são implementados ao modelo de arquitetura (Smith, 2010, pág. 71).

Esta pormenorização vai fazer com que todos os intervenientes entendam melhor a que nível de detalhe é necessário chegar para que um projeto de construção industrial com base na pré-fabricação, seja completamente exequível dentro destas novas ferramentas, que são oferecidas pelos BIM e os sistemas de controlo de produção computadorizado.



Figura 55. Esquema do ciclo de criação do modelo em BIM, produção, embalagem e envio

⁶ CNC - É um controlador numérico que permite o controlo de máquinas e é utilizado principalmente em Tornos e centros de usinagem. Permite o controlo simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escrita num código específico.

Mas quer para os arquitetos, como para os fabricantes e construtores é necessário perceber o quanto antes, as potencialidades dos sistemas BIM. Infelizmente os processos de produção ainda são configurados através de documentos 2D, não mostrando por completo as potencialidades dum modelo 3D, desenvolvido sobre estes novos sistemas (Smith, 2010, pág. 71). A união necessária entre ambos tem de ser feita de modo a que o modelo 3D geral do edifício, seja entendido como um loja de peças, do qual estas estão bem dimensionadas e sem erros, para poderem ser produzidas.

No sentido de aproveitar da melhor maneira os sistemas BIM na construção industrial com base na pré-fabricação, é indispensável seguir duas regras:

- O modelo da construção, terá que ser detalhado de forma a expressar as intenções do arquiteto. O modelo terá que desenvolver uma identidade própria de maneira que seja possível extrair a documentação necessária para o projeto de execução da obra;
- O modelo terá que ter o máximo de pormenor possível, perante a necessidade de gerir a produção dos componentes de construção, bem como planear o processo de montagem destes elementos em obra. O modelo virtual tem ainda a capacidade de controlar a mão-de-obra utilizada durante o processo de construção.

Perante estas premissas, vão existir consequências favoráveis aos arquitetos e restantes projetistas. O resultado destas consequências segundo a identidade americana da AIA⁷, é a redução das responsabilidades de obra por parte dos profissionais que desenham os componentes e os detalhes da construção, passando essas responsabilidades aos fabricantes e construtores. Esta medida passa por entender que os desenhos entregues pelos arquitetos aos restantes profissionais, são referentes a intenções de projeto, e não são desenhos finais para fabricação, segundo a AIA.

⁷ AIA - The American Institute of Architects (AIA) is a professional organization for architects in the United States. Headquartered in Washington, D.C., the AIA offers education, government advocacy, community redevelopment, and public outreach to support the architecture profession and improve its public image (AIA, 2013, s. pg.)

Smith refere que segundo Eastman, esta atribuição de responsabilidades é defenida do seguinte modo:

“Inherently inefficient and irresponsible to clientes.”

Smith, 2011, p. 72

Partindo desta abordagem, entendessee que esta união de processos ainda está muito “crua”, estado só agora a dar os seus primeiros passos. Devido a isto o autor incentiva à adoção por parte dos vários projetistas, de maneira a oferecer todos os elementos necessários á produção e construção industrial com base na pré-fabricação, em função dos fabricantes e construtores, de forma a manter as ideias essenciais do projeto (Smith, 2010, pág. 72).

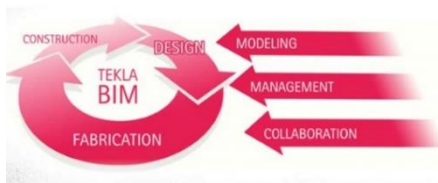


Figura 57. Esquema da relação BIM – Fabricação **Figura 58.** Otimização completa do edifício em BIM

O modelo criado em BIM contém toda a informação relativa às quantidades, especificações e propriedades dos materiais, e com estas é possível perceber quando é necessário proceder à aquisição de mais material para a obra. Devido á pouca experiencia dos construtores e fabricantes sobre estes sistemas, ainda estes são pouco relacionados com o processo de construção e de fabricação. A adoção dos sistemas BIM por parte da indústria americana do aço, tem conseguido benefícios significativos. O construtor tem uma percepção exata do material a ser pedido ao fabricante, perante as fases de construção do edifício. Devido a isto é potencializada a redução de custos relativos a desperdícios de material, durante o processo de construção. Assim a pré-fabricação veio introduzir um papel crítico de maneira a facilitar coordenação e planeamento, nas fases iniciais do processo integrado dos BIM com a pré-fabricação (Smith, 2010, pág. 72).

A adoção dos sistemas BIM, por parte dos construtores e fabricantes, para além dos arquitetos, poderá oferecer aos vários intervenientes uma plataforma aberta a projetos de construção. Estes projetos são concebidos digitalmente, programados, desenhados, observados, objetos de simulações, em que o modelo 3D serve de caderno de encargos para o chefe de obras. Infelizmente esta colaboração entre os vários intervenientes da construção, ainda não é tomada por completo pois o receio na aposta num novo sistema de desenho computacional, é expressa em custos adjacentes a essa adoção (Smith, 2010, pág. 73).

Mas a necessidade de se implementar esta nova metodologia é fundamental quando é preciso ter em atenção que os sistemas que são utilizados pelos fabricantes, e construtores continua a ser o CAD 2D, não trabalhando diretamente com modelos 3D, como os realizados em BIM. A utilização de uma modelo 3D traz benefícios, como o observado na construção da sala de concertos da Walt Disney em Los Angels. Esta obra de Frank O. Gehry foi uma das primeiras construções a aliar a produção de um modelo virtual em BIM, e depois conceber-se os componentes do edifício através de máquinas CNC (Eastman, 2008, pág. 321-322).



Figura 58. Detalhamento de componentes em de construção em 3D, em cima

Figura 59. Produção CNC; 1ª da direita

Figura 60. Montagem na obra; 2ª da direita

As várias imagens mostram um ciclo de criação de um modelo 3d, produção, e montagem.

CASOS DE ESTUDO A UTILIZAR SISTEMAS BIM, PARA PROJEÇÃO E CONSTRUÇÃO

Para se perceber de que maneira os sistemas BIM estão presentes nos mais variados projetos de arquitetura, é apresentado neste tópico alguns exemplos da interação do arquiteto com estes novos sistemas. Os projetos são atuais, derivado também à implementação dos sistemas BIM nos atelieres ter sido feita recentemente.

Os projetos estão divididos em Internacional e Nacional, devido à necessidade de se entender o que é feito lá fora, em comparação com o que está a ser produzido em Portugal.

Esta separação dá a perceber que os projetos que são produzidos na França, Reino Unido, Noruega, e Japão tiveram mais tempo de intrusão nos sistemas BIM, e que Portugal esta a começar a dar os seus primeiros passos sobre esta metodologia. Isto é refletido no nível de complexidade que alguns edifícios internacionais oferecem, e no qual Portugal ainda não conseguiu chegar a um patamar idêntico, mas que para lá caminha.

A disposição dos projetos é feita por ordem alfabética dos *softwares* em que foram criados sendo: Autodesk Revit, Bentley MicroStation, Graphisoft Archicad, Nemetschek Vectorworks.

A seleção destes edifícios também reflete o interesse sobre a construção industrial com base na pré-fabricação. Esta construção é aplicada de modo parcial na maioria dos casos de estudo, dando a entender que os sistemas BIM, estão pensados de

modo a auxiliar estes processos de fabricação, produção, e montagem no local de obra.



Figura 61. CMA CGM Tower

Figura 62. Strata SE1

Figura 63. Vennesla Library

Figura 64. Musashino Art

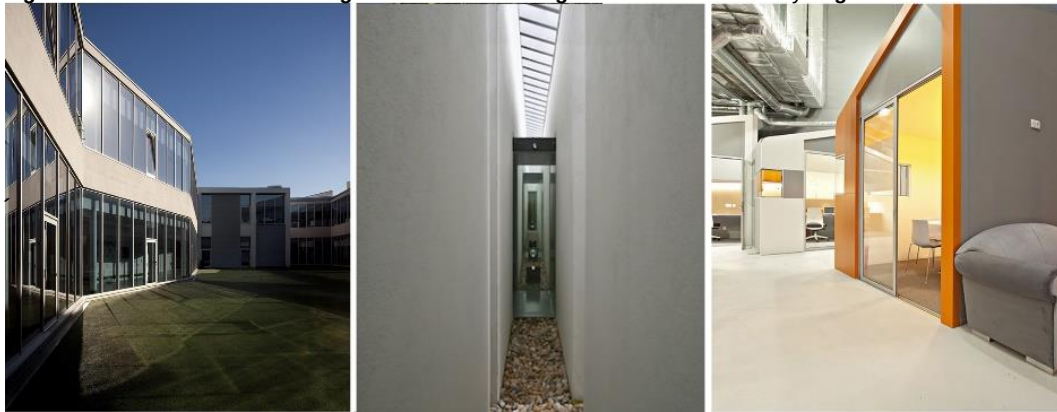


Figura 65. Escola de Gandra

Figura 66. Fluviano de Mora

Figura 67. Factory Business Center

7.1. INTERNACIONAL

Zaha Hadid – CMA CGM Tower, Marselha (França)

Autodesk Revit – Digital Project



Projeto

Esta torre fica num local ambicioso da cidade de Marselha, situada a norte, a 1 km de distância do centro histórico, junto do porto comercial que se encontra ao largo do mar mediterrâneo. A nível do rés-do-chão, existe uma parafernália de viaduto em betão, sustentados pelos seus pilares, e colocados de forma ritmada. A área envolvente da torre, tem um nível de ruído bastante denso, mas que é aligeirado

quando se está num nível superior deste edifício, e no qual se consegue presenciar de uma vista panorâmica da baía de Marselha.

O edifício divide-se em duas partes: a torre (56.600 m²) e anexo (36.600 m²) e totaliza um área de 93.200 m². O novo edifício alberga ate 2.700 funcionários, 700 carros e 200 motocicletas, num parque de estacionamento coberto, com um restaurante que acomoda ate 800 pessoas, e ainda um ginásio e um auditório, bem como os espaços de dedicados a equipamentos técnicos (Hadid,2013, s.pg.).



Figura 68. Envolvente da CMA CGM Tower



Figura 69. CMA CGM Tower

Construção

No processo de criação do edifício, existiu a necessidade de lidar-se com o ambiente envolvente, e a estratégia utilizada para tentar jogar com isso foi a utilização de segmentos verticais, existentes na fachada e diferenciados através da luz e de vidros escurecidos. Existe na fachada uma distinção de duas peles: a 1ª com um vidro mais claro, dá a entender que se encontra num 1º plano, enquanto a 2ª pele tem um vidro mais escuro, dá a perceber que se encontra num 2º plano. Estas duas peles tentam acompanhar a forma do edifício por completo. Estas peles jogam com 2 objetivos: 1º é agir à semelhança de uma tela contra a insulação, trabalhando com a luz e filtrando-a para o interior e não refletindo-a; o 2º objetivo é libertar a fachada do resto da estrutura de maneira a não se entender as limitações obtidas com os sistemas modulares dos vários escritórios.

O edifício expresso movimento, fluidez, e elegância demonstrados na sua fachada de forma a gerar vetores sobre a superfície, que se convergem e entrecruzam de

maneira suave, desde o rés-do-chão, até ao topo do edifício. As colunas que formam a estrutura, em consonância com os painéis de vidro que compõem a pele exterior, tentam seguir então os vetores da forma, de maneira a que esta se torne mais elegante e coerente (Hadid, 2013, s. pg.).

