

RUI ANDRÉ PIMENTA DE MATOS

**BIM – APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION
MODELING, COMO UM PROCESSO IMPULSIONADOR DE
PROJETOS DE ARQUITETURA**

Orientador: Prof. Doutor João Menezes Sequeira

**UNIVERSIDADE LUSÓFONA DE HUMANIDADES E TECNOLOGIAS
Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação**

Lisboa

2016

RUI ANDRÉ PIMENTA DE MATOS

BIM – APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION
MODELING, COMO UM PROCESSO IMPULSIONADOR DE
PROJETOS DE ARQUITETURA

Dissertação defendida em provas públicas na
Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias
no dia 08/07/2016, perante o júri nomeado pelo
Despacho de Nomeação nº 454/2015 de 2 de
Dezembro, com a seguinte composição:

Presidente: Professor Doutor Pedro Carlos Bobone
Ressano Garcia [ULHT]

Arguente: Professor Doutor Pedro Filipe Coutinho
Cabral D; Oliveira Quaresma [ULHT]

Orientador: Professor Doutor João Manuel Barbosa de
Menezes de Sequeira [ULHT]

Vogal: Professora Doutora Eliana Pereira de Sousa
Santos [ULHT]

UNIVERSIDADE LUSÓFONA DE HUMANIDADES E TECNOLOGIAS

Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação

Lisboa

2016

Agradecimentos

Ao professor João Sequeira pelo apoio, disponibilidade e dedicação que foram essenciais para a orientação desta Dissertação.

Aos colegas da Pós-Graduação BIM, pelo apoio e auxílio, que me fez evoluir e adquirir novos conhecimentos.

Aos colegas de trabalho Hugo Marques Correia e Ricardo Granja, pelo apoio em assuntos de extrema importância.

A todos os meus colegas que seguiram todo o meu percurso académico, que me ajudaram com comentários, no sentido de melhorar as minhas capacidades e formação.

Aos meus pais, por toda a ajuda e paciência que tiveram durante a elaboração da presente Dissertação.

Obrigado a todos.

Resumo

O sistema BIM- Building Information Modeling, tem surgido como a futura solução da representação arquitetónica e da construção na última década. Esta necessidade prende-se com os intervenientes da indústria AEC entre os quais arquitetos, construtores e donos de obra, que pedem um processo que consiga conter toda a informação do edifício para uma melhor gestão e manutenção.

O BIM tem grandes possibilidades de ser o sistema que a indústria AEC procura, através da facilidade e rapidez nas alterações que são feitas no projeto, o que proporciona uma maior gestão do tempo total de trabalho e também a quantificação de todos os elementos presentes no modelo tridimensional, o que aumenta o rigor e o controlo financeiro do projeto e da construção.

Esta dissertação estuda a aplicação do Building Information Modeling em projeto, através do Software Revit@ versão 2014, tentando procurar características que possam ajudar o desenvolvimento do projeto, através do estudo das suas diferentes fases. Mesmo sendo ainda um processo com alguns problemas, esta dissertação tenta demonstrar que este sistema pode ser um forte impulsionador para toda a indústria AEC.

Palavras-chave: sistema BIM, Projeto, Informação, Processo, Impulsionador.

Abstract

The BIM- Building Information Modeling process, appear as a future solution of architectural representation and construction in the last decade. This necessity comes, with the AEC industry participants, architects, constructors and owners that demand a process that can have all building information for a better management.

BIM has strong possibilities to be the system that the AEC industry is looking for, with easy and faster changes made on project, and also with the parametrization of all the elements in the model, which improve the accuracy and costs of project and constructions.

This thesis, study the application of Building Information Modeling on a project, using Revit@ version 2014 Software, showing the characteristics that this process can improve during the different phases of a project. Even being a process with some problems, this thesis tries to show that it can improve all the AEC industry work.

Keywords: BIM process, Project, Information, Process, Booster

Abreviaturas

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

DWG – Drawing

RVT. – Ficheiro Revit®

AEC – Architecture, Engineering, Construction

AIA – American Institute of Architects

LOD – Level of Development

IFC – Industry Foundary Classes

COBie – Construction Operation Building Information Exchange

“O Revit (tecnologia BIM) vem revolucionar os gabinetes de projectistas - tal como aconteceu com o AutoCAD no seu tempo - e permitir executar projectos despendendo menos tempo e recursos humanos.” (Silva, 2011, p.13)

Índice

Índice de Figuras	9
Índice de Quadros e Gráficos	12
Introdução	14
Capítulo 1- Building Information Modeling	17
1.1. Contexto Histórico	18
1.2. O que é o Building Information Modeling	23
1.3. Standards	26
1.4. BIM como Impulsionador de Projetos de Arquitetura	28
Capítulo 2- Biblioteca Grândola.....	33
2.1. Introdução ao caso de estudo.....	34
2.2. Programa.....	35
2.3. Organização do Modelo.....	40
2.4. Modelação da Base Topográfica e da Envolvente	42
2.5. Modelação da Volumetria	46
2.6. Repensar o Projeto.....	49
2.7. Níveis de Desenvolvimento	55
2.8. Definição Construtiva.....	60
2.9. Quantificação.....	65
2.10. Análise Energética.....	69
2.11. Documentação Construtiva	75
Capítulo 3- Considerações Finais.....	86
3.1. Conclusões do Caso de Estudo.....	87
3.2. Posição de Autor	93
Conclusão	95

Bibliografia.....	97
Anexo I – Documentos Construtivos.....	I
Anexo II – Análise Energética.....	II

Índice de Figuras

Figura 1- Detalhe da Catedral Santa Maria del Fiore	18
Figura 2- Modelo em Madeira da Cúpula	19
Figura 3- Ambiente do ateliê	20
Figura 4- Software CAD	21
Figura 5- Modelo 3D	22
Figura 6- Projeto BIM realizado por Wrnsstudio	22
Figura 7- Esquema do BIM	23
Figura 8- Componentes do BIM	24
Figura 9- Níveis do BIM	25
Figura 10- Imagem de Satélite	35
Figura 11- Imagem de Satélite aproximada	35
Figura 12- Sala de Leitura	36
Figura 13- Exterior da Biblioteca	36
Figura 14- Piso -1	38
Figura 15- Piso 0	38
Figura 16- Piso 1	39
Figura 17- Divisão de Modelos	40
Figura 18- Divisão de Modelos pelas várias especialidades	41
Figura 19- Envolverte em formato DWG	42
Figura 20- Envolverte na plataforma Revit@	43
Figura 21- Maqueta real	43
Figura 22- Envolverte final na plataforma Revit@	44
Figura 23- Modelação de Massas Volumétricas	46
Figura 24- Representação dos sistemas tradicionais e sistema BIM	47
Figura 25- Funcionamento dos processos tradicionais e BIM	48
Figura 26- Volumetria do projeto	48
Figura 27- Estudo solar do edifício	49

Figura 28- Exposição solar para as salas de leitura	50
Figura 29- Alteração da Fachada Este	50
Figura 30- Estudo do interior do edifício	51
Figura 31- Alteração do interior do edifício	51
Figura 32- Alteração de um elemento	52
Figura 33- Tabela Model Element Author	55
Figura 34- LOD 100	58
Figura 35- LOD 200	58
Figura 36- LOD 300	58
Figura 37- LOD 400	59
Figura 38- LOD 500	59
Figura 39- Troca de Elemento	60
Figura 40- Parametrização da Parede	61
Figura 41- Introdução de elementos	62
Figura 42- Nível de Detalhe Normal	63
Figura 43- Nível de Detalhe Mínimo	63
Figura 44- Quantificação de Áreas	65
Figura 45- Quantificação de Materiais	66
Figura 46- Quantificação Individual de Materiais	67
Figura 47- Quantificação de Portas	68
Figura 48- Vista de Corte	75
Figura 49- Biblioteca Piso -1	76
Figura 50- Biblioteca Piso 0	77
Figura 51- Biblioteca Piso 1	78
Figura 52- Biblioteca Cobertura	79
Figura 53- Alçado Norte	80
Figura 54- Alçado Este	80
Figura 55- Alçado Sul	80
Figura 56- Corte A-A'	81

Figura 57- Corte B-B'	81
Figura 58- Corte C-C'	82
Figura 59- Corte D-D'	83
Figura 60- Corte E-E'	83
Figura 61- Corte F-F'	83
Figura 62- Render Exterior	84
Figura 63- Render Interior	84
Figura 64- Detalhe Tridimensional	85

Índice de Quadros e Gráficos

Quadros

Quadro 1- BIM Standards	26
Quadro 2- Fatores de desempenho do edifício	69
Quadro 3- Custo / Uso Energético durante o Ciclo de Vida	69

Gráficos

Gráfico 1- Esforço e custo dos processos BIM e processos convencionais	28
Gráfico 2- Funcionamento dos processos BIM	30
Gráfico 3- Gartner Hype Cycle	31
Gráfico 4- Coordenação de trabalho	32
Gráfico 5- Tempo de realização das maquetas	45
Gráfico 6- Tempo de realização das alterações	53
Gráfico 7- Importância do processo criativo e informação ao longo do projeto	54
Gráfico 8- Emissões anuais de Carbono	70
Gráfico 9- Consumo anual energético	70
Gráfico 10- Uso de Energia Combustível	71
Gráfico 11- Uso de Energia Elétrica	71
Gráfico 12- Consumo Elétrico Mensal	72
Gráfico 13- Exigência Energética Mensal	72
Gráfico 14- Rosa Vento Anual (Distribuição de Velocidade)	73
Gráfico 15- Rosa Vento Anual (Distribuição de Frequência)	73
Gráfico 16- Tempo de Configuração dos Vários Sistemas	87
Gráfico 17- Tempo de Desenvolvimento dos Vários Sistemas	88
Gráfico 18- Tempo de Alteração dos elementos	89
Gráfico 19- Cálculo de Esforço	90

Gráfico 20- Tempo despendido nos sistemas tradicionais	91
Gráfico 21- Tempo despendido no sistema BIM	91

Introdução

Ao longo dos tempos, tanto a indústria da arquitetura como da construção, têm procurado novas formas de melhorar os seus processos de trabalho. Esta procura intensificou-se nas últimas décadas, muito por causa da crise financeira global, que tornou o financiamento mais restrito para a concepção arquitetónica e posteriormente para a construção. Também a evolução tecnológica e a qualidade espacial, cada vez mais necessária no carácter dos edifícios, criavam problemas para os arquitetos, que viam o grau de dificuldade do seu pensamento aumentar.

Este problema tornava-se ainda mais complexo, quando ao mesmo tempo que se aumentava a complexidade da concepção, se pedia uma redução dos tempos de execução dos trabalhos. Aliado ao tempo, muitas vezes perdido com erros e omissões de projeto e à falta de preparação para simular várias características dos edifícios, estes poderiam ter sérios problemas de funcionamento e sustentabilidade ao longo do seu ciclo de vida.

Neste contexto surgem vários sistemas para tentar resolver problemas que até então não foram solucionados. Um desses sistemas é o sistema BIM – Building Information Modeling. Embora este sistema já exista à algumas décadas, só nos últimos anos é que este começou a ser divulgado, como um sistema vantajoso, com o objetivo de impulsionar o processo arquitetónico e a melhorar os resultados de projeto. Contudo e por ser um sistema ainda pouco divulgado, este tem de ser testado para se averiguar se pode ou não, ser uma solução para a concepção arquitetónica.

Este sistema surge no último ano do meu percurso académico, através de uma disciplina extracurricular, em que o conteúdo consistia na aprendizagem de um Software BIM, onde era criado um modelo tridimensional. No entanto era notório que poderia existir mais alguma potencialidade neste sistema, daí também surgir o meu interesse de querer desenvolver um trabalho baseado no sistema BIM.

Assim a metodologia passou inicialmente por uma recolha Bibliográfica, na tentativa de perceber o verdadeiro significado do BIM. Mas o que inicialmente aparentava ser unicamente uma ferramenta de modelação tridimensional, possuía por detrás um conceito totalmente diferente. Com a análise de vários documentos, desde artigos científicos a outras dissertações, o BIM era abordado como um processo onde todos os intervenientes da Indústria AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção,

trabalhavam unidos e em tempo real para simular um edifício que iria ser futuramente construído.

Nesta pesquisa eram também muitas vezes referido, as inúmeras características benéficas que este sistema traria para todo o processo de trabalho. Uma das questões levantadas com esta pesquisa, era a rapidez e precisão que este sistema conseguia proporcionar à prática de arquitetura, onde era referido como um impulsionador para todo o processo de trabalho.

Assim o continuo interesse por esta temática, levou-me a participar na Pós-Graduação BIM – Building Information Modeling in Integrated Project Delivery (Modelo de Informação da Construção (BIM) para Projeto Integrado (IPD)), realizada na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, no ano de 2014. Nesta foram aprofundados conhecimentos adquiridos através da pesquisa bibliográfica, como também foram dados a conhecer temáticas baseadas na colaboração e coordenação entre os vários intervenientes, focando com extrema importância todo o processo necessário por detrás da criação dos modelos.

Também a participação em alguns seminários, como a 2nd International BIM Conference, realizada em Lisboa, no ano de 2014, ajudavam a integrar-me mais nesta temática. Contudo estas conferências, embora interessantes para adquirir um maior conhecimento, acabavam por se focar maioritariamente na componente do engenheiro ou do construtor. A componente do arquitecto era só demonstrada através de visualização de imagens de projetos em que não se percebiam quais as características que este sistema poderia trazer para todo o processo.

Era necessário entrar no contexto do arquitecto, e analisar e reflectir de que forma o BIM poderia impulsionar os projetos de arquitetura, adicionando a estes uma maior rapidez e um maior controlo. Embora esta segregação não seja fácil, esta teria de ser feita de modo a se perceber o impacto deste sistema no processo de trabalho.

Esta dissertação encontra-se dividida em três capítulos, onde inicialmente será feita uma abordagem à evolução da prática de projeto até aos dias de hoje, referindo também vários sistemas usados e descrevendo alguns problemas que estes criavam. Também nesta fase será descrita a origem e significado do BIM, procurando focar o conceito de como este sistema pode impulsionar um projeto.

No segundo capítulo, será apresentado o caso de estudo, Biblioteca de Grândola, um projeto realizado no 5º ano do meu percurso académico, para a disciplina de projeto. Neste capítulo, será então demonstrado todo o processo de experimentação do

sistema BIM, através de várias fases que vão acompanhar em simultâneo o desenvolvimento do modelo.

No terceiro e último capítulo desta dissertação, serão abordadas as conclusões do caso de estudo, e feita uma análise do sistema BIM nos projetos de arquitetura.

Capítulo 1- Building Information Modeling

1.1. Contexto Histórico

Desde os tempo mais antigos, quando se iniciou a representação, os primeiros métodos utilizados para comunicar as ideias dos arquitetos, eram os desenhos, feitos manualmente e com uma fraca expressão. Este processo de trabalho possuía bastantes entraves à produção de documentação que consequentemente servia para se conseguir comunicar o projeto. Isto porque cada vez que acontecia um erro durante a criação de um desenho, este teria de ser novamente repetido. Esta condicionante causava um desperdício enorme de tempo e recursos, e exigia ao arquitecto um enorme poder de concentração para que os erros não acontecessem (Garber, 2014, p.28).

Embora utilizado durante vários séculos, só no período do Renascimento, século XV, este sistema de representação evoluiu, com a introdução de detalhes construtivos. Estes detalhes, desenhados com uma escala de referência, em conformidade com o conhecimento dos arquitetos, proporcionavam aos construtores valiosas fontes de informação que deviam ser seguidas à risca, sob o olhar dos arquitetos. Também neste período, os arquitetos começavam a ter na sua formação, a componente de escultura. Isto permitia que não comunicassem somente através de desenhos, mas que usassem modelos criados através de esculturas para comunicar aos construtores os seus pensamentos e diretrizes a seguir (Garber, 2014, p.29).



Figura 1- Detalhe da Catedral Santa Maria del Fiore (Galeano, 2014, p.15).

Um dos exemplos é a Catedral de Santa Maria del Fiore, em Florença, onde Filippo Brunelleschi (1377-1446) cria não só os desenhos para a Catedral [fig.1], como também executa em madeira [fig.2], um modelo representativo da cúpula, para expressar todas as suas intenções construtivas. Com este novo processo de trabalho,

os arquitetos ganhavam uma nova forma de se expressarem, ficando conhecidos não só como os mestres que conseguiam criar e organizar um edifício, como também executá-lo, tornando-se mestres da concepção e da construção. Contudo este processo era longo e chegava a durar várias décadas (Garber, 2014, p.30).



Figura 2- Modelo em Madeira da Cúpula (Miguel,2003, p.1).

Com o passar dos tempos e com a necessidade de diminuir o tempo de concepção, os arquitetos viam-se obrigados a mudar a forma de representação dos seus projetos. Essa mudança deu origem a que o processo arquitetónico acontecesse com mais frequência no ambiente de ateliê, sendo dada uma menor importância à parte construtiva. Assim os elementos produzidos, como plantas, cortes e alçados, ganhavam uma maior importância, pois eram os únicos meios de comunicação entre a concepção e a construção. No entanto, sempre que surgia alguma dúvida no projeto, este acabava por atrasar todo o processo, derivado à limitada comunicação existente. Era necessário encontrar meios e definir regras para comunicar e representar (Garber, 2014, pp.33-34).

Surgiam assim várias convenções construtivas, onde plantas começavam a possuir uma representação Standard, onde os cortes eram feitos sempre com a mesma altura, de modo a proporcionar aos construtores uma leitura comum. Também como forma de melhorar a comunicação e demonstrar o pensamento do arquiteto sobre o próprio espaço, eram adicionados aos desenhos o mobiliário fixo. Embora os desenhos comessem a ter uma linguagem em comum, era necessário melhorar as técnicas de produção. Com a evolução, surge também o papel vegetal. Este elemento vinha melhorar a velocidade de todo o processo, tornando possível a cópia de vários desenhos (Pacheco, 2013, p.14).

A expressão gráfica ganhava também relevância com o aparecimento de canetas que permitiam o ajuste de várias espessuras de linhas. Com o processo de trabalho dos arquitetos a melhorar, era necessário que os seus locais de trabalho também sofressem adaptações. Estes tornaram-se assim locais semelhantes a fábricas de produção em massa [fig.3], com inúmeros estiradores alinhados lado a lado, onde era possível observar grandes lençóis de papel. No entanto os mesmos problemas persistiam, e o processo continuava demasiado longo e rigoroso, e sem conseguir ligar este diretamente com o processo construtivo (Pacheco, 2013, p.15).



Figura 3- Ambiente do ateliê (Perkins, 2014, p.1).

No século XX com o início da era digital, o trabalho dos arquitetos iria sofrer novas alterações. Na década de 60 do século XX, com o desenvolvimento dos computadores, surgem também os sistemas CAD – Computer Aided Design. Embora caro para a época, o CAD tinham como objetivo produzir num ambiente digital todo o trabalho feito em papel. Mas só na década de 90, com o crescente avanço da tecnologia e com o fácil acesso a esta, este sistema se tornou viável para os intervenientes. A rapidez de execução dos projetos melhorou substancialmente, comparativamente ao trabalho feito em papel, podendo os desenhos serem corrigidos sempre que necessário sem comprometer o resto do desenho (Garber, 2014, pp.35-36).

Contudo continuava a existir problemas com a coordenação de informação e de desenhos, que comprometiam o rigor dos projetos, levando a que estes continuassem com inúmeras incorreções. Era visível que embora melhorasse em parte a velocidade dos processos de trabalho, o CAD [fig.4] não passava de uma transição do processo outrora feito manualmente, para um mundo digital. Este problema tornou-se ainda mais evidente com o passar dos tempos, onde com a crescente evolução técnica e

mecânica dos edifícios, era exigido uma maior comunicação entre os intervenientes da concepção e da construção (Garber, 2014, pp.38-41).

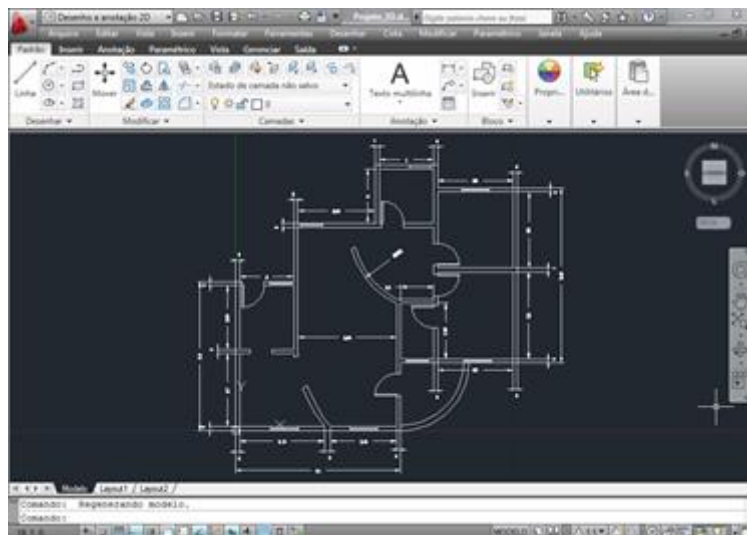


Figura 4- Software CAD (Herios, 2011, p.2).

Os arquitetos precisavam de recuperar as ideias que usavam no renascimento e tentar conciliá-las com as evoluções tecnológicas existentes. Da mesma forma que o processo era pensado com o auxílio de modelos, era preciso passar este elemento também para o processo digital. Era necessário mudar de um modo de representação bidimensional, para um modo de representação tridimensional. A ideia de representação tridimensional surge na década de 70 do século XX, com várias publicações criadas pelo professor Charles Eastman, sobre Building Products Model, que visavam a representação de um modelo 3D para representação de objectos (Monteiro, 2011, p.1).

Utilizada inicialmente como base para a concepção aeronáutica [fig.5] e da concepção automóvel, esta representação começava a despertar o interesse para a indústria AEC, nos finais do século XX, que via nesta os resultados que desejava alcançar. Na primeira década do século XXI, era notória a mudança para um ambiente visual tridimensional, onde o modelo 3D começava a ser usado como um meio de comunicação visual, não só para o construtor mas também para o dono de obra, que assim podia visualizar com antecedência o produto final. No entanto esse produto era meramente geométrico e não existia qualquer controlo da informação intrínseca do modelo (Monteiro, 2011, p.2).

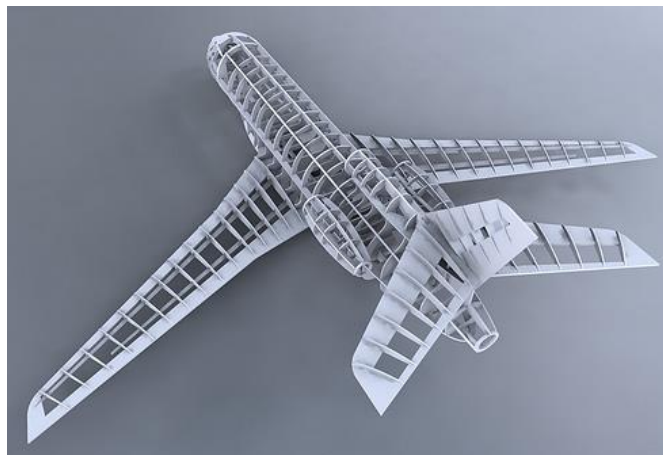


Figura 5- Modelo 3D (Siqueira, 2012, p.1).

No final da primeira década, do século XXI, e com a necessidade de tentar criar informação para o construtor e melhorar os processos de trabalho, surge o sistema BIM- Building Information Modeling [fig.6], sistema que além de utilizar uma representação tridimensional, tentavam também otimizar a informação do edifício (Saxon, 2013, p.7).

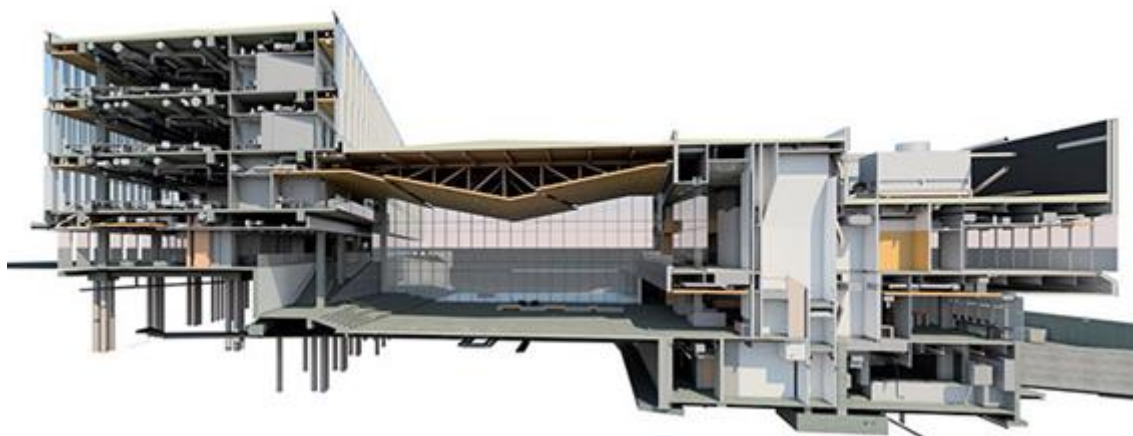


Figura 6- Projeto BIM realizado por Wrnsstudio (Wrnsstudio, 2012, p.5).

1.2. O que é o Building Information Modeling

Ao abordar esta temática, é necessário perceber o significado do BIM.

“O Building Information Modeling (BIM) representa o processo de desenvolvimento e uso de um modelo digital para simular, desenhar e gerir um edifício.” (Azhar, Hein, & Sketo, 2009, p.1).

“Building Information Modeling (BIM) designa os processos de produção e gestão de Informação durante o ciclo de vida da construção” (Martins & Monteiro, 2011, p.2).

Estas são algumas das definições mais comuns para descrever o que é o BIM-Building Information Modeling. Porém, derivado à grande amplitude que este conceito possui, pode-se por vezes obter uma ideia errada deste sistema.

Pode-se descrever o BIM, como um sistema que visa sobretudo a coordenação e colaboração de todos os intervenientes do processo, através de uma prática virtual, que vai desde a concepção do edifício, até à construção final do mesmo, onde é também possível, à posteriori, simular e controlar a manutenção do ciclo de vida, pensando em questões como a renovação ou demolição. Neste processo, todos os participantes partilham ideias e conhecimentos, no desenvolvimento de um modelo, apto a reproduzir as características futuras do edifício. O esquema demonstrado [fig.7] explica de forma resumida todo o processo do BIM (Krygiel & Nies, 2008, pp.26-27).

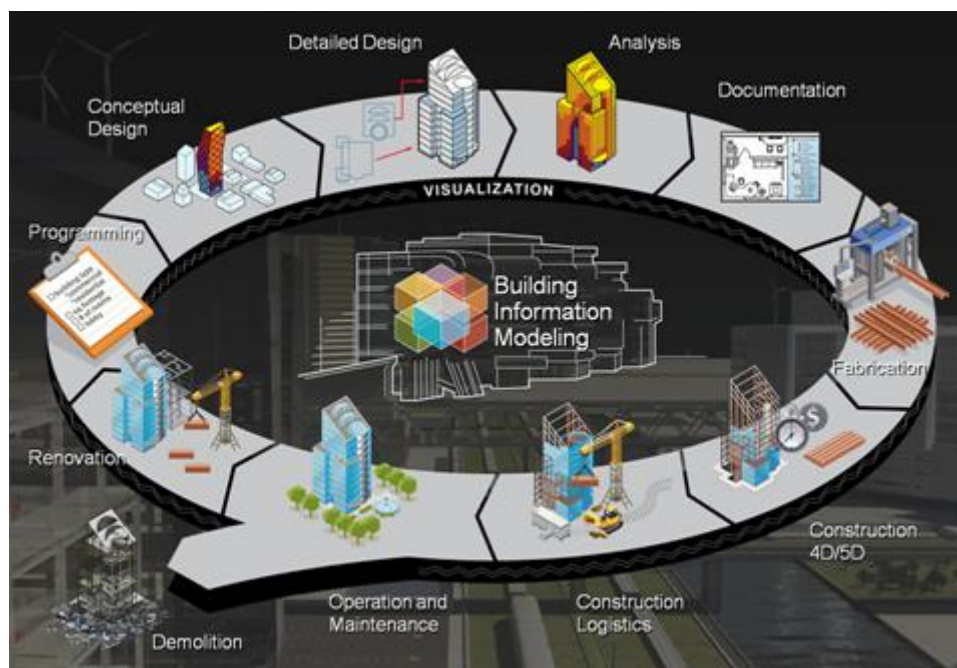


Figura 7- Esquema do BIM (Austin, 2011, p.2).

