

DM

Modelação BIM de Edifícios Existentes
Aplicação ao Edifício CITMA do Campus da Penteada da UMa

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jorge Luis Gonçalves Orta

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

fevereiro | 2022

Modelação BIM de Edifícios Existentes
Aplicação ao Edifício CITMA do Campus da Penteada da UMa
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Jorge Luis Gonçalves Orta
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

ORIENTAÇÃO
Patrícia Carlota Costa Escórcio

COORIENTAÇÃO
José Manuel Martins Neto dos Santos



Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Modelação BIM de Edifícios Existentes – Aplicação ao Edifício CITMA do Campus da Penteada da UMa

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na
Universidade da Madeira por

JORGE LUIS GONÇALVES ORTA

Licenciado em Engenharia Civil (Pós-Bolonha)

Orientador

Doutora Patrícia Carlota Costa Escórcio

(Universidade da Madeira)

Coorientador

Doutor José Manuel Martins Neto dos Santos

(Universidade da Madeira)

Janeiro de 2022

Título: modelação BIM de edifícios existentes – Aplicação ao Campus da penteada da Uma.

Palavras-Chave: BIM, modelação em BIM, IFC.

Keywords: BIM, modeling in BIM, IFC.

Autor: JORGE ORTA

FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário de Penteada

9020-015 Funchal – Portugal, s/n

Telefone +351 261 705 230

Correio eletrónico: secretariadoscentros@uma.pt

Funchal, Madeira

Agradecimentos

A presente dissertação de mestrado conclui mais uma etapa na minha vida, por isso agradeço a todos os que de alguma forma ou outra ajudaram a chegar até aqui, bem seja no acompanhamento, incentivo e ajuda no meu desenvolvimento acadêmico e conclusão do presente trabalho. Em especial às seguintes pessoas.

Muito obrigado a minha orientadora a professora Patrícia Escórcio e coorientador o professor José Santos e a pela persistência, apoio e dedicação na realização deste trabalho. As reuniões correções, esclarecimentos e disponibilidade foram essenciais para o desenvolvimento da dissertação.

Agradeço ao Arquiteto Ricardo Câmara responsável pela Direção de Serviços das Infraestruturas e Equipamentos do Campus da Penteada pelas plantas disponibilizadas do edifício CITMA e o tempo disponibilizado nas visitas do mesmo.

Aos meus pais, Maryuri Orta e Luis Gonçalves, agradeço o apoio incondicional, a compreensão, por sempre me ajudar a superar as dificuldades, momentos difíceis e nunca me terem deixado desistir. Obrigado por sempre acreditarem em mim.

Por último e não menos importante, agradeço a minha companheira, Adeljay Jardim pela motivação e apoio nesta dissertação, a meus amigos e colegas pela companhia e ajuda neste percurso acadêmico, especialmente o Juan Gouveia, a Bianca Lopes e o Dénio Gouveia pelas muitas horas de trabalho partilhadas, apontamentos, explicações e conselhos.

Os Meus mais sinceros e humildes agradecimentos!

Resumo

Esta dissertação aborda a aplicação da metodologia BIM (*Building Information Modelling*) apoiada no uso de softwares que permitem integrar num modelo virtual tridimensional toda a informação útil e detalhada de um edifício, de tal forma a poder analisar e descrever qualquer elemento existente no mesmo.

Este documento conta com uma breve introdução sobre os principais conceitos do BIM e sua trajetória ao longo dos anos, a interoperabilidade entre diversos programas existentes, as diferentes dimensões que podem ser desenvolvidas em conjunto ou individualmente e as normas aplicáveis na classificação de elementos contidos no modelo.

Ainda conta com uma série de exemplos de utilização desta metodologia a nível nacional e internacional em edifícios comerciais, de serviços e outro património. Seguidamente é feita uma pequena introdução ao software Revit que é utilizado nesta dissertação, junto com uma série de aspetos a ter em conta na modelação BIM.

O objetivo desta dissertação é criar um modelo base BIM de um edifício existente. O caso de estudo refere-se ao edifício CITMA pertencente ao Campus da Penteada, antigo Centro de Informação e Tecnologia da Madeira. Com base em medições locais, em algumas plantas existentes em papel e CAD foi desenvolvido um modelo BIM do edifício, que permite levar as representações em 2D a um melhor entendimento e gestão do edifício, assim como abrir a porta as novas tecnologias e diversos usos de base digital.