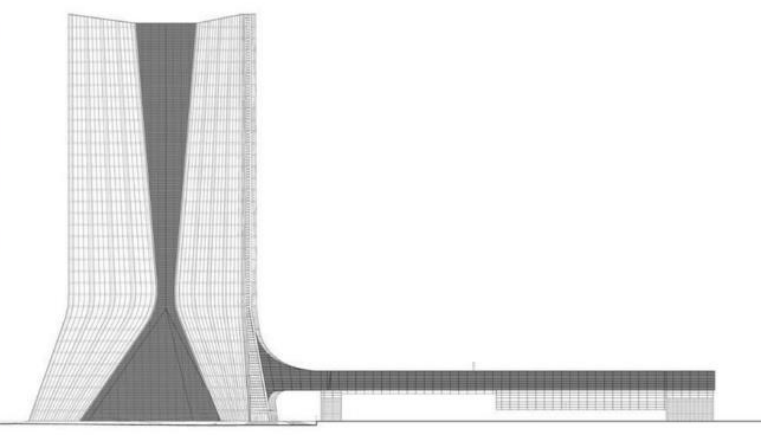


Figura 70. Aplicação dos painéis de vidro **Figura 71.** Alçado

Conclusões Pessoais

O processo realizado pela arquiteta para conceber a ideia a nível formal para este edifício, partiu da necessidade da utilização de vários programas que oferecem uma maior liberdade de expressão sobre o desenho, tais como o Rhino, e o Maya. Apesar desta necessidade é entendido que o modelo final tenha passado pelos *softwares* BIM, Revit e Digital Project. Este modelo em BIM é feito de maneira a se conseguir detalhar todos os componentes da estrutura, bem como a planificação das placas de vidro, que constituem a pele do edifício, e só através destes sistemas é que seria possível desenhar com facilidade todos esses elementos. É representado no interior do edifício um sentido modular, expresso assim através dos vários espaços, no qual o *software* BIM facilita a repetição destes elementos, tal que tivesse sido produzido de maneira “*standard*”. Esse processo de “*standardização*” foi necessário para fabricar todos os painéis vidro que compõem o edifício, apesar de por vezes ser necessário produzir de modo manufaturado alguns desses elementos. Os BIM também refletem a sua utilidade quando se fala sobre a análise ambiental do edifício, daí a atenção dada a formulação de uma pele de vidro que trabalha de modo a controlar a insulação no interior do edifício.

BFLS Architects – Strata SE1 Tower, Londres (Reino Unido)

Bentley MicroStation

**Projeto**

A torre Strata SE1 é um edifício de habitação multifamiliar de 148 m de altura, com 43 andares, que oferece uma nova dinâmica ao *skyline* de Londres. É considerado o 1º edifício do mundo com turbinas eólicas, de forma a melhorar o consumo de energia deste edifício, criando uma estratégia ambiental. Esta torre serve também como forma de regeneração à zona de Elephant & Castle. O edifício é constituído por 408 residências, de forma a albergar 1000 pessoas. A criação desta obra teve também o pretexto de realojar alguns moradores de Heygates Estate.

O cliente teve a premissa de pedir ao arquiteto um edifício em arranha-céus, com a máxima eficiência energética, de maneira a relançar a zona em que este se insere. O edifício perante esta estratégia energética, teve a classificação de “excelente” pela EcoHomes. Ao localizar-se numa das áreas mais frequentadas de Londres, a torre Strata SE1 tem vindo a evoluir graças à sua sustentabilidade, desde o início da obra. A utilização de 3 turbinas eólicas tem o objetivo de produzir 50 MWh (Mega Watts) por ano, a serem utilizados pelo edifício (Silver, 2011, s. pg.).

**Figura 72.** Envolvente da Strata SE1 Tower**Figura 73.** Strata SE1 Tower**Construção**

A torre Strata SE1 é projetada especificamente para uma área urbana, e contém determinadas características tais como:

- A alta performance das fachadas com permeabilidade ao ar, que melhora em 50 % do desempenho do edifício;
- Um sistema de ventilação existente em todo o edifício, com recuperação de calor para cada apartamento;
- Baixo consumo de energia por parte da iluminação, em todas as áreas públicas, obtendo assim melhoramento em 40 % desse consumo por parte dos apartamentos;
- Sistema de controlo de iluminação em todas as áreas públicas, bem como a redução em 50 % do consumo de luz perante a ausência de movimento, na zona da garagem;
- A reciclagem dos materiais utilizados durante a construção em cerca de 96%;
- Criado para conectar a identidade Multi Utility Services Company (Musco) com a zona de Elephant & Castle, através do fornecimento de eletricidade, de água limpa e de acesso a informação por fibra ótica (Silver, 2011, s. pg.).



Figura 74. Interior de uma das habitações

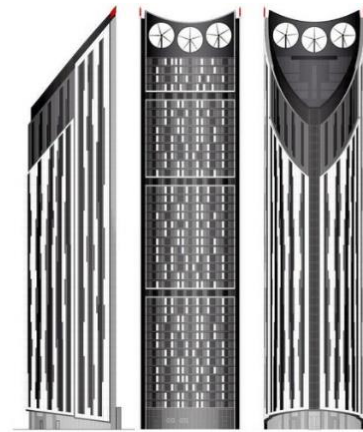


Figura 75. Desenho dos Alçados

Conclusões Pessoais

A torre Strata SE1 é um exemplo de claro da completa utilização de um sistema BIM para a sua conceção e planeamento, neste caso no Bentley MicroStation.

Neste edifício é interessante perceber que as ideias do cliente sobre o controlo ambiental, foram tomadas em conta pela equipa de arquitetura, e expressa nos desenhos. Essas ideias reverteram em alguns elementos, como no caso das turbinas

eólicas, que estabelecem uma nova linguagem para a torre, e acabando por ser a imagem de marca do edifício.

O desenho dos alçados exprime a utilização de sistemas modulares, de forma a indicar a repetição dos espaços interiores, que acaba por não ser “chata” mas interessante. Esta repetição poderá aliar-se a um processo de “*standardização*” dos componentes que constituem a pele do edifício entre o vidro dos vãos, e o ferro da estrutura. A possibilidade de se poder criar um desenho rápido num *software* BIM, dos elementos que constituem o edifício relativamente à estrutura, e às instalações bem como as próprias turbinas que podem ser desenhadas até ao mínimo detalhe. Com este detalhe é possível fabricar quer as turbinas, quer os restantes elementos da construção.

Helen & Hard – Vennesla Library and Cultural Center, Vennesla (Noruega)

Graphisoft Archicad



Projeto

A nova biblioteca de Vennesla, é constituída por um grande espaço de leitura, um café, locais de reunião e áreas administrativas, e entalecendo também as ligações a uma casa de comunidade e a um centro de aprendizagem. Todas as principais funções públicas centram-se num espaço amplo, permitindo que a estrutura combine com o mobiliário da biblioteca, criando múltiplas relações espaciais que são observadas do interior para o exterior do edifício. É possível através da sua fachada trazer o ambiente do exterior, para o interior da biblioteca. O edificio conseguiu coser um espaço que estava em aberto entre a praça principal de Vennesla, com o resto do tecido urbano. Os alçados do edifício, estabelecem ligações com o espaço envolvente. A partir da entrada existe um desenho equiparável deste edifício, que consiste numa logica entre a estrutura, as infraestruturas, entre outros componentes que são expressos dentro deste sistema semelhante às “costela” do ser humano.



Figura 76. Envolvente da biblioteca de Vennesla



Figura 77. Espaço de entrada com praça

Construção

Este sistema de “costelas” é feito de forma híbrida entre estrutura e o revestimento em madeira, a conter todos os dispositivos técnicos. Este sistema de “costelas”, é dividido em 27 componentes pré-fabricados em madeira laminada e colada com absorventes acústicos que contêm os dutos de ar condicionado, painéis de vidro dobrado servem como capas de iluminação e sinalização, e nichos e prateleiras integradas para a leitura. Estas nervuras formam a geometria do telhado, bem como a orientação ondulante do espaço principal da biblioteca, com zonas de estudo privadas situadas ao longo do perímetro do edifício. (Hard, 2012, s. pg.).



Figura 78. Interior da biblioteca

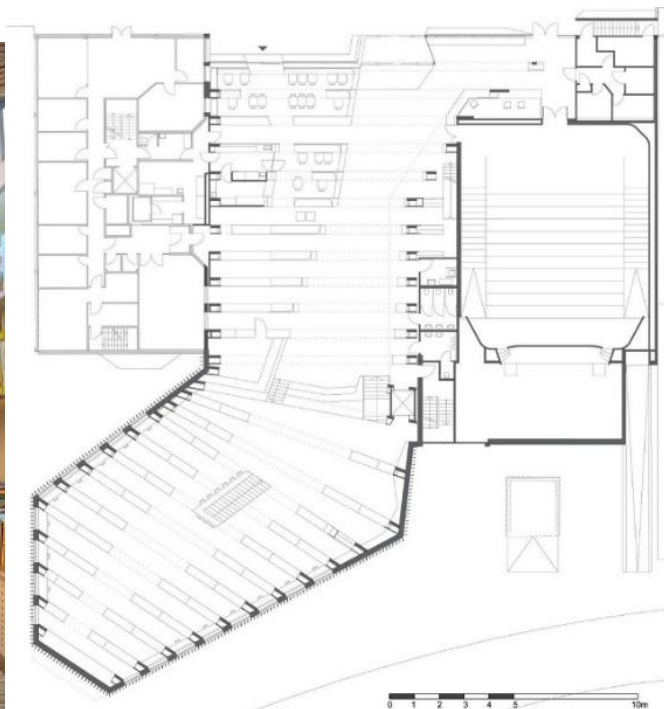


Figura 79. Planta de Rés-do-chão

Conclusões Pessoais

Neste edifício percebe-se que houve a necessidade de se criar um modelo virtual, para se compreender de que maneira composição formal se conectou com a estrutura e o mobiliário, expresso assim no conceito das “costelas”. Através desta conceção do projeto, é possível determinar que houve a necessidade de explorar um modelo virtual, para se perceber a disposição espacial, dos componentes estruturais e mobiliário. Um dos marcos da conceção de uma estrutura por componentes pré-fabricados em madeira é a sua facilidade de controlo, e planificação desses mesmos num sistema BIM, neste caso o Archicad. A projeção destes perfis em madeira é explorada de varias maneiras, desde o modelo 3D, bem como nos detalhes construtivos que são possíveis de obter segundo este modelo virtual. Com estes detalhes, e a planificação exata dos perfis, é possível oferecer uma maior fiabilidade no controlo da produção destes componentes, por parte dos fabricantes.

Sou Fujimoto - Musashino Art University Museum & Library, Tóquio (Japão)

Nemetschek Vectorworks



Projeto

Esta biblioteca foi criada para uma das mais distintas universidades de artes do Japão. O edifício alberga uma nova biblioteca, e faz a reabilitação de uma biblioteca existente, numa galeria de arte de forma a se ligar com a nova biblioteca. O projeto desta nova biblioteca insere-se na 1ª fase da obra total. Nesta fase a biblioteca é feita como se fosse uma grande arca, com a capacidade para 200.000 livros, em que 100.000 estão dispostos num arquivo aberto, e o resto num arquivo fechado. O conceito do interior da nova biblioteca, faz com que as prateleiras sejam compostas em degraus, paredes e bancos, tendo assim capacidade para albergar cerca de 6.500 livros.

O arquiteto ao projetar este novo edifício pensou neste como um espaço contínuo, em que este se transforma num livro, numa estante, em luz e num lugar. Este edifício assemelhasse a uma floresta infinita de livros, feita através de paredes com 9 m de altura, e quebradas através dos grandes vãos. Esta continua espiral de

estantes, é feita de maneira a conseguir embrulhar o espaço interior com o exterior (Singhall, 2011, s. pg.).



Figura 80. Exterior do Museu/Biblioteca



Figura 81. Interior da Museu/Biblioteca

Construção

Esta biblioteca em espiral, tem na madeira o seu material predominante de formar a criar as estantes, e assim gera uma circulação fluida e linear no interior do edifício. A entrada situa-se no canto nordeste, podendo se conceber uma entrada secundária caso seja necessário. O revestimento exterior é feito por uma tela de vidro com 19 mm de espessura, que retém a pele vermelha do cedro. O edifício é reforçado através de uma estrutura de aço que faz a moldura completa das paredes. A madeira clara do interior difunde a luz, graças ao auxílio de painéis duplos em policarbonato com camadas ocas, contrastando com o exterior de um tom mais escuro (Labeca, 2011, s. pg.).