Quando se fala no desenvolvimento tridimensional de um modelo BIM, é preciso perceber que este não se trata meramente de um modelo 3D. É preciso distinguir o que realmente é um modelo convencional de um modelo BIM. A diferença entre o modelo convencional e o modelo BIM, em muitos dos casos não é perceptível visualmente quando se põem os dois modelos lado a lado. Isto porque a diferença entre eles destina-se ao conteúdo de informação que cada um deles possui. Observando-se atentamente a sigla deste sistema, encontra-se a letra “I”, descrita como Information, ou Informação [fig.8]. Esta torna-se a grande diferença entre um sistema que consegue não só juntar geometria para criar um modelo, como também consegue dar a informação das suas características, de modo a ser feita uma simulação real do edifício (Eastman, 2011, p.19).



Figura 8- Componentes do BIM (Campos, 2015, p.1).

No sentido de se perceber realmente a diferença dos sistemas BIM, para outros sistemas, foi criado pelo BIM Task Group, um esquema [fig.9] que separa os vários sistemas por níveis de informação. Nesse esquema, o nível 0 consistia unicamente para sistemas que utilizassem desenhos bidimensionais e que possuíam unicamente como informação, linhas, tramas e textos. No nível 1, além da componente bidimensional, começava também a existir a componente tridimensional. Neste nível já poderiam existir alguns processos de trabalho, contudo a informação intrínseca do modelo é limitada. Só no nível 2, com a incorporação de informação nos objectos, e com alguma colaboração por parte dos intervenientes é que este alcança o mínimo exigido para ser um modelo BIM. Para alcançar o nível 3, o nível que se espera atingir

no futuro, esta informação incorporada no modelo, deve ser bastante detalhada ao ponto de conseguir simular as características físicas do edifício ao longo do seu ciclo de vida. Para isso este processo terá de ser extremamente coordenado e colaborativo, devido à enorme quantidade de informação que será preciso gerir (Saxon, 2013, pp.39-41).

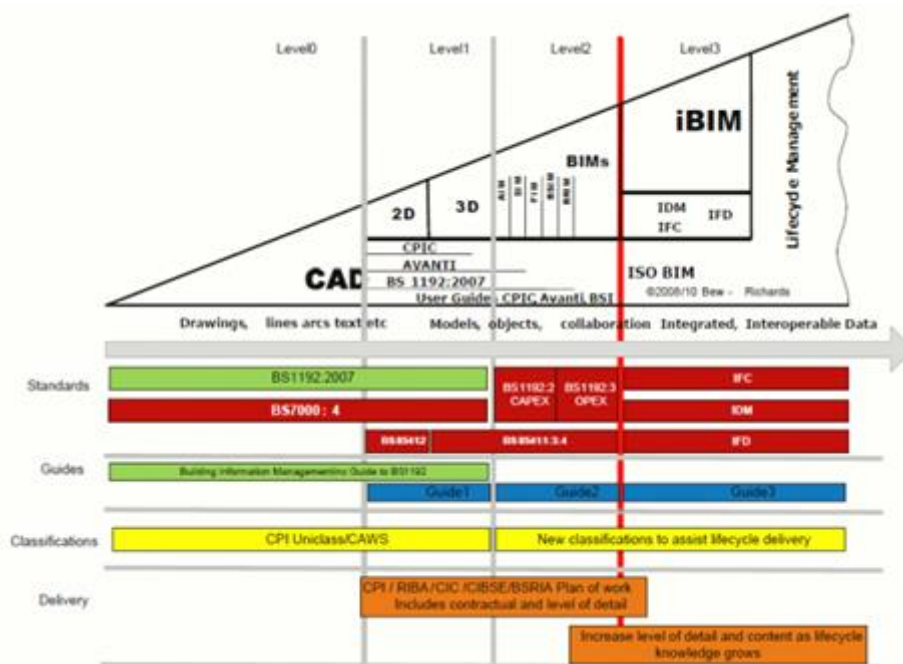


Figura 9- Níveis do BIM (BIM Task Group, 2011, p.40).

É necessário perceber como será a adoção por parte dos arquitetos, aos sistemas BIM. Quando são tomadas decisões, mesmo com o pouco conhecimento que se tem, ou se usam ferramentas para melhorar a eficácia dos trabalhos, podem estar a ser usados algumas metodologias dos processos BIM. Contudo estas metodologias utilizadas, de forma arcaica e sem qualquer coordenação, não permitem extrair dos projetos todo o seu potencial (Race, 2013, pp.14-16).

Para isso e através de normas criadas internacionalmente, começam a surgir vários Standards.

1.3. Standards

Com o crescente conhecimento e adoção do BIM, foi necessário encontrar meios que permitissem organizar com rapidez e clareza para todos os intervenientes, as regras de trabalho ao longo de todo o processo. Estas diretrizes, também denominadas de Standards [Quadro 1], têm assim como função, servir como guias de trabalho, ajudando todos os intervenientes a uniformizar os seus processos de trabalho. Nos últimos anos, aparecem a nível mundial vários Standards, com o intuito de tentar simplificar e organizar todo o processo de trabalho.

País	Instituição	Nome da Norma/Diretriz/Standard	Data da Última Publicação
Austrália	NATSPEC	NATSPEC National BIM Guide	28-Fev-2014
Dinamarca	Erhvervsstyrelsen (National Agency for Enterprise and Construction)	Det Digitale Byggeri (Digital Construction)	01-Jan-2007
EUA	Department of Veterans Affairs	VA – BIM Guide	03-Mar-2014
	National Institute of Building Science (NIBS)	NBIMS-US v2 (National Building Information Modeling Standard – United States, Version 2)	18-Fev-2014
	New York City Department of Design + Construction	BIM Guidelines	18-Fev-2014
Finlândia	buildingSMARTFiland	COBIM – Common BIM Requirement 2012	18-Fev-2014
Noruega	Statsbygg (Directorate of Public Construction and Property)	Statsbygg BIM Manual 1.2	03-Mar-2014
Reino Unido	AEC (UK) Committee	AEC (UK) BIM Protocol v2.0	17-Fev-2014
	Construction Industry Council	CIC – BIM Protocol	18-Fev-2014
	The British Standards Institute	PAS 1192-2:2013	18-Fev-2014
		PAS 1192-3:2013	18-Fev-2014
		PAS 1192-4:2013	18-Fev-2014
Singapura	Singapore Building and Construction Authority (BCA)	BIM Guide – Singapore Version 1.0	02-Mar-2014

Quadro 1- BIM Standards (Sylvain, 2013, p.1).

Embora não contendo todos os guias existentes, este quadro demonstra que já existe algum interesse por parte de vários países para este sistema, a começar pelos Estados Unidos da América, o país com o maior número de diretrizes e que há mais tempo usa o BIM. Este beneficia assim de uma utilização bastante acentuada do mesmo por parte da sua indústria, principalmente na área da pré-fabricação (Sylvain, 2013, p.1).

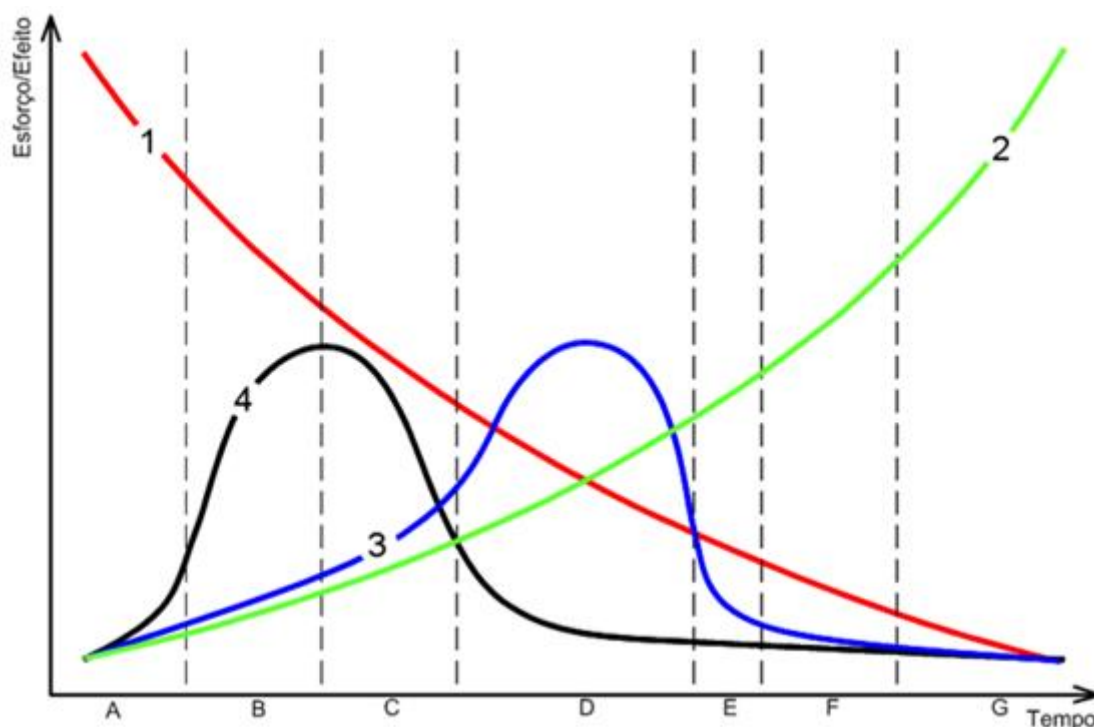
No continente Europeu, derivado a este sistema só ser recentemente falado, o número de Standards é inferior. Estas diretrizes estão a ser desenvolvidas principalmente nos países nórdicos, como Dinamarca, Noruega e Finlândia, sendo que nos últimos anos também o Reino Unido tem contribuído fortemente para o seu desenvolvimento. No caso do Reino Unido, o forte investimento no sistema BIM, levou a que este comesse a ser obrigatório para os projetos públicos a partir de Abril de 2016. Esta obrigação, considerada por alguns como um passo abrupto para a normal implementação do processo, começa também a influenciar a Europa, para a criação de normas europeias, a serem seguidas por todos os seus estados membros (Saxon, 2013, p.37).

Também no continente asiático, a utilização de normas BIM é destacada pelo caso de Singapura, que no seu sector público de construção, já utiliza como obrigação nos projetos o sistema BIM. Também a China e o Japão influenciados a nível global, começam a desenvolver as normas BIM (Sylvain, 2013, p.1).

1.4. BIM como Impulsionador de Projetos de Arquitetura

O processo BIM pode impulsionar os Projetos de Arquitetura. Este impulso resulta em grande parte do controlo de tempo e informação que este provoca nos projetos de arquitetura. Por isso foi necessário referir anteriormente os Standards, pois estes são também meios que ajudam na organização e estipulação de diretrizes, melhorando assim o processo de trabalho.

Contudo é necessário perceber mais aprofundadamente, de que forma pode o BIM, ajudar nos processos de trabalho.



1-Custo Processos BIM

2- Custo dos Processos Convencionais

3- Fluxo de Trabalho Convencional

4- Fluxo de Trabalho BIM

A- Pré-Design

B- Design Esquemático

C- Projeto

D- Documentos Construtivos

E- Proposta

F- Construção

G- Operação

Gráfico 1- Esforço e custo dos processos BIM e processos convencionais (Martins, 2009, p.63).

Conforme demonstra o gráfico [Gráfico 1], o sistema BIM, move todo o seu esforço para as fases iniciais de projeto, mais objectivamente para as fases de Pré-Design e Design Esquemático. Este esforço é justificado pelas decisões que devem ser tomadas antes do início do projeto, com a ajuda dos Standards, de modo a ser planeado com rigor qual o objetivo do trabalho, a metodologia a ser utilizada, as datas de interação entre os intervenientes e as datas de entrega do trabalho. Outra das justificações prende-se com o desenvolvimento do modelo, sendo neste caso fácil a comparação com processos tradicionais. Quando se inicia o desenvolvimento de um modelo BIM, não só é necessário o desenvolvimento da geometria, como acontece nos processos tradicionais tridimensionais, mas também o desenvolvimento da informação, recolhida antecipadamente, o que resulta num maior reforço de tempo e recursos na sua execução (Martins, 2009, p.65).

No entanto é na fase de projeto que se começa a verificar a mudança do paradigma. Enquanto nos processos tradicionais, existe um aumento do esforço, quando é necessário representar e comunicar o projeto, para o processo BIM, esta comunicação torna-se constante no desenvolvimento do modelo, permitindo nesta fase que exista uma menor preocupação e consequentemente um alívio do esforço no projeto, causado também pelas características que estes possuem, para facilmente comunicarem a informação que existe no modelo (Martins, 2009, pp.65-66).

Outro dado demonstrado neste gráfico que torna o sistema BIM apelativo comparativamente aos processos tradicionais é o custo que este pode implicar para todo o processo. Embora o sistema BIM possua um custo inicial alto, derivado também ao esforço adicional necessário no início do processo, este posteriormente consegue controlar o custo total com um maior rigor, usando o modelo BIM como gerador de toda a informação. Já nos processos tradicionais, as várias alterações que possam surgir, acabam por influenciar o custo, podendo até certo ponto ser perdido o controlo do processo (Martins, 2009, p. 66).

Assim coloca-se a questão. Se o sistema BIM consegue efetivamente impulsionar os projetos, porquê tão pouca receptividade e adoção lenta por parte dos intervenientes?

O sistema BIM pode ser difícil de adotar, principalmente quando as empresas acreditam que somente com a compra de Software, passam automaticamente a usar o BIM. Como referido na Pós-Graduação BIM, é preciso entender que o BIM não passa

somente pelo Software [Gráfico 2], embora este seja fundamental para o funcionamento do processo. É também preciso perceber que o grande papel passa pelos métodos de trabalho ou Standards e pelos colaboradores que devem estar aptos a funcionar com este sistema e a cumprir as regras estipuladas (DaCosta, 2014).



Gráfico 2- Funcionamento dos processos BIM (Haug, 2014).

O que acontece em muitos dos casos é que as empresas só pela compra do Software elevam as expectativas [Gráfico 3] de que será um processo mais rápido de implementar e obter resultados. Estas esquecem-se muitas vezes que a própria mentalidade dos seus colaboradores, por vezes difícil, também tem de se adaptada. Em alguns casos, este contratempo pode levar as empresas a desistir do processo, o que trás também mais custos para as mesmas. Quando se adota este sistema é importante pensar na componente humana (Haug, 2014).



Gráfico 3 – Gartner Hype Cycle (DaCosta, 2014).

Um estudo realizado em 2011, pela CEFRIO, mostrava que no mercado de trabalho a percentagem de trabalhadores treinados para utilizar o BIM, rondava os 10% dos inquiridos. Contudo a dificuldade referida em aplicar este processo, demonstrava que desses 10%, somente metade já usavam realmente este processo (CEFRIO, 2011, p.27).

As empresas que realmente queiram usar o sistema BIM nos seus processos, devem adotar uma postura cética e olhar para o BIM, não só como uma prática 3D, mas numa prática onde os processos atuais irão mudar, e que terá de se investir na formação e implementação deste novo processo através de vários objetivos (Race, 2013,p.58).

Neste contexto, empresas com pequena dimensão sentirão com maior rapidez as diferenças e resultados da aplicação deste novo sistema. Isto porque derivado ao reduzido número de colaboradores, torna-se mais fácil a adaptação dos mesmos a todo o processo. No entanto a certo ponto do processo estas poderão ter problemas com a quantidade de gestão de informação com que terão de lidar, o que as pode levar a necessitar de mais colaboradores. Com as grandes empresas o processo será o contrário. Derivado ao grande número de colaboradores, é possível que inicialmente existam complicações para conseguir unificar os processos de trabalho,

mas ultrapassada esta fase, terão capacidade para conseguir lidar com toda a informação (Race, 2013, pp.58-60).

A coordenação entre os vários intervenientes vai ser o fator mais importante para que todo o trabalho possa ser mais produtivo [Gráfico 4], por isso as empresas terão de pensar no modo de cooperação em que irão funcionar, quer este seja através de servidores pessoais ou servidores Online, como o BIM-Cloud (Race, 2013, p.61).

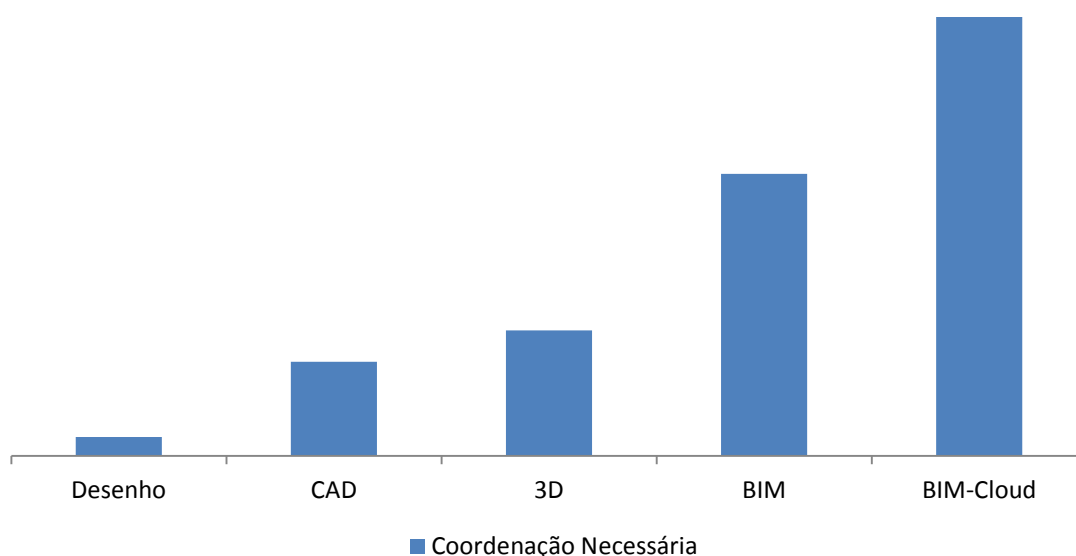


Gráfico 4 – Coordenação de trabalho (Race, 2013, p.61).

Capítulo 2- Biblioteca Grândola

2.1. Introdução ao caso de estudo

Após a descrição do sistema BIM, esta dissertação vai abordar o desenvolvimento de um caso de estudo, onde será feita a aplicação do BIM num projeto de arquitetura. O objetivo, passa por experimentar este sistema e observar, comparativamente com os sistemas tradicionais, métodos que possam ajudar a impulsionar a prática de projeto. Para esta experimentação foi usada como ferramenta de apoio o Software Revit®, versão 2014. Entre os Softwares BIM existentes, este é o Software com o qual estou mais familiarizado, tendo sido usado durante o meu percurso académico e também no percurso profissional.

Como caso de estudo foi usado o projeto Biblioteca de Grândola, realizado no âmbito da disciplina de Arquitetura III, no ano de 2013, lecionado pelos professores João Sequeira e Nuno Carrôlo. Este foi inicialmente concebido nos sistemas tradicionais, mais objectivamente CAD 2D. Nesta dissertação será realizada a transição do projeto para o sistema BIM, procurando características que tornam este sistema um impulsionador da prática de projeto.

Esta transição será realizada através de vários subcapítulos, retratando em cada um deles uma fase diferente do desenvolvimento do projeto, onde com o auxílio a imagens a partir do próprio Software, é também demonstrado, em paralelo, o desenvolvimento do modelo BIM.

2.2. Programa

No âmbito de apostar no desenvolvimento da região, foi lançado pelo município de Grândola [fig.10] um concurso publico no ano de 2012, para o desenvolvimento de uma Biblioteca de forma a melhorar as instalações existentes na rua Dr.Júlio de Rosário Costa [fig.11]. Este concurso acabou por ser o escolhido por mim para o exercício da unidade curricular de projeto, no ano de 2013, que tinha como objetivo a repetição ou participação de um concurso publico.



Figura 10- Imagem de Satélite (Google,2015).



Figura 11- Imagem de Satélite aproximada (Google,2015).

Ao analisar o edifício existente, era notório que este não garantia aos seus utilizadores o mínimo de conforto necessário para este tipo de equipamento publico [fig.12]. Era visível, mesmo com uma reabilitação anteriormente feita, que os acessos criados não permitiam a mobilidade para os seus utilizadores a todas as zonas do edifício. Também a forma como se encontravam distribuídos os vários espaços, não era agradável. Como exemplo destacava-se a sala de exposições temporárias, estando esta situada na cave do edifício, sem qualquer luz natural. A linguagem exterior, entre o edifício inicial e a reabilitação [fig.13], causava também algum ruído e conflito, por não existir qualquer semelhança entre ambas, tornando assim a possibilidade de reaproveitar algum destes edifícios mais difícil para o desenvolvimento de projeto. Assim a decisão tomada passava por não aproveitar qualquer um dos edifícios, e sim criar uma nova ideia para o local.



Figura 12- Sala de Leitura.



Figura 13- Exterior da Biblioteca.

O programa visava principalmente a existência de duas salas de leitura, uma para crianças e outra para adultos, como também uma sala de exposições temporárias e uma sala de conferências. Outro dos requisitos principais era a existência de um espaço para arquivo histórico, com a capacidade de receber os vários arquivos que se encontravam espalhados pela região. Era também necessário um espaço de estacionamento para receber vários visitantes.

Por ser um espaço limitado relativamente à sua área total, a solução encontrada para o estacionamento, passava por transformar este em estacionamento subterrâneo [fig.14], preservando a praça que se encontrava na frente do lote.

Assim todo o programa destinado para a Biblioteca, seria desenvolvido nos pisos superiores. O objetivo passava por integrar a Biblioteca no contexto envolvente da vila, que se encontrava bastante fragmentado. A linguagem usada passava pelo uso de cheios e vazios na volumetria do edifício na tentativa de representar os vários sentimentos da envolvente. Observando com maior detalhe a região alentejana, esta destacava-se por possuir vãos com dimensões reduzidas ou por vezes com uma relação indireta com o exterior, com o objetivo de controlar o ambiente no interior dos edifícios. A intenção passava por procurar entre os cheios e vazios, zonas em que os vãos deste novo edifício, não ficassem expostos diretamente para o exterior mas sim indiretamente, excepto na fachada Este, de forma a criar uma relação direta com a praça.

A volumetria encontrada comunicava também com o interior do edifício, pois os seus vazios funcionavam simultaneamente como divisores do espaço interior, conseguindo assim uma relação entre o exterior e o interior.

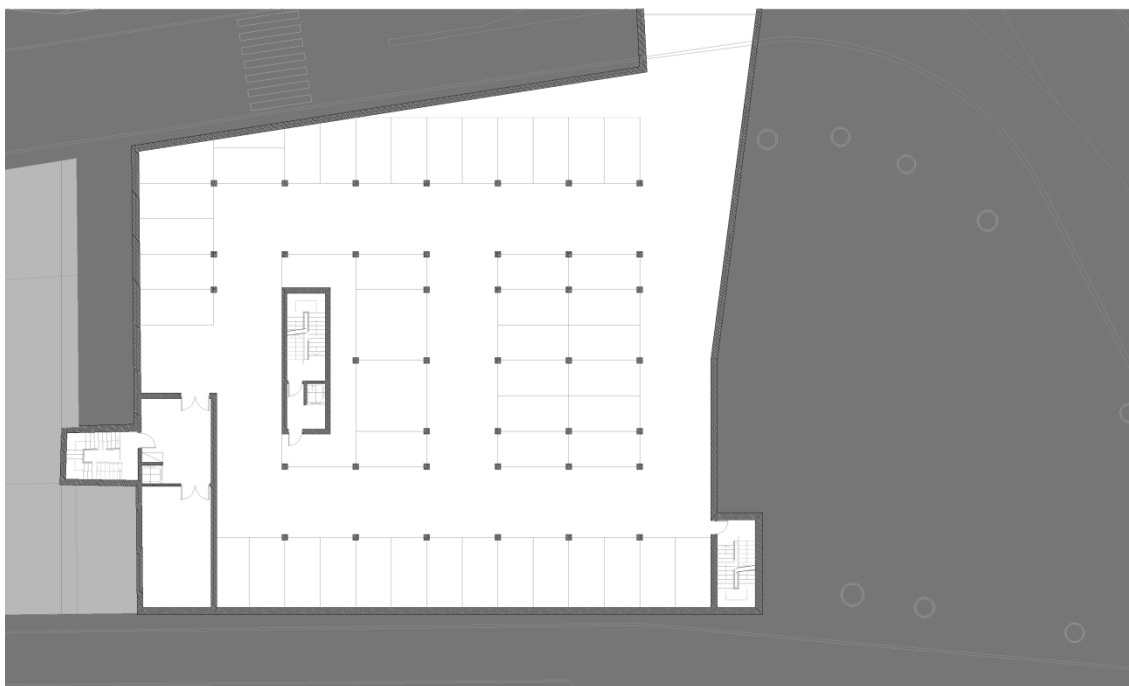


Figura 14- Piso -1.

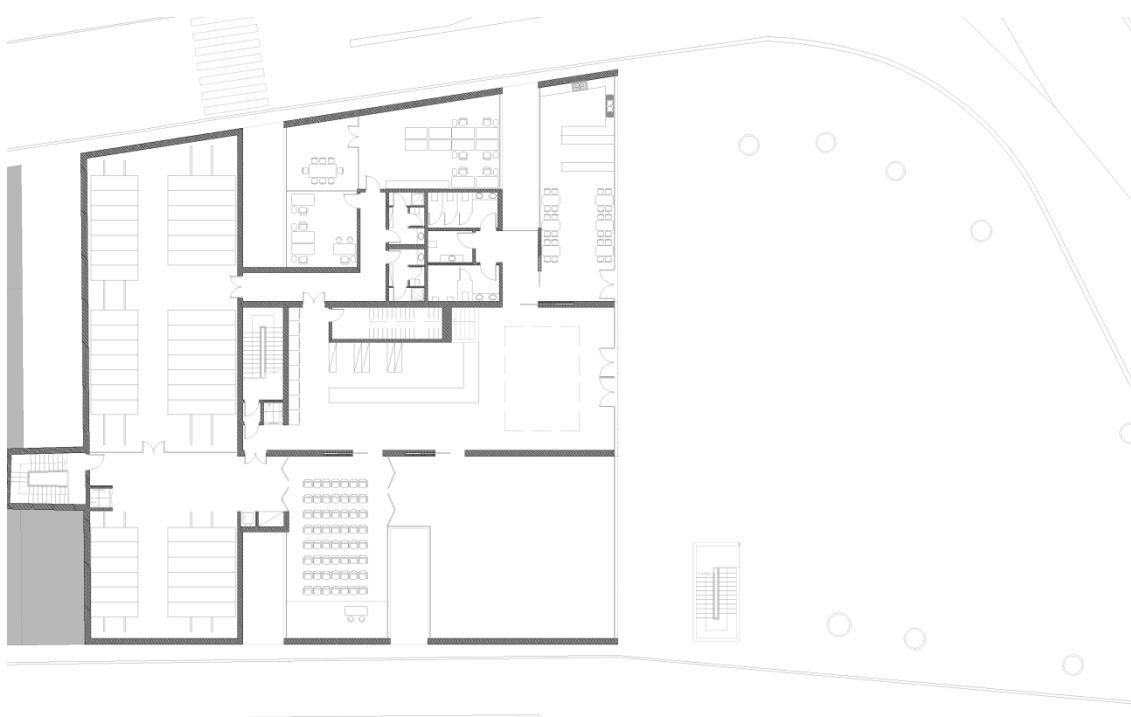


Figura 15- Piso 0.