O modelo 3D deixa uma base de dados atualizada do edifício bem como a correção de erros presentes nas plantas deixando informação mais fidedigna em comparação a atual. Com alguma dificuldade na recolha de informação já que inicialmente só se contava com cinco plantas em formato digital, sendo necessário fazer medições do pé direito dos pisos e alturas de dimensões das janelas no local por não ter nenhum corte ou vista, assim como o fato de não estar devidamente discriminadas as dimensões e localização dos elementos horizontais, como as vigas e lajes.

O modelo digital permite a fácil importação de informação e o desenvolvimento dos elementos contidos no edifício. Também abordar qualquer vista, cortes de pormenores, elevações, plantas, renderes e vídeos, algo indisponível até o momento para o edifício CITMA.

Palavras-chave: Modelação da informação da construção, edifício existente, modelo 3D, Revit.

Abstract

This dissertation addresses the application of the BIM (Building Information Modeling) methodology supported by the use of software that allows to integrate in a three-dimensional virtual model all the useful and detailed information of a building, in such a way as to be able to analyze and describe any existing element in it.

This document has a brief introduction to the main concepts of BIM and its trajectory over the years, the interoperability between different existing programs, the different dimensions that can be developed together or individually, the applicable standards in the classification of conflict elements in the model,

Also has a series of examples of the use of this methodology at national and international level in commercial buildings, services and other heritage. Next, a small introduction to the Revit software that is used in this dissertation is made, along with a series of aspects to take into account in BIM modeling.

The objective of this dissertation is to create a base BIM model of an existing building. The case study refers to the CITMA building belonging to the Penteadá Campus, former Information and Technology Center in Madeira. Based on local measurements, a BIM model of the building was developed in some existing plans in paper and CAD, which allows taking the 2D representations to a better understanding and management of the building, as well as opening the door to new technologies and various uses of digital base.

The 3D model leaves an updated database of the building as well as the correction of errors present in the plans, leaving more reliable information compared to the current one. With some difficulty in collecting information, since initially there were only five plants in digital format, it was necessary to measure the ceiling height of the floors and heights of the dimensions of the windows in the place because there was no cut or view, as well as the fact that there was no the dimensions and location of horizontal elements, such as beams and slabs, must be duly detailed.

The digital model allows the easy import of information that enables the development of the elements contained in the building. Also cover any view, detail cuts, elevations, plans, renders and videos, something unavailable so far for the CITMA building.

Keywords: BIM (Building Information Modeling), existing building, 3D model, Revit.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice.....	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xv
Lista de acrónimos.....	xvii
1. Introdução	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Organização da dissertação	2
2. Modelação da Informação na Construção (BIM)	5
2.1 Enquadramento Histórico do BIM.....	5
2.2 Conceito e Níveis	6
2.3 Vantagens e Desvantagens.....	8
2.4 Interoperabilidade e IFC	9
2.5 LOD.....	11
2.6 Dimensões no BIM.....	13
2.7 Software BIM.....	15
3. Aplicação da metodologia BIM	19
3.1 Normalização BIM	19
3.1.1 Norma ISO 12006-2:2015.....	19
3.1.2 Normas ISO 19650-1:2018 e ISO 19650-2:2018	20
3.2 Sistema de classificação	22
3.2.1 Uniclass 2015	23
3.2.2 UniFormat.....	25
3.2.3 MasterFormat	26
3.2.4 OmniClass	28
3.2.5 Outros sistemas de classificação internacionais	29
3.2.6 Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE-Rev.3).....	29
3.2.7 Vocabulário Comum dos Contratos Públicos (CPV).....	30
3.2.8 CC-PT.....	32
3.2.9 ProNIC.....	33
3.3 Regras de Modelação	36
4. Estado de Arte	39