Figura 82. Escadas e prateleira como estantes, em cima



Figura 83. Planta do 1º Piso, à direita

Conclusões pessoais

O arquiteto para definir melhor a sua ideia necessitou de se introduzir num sistema BIM, neste caso o VectorWors, conseguindo explorar a composição contínua da espiral, expressa nos elementos que compõem o edifício, como o caso das paredes, escadas, etc. Estes vários componentes do edifício obrigaram ao arquiteto a trabalhar no desenho detalhado desses mesmos elementos. Os BIM auxiliaram o arquiteto não só no desenho detalhado, bem como na correta planificação dos vários elementos do edifício, através dos objetos paramétricos. Toda esta fiabilidade de pormenor que conseguimos obter dentro do modelo virtual, funciona de modo a auxiliar o processo de fabrico dos vários componentes do edifício.

A produção de componentes em madeira pelos fabricantes, pode ser realizada de modo “*standard*”, devido a estes serem elementos pré-fabricados, que depois serão montados no local. Segundo estes procedimentos irá haver redução gradual do tempo e da mão-de-obra, bem como um maior controlo dos custos energéticos adjacentes ao edificio, através de análises ambientais praticadas no modelo 3D.

7.2. NACIONAL

CNLL – Escola de Gandra, Paredes (Portugal)

Autodesk Revit



Projeto

O trabalho realizado para a conceção deste edifício, partiu da repetição de vários módulos, de forma a configurarem-se segundo um programa, e um território existente. A disposição destes módulos é feita segundo um pátio, que acaba por ser um grande vazio, mas também um elemento unificador e catalisador de experiencias. Este espaço acaba por ser um elemento que trabalha a união entre os vários volumes, estando aparentemente fragmentados e colocados de modo aleatório. Estes módulos são compostos por dois pisos, que albergam as salas de aulas, justapostas umas sobre as outras, e orientadas segundo a sua implantação, e o desenho resultante das pendentes dos telhados. Este desenho determina a conceção do edifício de modo a dar à volumetria geral, um corte sobre a silhueta de

forma informal ao longo do desenvolvimento do complexo escolar (Lopes, 2012, p. 159).

A área de circulação - o corredor – em volta do pátio, é um elemento de ligação entre as diferentes zonas funcionais, e adota as linhas orientadoras e pausas definidas pela ordem dos módulos das salas de aula (Lopes, 2013, s. pg).



Figura 84. Pátio do Complexo escolar



Figura 85. Exterior



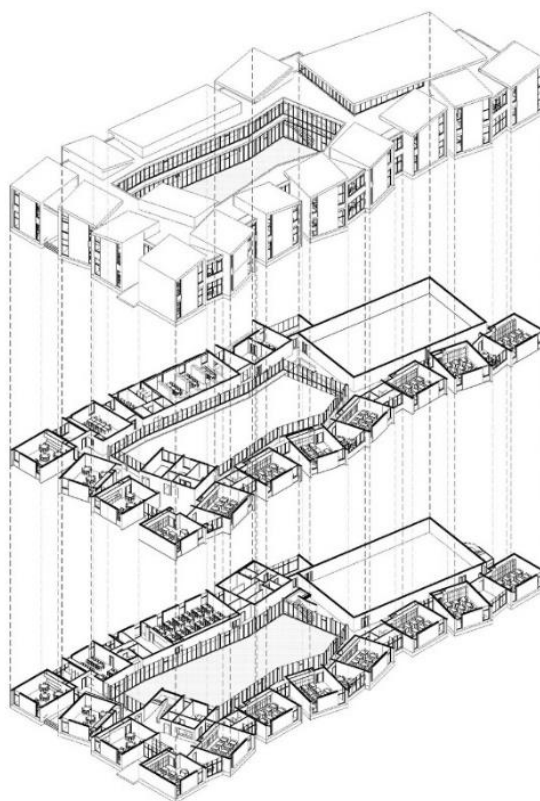
Figura 86. Interior

Construção

No complexo escolar da Gandra denotou-se um interesse de expor uma linguagem industrial para o edifício.

Este aspeto reflete-se através de vários pontos, tais como:

- Os módulos que formam o edifício, tem como material nos seus alçados a chapa ondulada, em contato com os vãos que iluminam os espaços interiores;
- Esses volumes são depois corporizados por paredes de betão, completamente rasgadas por vãos quando estão em contato com o pátio central;
- As paredes que circunscrevem o pátio central, são constituídas por grandes aberturas compostas por “paredes cortina”. Estes “rasgos” dão a perceber o interior do edifício refletido no corredor em volta do pátio, mostrando a sua estrutura através dos pilares (Lopes, 2012, p. 159);
- No interior de alguns espaços do edificio consegue-se observar a estrutura, tal como uma fabrica, reforçando assim o sentido industrial do edifício.

**Figura 87.** Imagens do interior do ginásio e do corredor**Figura 88.** Axonometria explodida Complexo Escolar

Conclusões pessoais

O mote dado para a criação deste edifício, como já referido, foi o jogo volumétrico baseado na repetição e articulação de um módulo, perante este consegue-se perceber algumas das ideias expressas no desenho em contato com um modelo virtual. Este modelo produzido no *software* Revit, viabilizou a disposição individual dos volumes que compõem o complexo escolar. Esta possibilidade de orientação dos módulos é feita mediante um trabalho de análise ambiental dentro dos sistemas BIM, bem como a ideia de composição informal do desenho do complexo. No seguimento destas ideias é possível dentro do modelo virtual, e através de vistas explodidas entender que tipo de ligações foram necessárias para unificar os módulos num todo.

A expressão dada ao edifício, resulta da paleta de matérias disponíveis no Revit, em volta de um estudo sobre o modelo 3D. A materialidade do edifício, resulta no aspeto industrial, que é reforçado pelo processo “standard”, na produção dos componentes de construção.

Promontório Arquitetos – Fluviário de Mora, Alentejo (Portugal)

Graphisoft Archicad



Projeto

O projeto do fluviário de Mora, é uma construção que tenta melhorar a região do Alto Alentejo através da implementação de espaços dedicados ao turismo e lazer, em detrimento da agricultura. O edifício pensado para albergar espécies existentes nos rios ibéricos, cria um caráter científico e cultural a área que se insere. Colocado num parque ecológico, e próximo de uma ribeira, este edifício fica isolado graças às oliveiras aí existentes, assemelhando-se assim a um monte alentejano.

O interior do edifício é constituído por várias caixas/módulos que contêm os múltiplos espaços do edifício, tais como: receção, bilheteira, loja, cafetaria, áreas expositivas, centro de documentação, zona de pesquisa e de educação, aquários, zona multimédia e um pequeno auditório. O edifício apresenta um aspeto claro no seu exterior, devido à cor branca, que contrasta com o escuro do interior, de forma a minimizar o impacto dos raios ultravioleta, nas áreas de exposição, melhorando a observação nestes espaços (Barata, [et al.], 2012, p. 49).



Figura 89. Fluviário e a sua envolvente



Figura 90. Interior com os aquários de exposição

Construção

Criado através de finos pórticos equidistantes e pré-fabricados em betão branco com vãos de 33 metros, e assentes sobre um maciço de betão. É criado um sistema de sombreamento e de arrefecimento no interior do edifício, graças à ventilação transversal, e aliada aos percursos de água existentes nesses espaços, todo isto em função da fauna e da flora.

O vazio gerado entre as caixas que compõem os espaços interiores, e os pórticos de betão permite uma visão intermitente da paisagem circundante, produzindo um efeito de aceleração das perspetivas. A cave do edifício serve para controlar a água que é fornecida aos aquários, verificando a sua qualidade e coordenando o seu fornecimento. Neste piso existe ainda os espaços técnicos do edifício, bem como espaços a determinadas espécies e laboratórios (Barata, [et al.], 2012, p. 52).

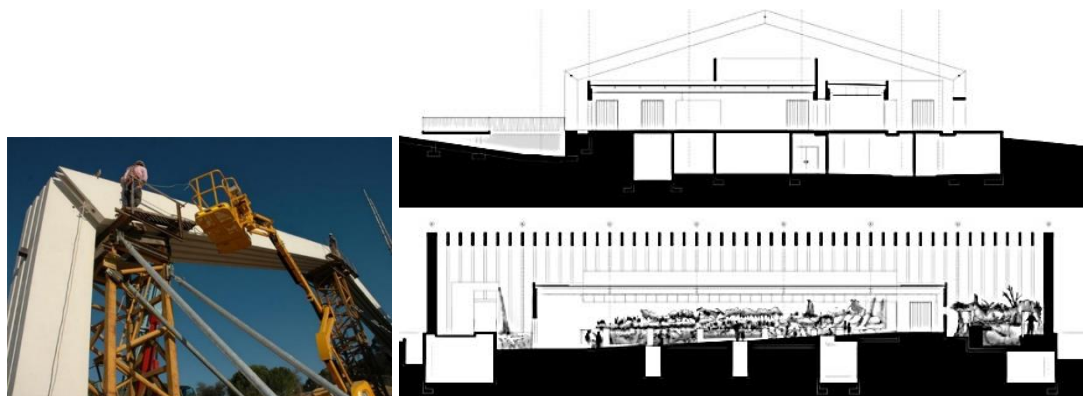


Figura 91. Montagem dos perfis pré-fabricados em obra; **Figura 92.** Corte Transversal; **Figura 93.** Corte Longitudinal; **Figura 94.** Axonometria Explodida

Conclusões Pessoais

Este edifício foi idealizado segundo uma construção industrial com base na pré-fabricação, aplicada aos perfis em betão, que compõem a pele do edifício. Os perfis, compostos por várias partes, são produzidos em fábrica com os componentes necessários para o seu encaixe, de forma a serem montados em obra, reduzindo algum tempo e mão-de-obra na sua produção. Este tipo de construção aliado a produção de um modelo 3D em Archicad, ajudou o arquiteto no desenho de um perfil com todos os seus elementos, que depois repetiu sucessivamente, determinando o espaçamento entre estes conforme as suas ideias, e a disposição solar do edifício. Através do modelo é possível compreender de que maneira se comportam as vistas obtidas do espaçamento dos perfis, trabalhando depois com os jogos de luz sombra, de forma a melhorar o interior do edifício.

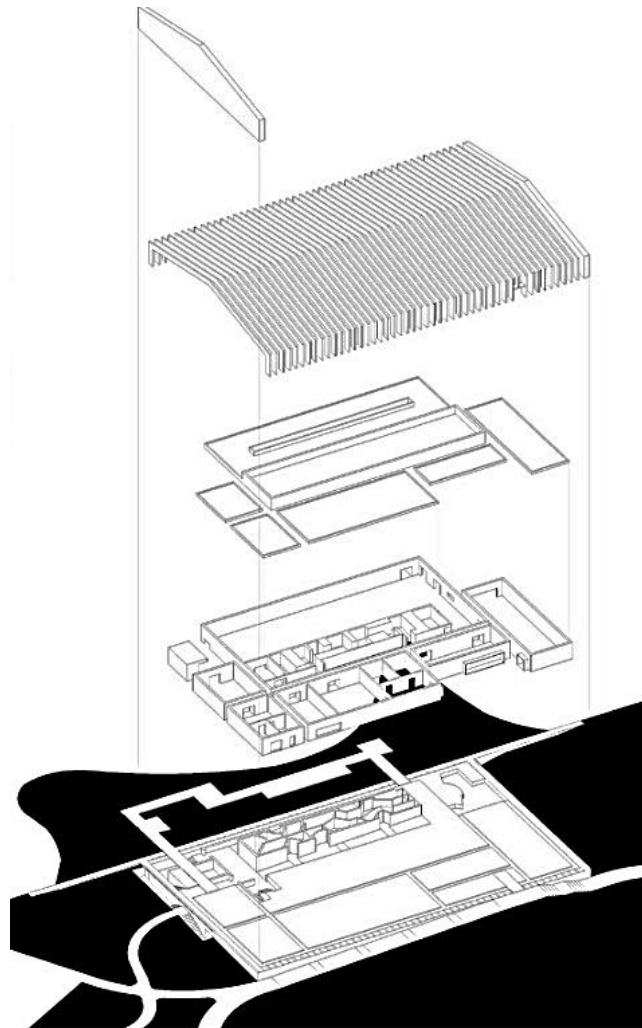


Figura 94. Axonometria Explodida

Simpli Design - Factory Business Center em Braga, Portugal

Nemetschek Vectorworks



Projeto

Factory Business Center, é um centro de negócios localizado em Braga, com um estilo decorativo à "POP ART", dentro de um pavilhão industrial. Este centro de negócios, fica colocado estrategicamente à frente da N101, que faz a ligação Braga-Guimarães, distanciado do centro histórico, e a 5 min da principal via de acesso a Lisboa, Porto, e ao norte de Espanha.