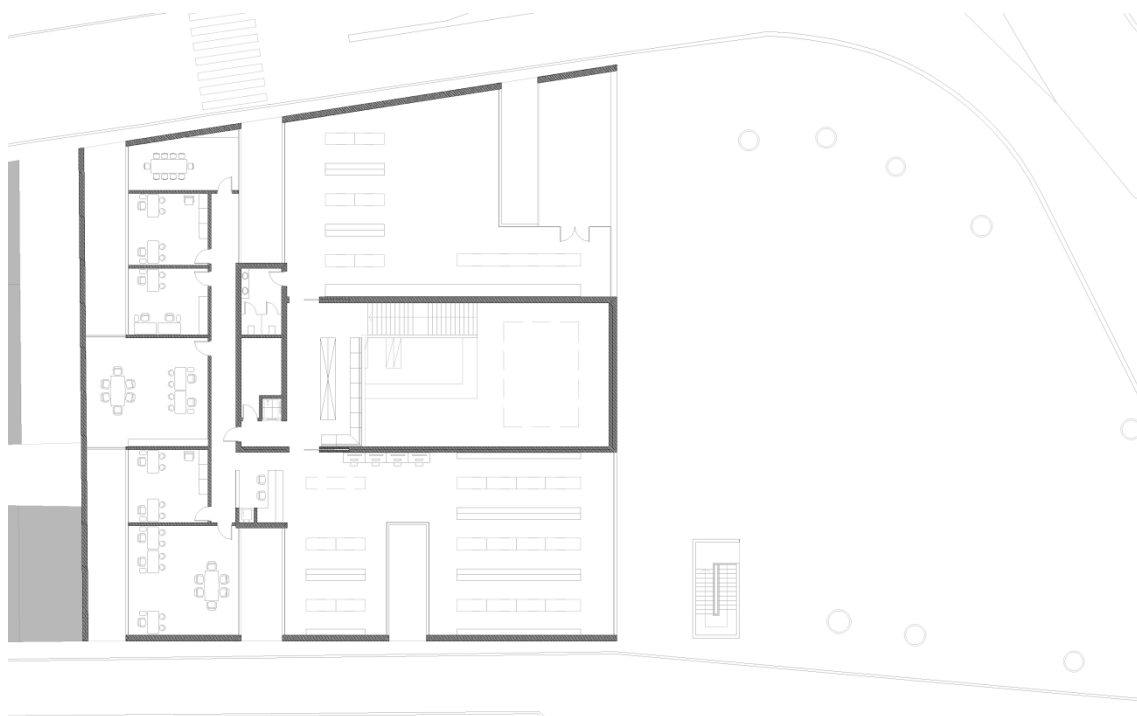


Figura 16- Piso 1.

Percorrendo o interior do edifício, foi criada uma divisão onde os espaços funcionariam em dois sentidos. As zonas culturais/sociais [fig.16], que ocupavam grande parte do lote, possuíam uma direção de Oeste para Este, para que existisse uma relação direta com a praça, onde no futuro poderiam ser criados alguns eventos. As zonas técnicas [fig.15], como também o arquivo encontravam-se situadas na zona Oeste do lote, uma zona que possuía um menor contacto com o exterior, mas que ao mesmo tempo proporcionava ao arquivo uma maior proteção dos seus conteúdos históricos.

2.3. Organização do Modelo

Ao iniciar o modelo BIM é necessário pensar e organizar a forma como vai ser gerida toda a informação que vai ser criada. Embora o sistema BIM passe a ideia que a informação vai estar contida num único modelo onde toda a informação é gerida, ainda não existe nos dias de hoje, a capacidade tecnológica ao nível do Hardware para que seja possível manter tudo no mesmo modelo e gerir grandes quantidades de informação.

É necessário encontrar uma forma acessível de gerir a informação e o processamento da mesma, sem ser necessário grandes investimentos. Essa solução, passa inicialmente por uma divisão do modelo, consoante a especialidade que será tratada. Sendo que esta dissertação aborda só o estudo da concepção de projeto, a divisão será feita através de dois modelos. O primeiro modelo será composto pela base topográfica e envolvente e o segundo modelo pelo projeto da Biblioteca [fig.17].

Tal como nos sistemas tradicionais, o sistema BIM permite criar relações entre os vários ficheiros, sendo possível verificar qualquer informação exterior com grande rapidez. Também a gestão gráfica, com que se pode diferenciar os ficheiros, permite uma fácil coordenação de diferentes tipos de informação, o que proporciona um ambiente de trabalho organizado.

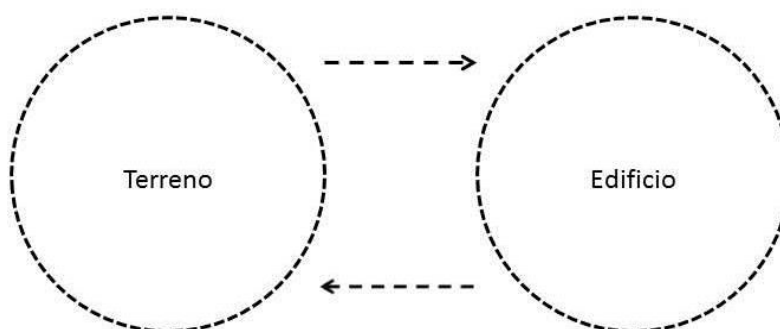


Figura 17- Divisão de Modelos.

Esta prática que envolve a divisão da informação e da geometria, consoante as várias especialidades [fig.18], é uma prática comum na execução de projetos, sendo também referido em alguns Standards, como uma boa prática para a gestão do projeto. Mas esta tornou-se fundamental principalmente quando começam a ser desenvolvida todas

as especialidades inerentes à engenharia, de forma a não sobrecarregar em demasia os modelos.

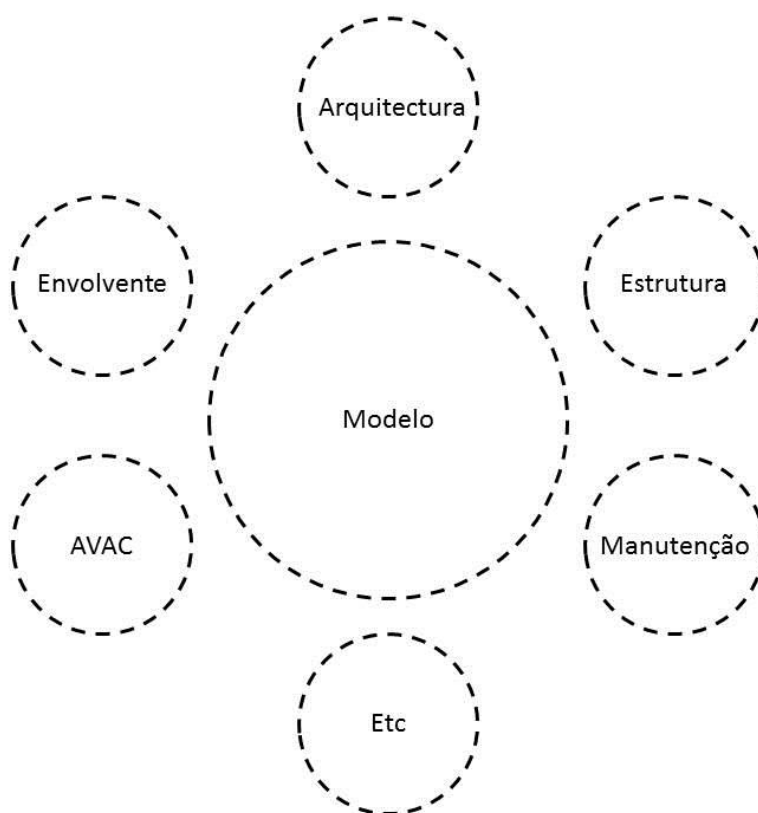


Figura 18- Divisão de Modelos pelas várias especialidades.

2.4. Modelação da Base Topográfica e da Envolvente

Sendo estruturada a divisão do modelo, é necessário iniciar a modelação do projeto, começando pela modelação da base topográfica.

Como a informação geométrica se encontra em formato DWG [fig.19], e era constituída somente por linhas e tramas, era necessário organizar e filtrar os vários elementos que não iriam ser necessários de forma a tornar a leitura do desenho mais clara. Para esta fase de desenvolvimento, interessavam apenas as linhas altimétricas da topografia e as linhas limite dos lotes da envolvente.

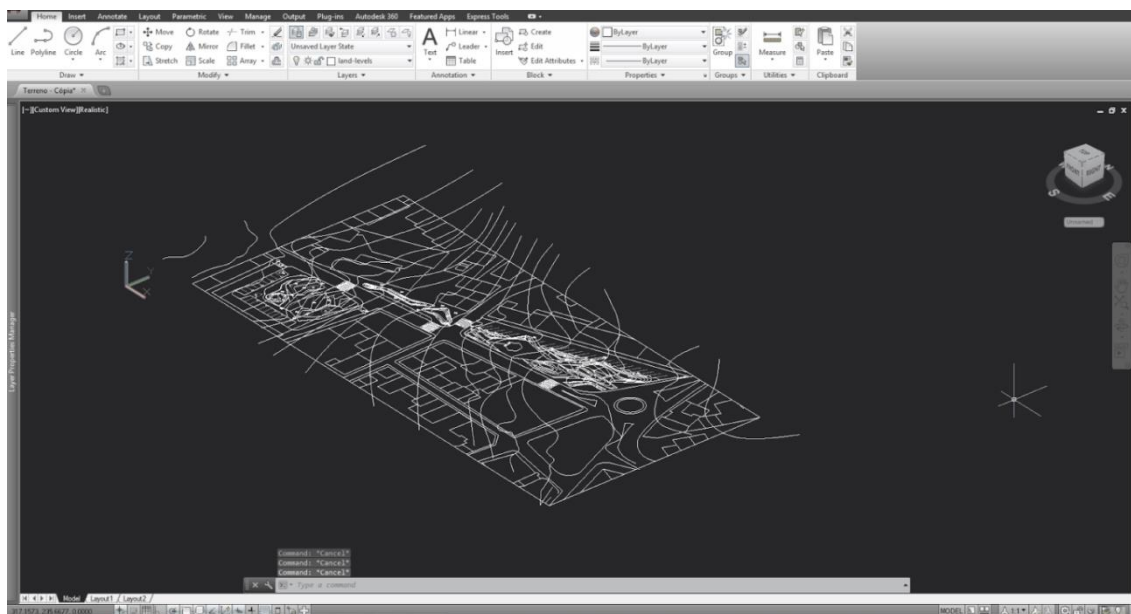


Figura 19- Envolvente em formato DWG.

Com a informação inserida no sistema BIM, as linhas da topografia rapidamente passavam a constituir uma superfície [fig.20], simulada pelo próprio Software para representar o existente no local. Com o mesmo processo, eram também criados os edifícios da envolvente com o recurso a massas que simulavam os vários volumes. O resultado não tendo demorado mais de uma hora a ser realizado, apresentava já alguma aproximação a uma maquete real [fig.21], que necessitava de várias horas para ser criada.

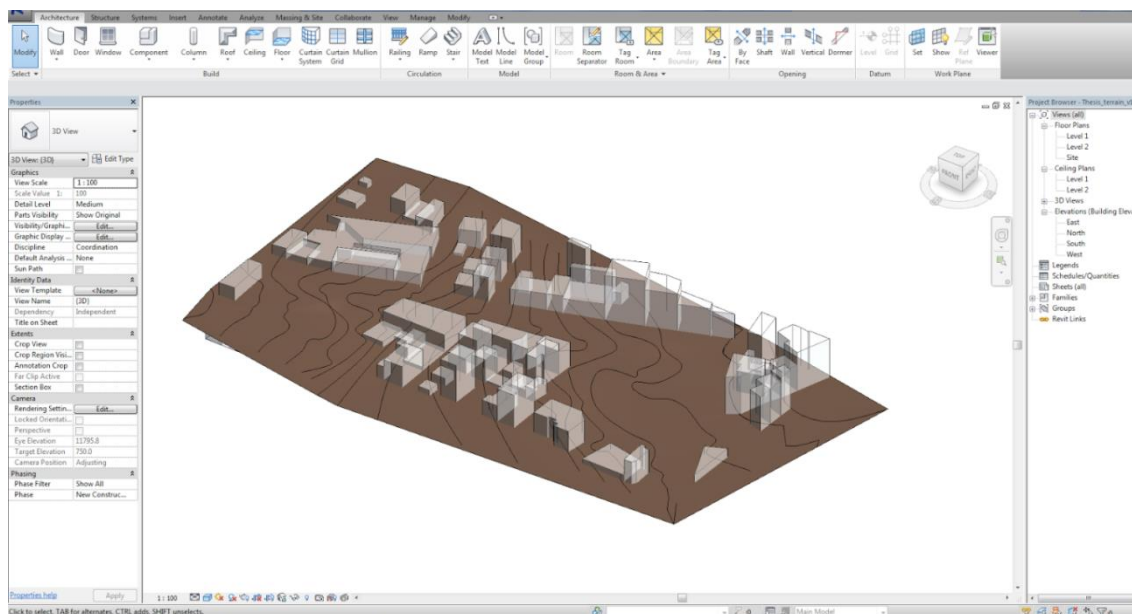


Figura 20- Envoltente na plataforma Revit®.



Figura 21- Maqueta real.

Tentando aumentar a experimentação deste sistema, houve a necessidade de criar as várias vias de circulação e as zonas verdes existentes no local. Esta informação não tinha sido extraída no início deste processo, por isso houve a necessidade de repetir o mesmo processo de separação da informação. Com a informação introduzida no modelo, facilmente se separava a superfície do terreno. O resultado [fig.22], embora num ambiente virtual, conseguia criar uma noção aproximada da envolvente do lote da Biblioteca.

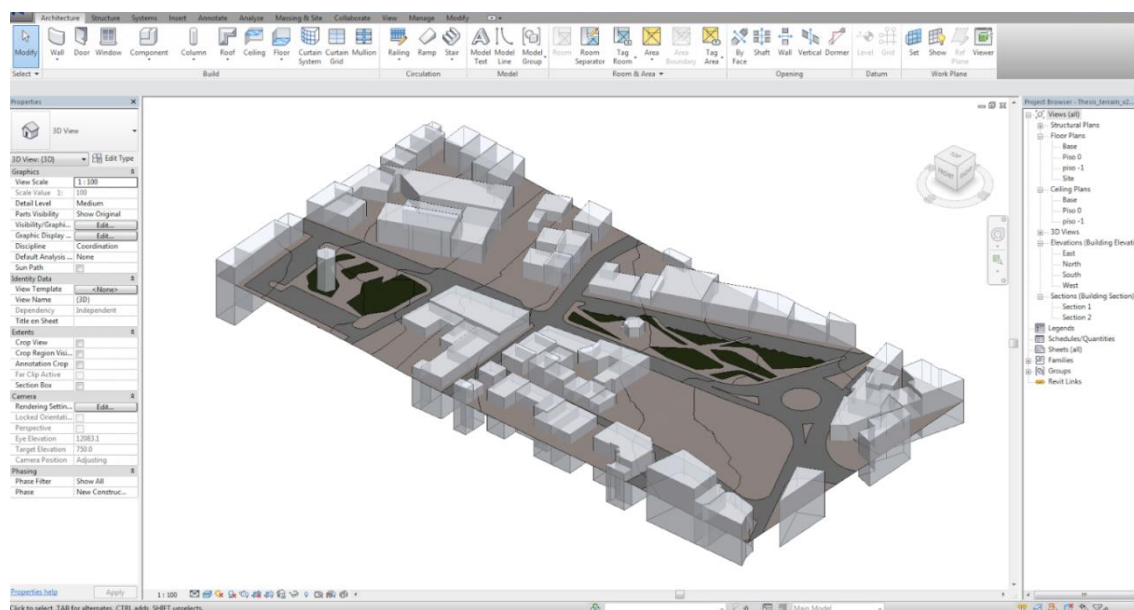


Figura 22- Envolvente final na plataforma Revit@.

O tempo total despendido na realização da maquete real para a maquete digital, dá também a conhecer o potencial deste sistema que pode ajudar no desenvolvimento de projeto. Observando o gráfico [Gráfico 5], pode-se verificar que para a realização do exercício anterior, o sistema BIM acaba por despende menos tempo e fornece uma maior análise da envolvente. Isto porque simultaneamente o modelo virtual pode ser visualizado de qualquer ponto, sendo possível visualizar vários planos e cortes a qualquer momento. Sendo usada uma maquete real dificilmente esta manteria a sua integridade, para observar o angulo desejado. Também a mudança de qualquer elemento na maquete real, seria mais difícil de alterar quando comparado com uma maquete digital.

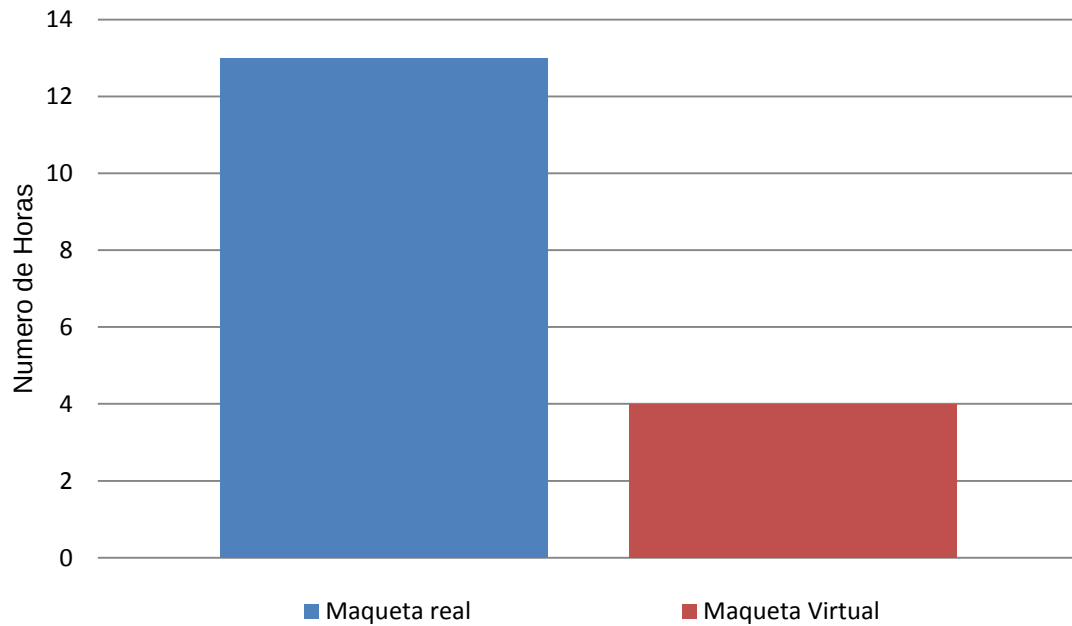


Gráfico 5 – Tempo de realização das maquetas.

Nesta fase é também adicionado ao modelo a georreferenciação do projeto. Ao criar este passo, o sistema BIM adquire automaticamente tanto a latitude e longitude, como também as características do clima. Com estes elementos, é obtido de forma notória a inclinação solar a qualquer hora e dia do ano, criando uma aproximação ainda maior à realidade do local. Embora possível de ser realizada através dos sistemas tradicionais, a precisão e a rapidez de se obter resultados semelhantes seria sempre questionável, podendo até ocultar problemas relacionadas com a envolvente, que poderiam causar danos no projeto futuro.

2.5. Modelação da Volumetria

Com a modelação do terreno, foi criada uma base de trabalho que será agora usada para o desenvolvimento do projeto. Seguindo a metodologia descrita antes de ser iniciada a modelação, é criado para esta fase um novo ficheiro onde será desenvolvida a volumetria da biblioteca. O primeiro passo antes de iniciar qualquer desenvolvimento de uma ideia passa por conectar o ficheiro da envolvente, a este ficheiro, de forma a se poder observar a área a ser tratada.

Com ambos os ficheiros conectados, é criada uma massa volumétrica genérica [fig.23] no local de implantação permitindo simular com grande rapidez o impacto que este poderia vir a causar na envolvente. Utilizando o mesmo processo, são testadas várias volumetrias através do sistema BIM, proporcionando uma experimentação semelhante a um sistema tradicional, com um carácter tridimensional. O sistema BIM adiciona um maior conteúdo ao modelo como a projeção solar de forma automática sempre que se altera. Contudo e por ser um sistema onde o foco final é o processo construtivo, podem ser criadas algumas barreiras relativas à liberdade das formas que são usadas durante o processo de concepção. Embora este problema ainda persista, tem vindo a existir uma grande evolução por parte dos Softwares BIM para tentar resolver esta questão.

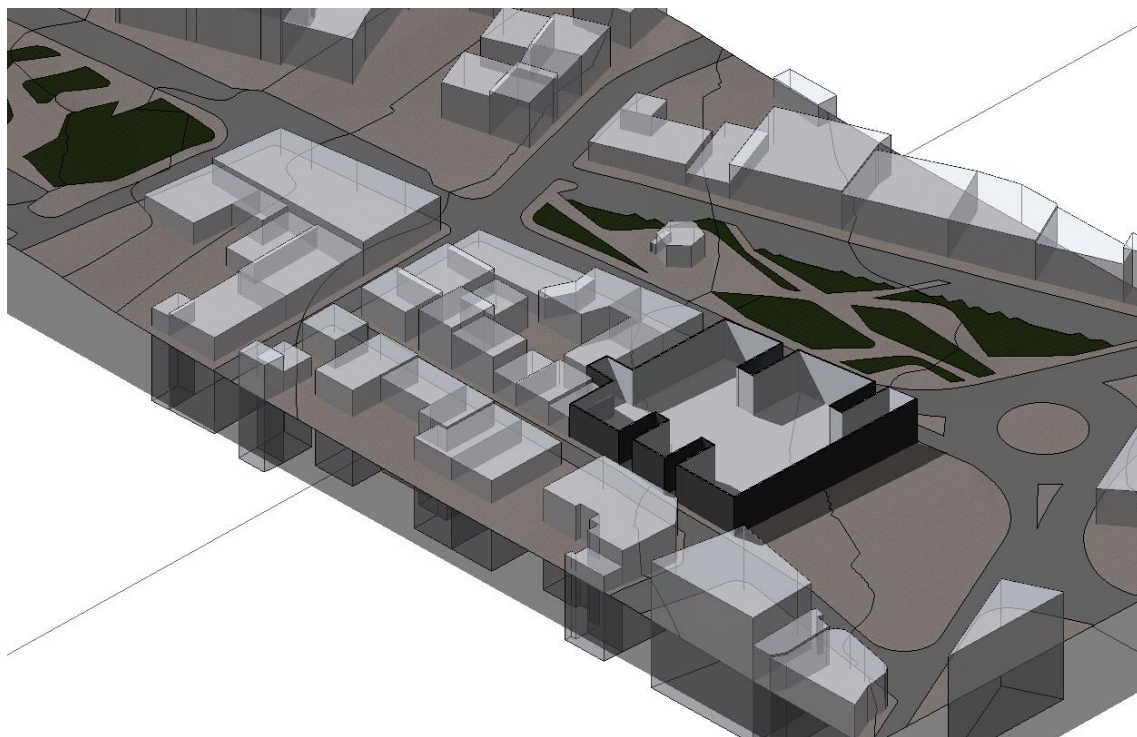


Figura 23- Modelação de Massas Volumétricas

A partir das massas são também criados vários níveis de trabalho. Neste ponto e através de relações paramétricas que o sistema BIM cria entre vários objectos, os níveis criados acabam por se estender a todo o projeto. A repetição de vários passos acaba por ser reduzida no sistema BIM. Comparativamente aos sistemas tradicionais, estes poderiam criar um maior o risco de erro, através dos vários elementos que seriam copiados de desenho para desenho. Com os níveis e a volumetria, são também introduzidos os elementos que vão definir os espaços da biblioteca, como as lajes e as paredes. O sistema BIM usa a terceira dimensão como base do seu funcionamento, logo os seus elementos acabam por ser sólidos geométricos. A sua representação em comparação com os sistemas tradicionais bidimensionais acaba também por ser mais clara [fig.24] relativamente ao que está a ser desenvolvido, conforme demonstra a figura 24.

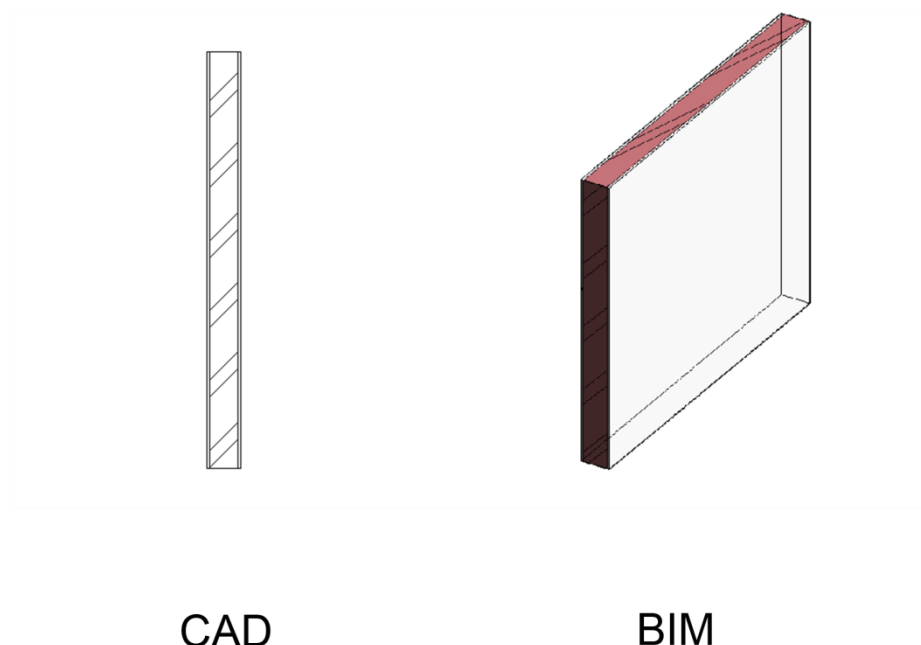


Figura 24- Representação dos sistemas tradicionais e sistema BIM.

Ao ser usada a terceira dimensão também o comportamento [fig.25] dos sistemas BIM é diferente dos sistemas tradicionais.

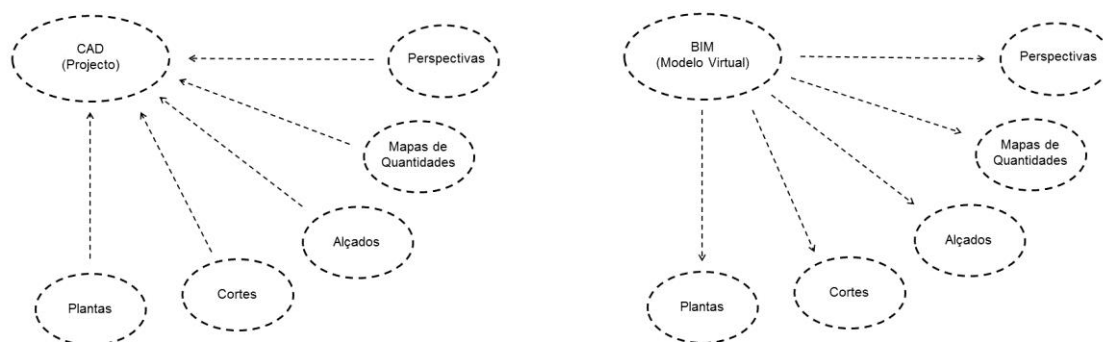


Figura 25- Funcionamento dos processos tradicionais e BIM (Kyrgiel &Nies, 2008, p.28).

A figura 25 demonstra que o que normalmente acontece nos sistemas tradicionais é a existência de vários desenhos que possuem como finalidade a representação do projeto. Contudo, no sistema BIM esta forma de pensamento é completamente invertida. Como demonstrado, o modelo criado acaba por ser o foco principal de desenvolvimento, do qual as vistas são usadas como bases de apoio (Kyrgiel &Nies, 2008, p.28).

É também através das várias vistas que surgem alguns aspectos do modelo [fig.26] que não tinham sido inicialmente considerados e que necessitam de ser repensados.

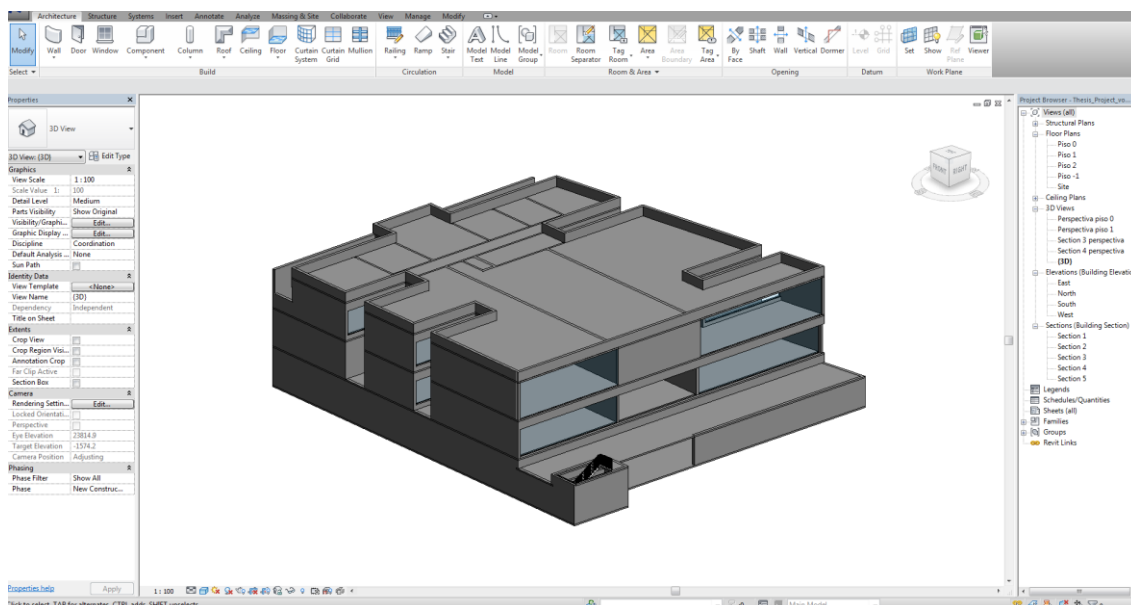


Figura 26- Volumetria do projeto.