4.1	Panorama Nacional e Internacional	39
4.1.1	Panorama internacional	39
4.1.2	Panorama Nacional	47
4.2	Exemplos de modelação BIM de Edifícios de serviços existentes	52
4.2.1	Exemplo 1	52
4.2.2	Exemplo 2	53
4.2.3	Exemplo 3	55
4.2.4	Exemplo 4	56
4.2.5	Exemplo 5	58
4.2.6	Exemplo 6	60
4.2.7	Exemplo 7	62
4.2.8	Exemplo 8	63
4.2.9	Exemplo 9	65
4.2.10	Exemplo 10	67
4.2.11	Comparação dos casos apresentados	68
5.	Caso de estudo: Modelação do edifício	71
5.1	Edifício CITMA	71
5.2	Levantamento da Informação	72
5.3	Introdução ao software	74
5.4	Modelação do edifício CITMA	78
5.4.1	Base do Projeto	78
5.4.2	Grelhas e níveis	79
5.4.3	Modelação de elementos verticais (Pilares e paredes)	80
5.4.4	Modelação de vigas	83
5.4.5	Modelação de lajes (Pavimento e tetos falsos)	84
5.4.6	Modelação de escadas e caixa de elevador	86
5.4.7	Inserção de Portas e janelas	87
5.4.8	Fundações	90
5.4.9	Equipamento sanitário	90
5.4.10	Modelo completo	91
5.5	Definição dos tipos de espaços	92
5.6	Vantagens do modelo realizado	93
6.	Conclusões	95
6.1	Conclusão do trabalho efetuado	95
6.2	Desenvolvimentos futuros	96
	Bibliografia	99

Índice de Figuras

Figura 1 - Primeiras representações de partes mecânicas complexas e um modelo sólido representativo de um núcleo de construção [1].....	5
Figura 2 - Cronologia da metodologia BIM [2].....	6
Figura 3 - BIM.....	6
Figura 4 - Parâmetros de uma parede [1].	7
Figura 5 - Níveis de gestão de informação (Adaptado de [6]).	8
Figura 6 - Interoperabilidade [11]	9
Figura 7 - Cronologia IFC [13].....	10
Figura 8 - Esquema estrutural do IFC [14].	11
Figura 9 - Níveis de LOD de um elemento estrutural [16].	12
Figura 10 - Dimensões BIM [23].	13
Figura 11 - Dimensões BIM (Adaptado de [30]).	15
Figura 12 - Fluxograma de classificação (Adaptado de [35], [37]).....	19
Figura 13 - Modelo hierárquico dos requisitos de Informação (Adaptado de [38]).....	21
Figura 14 - Estrutura e divisão das áreas do CDE (Adaptado de [38]).	22
Figura 15 - Fluxograma de gestão de informação de um processo de contratação (Adaptado de [30], [28]).	22
Figura 16 - Classificação Uniclass 2015 (Adaptado de [34], [35]).	24
Figura 17 - Estrutura de CAE-Rev.3.	30
Figura 18 - Estrutura do CPV [44].	31
Figura 19 - Estrutura do CC-PT.	32
Figura 20 - Estrutura ProNIC.	34
Figura 21 - Tendência da pesquisa do BIM (adaptado de [61]).	41
Figura 22 - Pesquisa sobre BIM nos diferentes países (Adaptado de [54]).	41
Figura 23 - Adoção do BIM no Reino Unido desde 2011 até 2018 (Adaptado de [55]).....	42
Figura 24 - Sydney Opera House Modelo BIM [56].	43
Figura 25 - Museum of the Future BIM [58].	43
Figura 26 - Tianjin Chow Tai Fook Financial Center [59].	44
Figura 27 - San Francisco International Airport render [60].	45
Figura 28 - Render do Novo Hospital Cardiovascular Luis Eduardo Aybar [61].	46
Figura 29 - Biblioteca Nacional de Sejong City [62].	46
Figura 30 - Etapas de desenvolvimento do modelo BIM [66].	49
Figura 31 - Modelo BIM da Ala Manuelina do Palácio Nacional de Sintra [66].	49
Figura 32 - Antigo Posto Médico, levantamento, modelo BIM e base do Projeto de Execução (adaptado de [29]).	50