O desenho do edifício assume a aparência da construção, combinando alguns aspetos úteis, que oferecem um maior conforto aos espaços interiores devido à tecnologia utilizada. A área de trabalho é dividida em três pisos (rés-do-chão, 1º piso, e cave) e tem mais de 700 m², incluindo caixas de escadas e elevador. O primeiro andar composto por um grande espaço de escritórios, recebe luz a partir das aberturas laterais, que servem também para auxiliar a disposição das fileiras de mesas e de armários individuais. O piso térreo é uma impressionante zona de entrada, onde o principal conceito visual é expresso através dos doze cubículos chamados Work-Pod, colocados ao redor dos corredores de acesso. A cave é um espaço comum, com cozinha e auditório para reuniões, junto de uma micro biblioteca, ideal para uma rápida pesquisa.

A facilidade e simplicidade que existe no edifício, destina-se a jovens profissionais com nano, mini e microempresas, de maneira a criar um método inovador de socialização dentro de um ambiente que reflete conforto, design e inovação (Aston, 2011, s. pg.).



Figura 95. Corredor com os módulos dos escritórios



Figura 96. Interior de um escritório

Construção

A criação destes espaços tenta assimilar o aspeto do interior da fábrica existente, utilizando novos materiais que tentam-se unir à pré-existência. A partir daí as paredes dos vários módulos são compostos por elementos de madeira e metal, tendo ainda em algumas paredes determinados materiais tais como: cortiça, e relva sintética entre outros. Os vários módulos contêm janelas, à semelhança de pequenas habitações individuais, mas que se inserem num espaço comum. As molduras das

janelas são feitas com materiais metálicos que tentam dar um ar mais industrial, a esse espaço.

No seu interior, a separação dos espaços é feita através de elementos de tecido, e dos móveis aí dispostos.



Figura 97. Planta do rés-do-chão

Conclusões pessoais

O processo de conceção destes novos espaços partiu da busca de qualidades do edifício existente que poderia ser feito sobre um modelo 3D do mesmo, podendo ser realizadas algumas análises ambientais de modo a perceber-se qual a melhor maneira de dispor estes novos módulos. Tal como o modelo do edifício existente, também é possível modular um dos volumes, com todos os seus componentes e detalhes, e depois fazer cópias do mesmo. Ao se copiar um 1º modelo vamos fazer as alterações necessárias de acordo com o interesse do projetista para com as restantes cópias, do qual essas modificações serão processadas automaticamente do modelo virtual para a documentação adjacente a esse. Cada módulo terá as suas particularidades, podendo depois ser produzido de modo “*standard*” ou manufaturados em fábrica. Estes módulos tal como peças de mobiliário, são projetados com todos os detalhes dos seus componentes, e uniões, para depois se proceder à sua pré-fabricação, e consoante montagem dentro do edifício, género “IKEA”.



Figura 98. Desenho dos módulos dos escritórios

Este edifício serve como incentivo ao empreendedorismo, resultado de uma crise económica que assola Portugal.

8

PROJETO PESSOAL DESENVOLVIDO EM BIM

No presente estudo e de maneira a se perceber como é aplicado o trabalho do arquiteto dentro de um sistema BIM, é analisado um projeto académico criado segundo esta metodologia.

8.1. ETAPAS DE UM PROJETO DE ARQUITETURA SEGUNDO O LOD – LEVEL OF DEVELOPMENT

A análise de um projeto realizado num *software* com capacidades BIM, neste caso o Autodesk Revit, reflete-se na possibilidade de abordar o nível de desenvolvimento de um modelo, o LOD - Level of Development. Este nível de desenvolvimento num modelo BIM, é dividido em vários patamares sendo eles: LOD 100; LOD 200; LOD 300; LOD 350; LOD 400 e LOD 500.

O arquiteto por vezes não trabalha sobre os níveis de desenvolvimento referentes ao LOD 350, 400 e 500, pois dentro destas categorias existe um pormenor de trabalho que já não é aplicado a este tipo de profissional, mas sim aos restantes profissionais da construção civil, no caso dos engenheiros, construtores, e fabricantes.

Numa breve abordagem aos vários níveis de desenvolvimentos temos então:

- LOD 100, modelo é graficamente representado através de um aspeto concetual, graças ao trabalho com massas, e volumes;
- LOD 200, são criadas as paredes genéricas, é sugerida uma análise geral aos custos aplicados a cada projeto;

- LOD 300, as paredes são modelada como um conjunto composto específico, com informação sobre a sua composição; gesso, isolamento, betão, etc.
- LOD 350; este nível já contém detalhe suficiente para documentar a coordenação e aplicação das instalações mecânicas no edifício;
- LOD 400, este nível representa a criação de documentos, expressos em desenhos, retirados do modelo 3D, de modo a auxiliar a produção e construção de determinados elementos do edifício;
- LOD 500: este nível serve como gerenciador do modelo, relativamente às manutenções sobre o edifício, sendo utilizado na pós construção (Brink, 2013, s. pg.).

Em Portugal já se estabeleceu as divisões para os vários níveis de desenvolvimento, refletidos em várias fases, e que se estabelecem da seguinte maneira no panorama nacional:

- LOD 100 – Programa Base;
- LOD 200 – Estudo Prévio/ Anteprojeto;
- LOD 300 – Projeto de Execução;
- LOD 400 – Preparação de Obra, Construção e Montagem;
- LOD 500 – Modelo Virtual – após construção (Silva, 2013, p. 37).

No presente trabalho é referido o nível 350, pois este poderá oferecer algumas características que os níveis 300 e 400 não contenham de forma detalhada, como o exemplo de elementos pré-fabricados, e de determinadas instalações mecânicas. De referir que os tópicos abordados ao longo do presente estudo do BIM na Arquitetura, BIM na Construção, e BIM na pré-fabricação são representados em:

- LOD 100 e LOD 200, pertencem à composição arquitetónica do edifício, ou seja BIM na arquitetura;
- LOD 300, expõe o sistema construtivo do edifício, LOD 400 representa a obra e o seu processo construtivo; LOD 500 trabalha segundo a manutenção do edifício, sendo que estes patamares são referentes o tema BIM na Construção;
- LOD 350, apresenta-se como um subtema da construção demonstrado pela pré-fabricação, definindo assim o tópico BIM na pré-fabricação.

8.1.1. LOD 100 – PROGRAMA BASE

Arquitetura - Busca de Ideias e conceitos para o Projeto

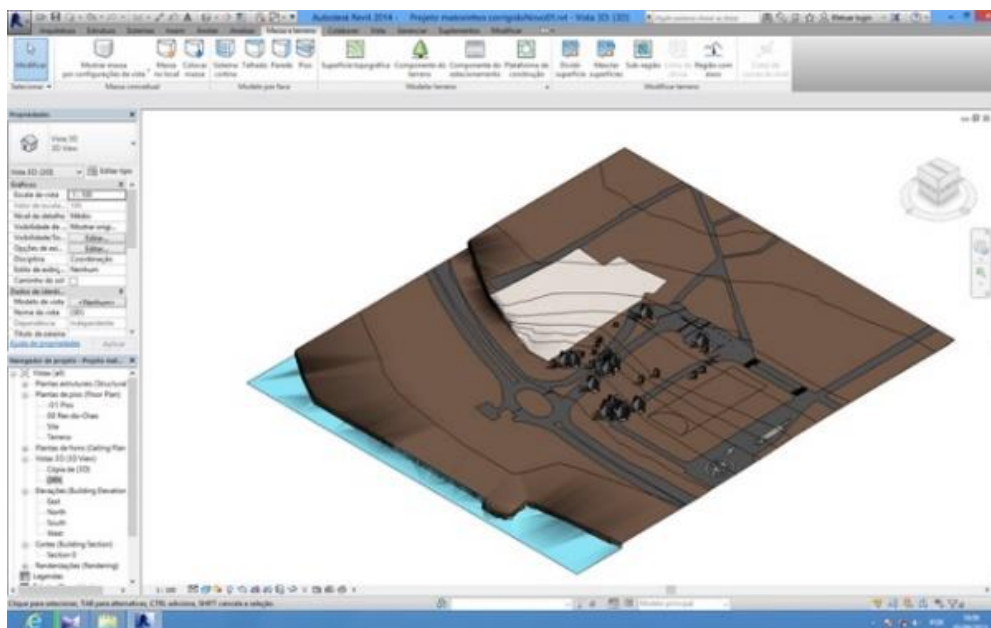


Figura 99. Área de intervenção e topografia

O edifício tinha como programa uma academia de dança num local próximo ao mercado de Matosinhos, a onde existe na atualidade uma estação de autocarros. No primeiro nível de desenvolvimento o LOD 100, cria-se um modelo do espaço existente, com a sua topografia, e os edifícios aí existentes.

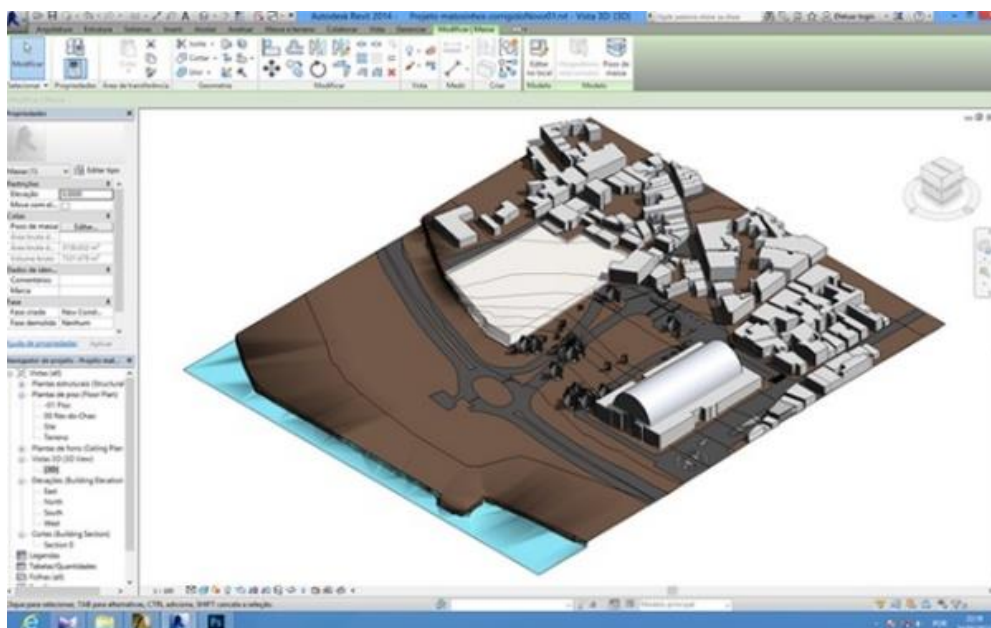


Figura 100. Massa da área de intervenção e envolvente

Perante a modelação destes componentes é possível criar um conceito através de massas e do resultado obtido com o trabalho sobre estas, dentro dos vários softwares BIM. No princípio pode-se começar por extrudir a área que esta comprometida ao edifício, e a busca da sua forma, é feita através da subtração de determinadas partes dessa massa.