2.6. Repensar o Projeto

Com o desenvolvimento da envolvente e da Biblioteca, a análise feita da conexão entre os dois modelos, demonstra alguns aspectos que necessitam de ser alterados no projeto. Um dos aspetos resulta da análise solar feita à volumetria [fig.27]. Com recurso aos cortes gerados a partir do modelo e com a observação da incidência solar dentro dos espaços, o sistema BIM demonstrava uma forte exposição [fig.28] sentida durante os períodos da manhã. Embora ocorresse durante no período de menor actividade da Biblioteca, esta condicionante poderia sempre perturbar a concentração dos utilizadores ao frequentar principalmente os espaços de leitura.

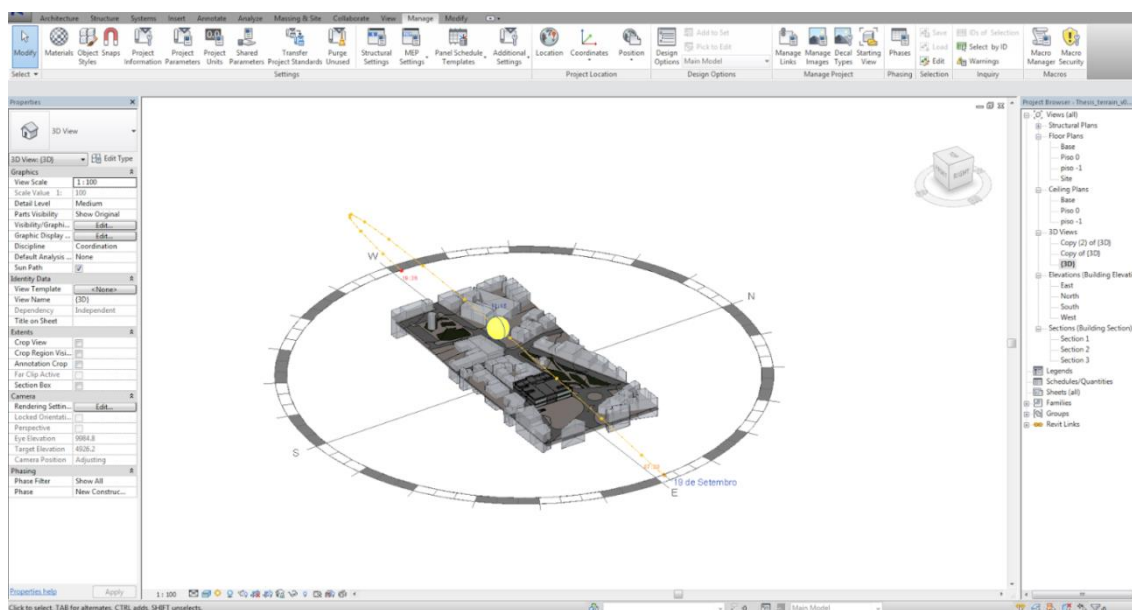


Figura 27- Estudo solar do edifício.

A solução passou por eliminar os vãos presentes nas salas de leitura [fig.29], que criavam a ligação visual para a praça situada a Este do lote. Já os vãos do piso térreo não seriam alterados pois sendo fronteiras entre o exterior e as zonas de convívio da biblioteca, estes constituíam um acesso para o interior.

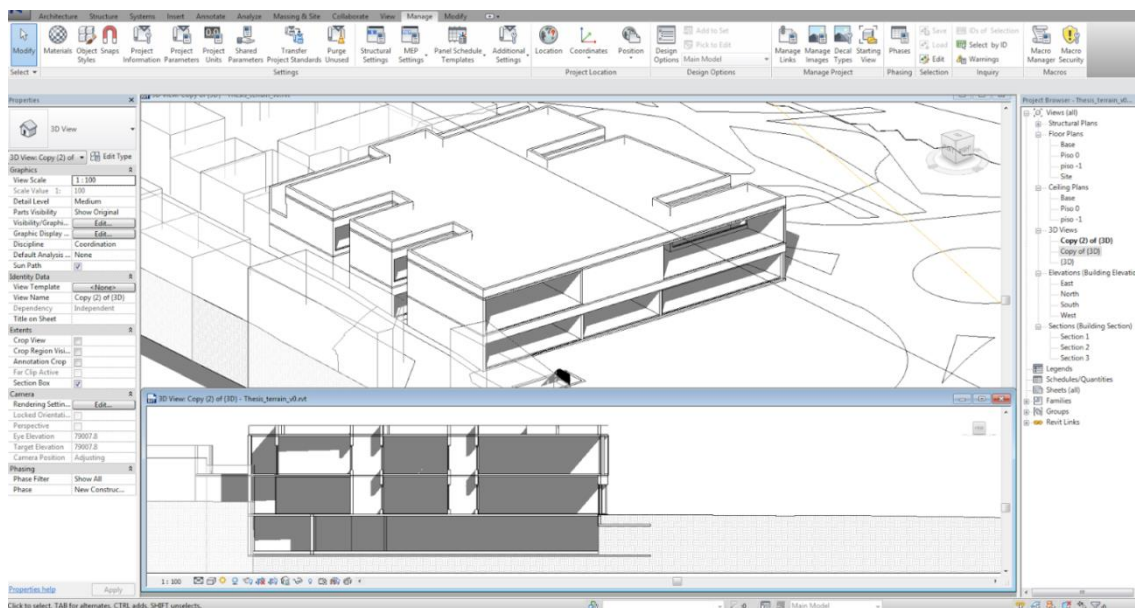


Figura 28- Exposição solar para as salas de leitura.

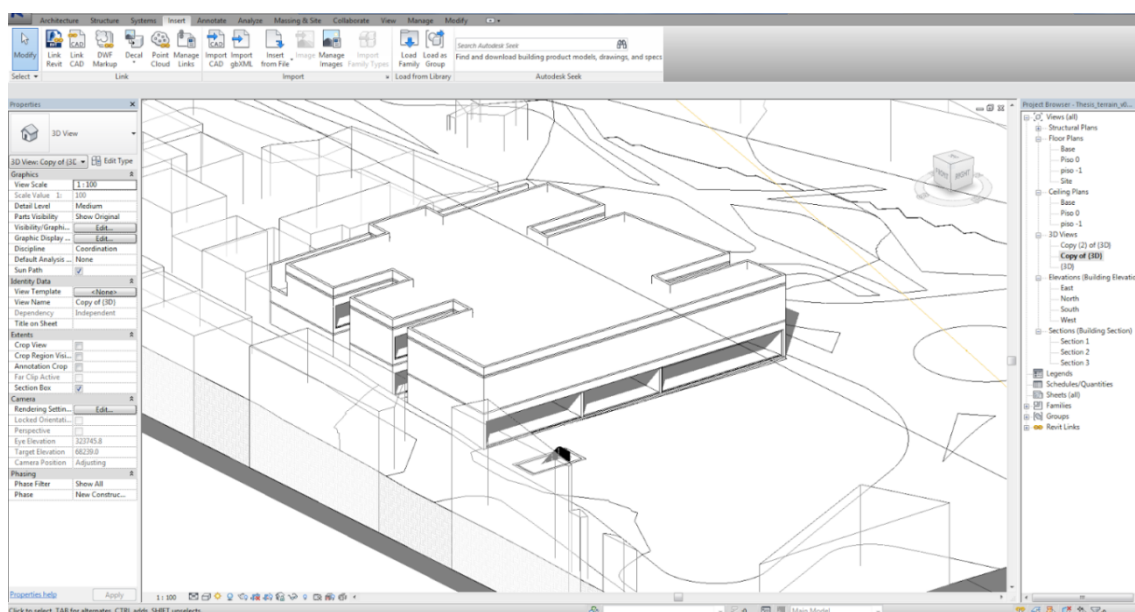


Figura 29- Alteração da Fachada Este.

Observando novamente o modelo tridimensional faltava na zona de entrada do edifício um espaço que funcionasse como abrigo [fig.30], evitando assim uma exposição direta a quem chegava ou saía do edifício. A solução passou por recuar a entrada do próprio edifício para o interior do Hall de entrada [fig.31]. Contudo esta solução, criava um vazio sem qualquer uso no Hall de entrada o que não era desejável. Recorrendo às orientações usadas para criar os vazios, ambas as salas de leitura foram aumentadas

passando assim a ocupar o espaço problemático que se encontrava por cima da nova zona de entrada.

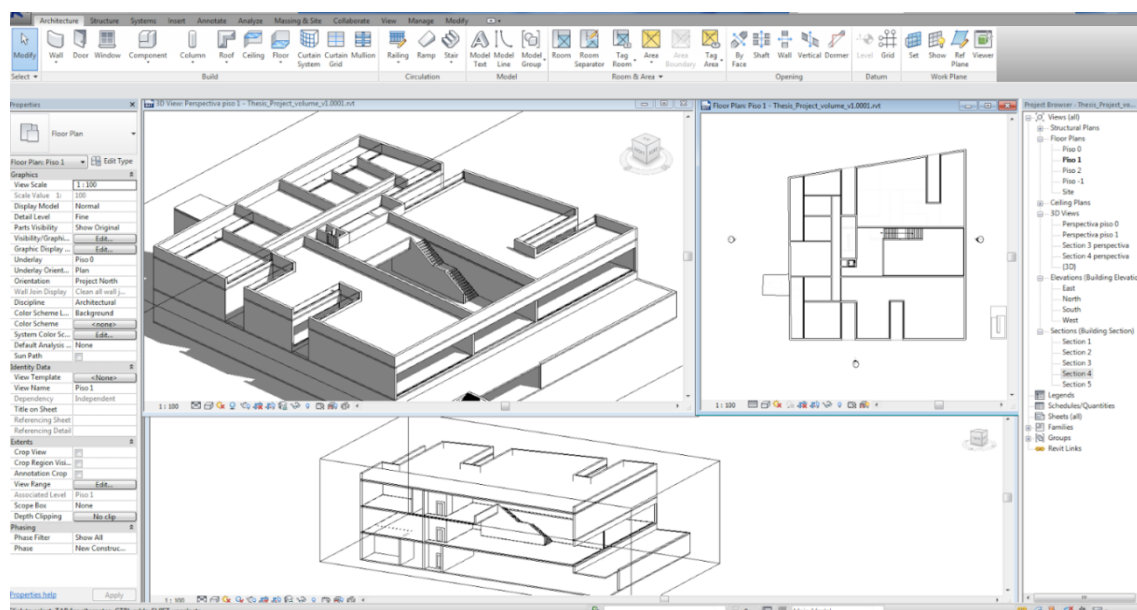


Figura 30- Estudo do interior do edifício.

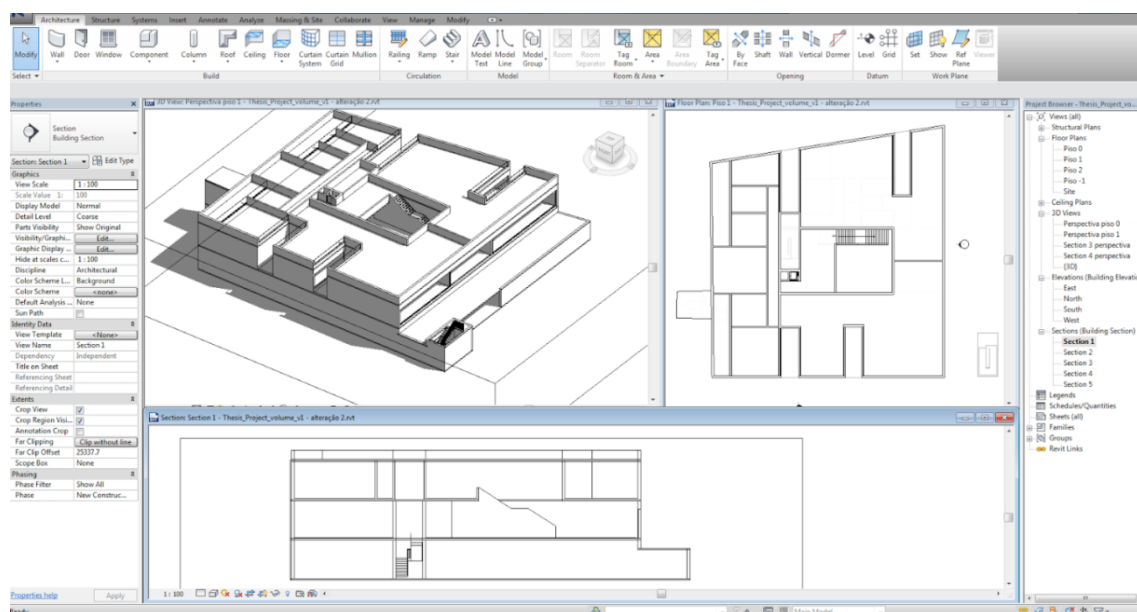


Figura 31- Alteração do interior do edifício.

Ao utilizar o sistema BIM para realizar qualquer das alterações, este demonstra ser simples na forma de funcionamento [fig.32]. A diferença de pensamento entre as linhas utilizadas nos sistemas tradicionais e os elementos tridimensionais utilizados no

sistema BIM tornam estes mais interactivos, reduzindo o número de passos necessários para a sua alteração.

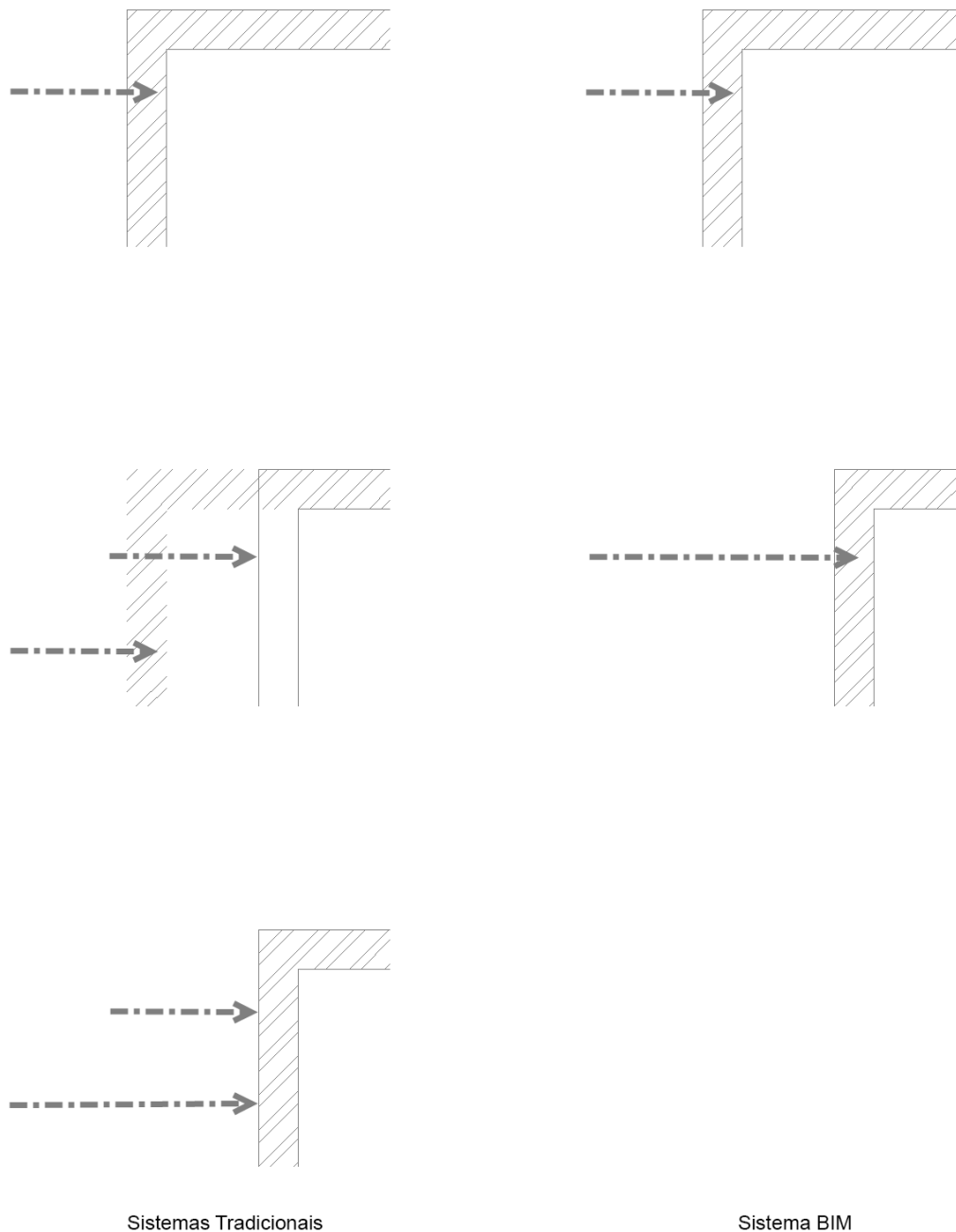


Figura 32- Alteração de um elemento.

Considerando a figura 32, o sistema BIM realiza a mesma operação utilizando a simples deslocação do elemento pretendido. Este estudo acaba por ter uma maior importância quando é feito o cálculo do tempo total despendido nas alterações [Gráfico

6]. Sendo que nos sistemas tradicionais a alteração é realizada em várias vistas de trabalho, como planta, corte e alçado, no sistema BIM esta é realizada somente uma vez e é automaticamente reproduzida pelas diferentes vistas criadas a partir do modelo, o que resulta numa poupança de mais de metade do tempo.

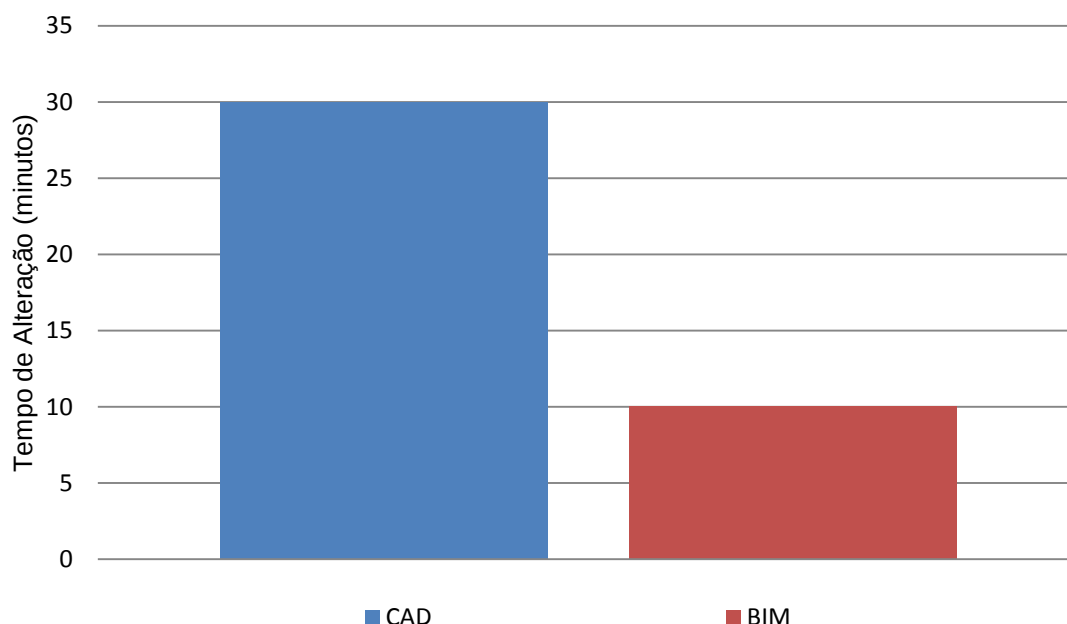


Gráfico 6 – Tempo de realização das alterações.

Neste contexto o sistema BIM proporciona comparativamente com os processos tradicionais, uma redução de tempo e precisão notável que facilita não só as operações de projeto, como também o seu desenvolvimento e noção, funcionando como um impulsionador de todo o processo de trabalho. Contudo é necessário desenvolver a componente construtiva e introduzir essa informação no modelo BIM, que até esta fase foi desenvolvido através da utilização de elementos genéricos. Nesta fase o processo criativo começa assim a ter uma presença menos importante no âmbito de projeto pois é necessário pensar nas várias soluções que vão caracterizar o projeto.

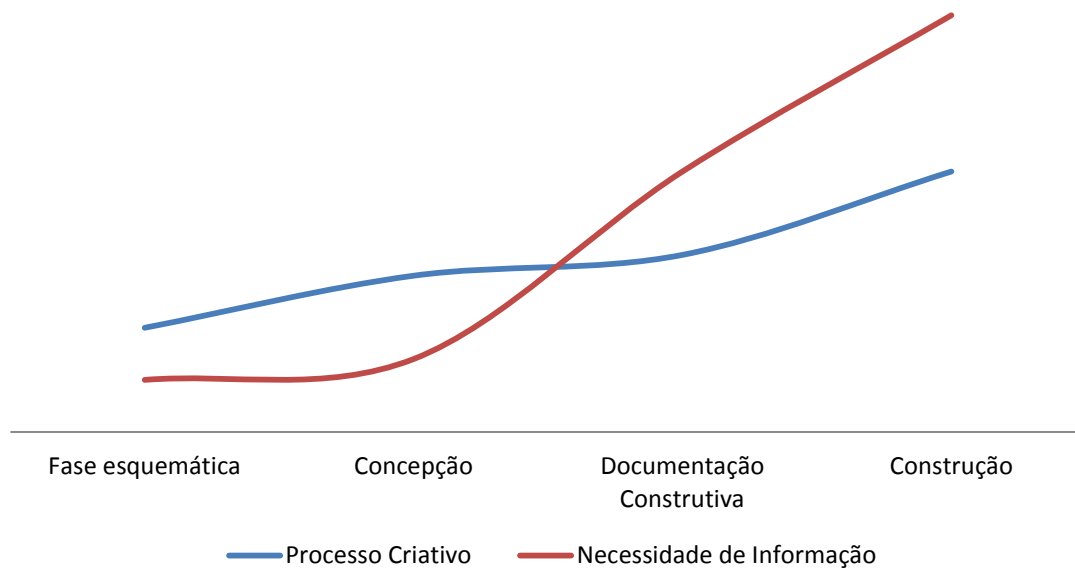


Gráfico 7 – Importância do processo criativo e informação ao longo do projeto (Haug,2014).

Conforme demonstra o gráfico, vai existir a partir deste momento do projeto um aumento exponencial da informação intrínseca do modelo. Contudo esta quantidade de informação estará sempre dependente do nível de desenvolvimento que se deseja alcançar.

2.7. Níveis de Desenvolvimento

Quando se usa o sistema BIM para desenvolver Projetos de Arquitetura, é necessário perceber desde o início do processo qual o nível de informação que se pretende atingir. Em muitos casos, esta decisão pode influenciar o projeto particularmente no tipo de modelação necessária para atingir os objetivos pretendidos, como também o tipo de informação dos vários elementos.

Para ajudar a delinear qual o nível de informação, foi desenvolvido pela AIA - American Institute of Architects, um Standard denominado AIA Document G202TM - Project Building Information Modeling Protocol [fig.33], que divide os níveis de informação por 5 categorias. Estas categorias classificadas como LOD's - Levels of development, fornecem as regras para o conteúdo e detalhe que cada elemento deve conter numa determinada fase do projeto. Os LOD's separam-se assim em (AIA,2013,p.5):

- LOD 100
- LOD 200
- LOD 300
- LOD 400
- LOD 500

[illegible]

Figura 33- Tabela Model Element Author (AIA,2013,p.5).

Lembrando que esta dissertação foca só a prática de arquitetura, o objetivo a atingir no caso em estudo é o LOD 300. No entanto é importante focar quais as diferenças entre os vários níveis antes de continuar o desenvolvimento do modelo.

LOD 100 - Desenho Esquemático

Considerado como um modelo básico [fig.34], este nível de detalhe é normalmente utilizado na fase inicial do projeto, para o estudo básico do projeto através massas e volumes. O seu nível baixo de informação, faz com que este seja também utilizado para o desenvolvimento da envolvente. No âmbito da construção é também com este nível de informação que se pode iniciar o planeamento da construção (AIA,2013,p.49).

LOD 200 - Concepção

Este modelo [fig.35] é um pouco mais desenvolvido. O seu nível de detalhe é constituído maioritariamente por informação genérica, onde é possível analisar de forma geral as quantidades, dimensões, forma e orientações. Nesta fase os elementos do modelo podem conter intrinsecamente alguma informação não geométrica, de forma a desenvolver algumas estimativas de custo ou simulações para algum controlo do projeto. No âmbito da construção, este nível pode ser usado para simular as várias fases de construção, através da criação de vários cronogramas, aliados ao aparecimento dos vários elementos do modelo (AIA,2013,p.50).

LOD 300 - Documentação Construtiva / Projeto de Licenciamento

Este tipo de modelo [fig.36] possui um nível de detalhe suficiente para a preparação dos documentos construtivos e para fabricação. Sendo que nesta fase o nível de informação é mais desenvolvido, os elementos presentes no modelo devem conter informação não geométrica mais próxima da realidade, de forma a ser calculado com maior rigor as quantidades, dimensões, forma, localização e orientação. Também

nesta fase podem ser feitas várias análises energéticas ou estruturais de forma a simular as características intrínsecas dos edifícios (AIA,2013,p.51).

LOD 400 - Modelo Construtivo / Projeto Executivo

Este modelo [fig.37] possui um nível de detalhe alto onde todos os seus elementos possuem detalhes adicionais sobre a sua constituição. Nesta fase, os elementos presentes no modelo devem ser exatamente os equipamentos que vão ser usados durante a construção, possuindo toda a informação relativa às dimensões dos equipamentos, ao fabricante, à montagem e ao método construtivo. Com este tipo de informação também o estudo da estimativa de custo e da simulação energética é mais controlado e próximo da realidade. O planeamento da obra acaba por ter também um maior rigor quando usado este nível de desenvolvimento (AIA,2013,p.54).

LOD 500 - As-Build

Sendo o modelo [fig.38] com o nível de detalhe mais alto, todos os seus elementos são representações fiéis do que é construído na realidade, contendo intrinsecamente toda a precisão e informação existente dos equipamentos. Este nível de detalhe serve os mesmos propósitos do LOD 400, podendo também ser utilizado para gestão e manutenção futura do edifício através de sistemas como o IFC ou COBie, que conseguem gerir a informação presente nos modelos (AIA,2013,p.55).

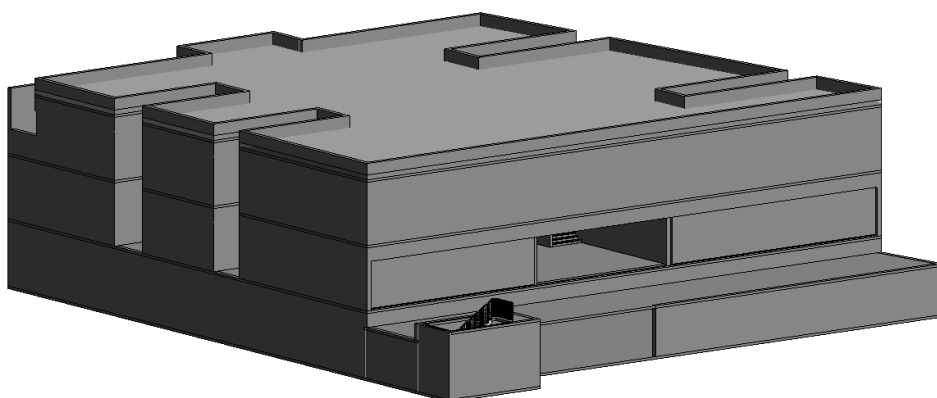


Figura 34- LOD 100.