Figura 33 - Casa do Médico, levantamento, modelo BIM e modelo de Especialidades (adaptado de [29]).	50
Figura 34 - Modelação em 3D da Casa Santo António e objetos que a constituem (adaptado de [68]).	51
Figura 35 - Criação de Shared Parameters (adaptado de [68]).	51
Figura 36 - Modelo 3D do edifício do FEUP-G [69].	52
Figura 37 - Elementos arquitetónicos e equipamentos integrados no modelo 3D [69].	53
Figura 38 - Modelo 3D da ESSLei [70].	54
Figura 39 - Dados paramétricos de um elemento [70].	54
Figura 40 - Orientação Real da ESSLei [70].	55
Figura 41 - Modelo Energético do Edifício.	56
Figura 42 - Modelo BIM do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro [72].	56
Figura 43 - Estrutura de betão do edifício [72].	57
Figura 44 - Estrutura metálica do edifício [72].	57
Figura 45 - Arquitetura do piso 1 com diversas componentes [72].	58
Figura 46 - Vista em 3D do Modelo de Arquitetura da Piscina Municipal de Vila Meã [73].	59
Figura 47 - Vista em 3D do piso 0 [73].	59
Figura 48 - Modelo MPE AVAC da Piscina de Vila Meã [73].	60
Figura 49 - Modelo 3D do Edifício realizado no Revit [74].	61
Figura 50 - Resultado da modelação Insigth360 – Revit [74].	62
Figura 51 - Render da secção dos elevadores e da piscina (adaptado de [75]).	62
Figura 52 - Modelo de projeto mecânico e hidráulico [75].	63
Figura 53 - Planta de distribuição de espaços do edifício [76].	64
Figura 54 - Modelo 3D do supermercado com todos os elementos componentes inseridos [76].	64
Figura 55 - Mobília representada em Revit e informação do Archibus [76].	65
Figura 56 - Modelo de Arquitetura e Estabilidade (adaptado de [77]).	66
Figura 57 - De cima para baixo temos os Modelos de Rede de Águas Prediais, Rede de Águas Residuais Domésticas, Rede de Águas Pluviais, Modelo AVAC (adaptado de [77]).	66
Figura 58 - Combinação de Modelos Parciais realizados no Revit	67
Figura 59 - Modelo 3D da escola [78].	68
Figura 60 - Modelo Importado ao Naviswork [78].	68
Figura 61 - Localização do Edifício CITMA	71
Figura 62 - Planta do CITMA em CAD	72
Figura 63 - Plata em papel do projeto de execução do CITMA	73

Figura 64 - Interoperabilidade no Revit.	74
Figura 65 - Biblioteca de famílias de elementos Revit.....	75
Figura 66 - Propriedades de elementos construtivos de uma janela e de uma porta.	76
Figura 67 - Navegador de Materiais.....	77
Figura 68 - Propriedades de um material (Telha).....	78
Figura 69 - Grelhas e níveis em parte da Secção Sul do caso de estudo.	79
Figura 70 - Pilar irregular a esquerda e pilar retangular a direita com vista geral.	80
Figura 71 - Parede interior de 15 cm.....	82
Figura 72 - Parede fenólica.....	82
Figura 73 - Vigas exteriores.	83
Figura 74 - Espessura das lajes.....	84
Figura 75 - Piso de Linóleo Armoflex	85
Figura 76 - Diversos pisos no caso de estudo.....	86
Figura 77 - Escadas e caixa do elevador.	87
Figura 78 - Porta de vidro, porta de um painel e zona irregular, porta de um só painel.....	87
Figura 79 - Porta TRIA ISN1 com 2m de altura e 0.8m de largura.	88
Figura 80 - Propriedades de um elemento (Porta).	88
Figura 81 - Curtain Wall das diversas janelas do caso de estudo.	89
Figura 82 - Grelhas metálicas quinadas na caixa de máquinas do elevador.....	89
Figura 83 - Grelhas metálicas circular no espaço reservado as máquinas de ventilação	90
Figura 84 - Equipamento sanitário	90
Figura 85 - Perspetiva Exterior Sul	91
Figura 86 - Perspetiva Exterior Norte.....	91
Figura 87 - Corte vertical numa direção	91
Figura 88 - Corte Vertical em duas direções	92
Figura 89 - Classificação de Espaços.	92

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais Softwares BIM. (Adaptado de [31], [32], [1]).	16
Tabela 2 - Abreviaturas das Tabelas de Classificação.	25
Tabela 3 - Exemplo de UniClass 2015.	25
Tabela 4 - Categorias do UniFormat	26
Tabela 5 - Exemplo de UniFormat.	26
Tabela 6 - Estrutura do MasterFormat (Adaptação de [41]).	27
Tabela 7 - Exemplo de MasterFormat [41].	27
Tabela 8 - Classificação OmniClass.	28
Tabela 9 - Exemplo de Omniclass	29
Tabela 10 - Sistemas de classificação de diferentes países.	29
Tabela 11 - Exemplo de Classificação CAE-Rev.3 [42].	30
Tabela 12 - Exemplo de Classificação de CPV.	31
Tabela 13 - Exemplo de classificação CC-PT. Secção 1.	33
Tabela 14 - Exemplo de classificação CC-PT. Secção 2.	33
Tabela 15 - Capítulos de Edifícios e Infraestruturas Rodoviárias. (Adaptado de [50], [51]).	35
Tabela 16 - Implementação do BIM a nível Internacional [53].	40
Tabela 17 - Comparação entre exemplos de modelos BIM de edifícios já existentes.	69
Tabela 18 - Tabela de pilares.	81
Tabela 19 - Tipos de pisos.	85