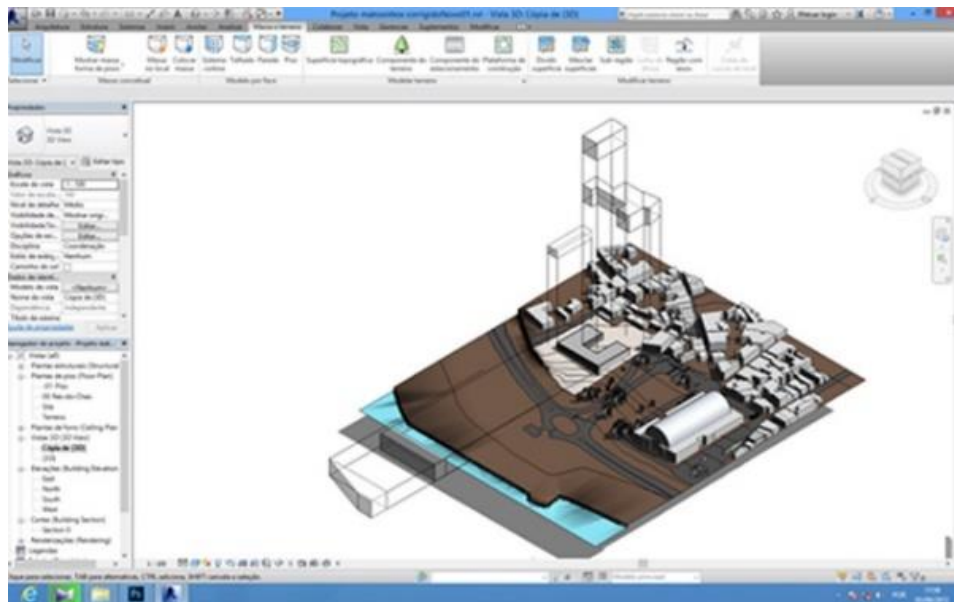


Figura 101. Trabalho de massa no local de intervenção

Após o trabalho com a volumetria, para se ir ao encontro de uma forma podemos começar a articular os elementos que compõem o edifício bem como o exterior circunscrito à construção

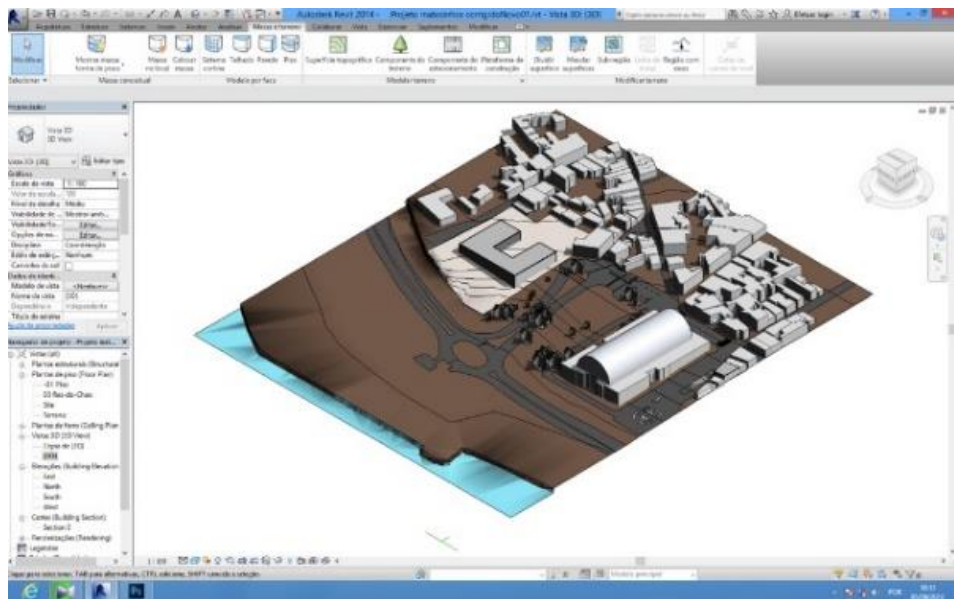


Figura 102. Forma desejada apos o trabalho com a massa concetual

8.1.2. LOD 200 – ESTUDO PRÉVIO/ ANTEPROJETO

Arquitetura/Engenharia – Composição das ideias e conceitos através da conceção do edifício

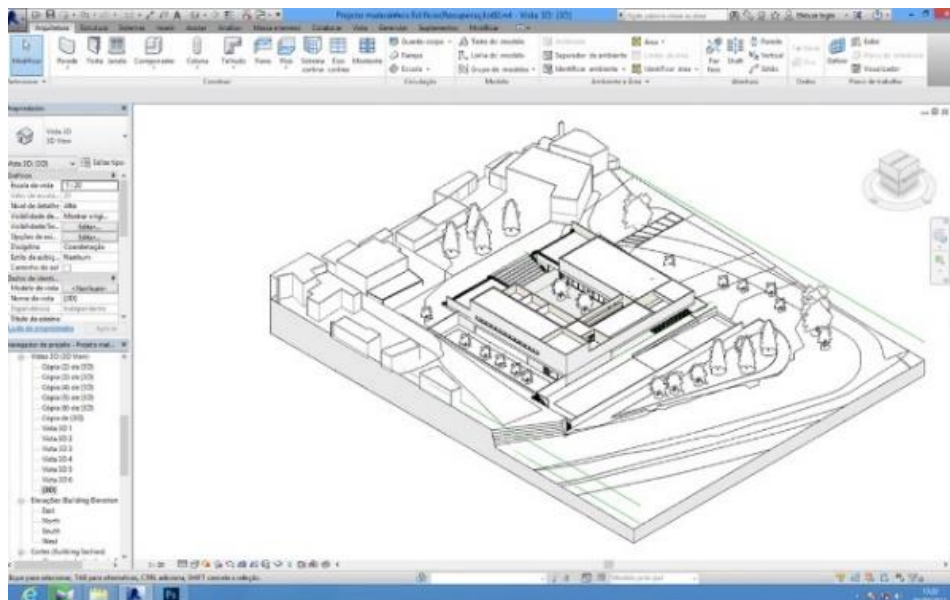


Figura 103. Forma abstrata do edifício pretendido

Neste nível de desenvolvimento os elementos pertencentes ao edifício são colocados de modo generalizado, bem como as suas quantidades são mais ou menos aproximadas aos valores pretendidos, bem como a localização e orientação, é feita segundo os montantes desejados para a construção.

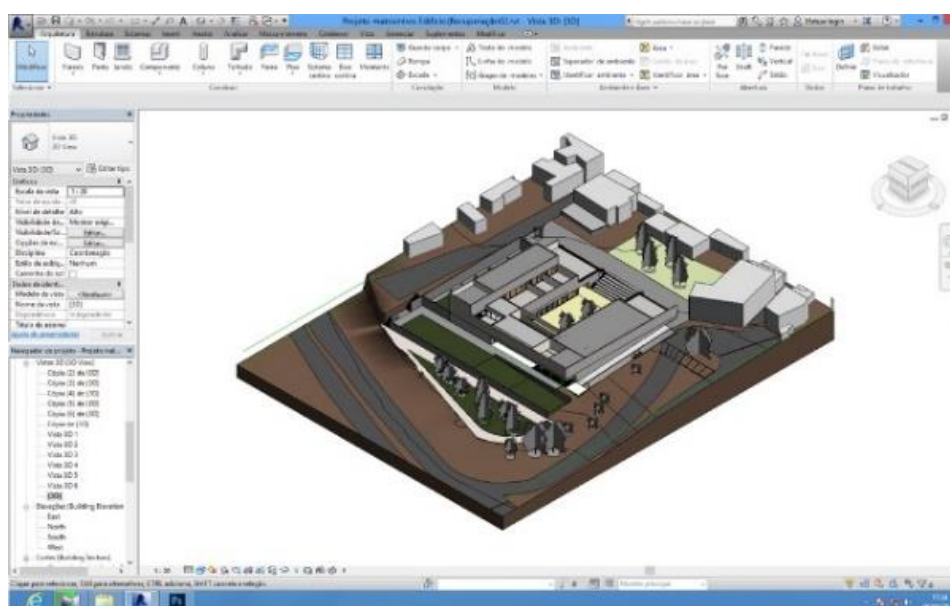


Figura 104. Exposição genérica dos elementos constituintes do edifício

É o nível mais baixo da representação geométrica do modelo virtual do edifício, e no qual é subjacente a utilização da palavra “aproximar”, pois é a busca de um modelo preciso de construção à qual se esta a trabalhar. O modelo é identificado como um “objeto”, que no seu processo não contém a completa montagem dos elementos pertencentes à construção.

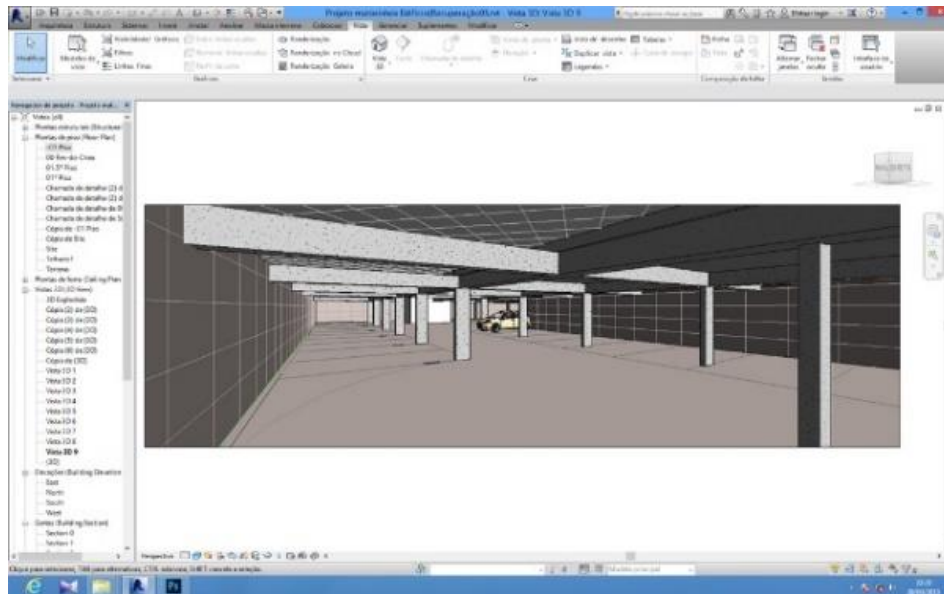


Figura 105. Disposição generalizada de pilares e vigas

Neste patamar são criados os elementos que definem o edifício desde as paredes até às portas, feito de modo genérico sem dar grande ênfase ao sistema construtivo. Neste nível já define a dimensão dos pés-direitos dos espaços interiores, tendo consciência dos vãos que são apresentadas no edifício. As caixas de escadas e de elevadores nesta fase são representados como aberturas nas lajes, sem compor esses mesmos elementos, só identificando a onde estes serão empregues.

São estabelecidos de modo interpretativo alguns elementos pertencentes à estrutura, quer pilares e vigas, que vão se sobrepondo às lajes, pois a sua disposição e detalhe serão refinados nos patamares seguintes.