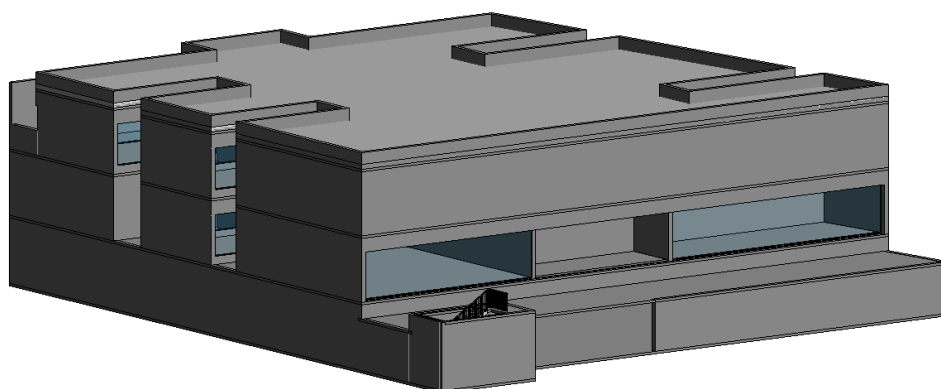


Figura 35- LOD 200.

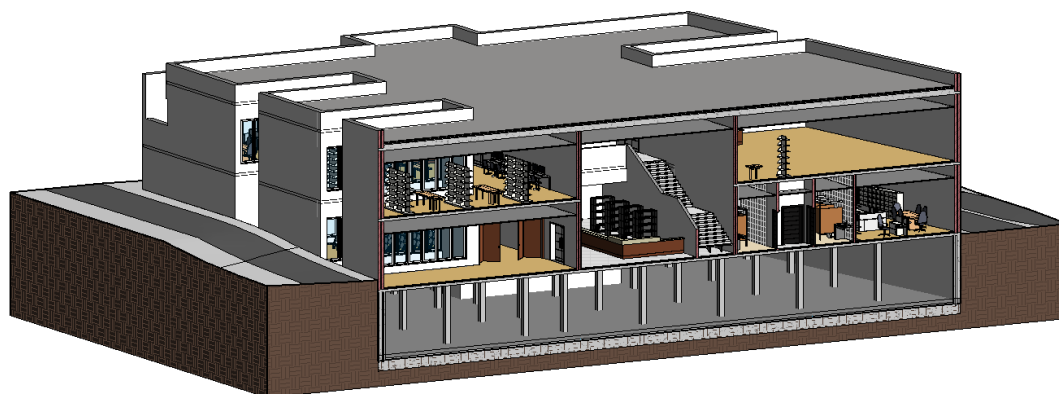


Figura 36- LOD 300.

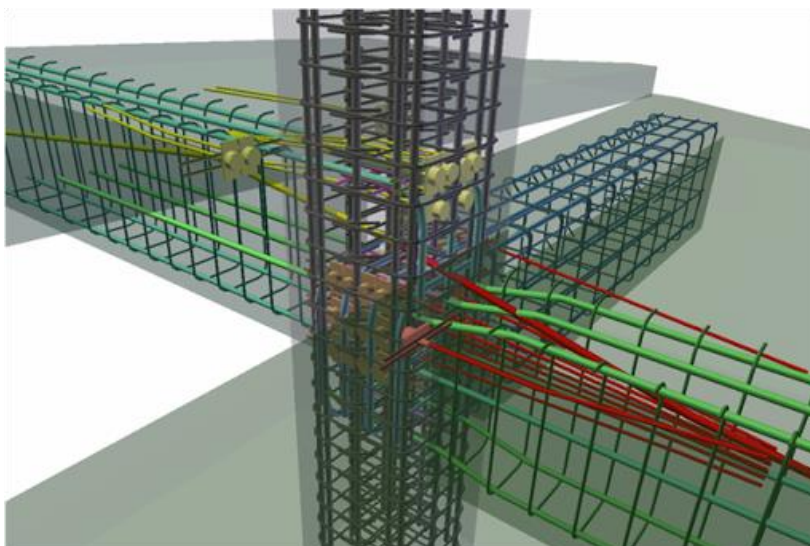


Figura 37- LOD 400 (Van, 2008, p.3).



Figura 38- LOD 500 (Van, 2008, p.3).

2.8. Definição Construtiva

Nesta fase de desenvolvimento, o modelo BIM possui ainda um nível baixo de informação, sendo que é necessário aumentar, como referido anteriormente o nível de detalhe para o LOD 300. Com a utilização de vários parâmetros de edição, possíveis de realizar através dos Softwares BIM, qualquer elemento existente pode ser facilmente configurado e substituído. Para demonstrar melhor esta flexibilidade a figura 39 representa a alteração de um elemento.

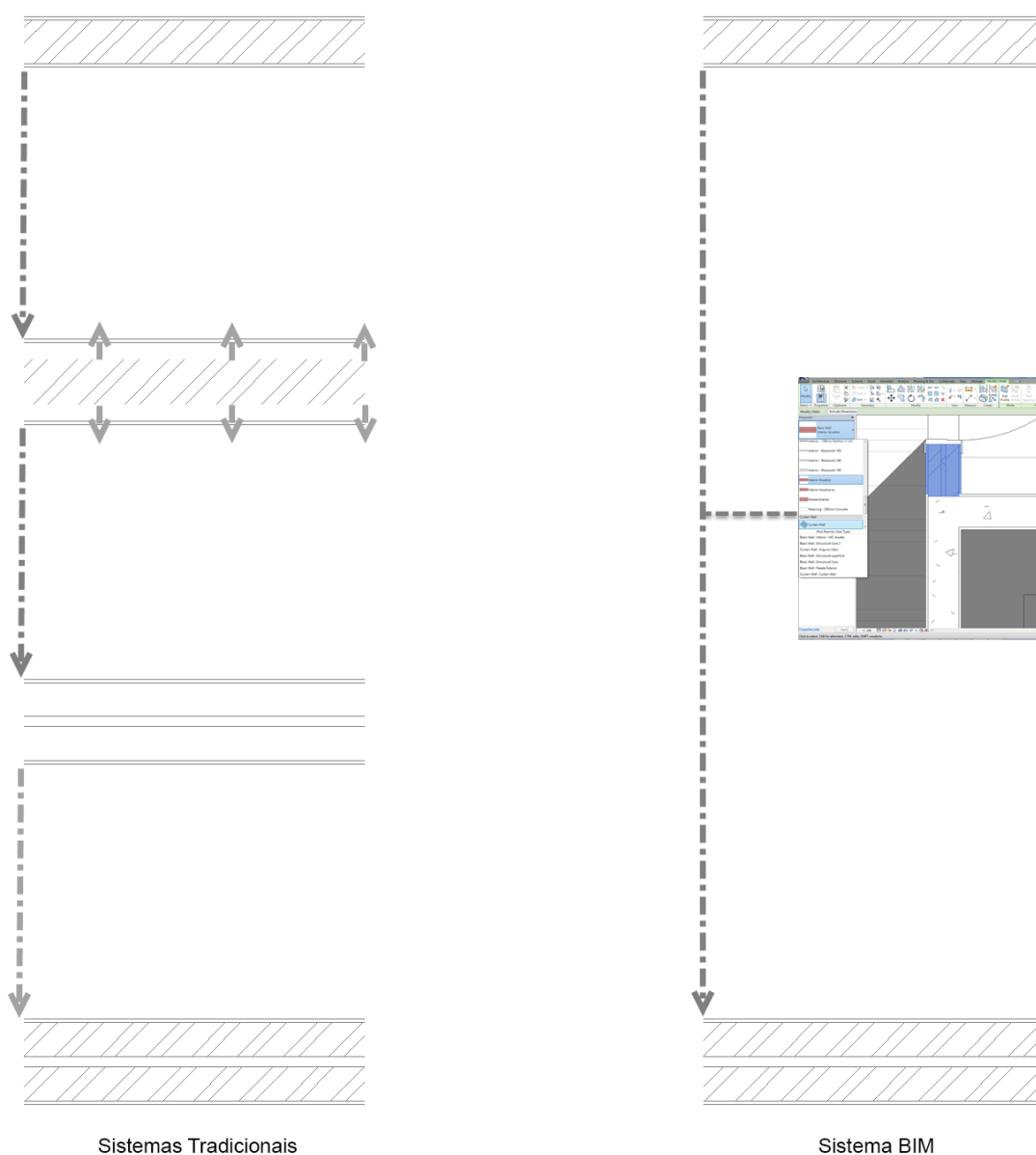


Figura 39- Troca de Elemento.

Como exemplificado [fig.39], com a simples alteração de uma parede dupla, o sistema BIM confirma uma capacidade em reduzir o tempo no número de operações necessárias e oferece comparativamente aos processos tradicionais a vantagem de definir, à priori, quais as características em termos de dimensões, material e prioridade das camadas constituintes da parede [fig.40]. Este nível de informação e detalhe quando configurados de forma correta, têm também a capacidade de se propagarem pelos elementos semelhantes que já existam no modelo. Com isto o sistema BIM consegue de forma notória e extremamente rápida, alterar o modelo e permitir que sejam testadas várias soluções, sem que para isso existiram perdas para o processo ou para o projeto. Para a definição das lajes de pavimento e coberturas o processo utilizado é semelhante ao utilizado na definição das paredes.

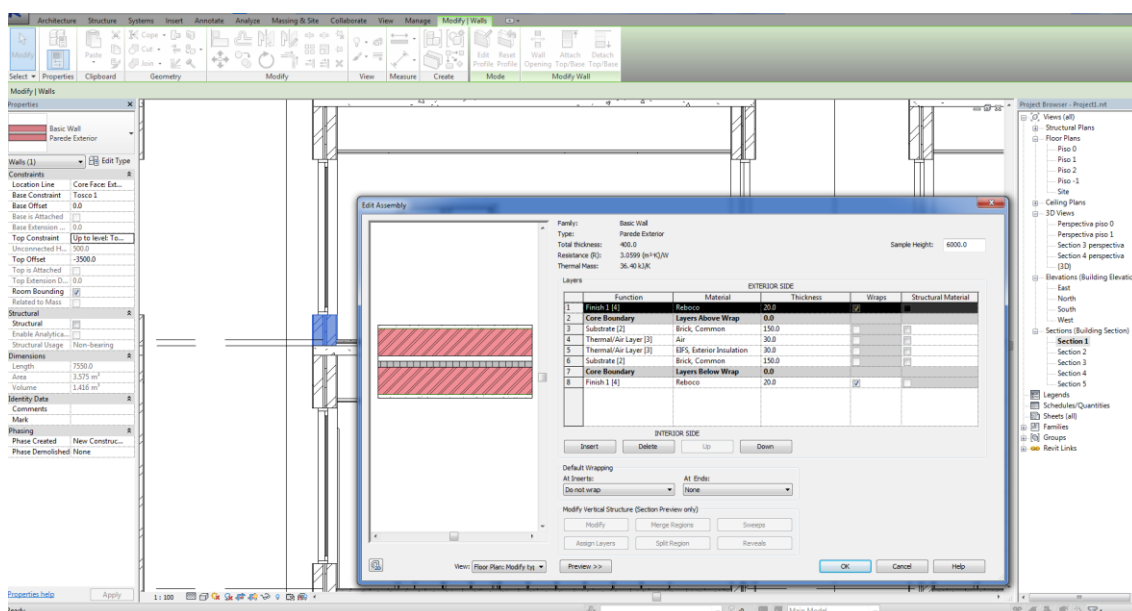


Figura 40- Parametrização da Parede.

Contudo é importante referir nesta fase, que mesmo sendo demonstrado a facilidade de atribuir características aos vários elementos, é necessário perceber todo o processo construtivo. No sistema BIM a importância dada à construção é extremamente alta, e isso implica também que a modelação esteja aproximada ao processo construtivo. Durante o desenvolvimento do caso de estudo um dos exemplos realizados para o modelo ter uma aproximação à realidade construtiva foi a separação dos níveis de pavimento em dois níveis distintos, o nível do limpo e o nível do tosto. Esta aproximação demonstrou ser uma agradável surpresa, pois criava um controlo mais fácil das geometrias.

Com os elementos configurados é importante também focar, nesta fase, a introdução de elementos como portas e janelas que ajudam a caracterizar os espaços. Contudo a melhor forma de explicar esta introdução é através da seguinte figura [fig.41].

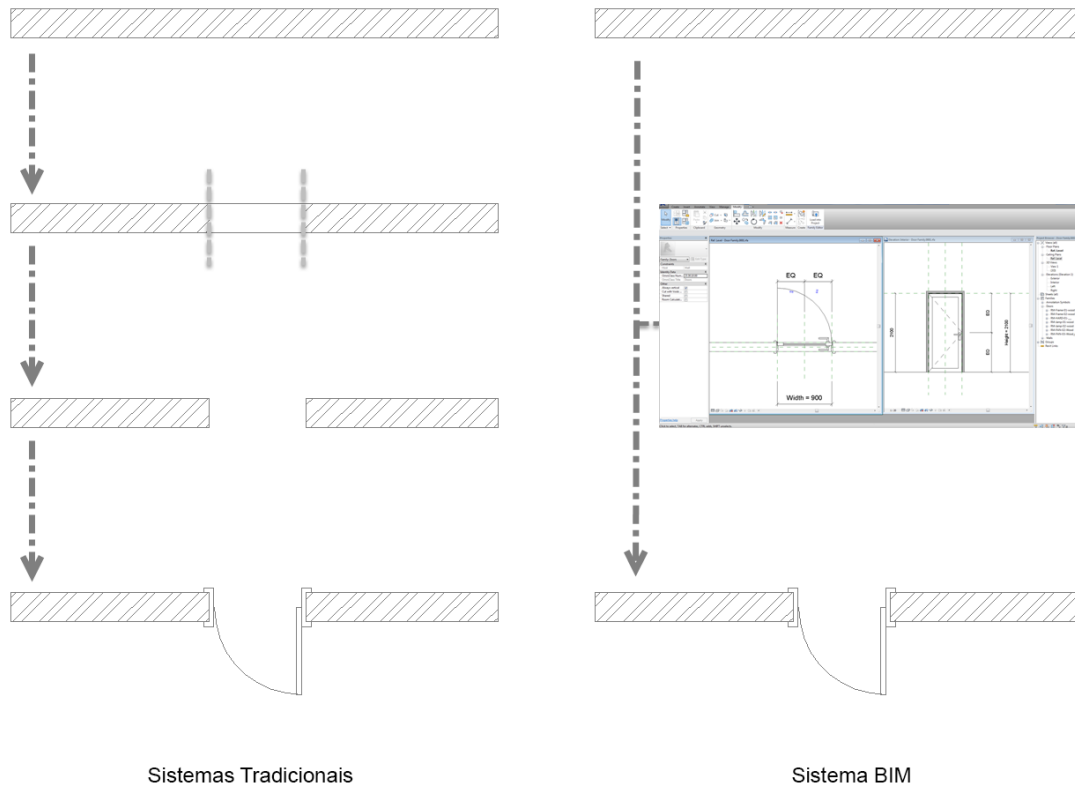


Figura 41- Introdução de elementos.

Como referido anteriormente, o sistema BIM utiliza a parametrização dos seus elementos como meio de comunicação entre os objectos existentes no modelo. Esta regra é também aplicada à introdução janelas, onde estas criam uma relação automática com as paredes e onde o seu posicionamento pode ser, a qualquer momento, alterado.

Outra questão de extrema importância é a representação que cada elemento deve ter a determinada escala do projeto. Nos sistemas tradicionais, esta questão é normalmente reproduzida através da multiplicação da informação em vários desenhos, contendo cada um deles uma representação adequada à escala a ser utilizada. Contudo, os problemas que podem advir deste processo, podem causar a certo ponto do projeto incoerência e desorganização da informação existente. No sistema BIM e mais uma vez através da parametrização dos elementos, estes podem ser

configurados para representar diferentes detalhes consoante uma escala maior ou menor.

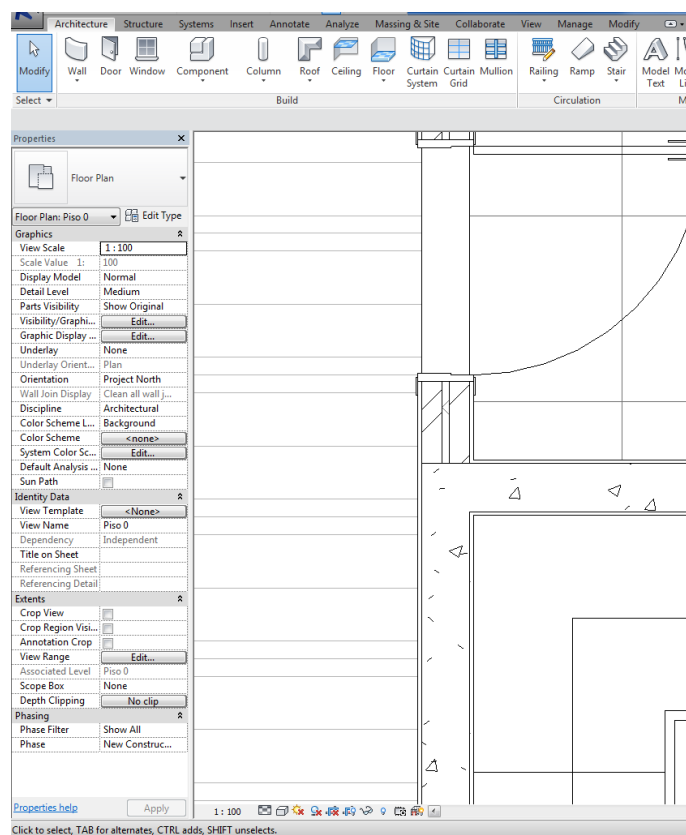


Figura 42-Nível de Detalhe Normal.

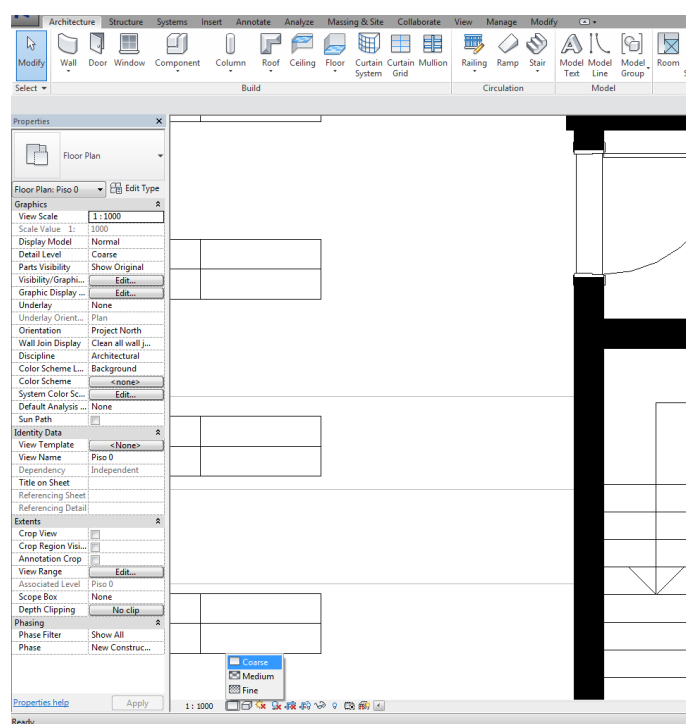


Figura 43- Nível de Detalhe Mínimo.

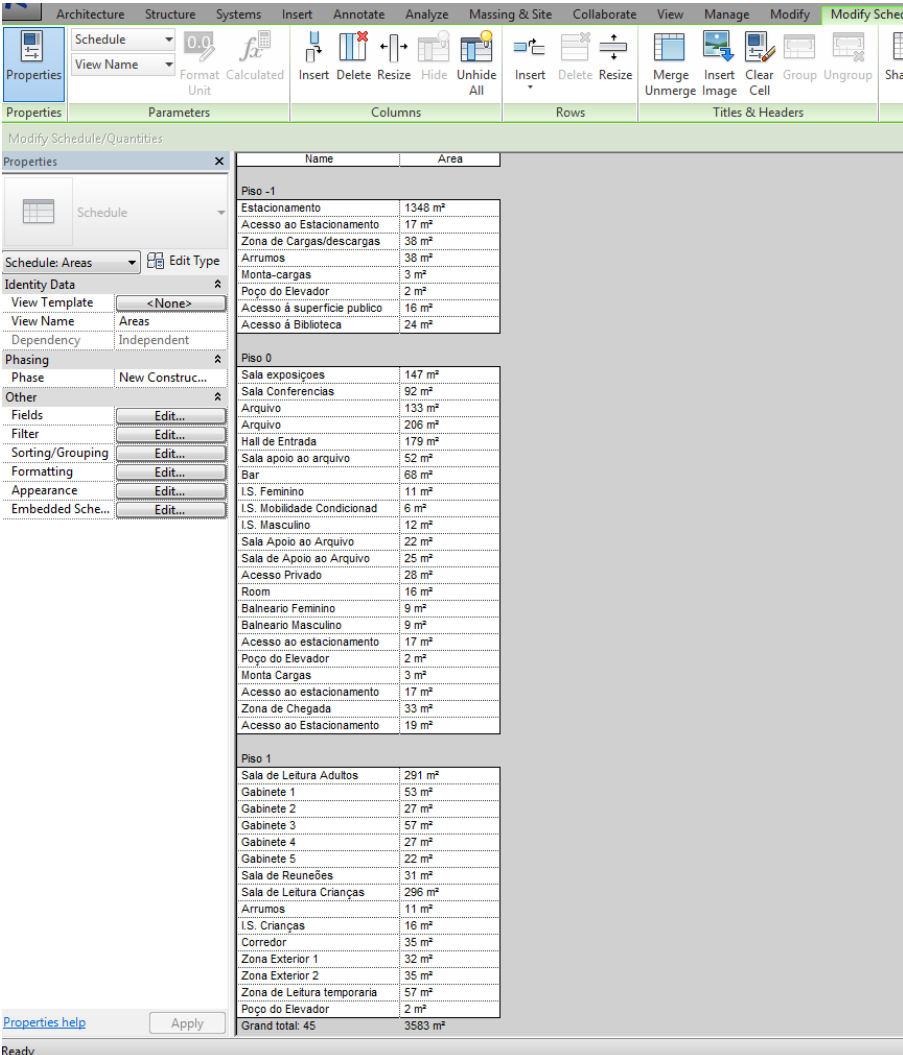
As figuras anteriores [fig.42 e fig.43], retiradas do mesmo modelo, mas com escalas diferentes, são exemplo que quando usado o sistema BIM, este nível de representação não necessita de ser replicado mas sim configurado, salvaguardando o risco de comprometer o projeto. Contudo esta configuração, para atingir os objetivos propostos, requer também algum conhecimento sobre a programação dos elementos. Como observado com a mudança de escala, nem todos os elementos visíveis nas imagens sofreram alterações. Ao serem criadas as próprias bibliotecas ou ao recorrer a bibliotecas de elementos Online, é necessário analisar e estruturar os elementos para que estes possam ser posteriormente usados no projeto.

Embora esta característica possa dificultar um pouco a utilização deste sistema, este continua a ter várias características positivas que lhe permitem melhorar processos de trabalho e elevar o nível de experimentação na fase de concepção.

2.9. Quantificação

Com o desenvolvimento do modelo para LOD 300, é importante que este consiga comunicar toda a sua informação intrínseca, sendo para isso necessário quantificar elementos. As quantificações são operações que quando mal calculadas, facilmente prejudicam o resultado final de projeto, aumentando as estimativas de custo e os desperdícios de tempo.

Com os sistemas tradicionais, a probabilidade de errar na quantificação de vários elementos é recorrente, devido a estas terem de ser feitas manualmente, o que requer um maior esforço e concentração para contabilizar as várias dimensões e propriedades de cada elemento. Com o sistema BIM, a quantificação é feita de forma rápida e rigorosa, onde são contabilizados todos os elementos e características de acordo com a informação existente no modelo. Como primeiro exemplo [fig.44], foi realizado o levantamento dos espaços existentes e as suas respectivas áreas.



Name	Area
Piso -1	
Estacionamento	1348 m²
Acesso ao Estacionamento	17 m²
Zona de Cargas/descargas	38 m²
Arrumos	38 m²
Monta-cargas	3 m²
Poço do Elevador	2 m²
Acesso à superfície publico	16 m²
Acesso à Biblioteca	24 m²
Piso 0	
Sala exposições	147 m²
Sala Conferencias	92 m²
Arquivo	133 m²
Arquivo	206 m²
Hall de Entrada	179 m²
Sala apoio ao arquivo	52 m²
Bar	68 m²
I.S. Feminino	11 m²
I.S. Mobilidade Condicionad	6 m²
I.S. Masculino	12 m²
Sala Apoio ao Arquivo	22 m²
Sala de Apoio ao Arquivo	25 m²
Acesso Privado	28 m²
Room	16 m²
Banheiro Feminino	9 m²
Banheiro Masculino	9 m²
Acesso ao estacionamento	17 m²
Poço do Elevador	2 m²
Monta Cargas	3 m²
Acesso ao estacionamento	17 m²
Zona de Chegada	33 m²
Acesso ao Estacionamento	19 m²
Piso 1	
Sala de Leitura Adultos	291 m²
Gabinete 1	53 m²
Gabinete 2	27 m²
Gabinete 3	57 m²
Gabinete 4	27 m²
Gabinete 5	22 m²
Sala de Reuniões	31 m²
Sala de Leitura Crianças	296 m²
Arrumos	11 m²
I.S. Crianças	16 m²
Corredor	35 m²
Zona Exterior 1	32 m²
Zona Exterior 2	35 m²
Zona de Leitura temporaria	57 m²
Poço do Elevador	2 m²
Grand total: 45	3563 m²

Figura 44- Quantificação de Áreas.

Através da atribuição de uma zona durante a fase de modelação a cada um dos espaços, o sistema BIM consegue extrair em poucos segundos toda a informação inerente a cada um, calculando também a área útil total. Contudo a característica mais relevante, neste exemplo, é a constante atualização da informação. Ao ser alterado qualquer elemento no modelo, o sistema BIM calcula automaticamente o redimensionamento das áreas ou de qualquer elemento.

Como segundo exemplo [fig.45], é extraído a quantificação de materiais existentes nas paredes do modelo.

<Wall Material Total>				
A	B	C	D	E
Material: Name	Material: Area	Material: Volume	Material: Cost	Material: Description
Air	2338 m²	108.41 m³	0.00	Air
Air Infiltration Barrier	754 m²	15.29 m³	0.00	physical material
Ajulejo	303 m²	6.14 m³	0.00	
Brick, Common	4476 m²	636.28 m³	0.00	Common brick
Concrete, Cast In Situ	2073 m²	393.14 m³	0.00	physical material
EIFS, Exterior Insulation	2346 m²	78.14 m³	0.00	EIFS - Exterior Insulati
Isolador	351 m²	14.23 m³	0.00	
Reboco	6489 m²	130.21 m³	0.00	

Figura 45- Quantificação de Materiais.

Também neste exemplo a facilidade de se conseguir extrair a informação em poucos segundos é notável. Através da leitura do modelo, o sistema BIM consegue também extrair o volume e o custo do material, características que podem dar de forma rápida um custo aproximado da obra. Contudo é sempre necessário ter especial atenção neste ponto. Para ter uma quantificação aproximada, é necessário também que a modelação seja aproximada do processo construtivo, como referido no subcapítulo da definição construtiva. O sistema BIM dá também a possibilidade de fragmentar a informação obtida [fig.46], para que possa ser feita uma análise mais aproximada.

A	B	C	D	E	F	G
Material: Name	Material: Area	Material: Volume	Material: Cost	Material: Descripti	Material: Manufact	Cost
Estructural						
Concrete, Cast In Situ	386 m²	101.10 m³	0.00	physical materi		
Reboco	762 m²	15.55 m³	0.00			
Estructural 400						
Concrete, Cast In Situ	56 m²	20.28 m³	0.00	physical materi		
Reboco	55 m²	1.11 m³	0.00			
Estructural Cave						
Air	752 m²	60.83 m³	0.00	Air		
Air Infiltration Barrier	743 m²	15.10 m³	0.00	physical materi		
Concrete, Cast In Situ	1515 m²	229.95 m³	0.00	physical materi		
EIFS, Exterior Insulation	777 m²	31.53 m³	0.00	EIFS - Exterior I		
Reboco	731 m²	14.84 m³	0.00			
Estructural Cave 2						
Air	10 m²	0.76 m³	0.00	Air		
Air Infiltration Barrier	10 m²	0.19 m³	0.00	physical materi		
Concrete, Cast In Situ	20 m²	2.78 m³	0.00	physical materi		
Reboco	20 m²	0.37 m³	0.00			
Estructural superficie						
Concrete, Cast In Situ	96 m²	39.03 m³	0.00	physical materi		
Reboco	189 m²	3.72 m³	0.00			
Interior						
Brick, Common	398 m²	60.40 m³	0.00	Common brick		
Reboco	792 m²	16.11 m³	0.00			
Interior +WC						
Ajulejo	126 m²	2.56 m³	0.00			
Brick, Common	126 m²	19.19 m³	0.00	Common brick		
Reboco	126 m²	2.56 m³	0.00			
Interior +WC double						
Ajulejo	149 m²	3.01 m³	0.00			
Brick, Common	75 m²	11.29 m³	0.00	Common brick		
Interior Acustica						
Brick, Common	646 m²	71.91 m³	0.00	Common brick		
Isolador	322 m²	13.08 m³	0.00			
Reboco	644 m²	13.08 m³	0.00			
Interior Acustica wc						
Ajulejo	29 m²	0.57 m³	0.00			
Brick, Common	59 m²	6.36 m³	0.00	Common brick		
Isolador	29 m²	1.16 m³	0.00			

Figura 46- Quantificação Individual de Materiais.