Lista de acrónimos

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações
AIM – Asset Information Model
AIR – Asset Information Requeriments
API – Application Programming Interface
ARC – Archive
AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BIM – Building Information Modeling
CAD – Computer Aided Design
CC-PT – Sistema de Classificação Portuguesa de Construção
CDE – Common Data Environment
CICS – Construction Information Classification Systems
CITMA – Centro de Investigação e Tecnologia da Madeira
COBie – COstruction Operations Building Information Exchange
CPIC – Construction Project Information Committee
CPV – Vocabulário Comum dos Contratos Públicos
CSC – Construction Specification Canada
CSE – Conselho Superior de Estatística
CSI – Construction Specification Institute
DGEMN – Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais
DWG – Drawing format
EIR – Exchange Information Requeriments
EPIC – Electronic Product Information Cooperation
ESSLei – Escola Superior de Saúde de Leiria
FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FM – Facility Management
GBS – Green Building Studio
GMAC – Gestão de Manutenção Assistida por Computadores
IC-FEUP – Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
IEP – Instituto de Estradas de Portugal
IFC – Industry Foundation Classes
INE – Instituto Nacional de Estatística
INESC – Porto – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto
INH – Instituto Nacional da Habitação
IPDS – Integrated Project Delivery Systems

IPLeia – Instituto Politécnico de Leiria
ISO – International Standards Organization
LEED – Leadership in Energy and Environmental Design
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LoD – Level of detail
LOD – Level of Development
MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing
NBS – National Building Specification
NZEB – Nearly Zero Energy Building
OCCS – OmniClass Construction Classification System
ODBC – Open DataBase Connectivity
OIR – Organizational Information Requirements
P- Published
PBL – Project based learning
PIM – Project Information Model
PIR – Project Information Requirements
PRONIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção
S – Share
SQL – Structured Query Language
STEP – Standard for the Exchange of Product Model Data
UMa – Universidade da Madeira
URL – Uniform Resource Locator
WIP – Work in Progress
XML – Extensible Markup Language

1. Introdução

1.1 Considerações iniciais

Desde o início da construção civil eram realizados desenhos bidimensionais que juntavam diversas metodologias para a planificação e execução de obras. Com intuito de encontrar uma maior integração e uma planificação detalhada, seguido pelo avanço constante da tecnologia e implementação nas obras, foi criada a metodologia *Building Information Modeling* (BIM). Esta nova metodologia é aplicável em todas as fases do ciclo de vida da construção, desde o projeto, à execução, gestão e manutenção, de forma a ter uma base fiável de dados representados no modelo 3D.

O BIM representa de forma digital todas as características (geométricas, físicas, térmicas, funcionais, etc.) de um elemento seja uma janela, parede, porta, etc. ou algum equipamento específico num espaço no interior do edifício, possibilitando a partilha de dados entre diversos sectores na área da construção que melhora a coordenação e colaboração entre os intervenientes no projeto e possibilita uma rápida deteção de erros ou conflitos entre componentes e especialidades, otimizando custos e tempo. Sendo aplicadas as diferentes dimensões do BIM dependendo do caso e necessidades que se queiram satisfazer, englobando: modelo tridimensional, planificação e gestão de projetos, gestão de custos, sustentabilidade e a gestão e manutenção de instalações. Estas dimensões do BIM podem ser aplicadas em conjunto ou de forma individual.

Na atualidade existem já alguns exemplos da utilização do BIM em edifícios já existentes, especialmente edifícios de interesse público, escolas, hospitais, patrimónios nacionais e regionais. Como será abordado neste trabalho, a utilidade e a diversidade abrangidas pela metodologia BIM possibilita uma melhor gestão do ciclo de vida dos edifícios.

A recolha de dados tem vindo a ganhar um papel importante para a modelação em 3D do património existente, visto que com informação mais fidedigna e maior semelhança à realidade, é possível ter uma melhor noção de que elementos estão presentes no edifício. No caso de grandes edifícios onde existe uma manutenção constante é de suma importância ter uma base de dados fiável. Pela aplicação da metodologia BIM existe certa facilidade na hora de gerir todos os elementos inseridos na base digital podendo ser consultadas as datas de instalação ou de criação, fabricação de componentes, detalhes de operação, desempenho e manutenção.