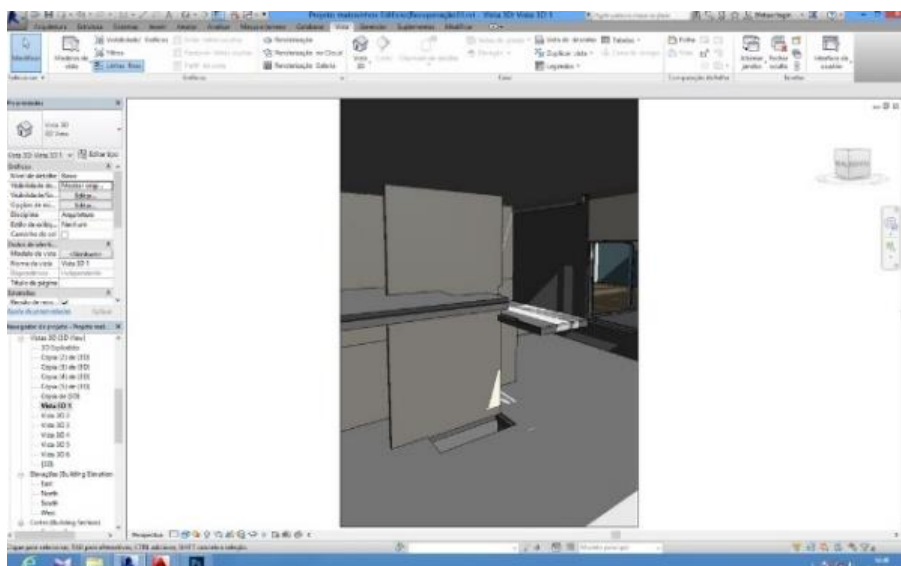


Figura 106. Abertura nas lajes para albergar as caixas de escadas no nível LOD 200

8.1.3. LOD 300 – PROJETO DE EXECUÇÃO

Arquitetura/Engenharia – Conceção de um sistema construtivo

Neste nível de desenvolvimento já existe uma precisão das quantidades, do tamanho, da forma, da localização e da orientação, assim sendo possível formular determinada informação não-gráfica. Já são utilizados modelos específicos de paredes, e elementos estruturais referentes a pilares, vigas, e lajes. Este patamar acaba por ser aquele que é dedicado à construção do edifício em análise.

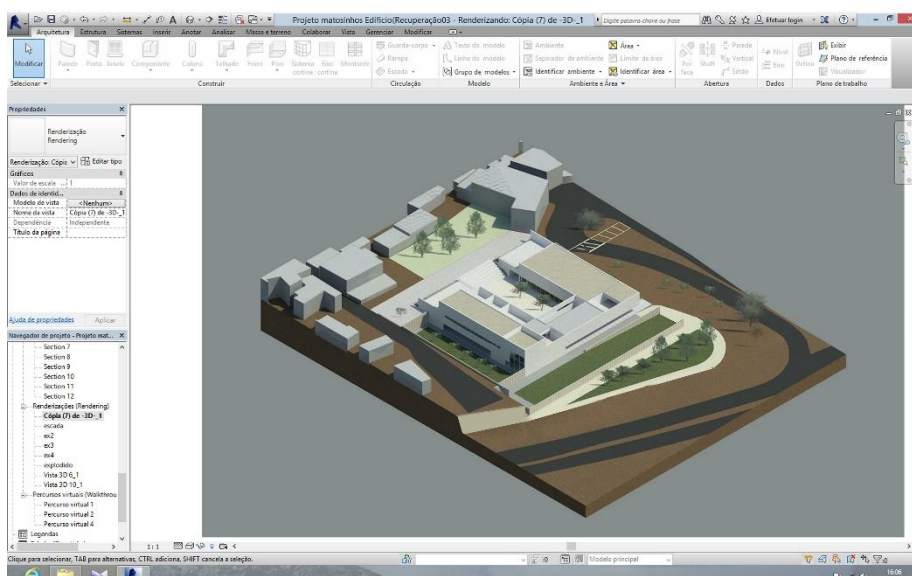


Figura 107. Modelo geral já com o sistema construtivo

O refinamento das aberturas das lajes para inclusão de caixas das escadas e de elevador, é tomada em conta, pois no nível 200, temos só uma breve abordagem ao local em que estes se vão inserir. Perante a disposição deste tipo de elementos é necessária a atenção por parte dos engenheiros, para a necessidade de reforço estrutural nesses locais.

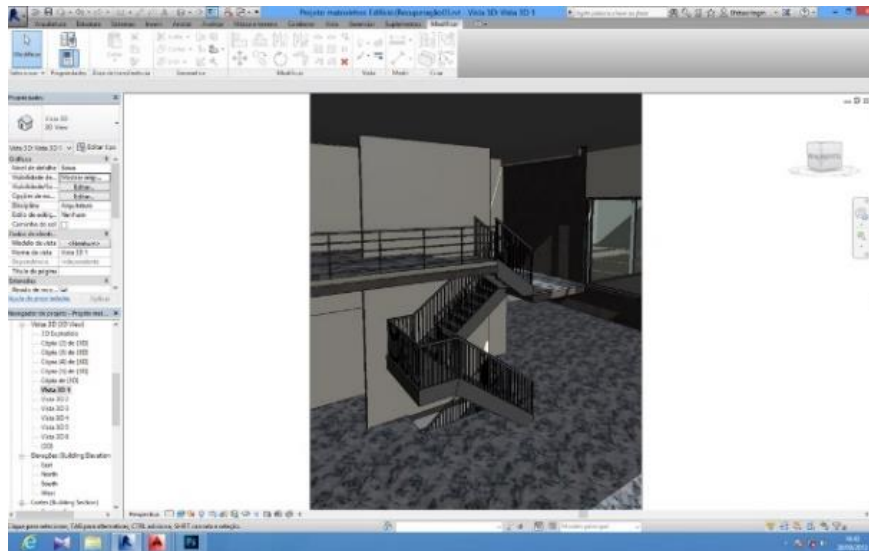


Figura 108. Configuração das caixas de escadas e respetivos guarda-corpos no nível LOD 300

Neste nível de desenvolvimento do modelo em BIM, já é possível obter secções detalhadas do edifício em 3D, que demonstrem a conjugação entre os vários componentes do sistema construtivo e do sistema estrutural.

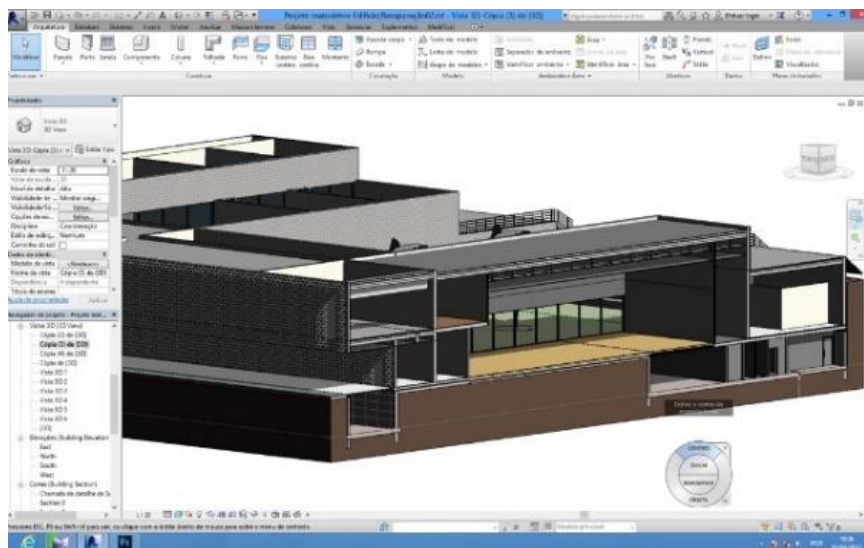


Figura 109. Pormenorização dos espaços interiores e sua construção;

Neste nível conseguimos já formular, imagens, “renders”, que possam expressar a nossa ideia relativamente aos materiais, e à sua aparência, bem como entender que tipo de vegetação se vai utilizar no edifício.

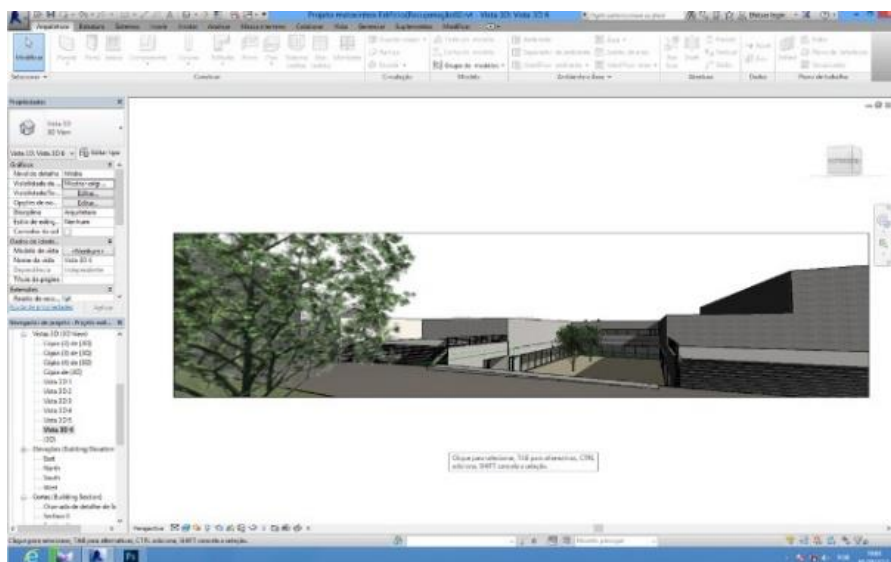


Figura 110. Vistas realistas do edifício e dos seus materiais

A partir deste nível é possível retirar a informação necessária para a um projeto de execução, graças à documentação obtida pelo modelo virtual.

8.1.4. LOD 350 – INSTALAÇÕES E PRÉ-FABRICAÇÃO

Arquitetura/Engenharia/Fabricação

É o nível que diz respeito ao desenvolvimento das instalações do edifício. É aqui que se torna necessário a prática da interoperabilidade. São desenvolvidos modelos de determinados setores do modelo geral, para apoio dos fabricantes e subempreiteiros. O pormenor que é conseguido neste nível, tem como alguns exemplos a capacidade de bloqueio antifogo das paredes, a bem como a sua resistência perante os abalos sísmicos.

Este nível tem a capacidade de representar certas secções do edifício, que implementem determinadas instalações, como as HVAC, instalações elétricas,

contendo ainda o detalhe de alguns componentes pré-fabricados que compoem a construo.