Como último exemplo [fig.47], é extraído os vários tipos e quantidades de portas encontradas no modelo. Utilizando os mesmos processos facilmente é elaborada uma lista com qualquer elemento pretendido. Neste caso, esta quantificação pode também ser usada para criar os mapas de vãos, com as várias especificações.

Architecture Structure Systems Insert Annotate Analyze Massing & Site Collaborate View Manage Modify Modify Schedule/Quantities					
Properties	Doors	0.0	fx	Insert	Delete
Properties	Parameters	Format	Calculated	Insert	Delete
Modify Schedule/Quantities					
Properties	Mark	Family	Model	Height	Width
Piso -1					
35	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
36	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
37	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
38	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
39	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
40	M_Single-Flush			2134	915
41	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
46	Parametric_garage_door_9124			2400	5500
49	Parametric_garage_door_9124			2400	2000
Piso 0					
	M_Curtain Wall Sgl Glass			1975	1140
	M_Curtain Wall-Store Front-Dbl			2800	1950
1	Interior_-_Correr_de_Embutir_9151	1 Folha de Correr de Embutir		2100	1500
2	Door-Bifold_9052	Porta de Fole		2500	4000
3	Door-Bifold_9052	Porta de Fole		2500	4000
12	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	920
19	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
20	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	1230
21	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
22	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
23	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
24	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
25	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
26	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
27	Interior_-_Correr_de_Embutir_9151	1 Folha de Correr de Embutir		2100	1500
28	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	1230
29	Door_-_Single_Fire_escape_5861			2110	1010
30	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
31	Interior_-_Correr_de_Embutir_9151	1 Folha de Correr de Embutir		2100	1500
32	Interior_Correr_Externa_c_Triho_Metlico_de_2_Folhas_915	2 Folhas de Correr Externa		2100	1500
33	Interior_Correr_Externa_c_Triho_Metlico_de_2_Folhas_915	2 Folhas de Correr Externa		2100	1500
	M_Curtain Wall Sgl Glass			1925	950
	M_Curtain Wall Sgl Glass			1925	950
43	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	900
50	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	730
51	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	730
52	Multi_panel_pivot_door_parametric_rev_A_12306			2100	4000
Piso 1					
5	Interior_Correr_Externa_c_Triho_Metlico_de_2_Folhas_915	2 Folhas de Correr Externa		2100	1500
6	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	900
7	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	920
8	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	920
9	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	920
10	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	900
11	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	900
13	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
14	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
15	Single_Flush_Door_-_Modern_12229			2055	930
16	Door_with_Sidelight_-_Instance_parameters_8544			2100	900
42	Interior_Correr_Externa_c_Triho_Metlico_de_2_Folhas_915	2 Folhas de Correr Externa		2100	1500

Figura 47- Quantificação de Portas.

2.10. Análise Energética

Com a definição construtiva dos vários elementos e a quantificação rigorosa dos mesmos, o sistema BIM demonstra ser um impulsionador ao nível da gestão e controlo da informação presente no modelo. A mesma informação introduzida no modelo pode também ser utilizada para simular o comportamento do edifício, através do estudo da análise energética.

Como referido anteriormente nesta dissertação, a georreferenciação foi um passo importante no processo de modelação, fornecendo ao modelo toda a informação e características climáticas da região de Grândola. Nesta fase todos os dados fornecidos por esse passo, como também os dados introduzidos nos elementos vão ajudar a determinar as características intrínsecas do edifício.

Com a ajuda do Software BIM, é realizada a seguinte análise energética.

Localização:	Grândola, Setúbal
Estação Temporal	123900
Temperatura Exterior	Max 39°C/Min 1°C
Área Útil	3.448m ²
Área Exterior de parede	975m ²
Capacidade	277 Pessoas
Custo Elétrico	0.11 € / KWh
Custo Combustível	1.07 € /Therm

Quadro 2- Fatores de desempenho do edifício.

Consumo Elétrico durante o ciclo de vida	142 KWh / sm / ano
Consumo Combustível durante o ciclo de vida	134 MJ /sm / ano
Custo durante o ciclo de vida	784,428€
Ciclo de vida com 30 anos	

Quadro 3- Custo / Uso Energético durante o Ciclo de Vida.

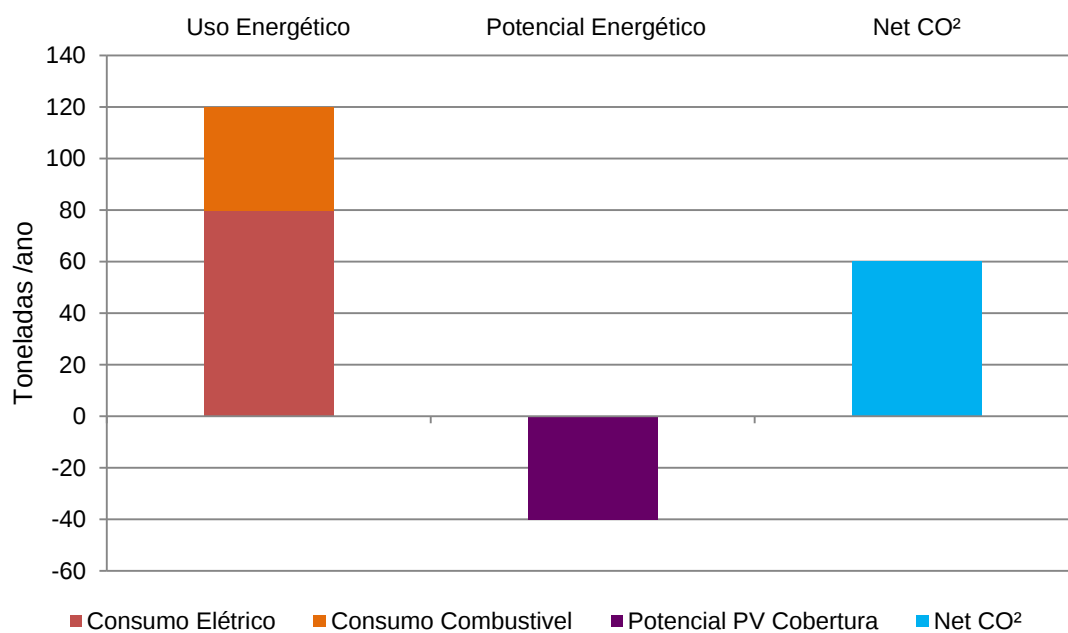


Gráfico 8- Emissões anuais de Carbono.

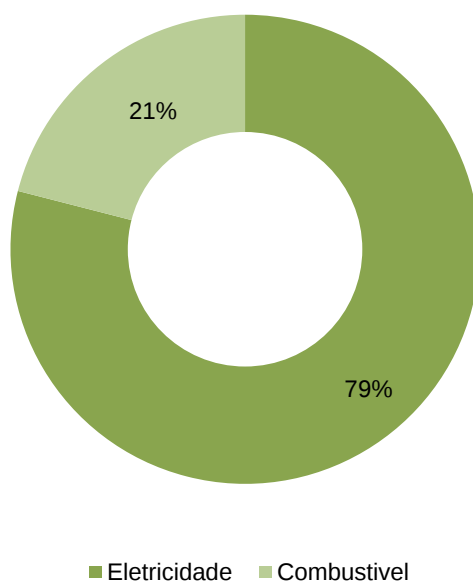


Gráfico 9- Consumo anual energético.

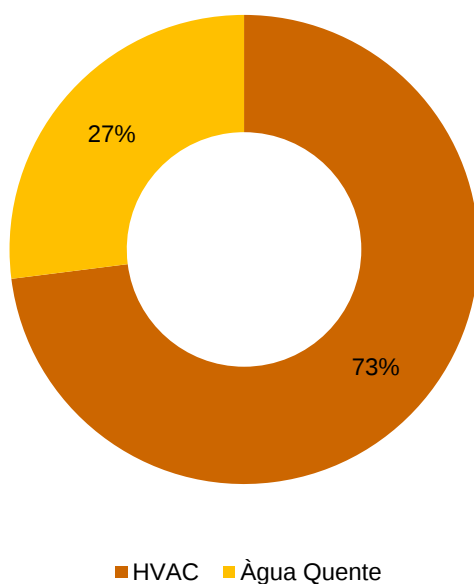


Gráfico 10- Uso de Energia Combustível.

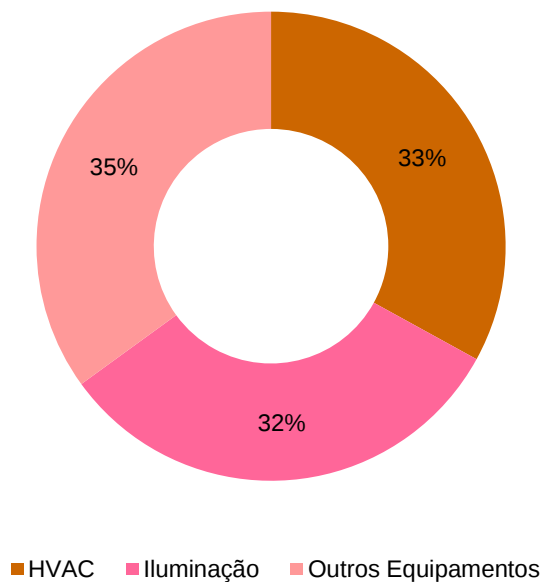


Gráfico 11- Uso de Energia Elétrica.

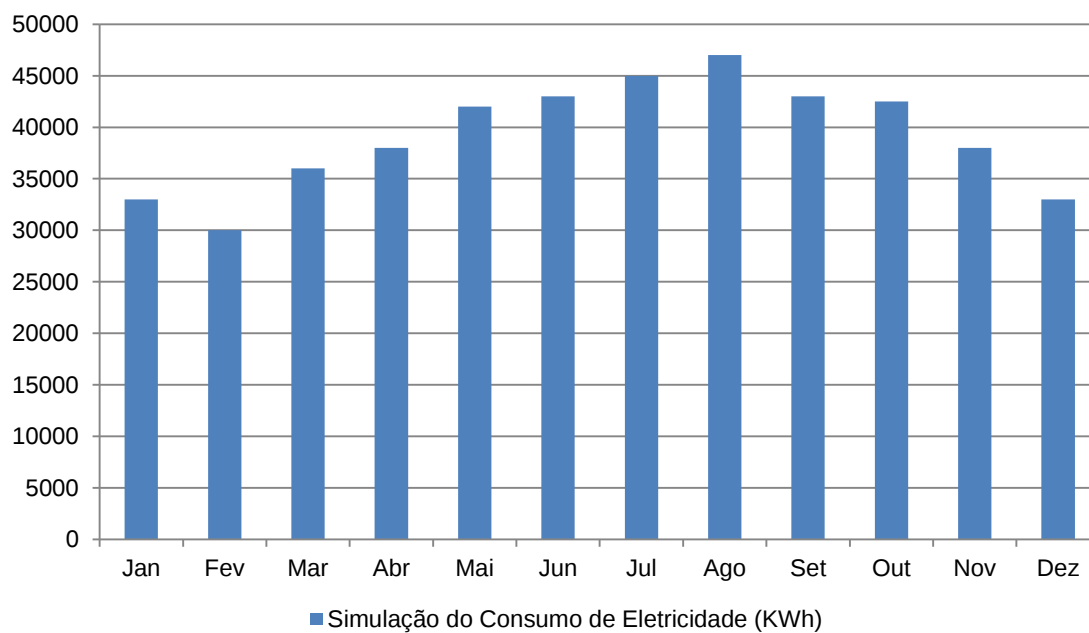


Gráfico 12- Consumo Elétrico Mensal.

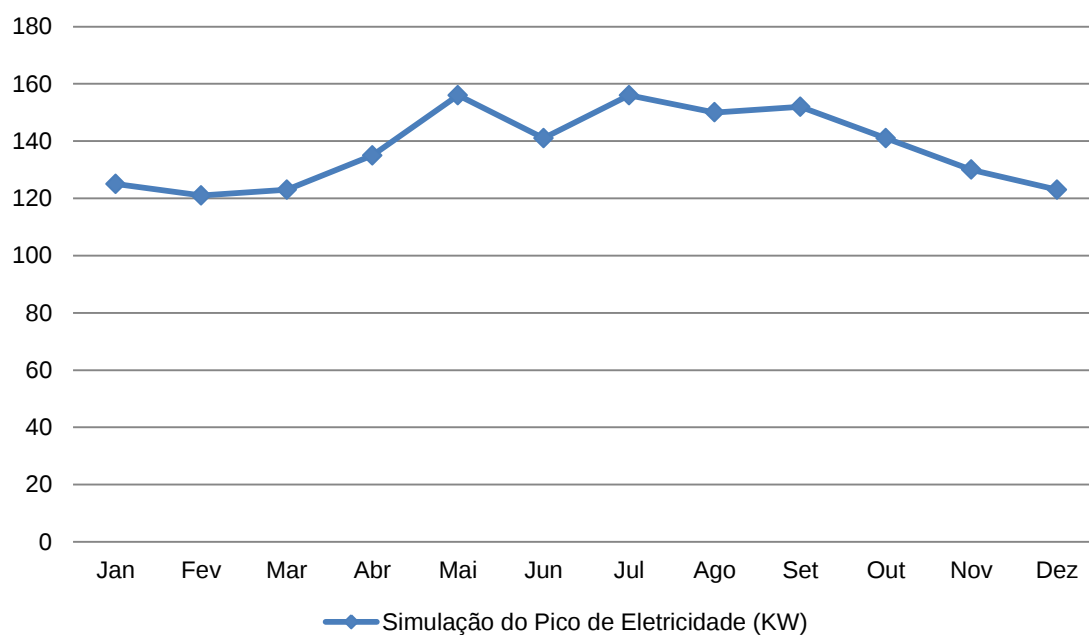


Gráfico 13- Exigência Energética Mensal.

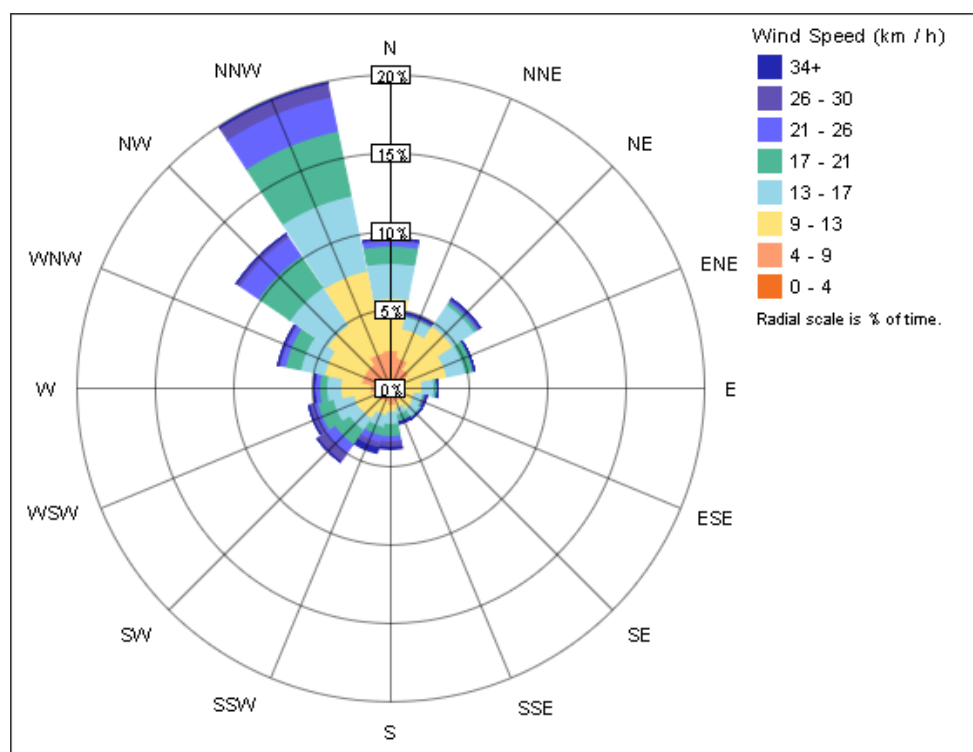


Gráfico 14- Rosa Vento Anual (Distribuição de Velocidade).

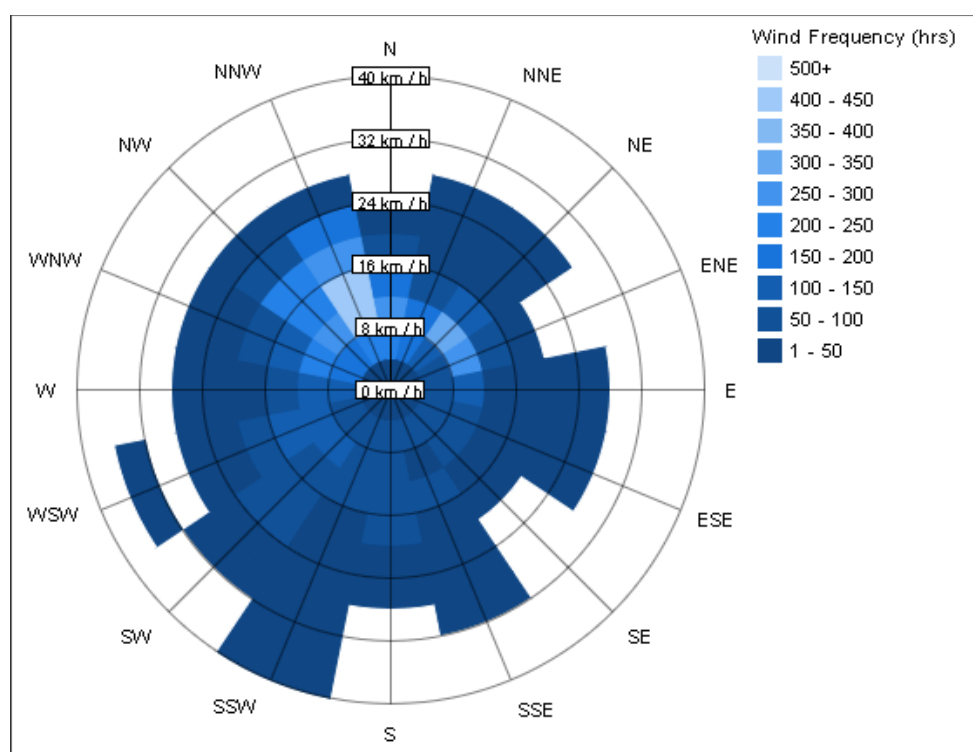


Gráfico 15- Rosa Vento Anual (Distribuição de Frequência).

O estudo completo da Análise Energética pode ser consultado no Anexo II – Análise Energética.

Com os elementos presentes no modelo este estudo demonstra um cálculo do consumo energético do projeto através da leitura da informação inserida. Contudo este cálculo acaba por ter um conteúdo de precisão baixo. É importante referir novamente que para uma maior aproximação à realidade, todos os elementos presentes no modelo devem possuir uma informação rigorosa sobre as suas características. O sistema BIM, como indica o nome “Building Information” valoriza principalmente a construção e leitura da informação. Uma simples alteração da iluminação no projeto, ou a introdução de equipamentos de HVAC pode alterar os consumos energéticos, alterando assim o custo total de utilização.

Este tipo de estudos influencia também a concepção do edifício, pois com a criação de simulações durante a fase de projeto, os arquitetos podem testar soluções que visam uma maior sustentabilidade dos edifícios.

2.11. Documentação Construtiva

A documentação construtiva é o meio de comunicação utilizado entre o projeto, as especialidades construtivas e o próprio cliente para discutir ou visualizar variados aspectos. Estes documentos necessitam de ser rigorosos, pois é a partir destes que vai ser conduzido todo o processo posterior à concepção. Contudo é fácil que, com revisões de projeto, comecem a surgir incoerências entre os vários desenhos, levando a novos pedidos de revisões e gastos de tempo. Também nos sistemas tradicionais, a planificação dos desenhos a serem trabalhados, tem de ser realizada com antecedência, para que estes sejam depois utilizados como desenhos finais.

Com o sistema BIM a forma de comunicar qualquer tipo de informação é feita através do modelo, onde facilmente é criada uma vista [fig.48] e utilizada como desenho representativo. A comunicação torna-se mais rápida e rigorosa. A particularidade de qualquer revisão ser desenvolvida no modelo, faz com que esta seja automaticamente replicada nos vários desenhos representativos.

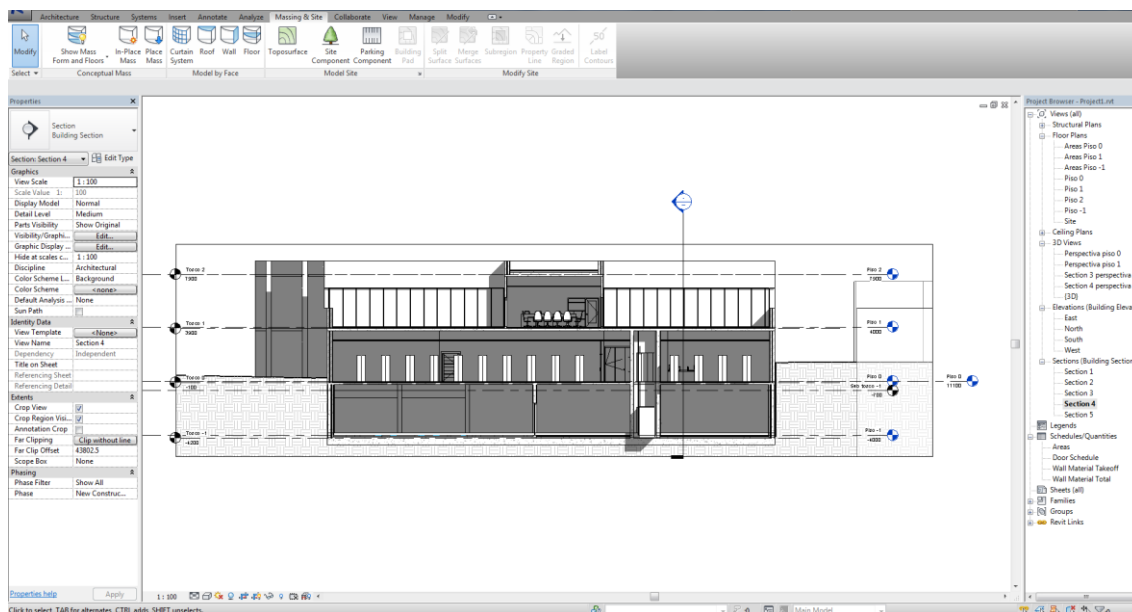


Figura 48-Vista de Corte.

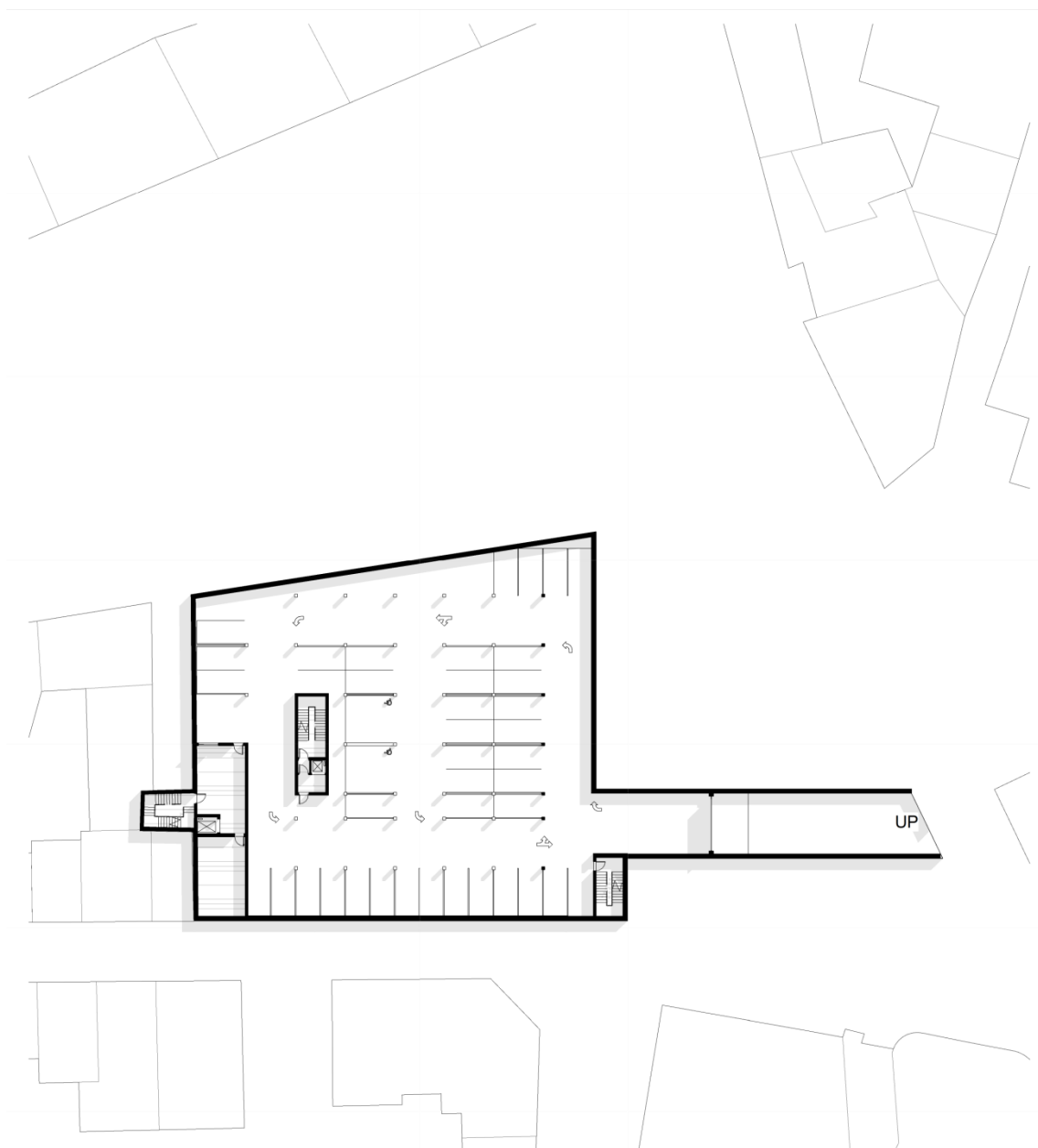


Figura 49- Biblioteca Piso -1.