Na atualidade é visível a diferença que pode fazer esta metodologia que está a ser aplicada cada vez mais, tanto a nível nacional como internacional, possibilitando soluções alternativas

a possíveis problemas do edifício em qualquer fase do mesmo, determinando o impacto ambiental, a sustentabilidade, tudo com as novas ferramentas desenvolvidas com a interligação aos programas BIM. Deste modo, a existência de um modelo BIM atualizado de um edifício constitui uma mais valia para o dono de obra e profissionais que lidam com ele (arquitetos, engenheiros, operários) ao longo da vida do mesmo.

1.2 Objetivos

Esta dissertação surge da necessidade de ter uma base de dados digital, confiável e atualizada de um edifício público existente, tendo assim como objetivo principal:

- Criar um modelo BIM do edifício CITMA que sirva como base de apoio à manutenção do mesmo e de apoio a intervenções futuras.

A partir deste propósito, foram estabelecidos um conjunto de objetivos secundários:

- Recolher informação sobre conceitos, procedimentos e detalhes necessários na criação de elementos na modelação BIM.
- Apresentar exemplos de aplicação de BIM a nível nacional e internacional de edifícios existentes e sistematizar as conclusões (lições) úteis desses trabalhos.
- Verificar as inconformidades existentes por meio de um levantamento geométrico e comparação entre os elementos presentes do edifício CITMA.
- Modelar em BIM o edifício CITMA com um nível de rigor adequado.
- Definir os espaços contidos no caso de estudo, através de um sistema de classificação.

1.3 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos:

O presente capítulo, em que são referidas as necessidades e considerações tidas ao elaborar esta dissertação, assim como a metodologia e âmbito em que se encontra.

No capítulo dois é feito um enquadramento histórico do BIM, assim como são abordados os conceitos e descritos seus níveis, são abordados diversos pontos como vantagens e desvantagens desta metodologia. Também é descrita a interoperabilidade e o *Industry Foundation Classes* (IFC), os níveis de desenvolvimento e dimensões no BIM. Concluindo-se o capítulo abordando os diversos softwares BIM e a sua função principal.

No capítulo três são expostas as normas BIM e os sistemas de classificação mais utilizados a nível nacionais e internacional com alguns exemplos de classificação, seguidamente são descritas algumas regras de modelação.

No capítulo quatro é abordado o panorama nacional e internacional e são apresentados vários exemplos de edifícios nos quais foi implementada a metodologia BIM. Também são descritos dez exemplos a nível nacional de modelação BIM de edifícios já existentes, finalizando com um quadro comparativo entre eles.

No capítulo cinco é feito um levantamento da informação do caso de estudo partindo da informação disponível em 2D plantas em papel e em CAD assim como visitas e inspeções dos espaços. É abordado o software a utilizar no caso de estudo, noções e conceitos base para a modelação. Seguidamente é criado um modelo 3D do edifício CITMA, descrevendo os principais passos na criação, edição e inserção dos elementos que constituem o edifício. São definidos os espaços existentes no modelo o qual permite a localização de qualquer elemento mesmo que no modelo existam mais de um elemento com as mesmas especificações, e por último neste capítulo são analisadas as vantagens do modelo.

No capítulo seis são apresentadas as conclusões obtidas e os desenvolvimentos futuros, descrevendo o potencial da metodologia BIM em apresentar informação de forma precisa relativamente aos métodos tradicionais.

2. Modelação da Informação na Construção (BIM)

2.1 Enquadramento Histórico do BIM

A metodologia BIM não tem um início bem definido, já que este conceito tem vindo a evoluir constantemente com os diferentes contributos tanto em software como em ferramentas associadas, mas podem-se identificar alguns pontos relevantes ao longo do tempo.

Na década de 70, no *Georgia Tech Institute of Technology*, o Professor Charles M. Eastman desenvolveu um sistema de modelação 3D e os primeiros sólidos paramétricos para a indústria da construção. O seu trabalho foi dirigido para o desenvolvimento de ferramentas para profissionais na área com o conceito de *Building Description System* ou *Building Product Modeling*, que adotaria finalmente o nome de *Building Information Modeling* (BIM) [1]. Na Figura 1 são apresentados dois exemplos dos primeiros passos na modelação em 3D sendo uma peça mecânica e a outra um sólido.