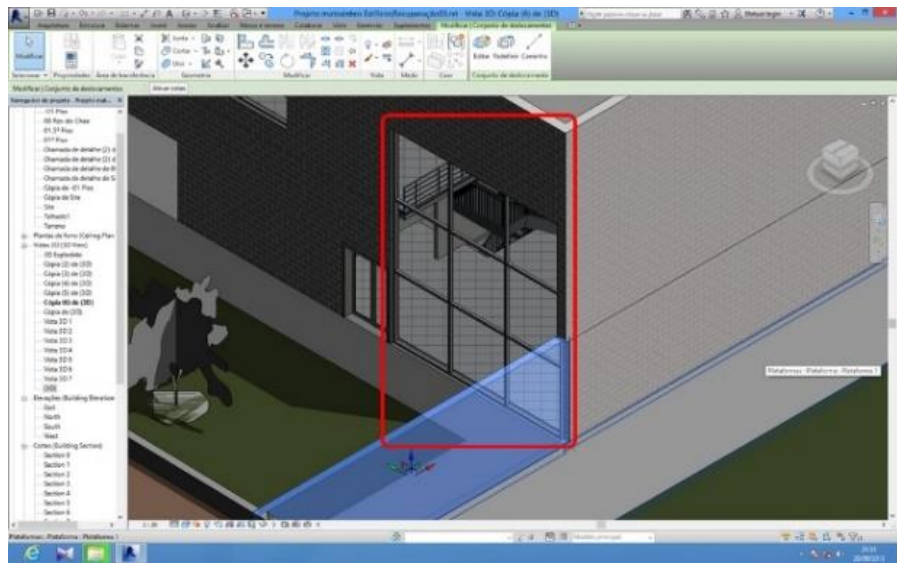


Figura 111. Vista gera com uma parede de vidro

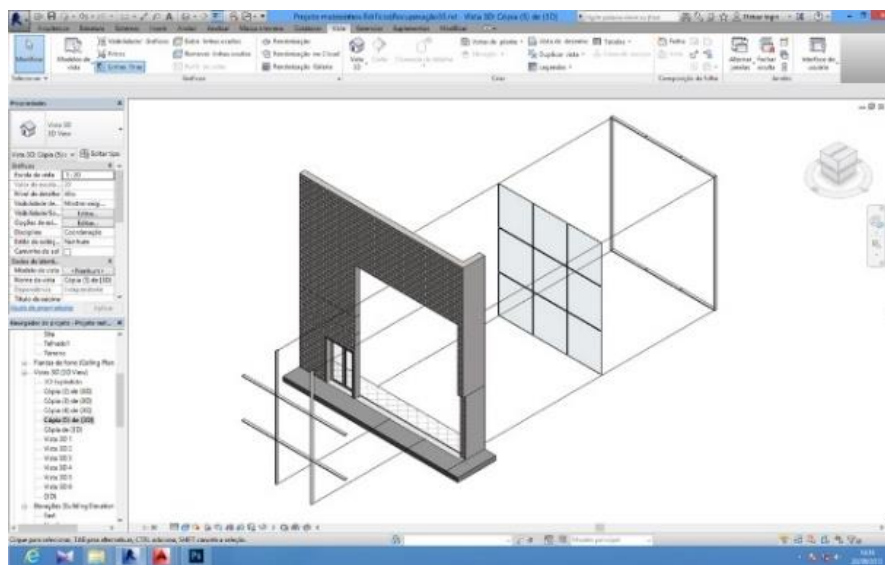


Figura 112. Detalhamento da parede de vidro atravs do seccionamento dos seus componentes

Perante a insero de componentes que necessitem de ser pr-fabricados, no caso deste projeto seriam determinadas paredes cortina (fig. 110 e 111), e de um palco que se encontra acoplado a um elevador hidrulico, em que seria necessrio pr-fabricar a sua estrutura (fig. 112 e 113).

Assim é possível definir, não só segmentos do edifício para ser perceber como se deve instalar determinadas sistemas mecânicos, e ainda estudar alguns sectores que possam conter elementos pré-fabricados.

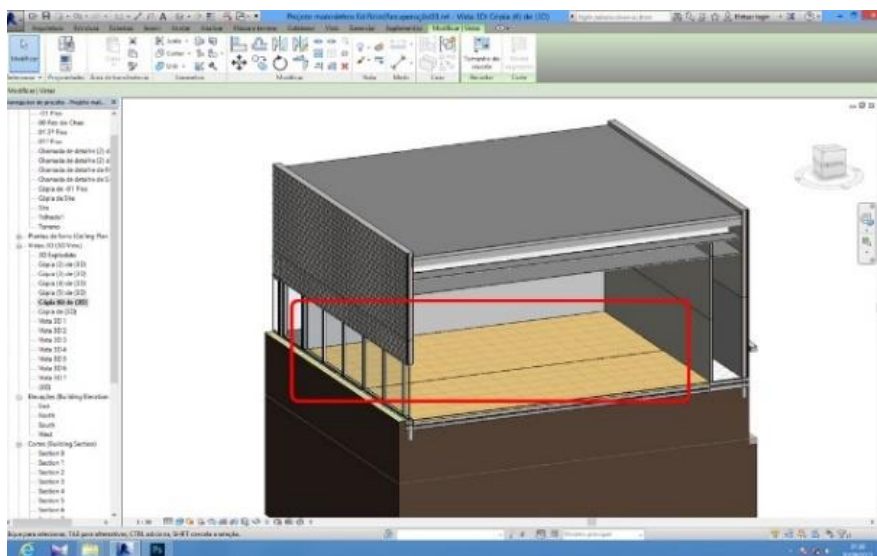


Figura 113. Vista gera do palco com elevador

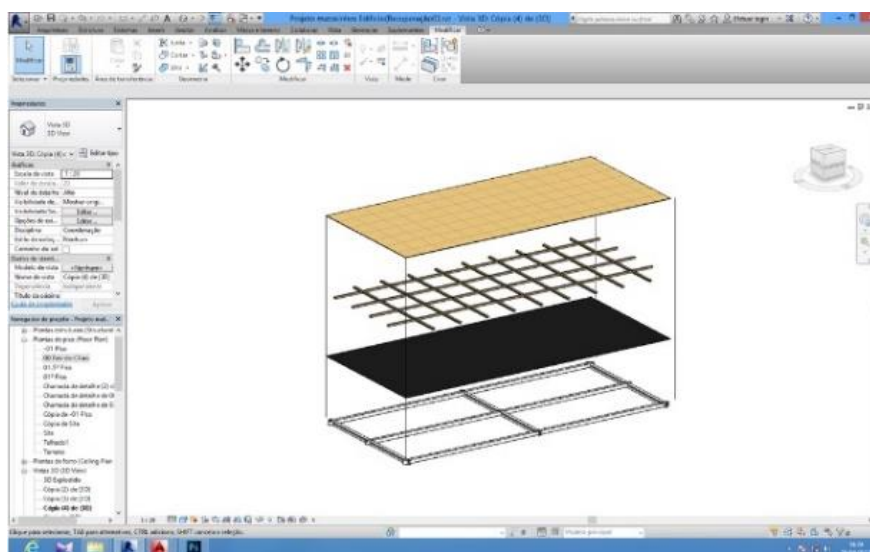


Figura 114. Detalhamento do palco com elevador através do sectionamento dos seus componentes

8.1.5. LOD 400 – PREPARAÇÃO DE OBRA, CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

Engenharia/Fabricação – Modelação e detalhamento de componentes estruturais

O modelo quando é gerado até ao nível LOD 400, contam a pormenorização necessária para a fabricação de certos componentes do edifícios. Existe neste nível um maior detalhe sobre os componentes de aço, e painéis de betão pré-moldados, entre outros elementos que necessitem de uma modelação mais complexa que os

restantes elementos da construção. É neste nível que os engenheiros percebem quais necessidades que os componentes estruturais acatam, e perante esta é necessário modelar de forma detalhada as armaduras internas dos pilares, vigas, lajes entre outros elementos de betão armado. Os elementos de estrutura metálica têm de conter todo o detalhe, de forma a perceber as suas uniões. A necessidade de uma constante pormenorização dentro desta fase, impede com que haja colisões entre elementos estruturais durante o processo de obra. Só estes elementos antes referidos é que são modelados sobre o modelo virtual, daí este nível ser mais árduo por parte dos engenheiros e construtores, dispensando um pouco o trabalho do arquiteto. Neste patamar entendesse que os profissionais que contem mais conhecimentos de estruturas, é que dão a perceber aos restantes, até que ponto se torna fundamental pormenorizar o modelo 3D .

8.1.6. LOD 500 – GERENCIAMENTO – MODELO VIRTUAL

Proprietário - Apos construção

O nível LOD 500 do modelo virtual, é identificado como uma ferramenta após construção. O modelo reúne vários parâmetros dos níveis anteriores, e aqui o proprietário é que acaba por ser o elemento definidor do que irá ser melhorado dentro do modelo 3D. O modelo pode ser trabalhado de modo a se inserir no LOD 500, sem precisar do detalhe relativo ao nível LOD 400. O modelo ao ser levado a este nível, já estabelece um nível perfeito de registo gráfico, do qual o trabalho a ser desenvolvido dentro deste é pré-estabelecido perante as necessidades que este possa apresentar durante o seu ciclo de vida. Acaba por ser um modelo que tentará, perceber de que maneira o edifício se vai desgastar ao longo do tempo, estabelecendo alguns prazos para se fazer manutenção à obra, para que esta não necessite de uma reparação com urgência. Para melhorar a manutenção é possível utilizar sensores que serão aplicados à estrutura de forma a controlar o seu ciclo de vida, bem como a utilização de outros processos dentro do modelo BIM. O nome referente ao modelo de manutenção, é intitulado de BIM FM – BIM Facility Manegement.

CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS EM TRABALHOS FUTUROS

9.1. CONCLUSÕES

Perante os itens referentes nos casos de estudo sobre os sistemas BIM, e de estes serem uma evolução dos sistemas CAD genéricos, em comunhão com determinados parâmetros específicos da construção civil, estes confinam parâmetros específicos da construção civil, determinando assim as várias razões pela adoção dos sistemas BIM ao longo do estudo aqui realizado. Só perante a utilização dos sistemas BIM por parte de determinados *ateliers* renomeados no estrangeiro como Zaha Hadid, e Sou Fujimoto é que percebemos que este novo sistema de desenho computacional já está presente na arquitetura, há vários anos, não sendo tão recente como inicialmente pensamos. Infelizmente os estudos e análises feitas a estes sistemas, só agora é que começam a surgir, e agora com um crescente aumento de trabalhos académicos à volta desta metodologia de projeto arquitetónico.

A importância que hoje é dada aos sistemas BIM, sobre os modelos tridimensionais numa realidade virtual, minimiza a importância de representação segmentada do edifício através de vistas ortogonais, tais como cortes, e plantas, que são aqui quase obtidos de modo automático. Estes modelos tridimensionais tentam ser uma medida mais viável e correta de apresentação do projeto por parte dos arquitetos aos outros profissionais da AEC, mas sobretudo ao cliente. Esta necessidade de se ter um modelo 3D para ser expor ao cliente, acaba por ser fundamental para expressar as ideias do arquiteto pois, o modelo consegue oferecer uma visão aproximada do que poderá ser o edifício, e que de certa maneira não é visível nas representações

ortogonais habituais. A capacidade por parte do modelo de albergar matérias, texturas, iluminação representa uma mais-valia significativa, que os desenhos geralmente não oferecem, apesar de muitas vezes esse realismo poderá ser “enganador” nesta área da representação.

O estudo teve como observação os parâmetros que são estabelecidos pelos sistemas BIM perante alguns arquitetos, e quando estes abordam os BIM como alunos de uma academia, ou como profissionais no seu ambiente de trabalho.

Nestes tópicos percebe-se que a inserção dos sistemas BIM ainda é vista como um meio de desenho para facilitar a obtenção de vistas ortogonais, e não é tomado como meio de criação de um edifício, com um sistema construtivo, mas que de momento está a tender para esse nível, e que será primordial no futuro, e que acaba por ser a principal mais-valia do BIM.

No estudo que é feito no item 8.1. num primeiro tópico referente LOD 100 é dado a entender de que maneira se deve proceder num sistema BIM, para se conseguir obter uma forma/conceito para um dado edifício. Este estudo culmina com a construção, após uma reflexão geral dos elementos que compõem o edifício, como vistos no tópico 8.1.2. e 8.1.3. O tópico referente à construção é conjugado com os construtores e fabricantes para definir outros patamares do modelo em BIM, como refletido nos tópicos 8.1.4. e 8.1.5. O modelo 3D consegue conter toda esta informação referente às fases do processo construtivo do edifício, através dos parâmetros que são atribuídos ao modelo virtual em análise.

A análise que é obtida do uso dos sistemas BIM para a construção é processada de modo mais detalhado quando se fala de um sistema construtivo industrial com base na pré-fabricação, explicado no tópico 8.1.4. Quando se cria um edifício através das CIPF, existe a necessidade da pormenorização de todas as uniões e dos seus componentes, sendo necessário o seccionamento de certas partes do edifício para se poder colmatar todas as lacunas deste tipo de construção. É possível dentro deste tipo de construção detalhar um edifício com facilidade, graças ao modelo virtual que oferece todo o sentido de reprodução e repetição, de forma a estruturar a construção.