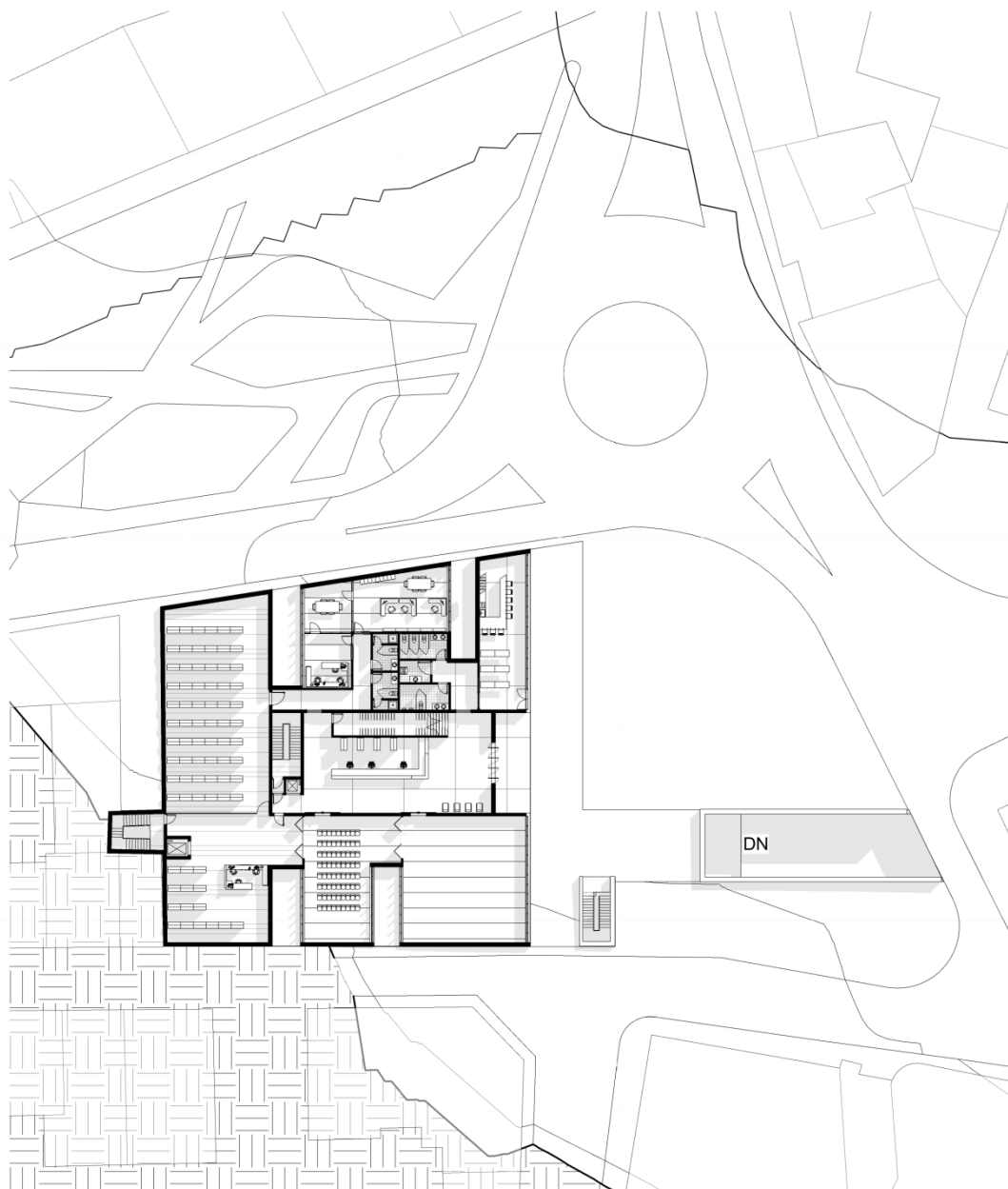


Figura 50- Biblioteca Piso 0.

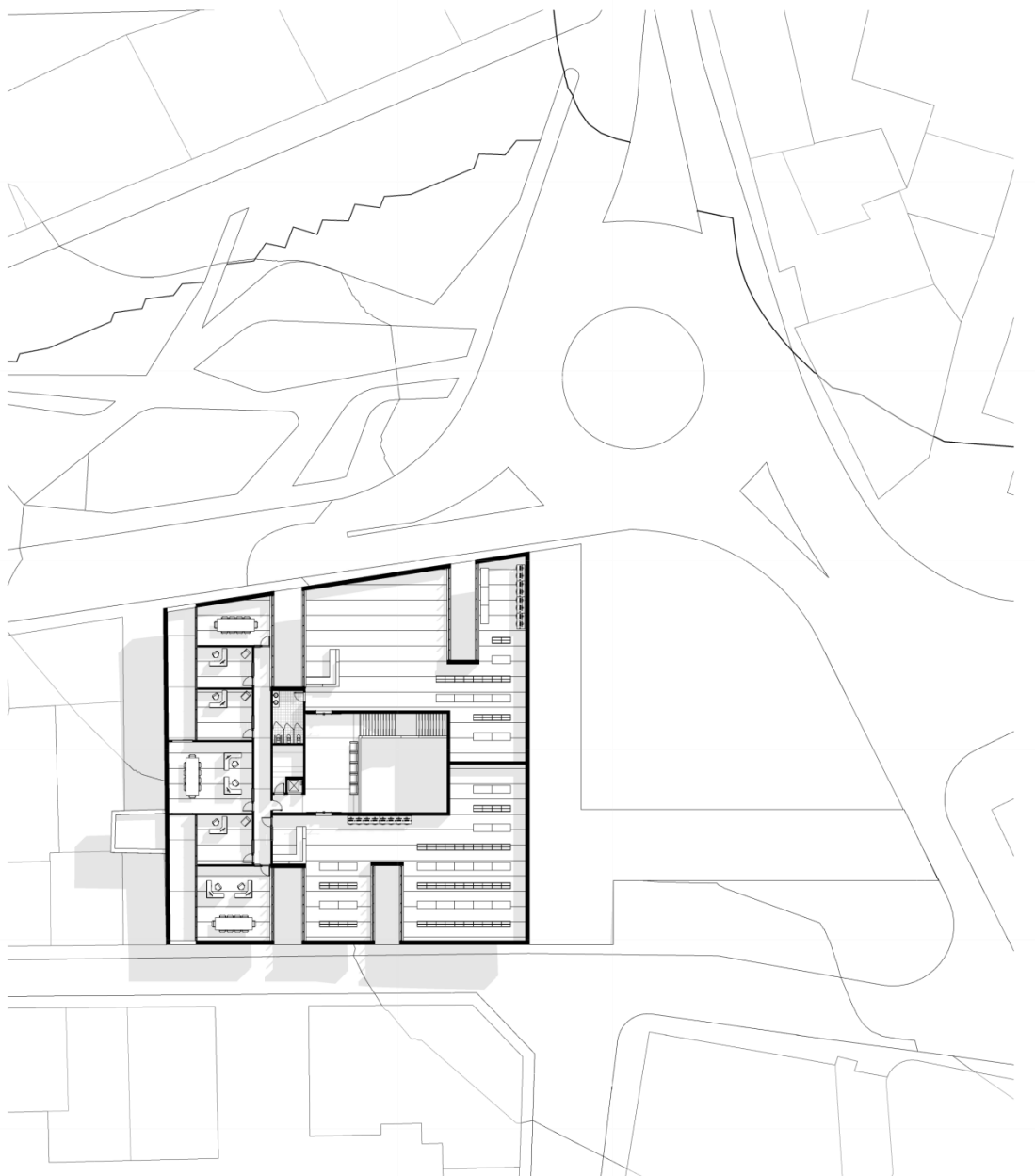


Figura 51- Biblioteca Piso 1.

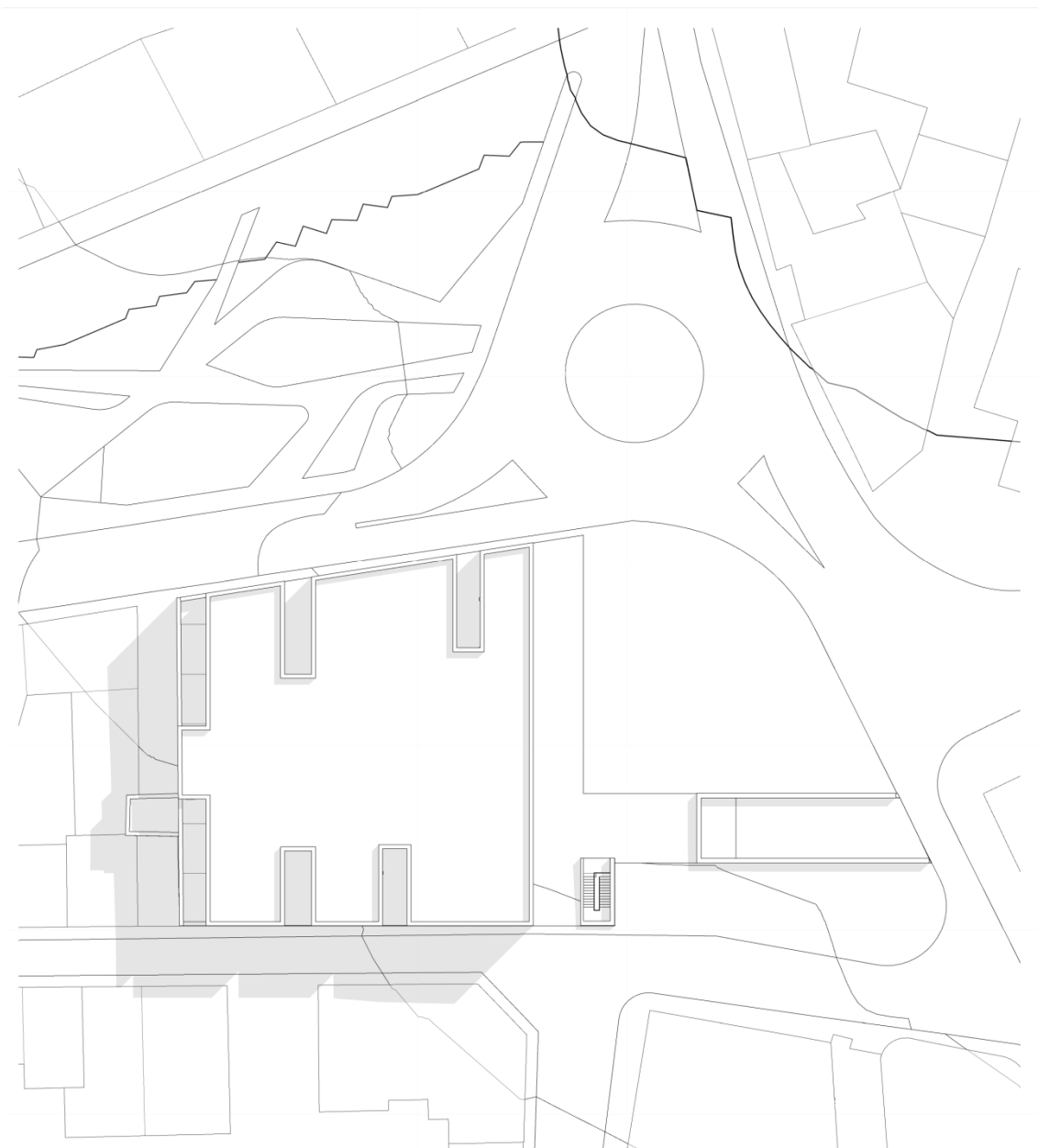


Figura 52- Biblioteca Cobertura.

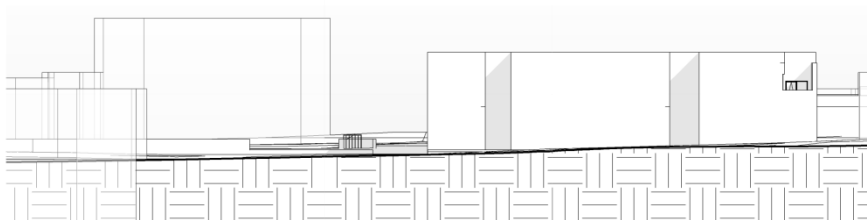


Figura 53- Alçado Norte.

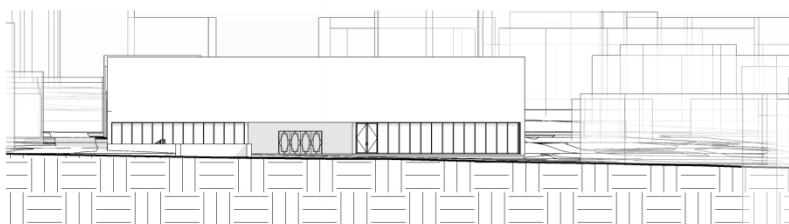


Figura 54- Alçado Este.

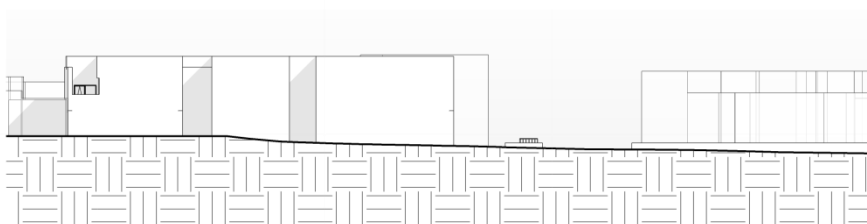


Figura 55- Alçado Sul.

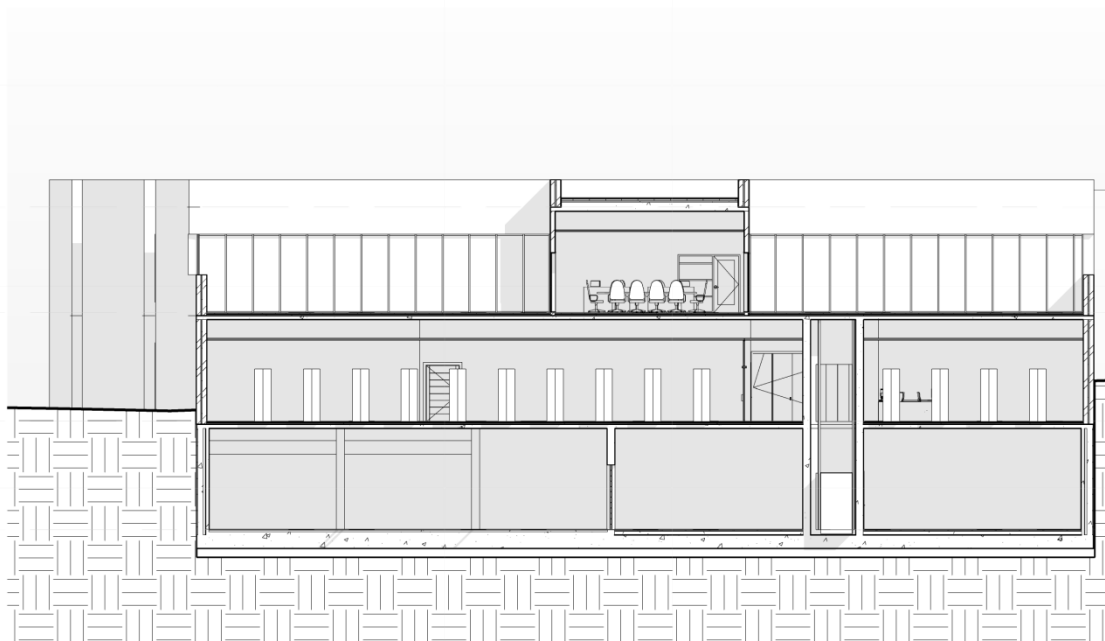


Figura 56- Corte A-A'.

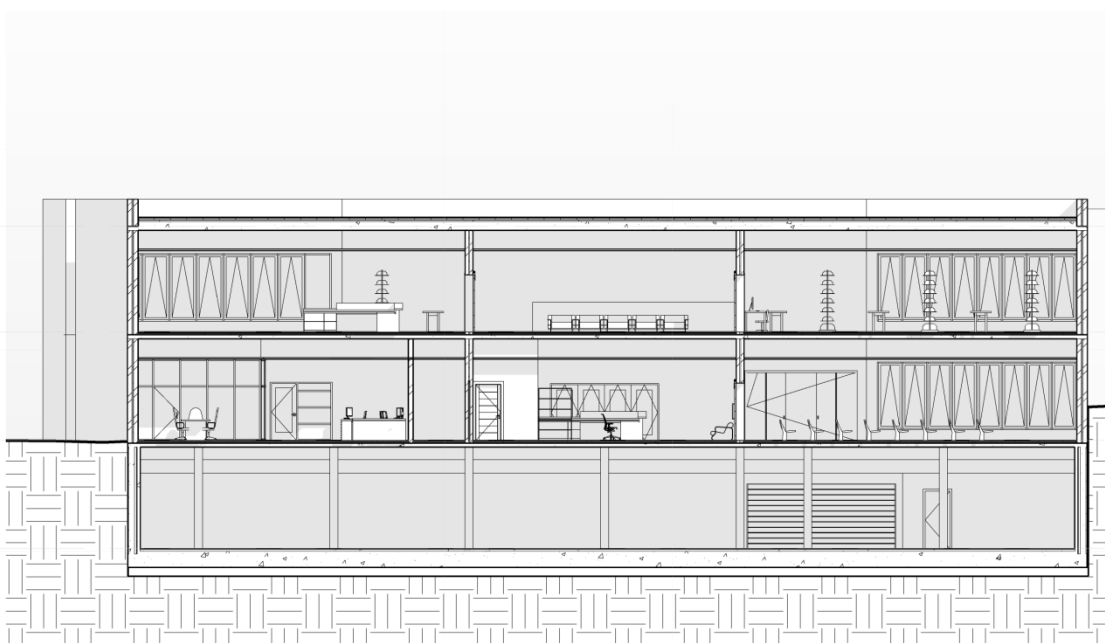


Figura 57- Corte B-B'.

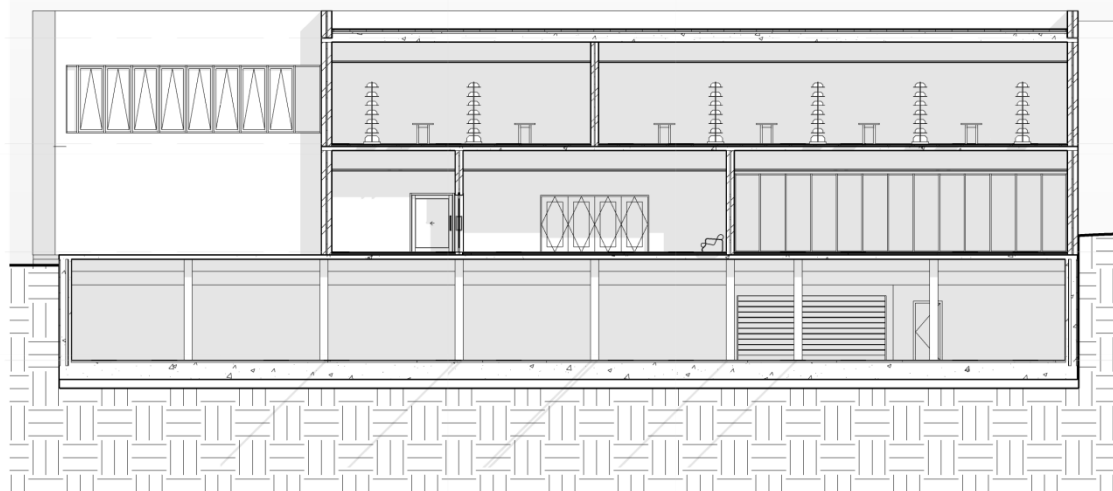


Figura 58- Corte C-C'.

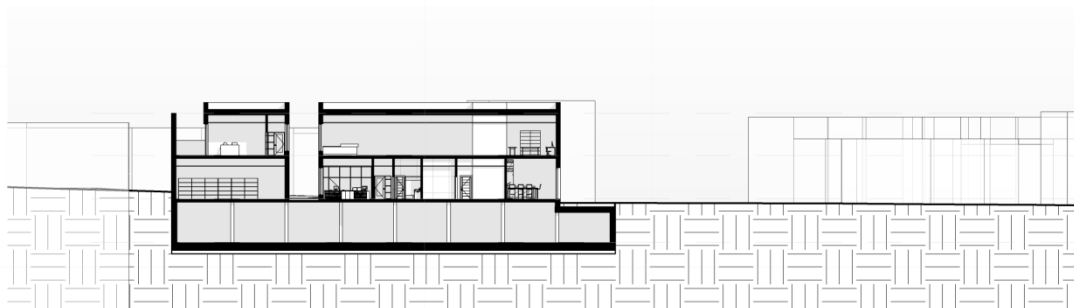


Figura 59- Corte D-D'.

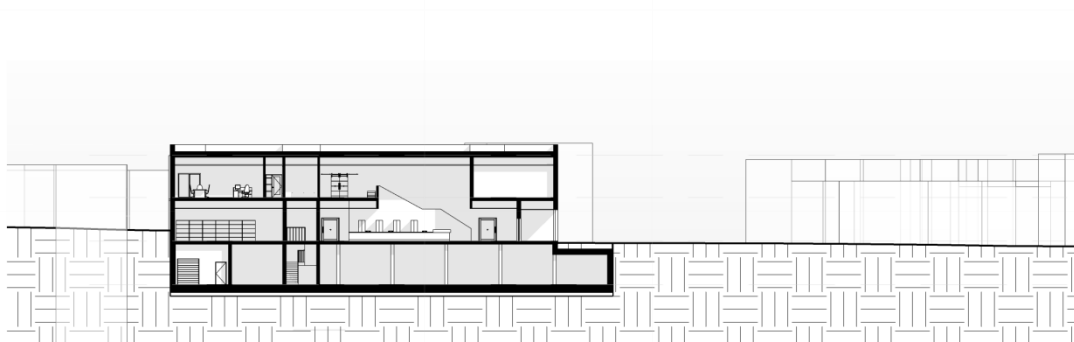


Figura 60- Corte E-E'.

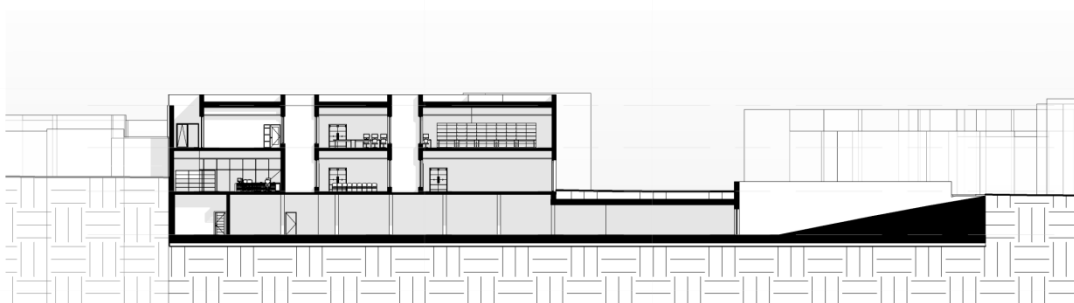


Figura 61- Corte F-F'.

Todos os desenhos podem ser analisados no Anexo I – Documentos Construtivos.

A capacidade de criar de renders [fig. 62 e 63] e perspectivas [fig.64], extraídas do próprio modelo é também notável, proporcionando uma forma mais aproximada de percepção e relação com o projeto.

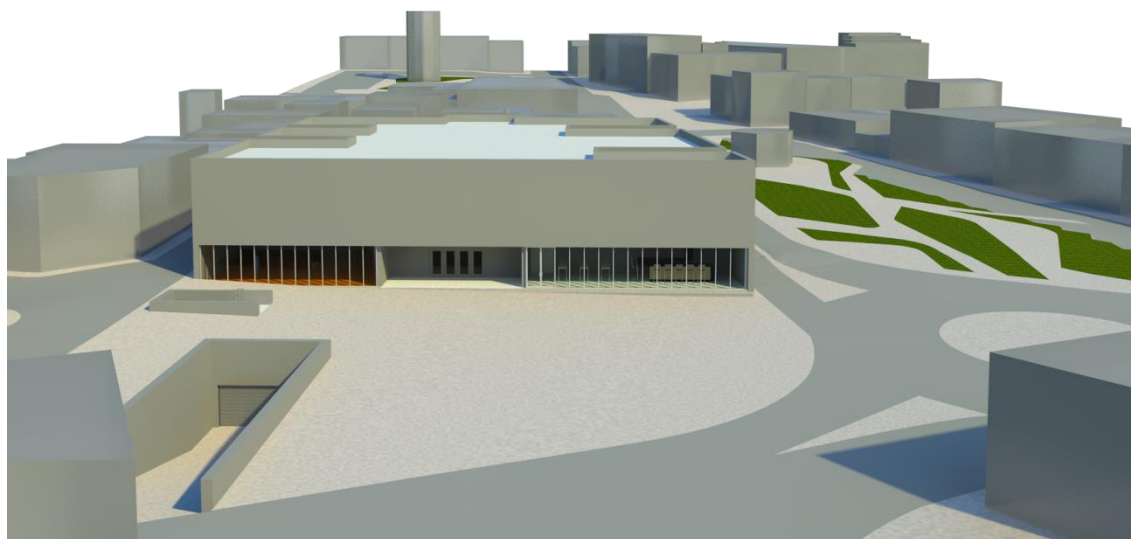


Figura 62-Render Exterior.



Figura 63-Render Interior.

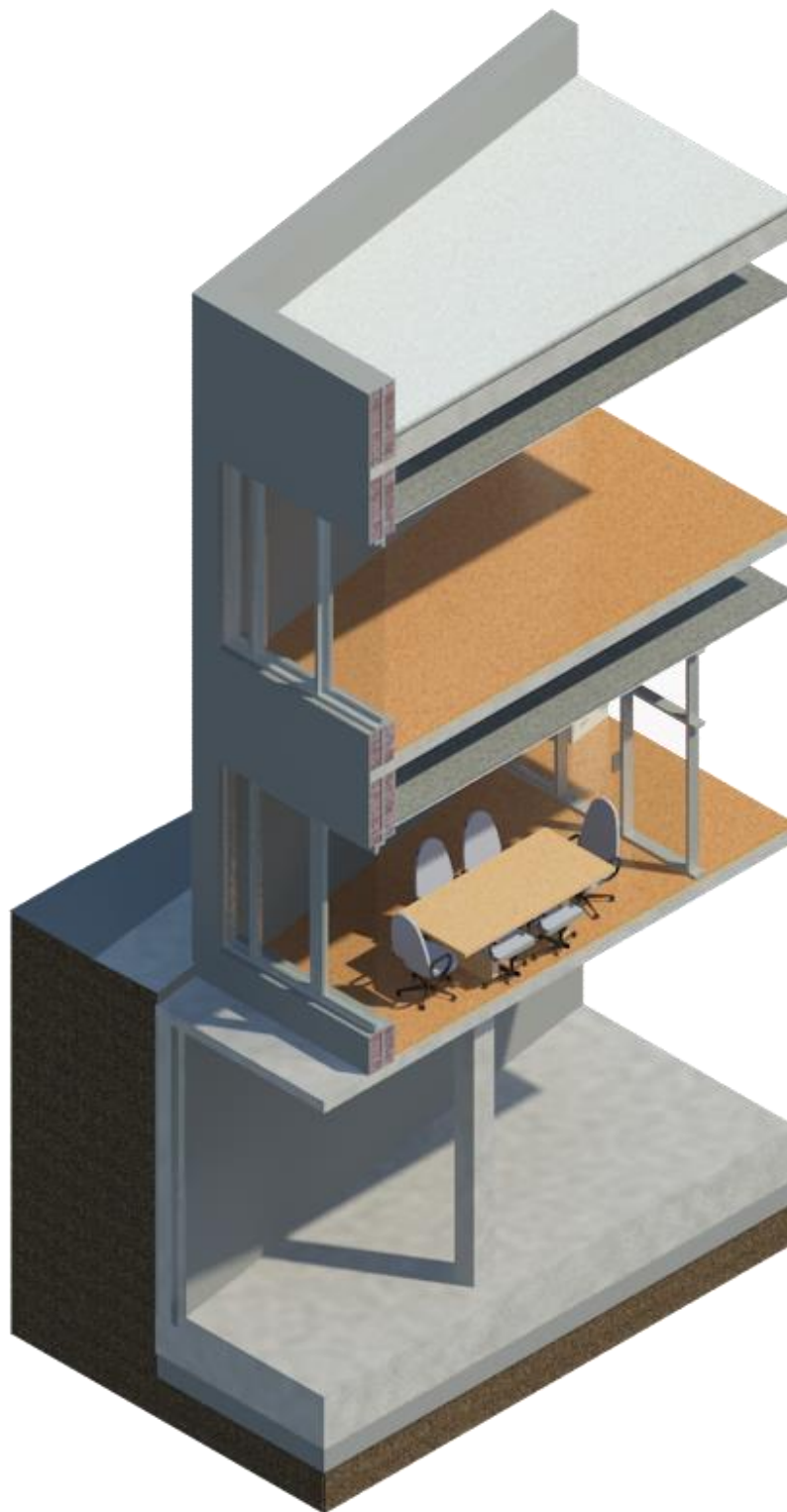


Figura 64-Detalhe Tridimensional.

Capítulo 3- Considerações Finais

3.1. Conclusões do Caso de Estudo

Este capítulo irá apresentar o resultado da experimentação do sistema BIM que foi realizada no projeto da Biblioteca de Grândola. Os resultados, refletem as características que permitem ao sistema BIM impulsionar a prática de projeto, comparativamente com os processos tradicionais. Uma vez que esta dissertação foca apenas a prática de arquitetura, as características encontradas, serão referentes às fases desde o início de projeto até à fase de projeto de licenciamento, realçando as diferenças encontradas pelo sistema BIM.