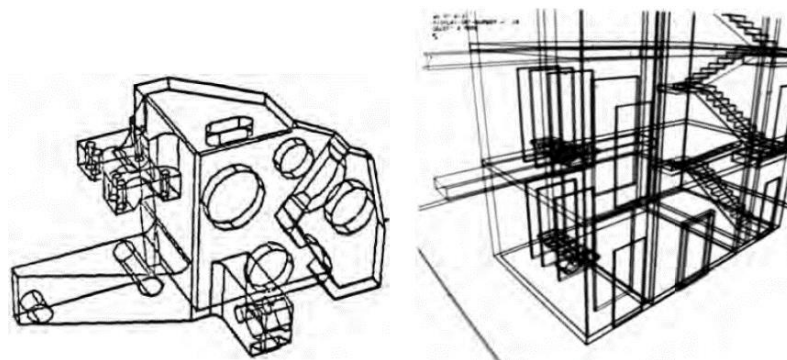


Figura 1 - Primeiras representações de partes mecânicas complexas e um modelo sólido representativo de um núcleo de construção [1].

Na década de 80, a empresa GRAPHISOFT deu os primeiros passos com esta tecnologia, desenvolvendo um software que permitia desenhar em 2D e 3D, com o nome de Radar CH. Este posteriormente daria origem ao ArchiCAD, inserindo os primeiros conceitos de BIM, através de objetos paramétricos ou *Smart Objects* e também modelos em 3D que se diferenciava dos programas 2D de CAD [1].

Em 2002, a Autodesk, através da aquisição da empresa detentora do software Revit, iniciou-se na metodologia BIM. O Revit permite criar um projeto com elementos de modelação, modelação paramétrica em 3D e a representação instantânea de todos os planos, cortes e fachadas que se pretenda. Permite ainda a exportação do modelo para outros softwares de cálculo estrutural, de cálculo de instalações, gestão, entre outros, adicionando assim um novo conceito fundamental à metodologia BIM, a interoperabilidade entre diferentes softwares. Para ilustrar algumas datas importantes e a evolução presente nesta metodologia ao longo do tempo é apresentada na Figura 2 uma cronologia entre 1957 até 2012.

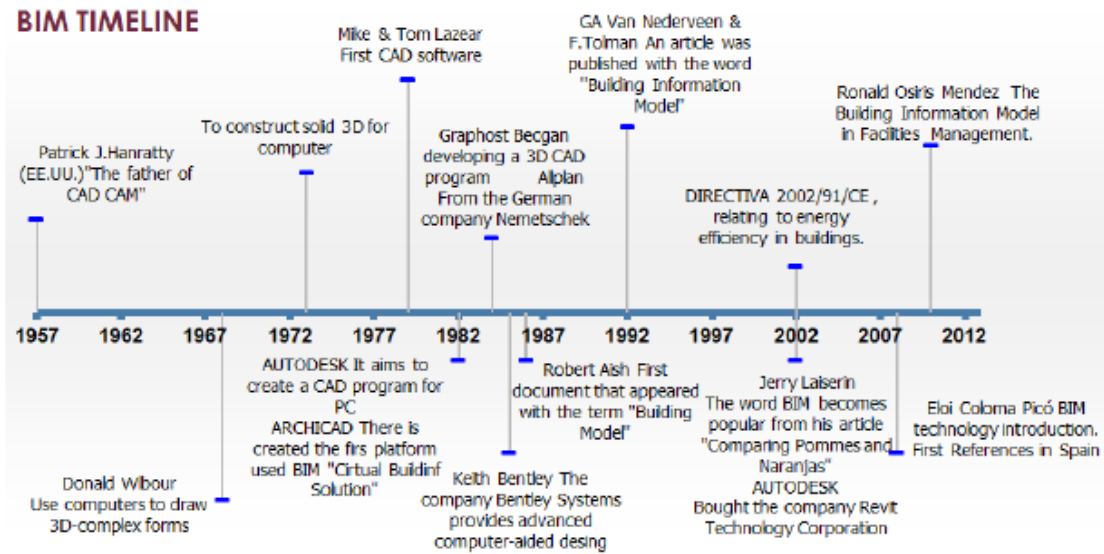


Figura 2 - Cronologia da metodologia BIM [2].

Nos dias de hoje a metodologia BIM é implementada em muitos softwares sendo as companhias mais reconhecidas a Autodesk, a Bentley, a Nemetschek e a Trimble.

2.2 Conceito e Níveis

Building Information Modeling, tem adquirido diversas definições, sendo a mais conhecida: “uma representação de um processo de construção que facilita a permuta e interoperabilidade de informação em formato digital” [2]. Sendo que o BIM é constituído e aplicado em diversas fases da vida de um edifício (Figura 3).