Este processo acaba por ser rápido de se realizar devido aos componentes que constituem um determinado edifício, serem produzidos segundo um método de pré-fabricação, como demonstrado no tópico 8.1.4., e que expresso no modelo BIM, a partir de objetos paramétricos. Estes objetos podem depois ser trabalhados de modo individual de forma a podermos sempre que possível abrir o conjunto de parâmetros referentes a estes, e altera-los de acordo com as nossas ideias ou necessidades.

Deste forma os sistemas BIM, conseguem oferecer ao arquiteto uma plataforma não só para a busca de um conceito, perante a modelação de volumetrias, mas também consegue interiorizar e explicitar algumas ideias fundamentais do processo construtivo do edifício. O sistema construtivo é tomado em conta desde o momento que concetualizamos o modelo na nossa mente, tendo em atenção aos materiais que iremos implementar no edifício, como observado nos exemplos apresentados no tópico 7. Estas análises dentro dos sistemas BIM ainda não são tomadas em consideração por parte da grande maioria das academias, mas que terão de ser abordadas num futuro próximo. Perante um constante progresso de trabalho dentro dos sistemas BIM, será possível no futuro conceber edifícios com maior rigor, graças a uma melhor articulação dos vários profissionais da construção civil.

9.2. DESDOBRAMENTOS PARA TRABALHOS FUTUROS

Poderão após este estudo pensar-se me alguns trabalho em que esta dissertação não pretendeu atingir, sendo alguns desses temas os seguintes:

- O estudo sobre o método de trabalho de determinado programa com capacidades BIM, orientado para o arquiteto, e sua metodologia de trabalho assente no desenho prospetivo de forma a estudar as suas funcionalidades
- A abordagem do arquiteto como um “gerente” das informações do projeto, e da manutenção do edifício perante o seu ciclo de vida;
- Um tema relacionado sistema construtivo do edifício em modelo virtual, de modo a aprofundada e compreender o a sua importância para o projeto de arquitetura;
- A possibilidade de formular temas que relacionam a integração entre os vários profissionais da AEC, dentro da metodologia BIM;

- A abordagem da interligação entre o processo de produção em CAM, com a conceção de elementos de construção em BIM;
- Formular estudos em volta da Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, com referencia a arquitetos como Álvaro Siza Vieira, Eduardo Souto de Moura, Fernando Távora, entre outros de forma a estudar a sua obra dentro da metodologia BIM.

Gostaria de referir que os temas são mais que muitos, e o interesse por parte dos alunos das academias de arquitetura é imenso, pois estamos a falar de uma tecnologia recente, que revela interesse às mentes mais novas. Para se fomentar a curiosidade por estas áreas de estudo, é necessário criar as plataformas de lançamento para estes, neste caso o melhoramento considerável por parte das bibliotecas das academias, de forma a oferecer a matéria necessária aos seus alunos para se incentivarem a descobrir novos temas em volta destes sistemas, de modo a dominar e a qualificar as suas arquiteturas.

BIBLIOGRAFIA

Branco, José da Paz

Dicionário Técnico de construção civil / J. Paz Branco. - 2ª ed.. - Queluz : EPGE, 1993. - 150 p. : il. ; 25 cm. - (Aprender Construção Civil ; 5)

Barbosa, Maria Gabriela Barbeitos de Castro Nunes

Standard, pré-fabricação e arquitetura : conceitos e preconceitos / Maria Gabriela Barbeitos de Castro Nunes Barbosa ; Prof. responsável Francisco Barata Fernandes. - Porto : Faup, 2001. - 94 p.. - Ano lectivo 2000/2001

Cabrera, Joel Alexander Novas

Sistemas Cosntrutivos Prefabricados aplicabels a la construccion de edificaciones en países em desarrollo - orientador: Jaime Fernandez Gomez – Madrid 2010 - pag. 62

Duarte, José Pinto

Tipo e módulo : uma abordagem ao processo de produção de habitação / José Pinto Duarte. - 1ª ed. - Lisboa : L.N.E.C., 1995. - IX, 162 p. : il. ; 25 cm. - (Edifícios ; 3).

Eastman, Chuck, [et al.],

BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors – New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. – 490p.

Kymmell, Willem; McGraw-Hill Book Company ed.

Building information modeling : planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations – U.S.A.: McGraw Professional, 2008. – 416 p.

Lopes, Nuno Lacerda

Learnings Face/Schools/ Carlos Nuno Lacerda Lopes – Porto, Transnética, 2012 – 291p.

Martins, Paola Caliarri Ferrari

A interoperabilidade entre sistemas BIM e Simulação Ambiental Computacional : estudo de caso / Martins, Paola Caliarri Ferrari ; Prof. Orientador Dr. Neamber Furtado Silva - Brasília: Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Ano de 2012. – 229 p.

Mitchell, William J.; McCullough, Malcom

Digital Design Media / Mitchell, William J.; McCullough, Malcom: U.S.A. John Wiley & Sons, 1995 – 512 p.

Monteiro, Igor Mendes

O Uso dos Sistemas BIM em Projeto de Arquitetura: Diversificação de soluções versus padronização / Igor Mendes Monteiro; Prof. Orientador Dr. Neamber Furtado Silva – Brasília: Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Ano de 2012, 140 p.

Moreira, Thomaz Passos Ferraz

A Influencia da parametrização dos softwares CADD arquiteturais no processo de projeção arquitetónica / Moreira, Thomaz Passos Ferraz; Prof. Orientador Dr. Neamber Furtado Silva – Brasília: Universidade de Brasília – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Ano de 2008, - 226 p.

Silva, Jorge Henrique Pais da

Dicionário de termos de arte e arquitectura / Jorge Henrique Pais da Silva, Margarida Calado. - 1ª ed. - Lisboa : Presença, 2005. - 381 p. : il. ; 24 cm. - (Biblioteca da arte)

Silva, Jorge Miguel Santos

Princípio para o desenvolvimento de Projeto com Recurso a Ferramentas BIM: Avaliação de melhores práticas e proposta de regras de modelação para projetos de estruturas/Jorge Miguel Santos Silva; Prof. Orientador Doutor João Pedro da Silva Poças Martins – Porto :Feup, 2013. – 105 p. – Ano letivo 2012/2013

Smith, Ryan E.

Prefab Architecture : A Guide to Modular Design and Construction – New Jersey: John Wiley & Sons, 2011. – 384p.

Sousa, José Pedro Ovelheiro Marques de

From digital to material : rethinking cork in architecture through the use of cad, cam technologies / José Pedro Ovelheiro Marques de Sousa. - Lisboa : Universidade técnica, 2010. - 346 p. : il. ; 30 cm. - Dissertação de doutoramento

Tomé, Ana Sofia Gonçalves

Arquiteturas de pré-fabricação : o fenómeno do contentor habitável / Ana Sofia Gonçalves Tomé ; Profª responsável Clara Pimenta do Vale. - Porto : Faup, 2006. - 105 p.. - Ano letivo 2005/2006

Zeví, Bruno

Saber ver a arquitectura / Bruno Zeví; trad. Maria Isabel Gaspar, Gaetan Martins de Oliveira – 5ª ed. – São Paulo : Martins Fontes, 1996 – 280 p. :il ; 21 cm

Revistas e artigos periódicos

Barata, Paulo Martins; Ferreira, João Luís; Perloiro, Paulo; Perloiro, João; Appleton, Pedro, ArchiNews, ano VII – nº24 Abr/Mai/Jun, “Fluviário de Mora, Alentejo – Promontório Arquitetos”, pag. 48-53

Compact Habit - Construim la innovació – 2012 - pag. 5

Farrell, Shaun – Zaha Hadid and B.I.M., OxArch February 2013

Florio, Wilson; Contribuições do Building Information Modeling no Processo de projeto em Arquitetura Universidade Presbiteriana Mackenzie, Porto Alegre, Julho de 2007

PTEC – Plataforma Tecnologia Espanola de Constrution - Industrialización de la Construcción: avances y retos futuros Zaragoza 21 de Marzo de 2012 - pag. 73

Webgrafia - World Wide Web

(Pesquisa efetuada no período de Janeiro a Setembro de 2013)

AIA – Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Institute_of_Architects - acesso a 29/07/2013

Aston, Jeremy Hugh; Ferreira, Joao Carlos Ferrerira; Factory Business Center in Braga, Portugal by Simpli Design – Disponível em: <http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/12/06/factory-business-center-in-braga-portugal-by-simpli-design/> – Acesso em: 24/07/2013

Bedrick, Jim; A Level of Development Specification for BIM Processes – Disponibel em: http://www.aecbytes.com/viewpoint/2013/issue_68.html - Acesso em 29/07/2013

BIMForum Portugal – Disponível em: <http://www.bimforum.com.pt/index.php/pt/> - Acesso em 06/03/2013

CAD – CAD Cronology. CAD History – Disponível em: <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD1970.htm> - Acesso em 17/07/2013

Construção – Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Constru%C3%A7%C3%A3o> – Acesso a 29/07/2013

CNC – Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Controle_Num%C3%A9rico_Computadorizado – Acesso a 29/07/2013

CSG – Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Geometria_s%C3%B3lida_construtiva- Acesso em: 24/07/2013

Finland – O lar de excelência em pré-fabricados – Disponível em:

<http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=33683&org=15&chk=717c8415> – Acesso em 06/03/2013

GDL – Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/Geometric_Description_Language - Acesso em: 24/07/2013

GIS – Disponível em:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informa%C3%A7%C3%A3o_geogr%C3%A1fica – acesso a 24/07/2013

Guggenheim – Disponível em: <http://www.guggenheim-bilbao.es/en/the-building/the-construction/> - acesso a 17/07/2013

Hadid, Zaha, CMA CGM TOWER in Marseille, France by Zaha Hadid Architects – Disponível em: <http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/03/29/cma-cgm-tower-in-marseille-france-by-zaha-hadid-architects/> – Acesso em 24/07/2013

Hard, Helen &, Vennesla Library and Culture House / Helen & Hard – Disponível em : www.download.graphisoft.com/ftp/marketing/case_studies/HHA_GRAPHISOFT_CaseStudy.pdf - Acesso em 29/07/2013

Interface – Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Interface> - acesso a 24/07/2013

Labeca, Annick; Musashino Art University New Library by Sou Fujimoto Architects – Disponível em: <http://urbanlabglobalcities.blogspot.pt/2011/01/musashino-art-university-new-library-by.html> – Acesso em 29/07/2013

Lopes, Carlos Nuno Lacerda; Gandra School in Paredes – Disponível em: www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/12/03/gandra-school-in-paredes-portugla-by-atelier-nuno-lacerda-lobes/ - Acesso em 24/07/2013

Projeto - O que é Projeto – Disponível em: <http://www.significados.com.br/projeto/> - acesso a 29/07/2013

Revit, Autodesk - Disponível em: <http://www.autodesk.com/products/autodesk-revit-family/overview> - Acesso em: 24/07/2013

Silver, Bogle Flanagan Lawrence, Strata SE1 Tower in UK by BFLS Architects designed using MicroStation – Disponível em: <http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/04/15/strata-se1-in-elephant-castle-uk-by-bfls-architects/> – Acesso em 24/07/2013

Singhal, Sumit; Musashino Art University Museum & Library in Tokyo, Japan by Sou Fujimoto Architects designed using Vectorworks – Disponível em: <http://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/08/03/musashino-art-university-museum-library-in-tokyo-japan-by-sou-fujimoto-architects/> – Acesso em: 24/07/2013

Renderização - Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Renderiza%C3%A7%C3%A3o> – acesso a 24/07/2013

Tekla – Tekla Structures - <http://www.tekla.com/international/products/tekla-structures/Pages/Default.aspx> - Acesso em 24/07/2013