Sendo o sistema BIM considerado como um processo, um dos pontos mais importantes a que se deve dar extrema importância, é a configuração e organização do projeto. No caso dos sistemas tradicionais, as configurações que estes possuem, limitam-se à configuração de linhas e tramas, nos processos bidimensionais e a configuração de massas, nos processos tridimensionais, tornando estes mais rápidos e fáceis de configurar.

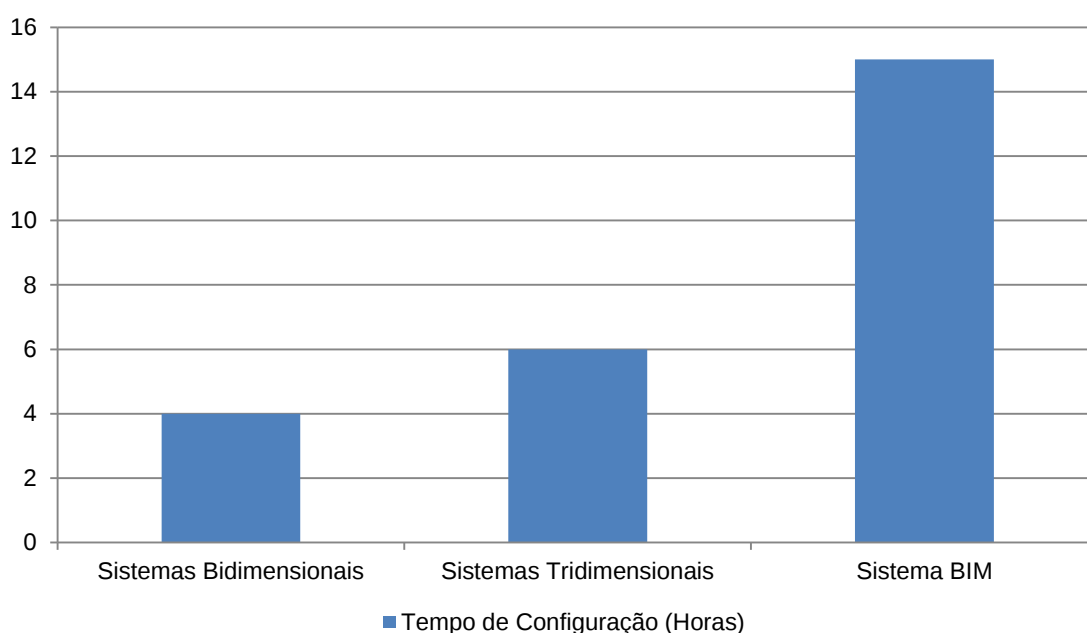


Gráfico 16- Tempo de Configuração dos Vários Sistemas.

No caso do sistema BIM, a necessidade de configurar inúmeros elementos, como portas, paredes, janelas e equipamentos, tal como também a necessidade de introduzir todas as suas características intrínsecas como informação, tornam a configuração dos elementos mais difícil e demorada [Gráfico 16].

Este aumento de esforço para configurar os vários elementos do modelo, estende-se também a fatores exteriores, como a organização do processo, através da organização de modelos e nomenclaturas de ficheiros e elementos. A necessidade de standerizar o processo torna-se uma prioridade na utilização do sistema BIM.

Este esforço despendido na utilização do sistema BIM, pode tornar-se mais exigente e demorado, dependendo do nível de detalhe que se quer atingir, tal como o uso futuro que se quer dar à informação presente no modelo.

A partir do momento em que são acertadas as configurações e a forma de organização do processo, o sistema BIM torna-se mais rápido e rigoroso, principalmente no desenvolvimento criativo de projeto.

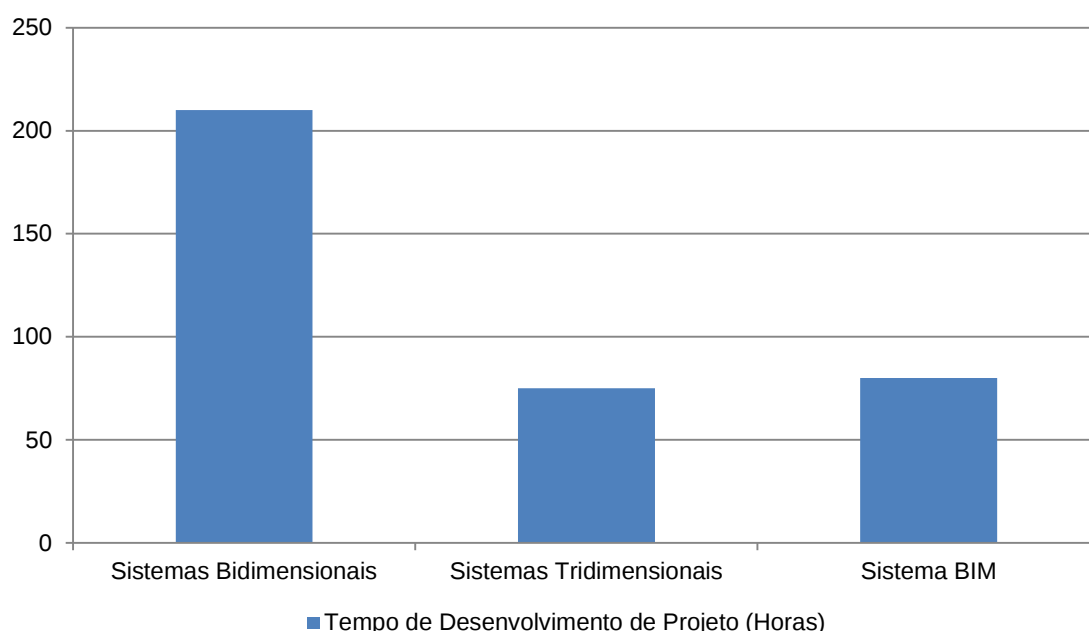


Gráfico 17- Tempo de Desenvolvimento dos Vários Sistemas.

A transição da ideia para um modelo é mais eficiente, comparando com um processo tradicional bidimensional. No entanto, comparando com um processo tradicional tridimensional, o gráfico demonstra uma eficiência semelhante. Esta igualdade verifica-se nesta fase criativa do projeto, pois não existe ainda qualquer definição construtiva. Assim os sistemas tridimensionais e o sistema BIM trabalham unicamente a tridimensionalidade dos seus elementos.

Como demonstrado no caso em estudo, também a criação e alteração dos vários elementos ao nível da sua geometria, torna-se mais fácil, sendo necessários menos

passos para realizar a mesma tarefa, quando comparado com os processos tradicionais bidimensionais.

As vantagens da utilização deste sistema até esta fase de projeto são quase insignificantes quando comparado com os sistemas tridimensionais, derivado à grande quantidade de tempo necessária para a configuração. Pode ser questionado nesta fase, qual a vantagem que o sistema BIM pode trazer para o projeto de forma a impulsionar o seu desenvolvimento.

A característica que provoca a alteração de pensamento do sistema BIM relativamente aos processos tradicionais é a introdução nos elementos da sua definição construtiva ou informação intrínseca. Esta é talvez uma das características com maior importância, pois é a partir do método construtivo que será definida toda a informação necessária para a construção.

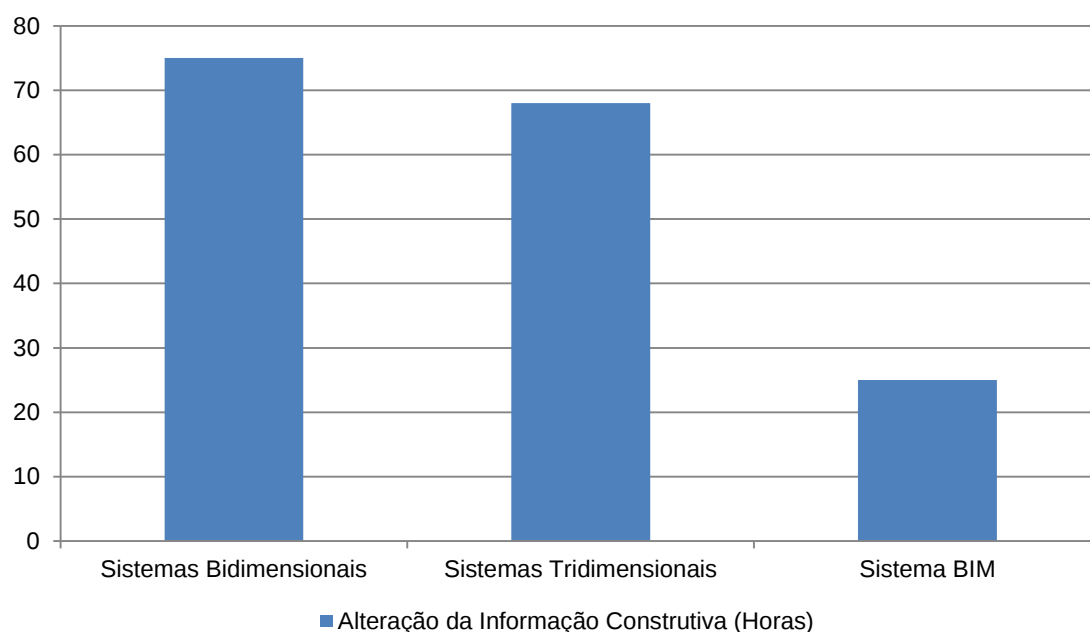


Gráfico 18- Tempo de Alteração dos elementos.

Neste contexto, o sistema BIM inverte por completo o esforço dos sistemas tradicionais. A organização e configuração de elementos feita inicialmente tornam todo o processo nesta fase mais prático, sendo qualquer elemento facilmente alterado num curto espaço de tempo, para outro tipo de solução construtiva.

Com os processos tradicionais, o esforço requerido nesta fase aumenta exponencialmente, sendo necessária a multiplicação da mesma informação por várias

vistas de trabalho como plantas, cortes e alçados. Esta multiplicação da informação, torna também o processo menos rigoroso, correndo o risco de existir erros e omissão nos elementos que são trabalhados.

A informação inserida no modelo é também utilizada para quantificar e simular várias características e elementos, ajudando a calcular uma estimativa de custos mais precisa e a estudar o comportamento do edifício através da análise energética. Com esta informação é posteriormente feito o estudo do planeamento de projeto - 4D, estimativa de custo - 5D, sustentabilidade - 6D e manutenção do edifício - 7D.

Neste conjunto, o sistema BIM mesmo possuindo um maior esforço no início do processo, consegue posteriormente trazer para o projeto, um conjunto de características de análise que lhe permitem gerir e simular toda a informação inerente ao projeto, com uma facilidade notável, aumentando o desempenho e poupando nos momentos cruciais esforço que pode ser utilizado para as tarefas mais importantes.

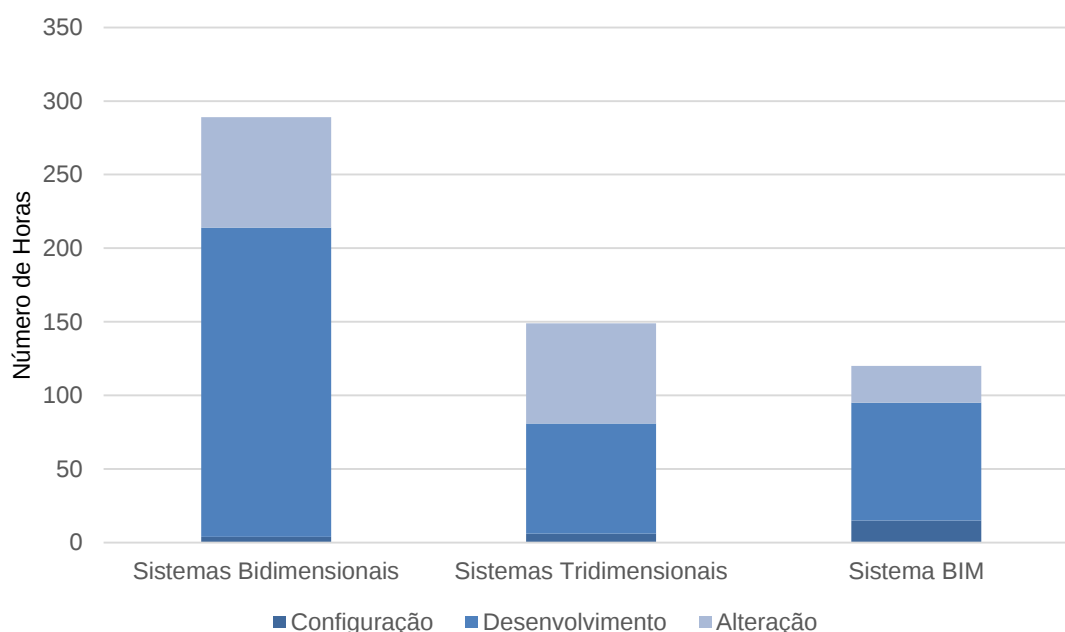


Gráfico 19- Cálculo de Esforço.

A maior surpresa no desenvolvimento do caso em estudo foi o tempo despendido para as fases de trabalho. Neste caso as fases de trabalho dividiram-se em desenvolvimento de projeto, desenvolvimento de desenhos e formatação gráfica.



Gráfico 20- Tempo despendido nos sistemas tradicionais.



Gráfico 21- Tempo despendido no sistema BIM.

A mudança de pensamento do sistema BIM, comparativamente com os sistemas tradicionais, é notória. O tempo despendido durante todo o processo acaba por ter um maior foco no projeto em si, contrariamente ao que acontece com os processos tradicionais bidimensionais, onde o foco é despendido maioritariamente no

desenvolvimento da representação. Esta característica dá uma maior importância ao projeto, como deveria sempre ser feito.

Todo o conjunto de características que o sistema BIM trás para o projeto, acabam por impulsionar o processo através de um maior controlo do tempo, maior controlo de custo e uma maior gestão da informação presente no modelo.

Esta última característica torna-se ainda mais importante, quando o modelo é enviado para o desenvolvimento das várias especialidades de projeto. A especificação dada a qualquer um dos elementos presentes no modelo permite aos engenheiros trabalharem as suas soluções de uma forma mais rigorosa, detetando com antecedência irregularidades e conflitos, que poderiam surgir só no decorrer da construção, aumentando o custo final da obra.

Também a possibilidade de serem trabalhados em simultâneo, a arquitetura, a estrutura e as várias especialidades torna-se possível com este sistema, embora sempre dependentes da comunicação entre os vários intervenientes.

As vantagens deste sistema são inúmeras e a experimentação do sistema BIM através de um caso de estudo tornou o projeto mais otimizado. Mesmo sentindo alguma rigidez na sua utilização e configuração, as vantagens mencionadas sobrepõem-se, valorizando o projeto e impulsionando o processo.

3.2. Posição de Autor

O BIM é sem dúvida o sistema que futuramente será utilizado como sistema de representação de projetos de arquitetura e especialidades.

O resultado da experimentação do caso de estudo demonstra uma enorme capacidade deste sistema em visualizar através de um modelo tridimensional o desenvolvimento do projeto. Contudo a mais-valia verificada no mesmo, foca-se sobretudo na introdução de informação que posteriormente pode ser analisada e utilizada para gerir o processo de concepção. Esta informação é também importante para as fases seguintes como a construção, manutenção, reabilitação ou mesmo a demolição do edifício, ajudando a indústria AEC a responder às suas necessidades.

As fases de estudo nesta dissertação responderam às necessidades encontradas no desenvolvimento de projeto. A utilização do sistema BIM, permitiu realizar este estudo de forma rigorosa e simples, impulsionando o tempo de concretização de projeto e o controlo da informação, características que por vezes podem complicar o processo de trabalho.

Como referido no início desta dissertação o sistema BIM é um processo ainda recente, que começou agora a ser divulgado e adotado pela indústria AEC. Isto implica que este sistema possui ainda uma grande margem de progressão, existindo alguns aspectos por melhorar.

A adoção, por parte dos agentes públicos, vai ser um fator determinante para a divulgação e implementação deste sistema. Isto porque ao serem testadas e confirmadas as vantagens deste sistema no processo, será uma questão de tempo até que os privados adotem o BIM para poderem usufruir das suas vantagens. Contudo é necessário um período de transição para que este processo possa ser implementado.

Algun trabalho terá também de ser realizado como o melhoramento dos Softwares. Como detetado no caso de estudo, a rigidez no conceito da modelação é uma condicionante que pode afetar o processo de concepção. Neste contexto, o processo de concepção pode passar inicialmente por um sistema tradicional bidimensional ou tridimensional, onde existe uma maior liberdade no processo criativo e posteriormente ser convertido para o sistema BIM. Contudo têm de ser resolvidas as questões de interoperabilidade, para que não exista nenhuma perda de informação geométrica, na transição para o sistema BIM.

Outra questão prende-se com a capacidade do Hardware existente nos dias de hoje. Embora seja possível trabalhar com a tecnologia atual, os objetivos futuros do sistema BIM vão requerer uma maior capacidade de armazenamento e processamento para a informação existente nos modelos. Isto implica que exista uma necessidade maior de investir no Hardware existente ou optar por serviços online, como servidores na Cloud. Embora as questões de Software e Hardware sejam fatores externos, estes vão certamente ser importantes para a evolução do sistema BIM.

Existem também fatores ligados ao processo que necessitam certamente de ser trabalhados, como o caso da educação. No caso das Universidades, terá de existir uma maior vertente nos cursos ligada à construção e sustentabilidade, de forma a criar um maior conhecimento sobre as soluções construtivas. Também uma maior informação sobre este sistema vai, necessariamente ter de ser introduzida nos conteúdos académicos, para que possam ser ensinados os conceitos de trabalho. Isto implica que alguns cursos possam ter a necessidade de serem reestruturados de forma a implementar este sistema nos seus processos de ensino. Esta característica, pode dar origem posteriormente a uma interação entre diferentes cursos num âmbito interno, como o caso de arquitetura e engenharia, de forma a criar também uma ligação com o mercado de trabalho.

No mercado de trabalho também será necessário dar formação aos colaboradores. Sendo que o sistema BIM trabalha na base da colaboração, é necessário educar os colaboradores para trabalharem em conjunto num sistema totalmente diferente. Aqui os Standards vão ter um papel extremamente importante, pois terão de ser definidos e discutidos para que este sistema possa funcionar.

Assim o sistema BIM precisa de ser trabalhado, contudo este trabalho vai servir para melhorar o processo de concepção e de trabalho, ajudando a um maior controlo dos projetos e a uma maior sustentabilidade dos edifícios.

Conclusão

É certo que durante todo o processo de concepção e construção, irão sempre existir dúvidas que muitas vezes irão criar avanços e recuos no desenvolvimento do projeto.

Neste contexto, o Building Information Modeling aparece como um sistema, não para terminar as dúvidas de projeto, mas sim com a função de facilitar e impulsionar o trabalho realizado ao longo de todo o percurso do projeto, desde a sua criação até à construção, ciclo de vida, reabilitação ou demolição.

O caso de estudo desenvolvido, tentou responder essencialmente às questões que impulsionaram o processo arquitetónico através da experimentação do sistema BIM. Para isso as fases de desenvolvimento trabalhadas, estenderam-se desde o desenvolvimento esquemático do projeto até à fase do licenciamento.

As vantagens demonstradas no caso de estudo demonstraram um sistema que foca sobretudo a valorização da informação construtiva, aliada à visualização tridimensional, contrariamente a outros sistemas tradicionais, onde só era representada a geometria bidimensional ou volumétrica dos elementos. É exatamente a informação inserida no modelo BIM, que permite destacar-se dos restantes, tornando o BIM num sistema que consegue com grande facilidade analisar e gerir toda a informação intrínseca.

Contudo existem ainda alguns problemas que podem criar resistência por parte dos arquitetos na adoção deste sistema.

Durante o processo de modelação, a rigidez que foi sentida no Software ao editar alguns elementos acabou por condicionar a concepção do projeto. A interceção entre algumas paredes e também a edição de elementos que não eram ortogonais criava frequentemente dificuldades para tentar alcançar o resultado pretendido.

Também a capacidade de processamento do Hardware foi determinante no desenvolvimento do caso de estudo. Mesmo tendo sido organizado no início do processo a divisão de ficheiros, a introdução da informação relativa ao mobiliário do edifício degradou consideravelmente a velocidade de processamento. Caso não tivesse existido qualquer divisão de ficheiros, o desenvolvimento do projeto seria impossível de manusear à medida que era introduzida mais informação no edifício.

Outra questão positiva demonstrada com o desenvolvimento do caso de estudo foi a rapidez proporcionada pelo sistema BIM, para a alteração de qualquer elemento do projeto. A redução de etapas na configuração ou edição de qualquer elemento, e a reprodução automática para qualquer vista de projeto conseguiram impulsionar o processo de trabalho, reduzindo o tempo de realização das operações comparativamente com os processos tradicionais.

As quantificações e as análises que podem ser realizadas no modelo, a qualquer momento, ajudam a criar um maior controlo sobre o projeto, simulando os custos de construção, manutenção e sustentabilidade do edifício. A simulação na fase de concepção, permite ao dono de obra pode visualizar qual vai ser o consumo do seu edifício, discutindo antes da construção do projeto soluções para melhorar o seu desempenho.

A facilidade de produzir documentação construtiva do projeto é também uma característica importante. Esta permite comunicar, a qualquer momento, com outro interveniente de forma rápida através dos modelos BIM ou através das vistas de modelo, detetando com antecedência conflitos que possam existir.

Este conjunto de características demonstra que este sistema é uma mais-valia para a indústria AEC, impulsionando a visualização, a gestão e a comunicação através da informação existente dentro da geometria tridimensional.

Depois da conclusão deste trabalho, pretendo continuar a aprofundar os meus conhecimentos nesta área, tanto a nível teórico, como a nível prático.

Bibliografia

- AIA. (2013). *AIA Document G202TM – Project Building Information Modeling Protocol Form*. Obtido em 10 de Dezembro de 2014, de AIA.org:
<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>
- AIA. (2013). *Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents*. Obtido em 12 de Dezembro de 2014, de AIA.org:
<http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab095711.pdf>
- AIA. (2014). *Directory of Public Policies and Position Statements*. Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de AIA.org:
<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aias078764.pdf>
- Austin, J. (2011). *Opportunity Knocks*. Obtido em 10 de Janeiro de 2015, de www.bdonline.co.uk: <http://www.bdonline.co.uk/opportunity-knocks/5016225.blog>
- Azhar, S., Hein, M., & Sketo, B. (2009). *Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges*. Auburn: Auburn University.
- BIM Task Group. (2011). *BIM Task Group*. Obtido em 17 de Janeiro de 2015, de A report for the Government Construction Client Group:
<http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf>
- BimForum. (2015). *LOD*. Obtido em 21 de Janeiro de 2015, de BIMForum:
<https://bimforum.org/lo/>
- Building Smart. (2010). *BIM project execution planning guide*. Penn State: The Pennsylvania State University.
- Campos, C. (20 de Agosto de 2015). *Probim*. Obtido em 21 de Março de 2016, de Progressos do BIM no Brasil e no Mundo:
<http://www.proxim.eng.br/noticias/progressos-do-bim-no-brasil-e-no-mundo/>
- CEFRIIO. (2011). *Improving efficiency and productivity in the construction sector through the use of information technologies*. Québec, Canada.
- CIC; BIM Task Group. (2013). *Building Information (BIM) Protocol*. Londres: Construction Industri Council.
- Crotty, R. (2012). *The Impact of Building Information Modeling*. Abingdon: Spon Press.
- Crumpton, A., & Miller, B. (2008). *State of the A&D Industry and BIM integration into design education*. Oxford: Mississippi State University.
- DaCosta, L. (14 de Março de 2014). Pós-Graduação BIM - Building Information Modeling. *Modulo 1 - Teoria do BIM: O pano de fundo para o desenvolvimento integrado de projectos*. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook - A guide to Building Information Modeling* (2º ed.). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Galeano, R. (2014). *Cubiertas Arquitectónicas: La Cúpula*. Obtido em 27 de Janeiro de 2015, de Estudiando la historia del arte uned:
<https://estudiandoloartistico.wordpress.com/2014/12/24/cubiertas-arquitectonicas-la-cupula/>
- Garber, R. (2014). *Bim Design - realising the creative potential of Building Information Modelling*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Hardin, B. (2009). *Bim and Construction Management*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Harris, J. (2013). *Integration of BIM and Business Strategy*. Evaston: Tese apresentada na Northwestern University para obtenção de grau de mestre.
- Haug, D. (8 de Outubro de 2014). 2nd BIM Internacional Conference. *Project Manager at Statsbygg*. Lisboa: BIM Forum Portugal.
- Hergunsel, M. F. (2011). *Benetis of Buildind Information Modeling for Construction Managers and BIM based scheduling*. Worcester: Tese apresentada no Worcester Polytechnic Institute para a obtenção do grau de mestre.
- Herios. (2011). *AutoCAD: Casa 2D e 3D*. Obtido em 5 de Fevereiro de 2015, de HTK Projetos: <http://heriostk.blogspot.pt/2011/02/autocad-casa.html>
- Hermund, A. (2009). *Building Information Modeling in the Architectural Design Phases*. Copenhaga: CITA- Center for Information Technology and Architecture, Institute 4, Royal Danish Academy of Fine Arts School of Architecture.
- Khemiani, L. (2007). *Top Criteria for IM Solutions: AECbytes Survey Results*. Obtido em 22 de Janeiro de 2015, de AECbytes: <http://www.aecbytes.com/>
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Kuehmeier, P. C. (2008). *Building Information Modeling (BIM) and its potential impact on small construction firms*. Gainesville: Tese apresentada na Graduate School of the University of Florida para obtenção de grau de mestre.
- Martins, J. (2009). *Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção*. Porto: Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil.
- Martins, J. P., & Monteiro, A. (2011). *Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação*. Obtido em 21 de Janeiro de 2015, de Faculdade de Letras - Universidade do Porto:
http://sigarra.up.pt/flup/pt/publs_pesquisa.FormView?p_id=37013
- Miguel, J. (2003). *Arquitextos : Brunelleschi: o caçador de tesouros*. Obtido em 15 de Janeiro de 2015, de Vitruvius:
<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.040/651>

- NBS. (2014). *NBS National BIM Report*. NewCastle: RIBA Enterprises Ltd.
- Pacheco, R. (2013). *BIM como redutor de tempo/custos e impulsionador de produtividade em Projectos de Arquitectura*. Lisboa: Tese apresentada na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias para obtenção de grau de mestre.
- Perkins, B. (2014). *The Drawing Office*. Obtido em 3 de Fevereiro de 2015, de Westwood Works:
<http://www.westwoodworks.net/HowItWas/TheDrawingOffice/>
- Pihlak, M., Deamer, P., Holland, R., Poerschke, U., Messner, J., & Parfitt, K. (2011). *Building Information Modeling (BIM) and the Impact on design quality*. Penn State: OMICS Publising Group.
- Race, S. (2013). *BIMdemystified* (2º ed.). Londres: RIBA Publishing.
- Read, P., Krygiel, E., & Vandezande, J. (2012). *Mastering Autodesk - Revit Architecture 2013*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Saxon, R. G. (2013). *Growth through BIM*. Londres: Construction Industry Council.
- Silva, J. (2013). *Principios para o Desenvolvimento de Projectos com Recurso a ferramentas BIM*. Porto: Tese apresentada na Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre.
- Siqueira, E. (5 de Maio de 2012). *Criatividade em 3D*. Obtido em 14 de Abril de 2016, de IBM developerWorks:
https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/ethevaldosiqueira/entry/criatividade_em_3d?lang=en
- Sylvain, M. (2013). *BIM guides*. Obtido em 21 de Janeiro de 2015, de BuildingSmart:
<http://bimguides.vtreem.com/bin/view/BIMGuides/Guidelines#|t=alldocs&p=1&l=100&s=Name&d=asc>
- Tessema, Y. A. (2008). *BIM for Improved Building Design Communication between architects and clients in the schematic design phase*. Lubbock: Tese apresentada Texas Tech University para obtenção de grau de mestre.
- Van, J. (2008). *AIA BIM Protocol (E202)*. Obtido em 21 de Janeiro de 2015, de All Things BIM: http://www.allthingsbim.com/2008_12_01_archive.html
- WRNSStudio. (2012). *Pushing the envelope*. Obtido em 14 de Janeiro de 2015, de WRNSStudio: <https://www.wrnsstudio.com/stewardship/pushing-the-envelope>
- Yan, H., & Damian, P. (2011). *Benefits and Barriers of Building Information Modelling*. Loughborough: Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University.