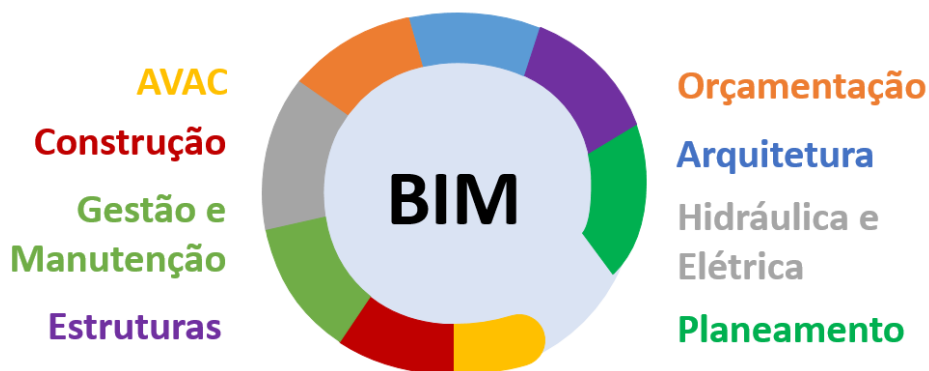


Figura 3 - BIM

Por outras palavras, é uma metodologia de trabalho que tem como base o uso de sistemas e softwares que permitem integrar num modelo virtual tridimensional toda a informação útil de um edifício, de tal forma a poder analisar e descrever qualquer parâmetro do objeto no mesmo e assim gerir de forma eficiente, o ciclo de vida da estrutura. A Figura 4 é um exemplo de como uma parede pode conter informação da mesma, como altura, espessura, materiais, entre outros parâmetros.

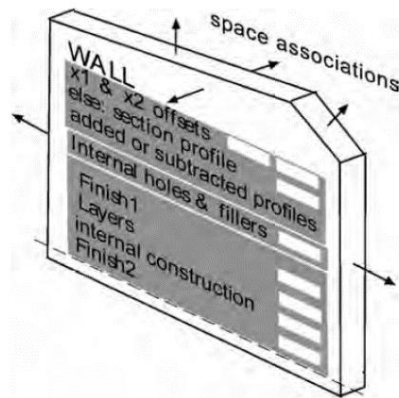


Figura 4 - Parâmetros de uma parede [1].

Pode-se acrescentar que no desenvolvimento de um projeto em BIM existem vários tipos de níveis de: i) maturidade organizacional ii) gestão de informação, de acordo com as fases de projeto.

Os níveis de maturidade estão relacionados com uma escala específica de processos organizacionais, que neste âmbito contribuem para a realização das suas necessidades atuais ou projetadas. A maturidade organizacional é definida e avaliada em [3]:

- Nível 0: Organização imatura;
- Nível 1: Básico;
- Nível 2: Gestão de atividades;
- Nível 3: Gestão de organização;
- Nível 4: Alinhamento estratégico;
- Nível 5: Organização transformacional.

Seguindo o mesmo formato de níveis, na gestão de informação [4]:

- Nível 0: Estado de trabalho no qual não existe nenhum tipo de colaboração, onde os desenhos e representações são feitas em 2D e o método de intercâmbio e comunicação de informação é feito no formato digital. A tecnologia neste nível é baseada no software CAD;
- Nível 1: Este nível é uma mistura de trabalho em 2D e 3D, não existe uma colaboração entre diferentes disciplinas e cada uma mantém a sua própria informação. É o nível que muitas empresas ainda mantêm;
- Nível 2: É introduzido o trabalho colaborativo ou em conjunto, na metodologia de trabalho, utilizando modelos em CAD e em BIM, com parâmetros definidos, mas sem prescindir de trabalhar com um único modelo partilhado. O intercâmbio de informação é realizado por arquivos em *Industry Foundation Classes (IFC)*, que será abordado na seção 2.4, ou *Construction Operations Building Informations Exchange (COBie)*, que é um padrão que define informações para ativos que são entregues como parte de um

projeto de construção, utilizado para documentar os dados do processo BIM e gerenciá-los como por exemplo: ativos, localizações, registros de plano de tarefas, entre outros.

- Nível 3: É definido pela colaboração e interoperabilidade total entre as diferentes partes construtivas, trabalhando sobre um único modelo partilhado que se encontra num servidor acessível por qualquer elemento envolvido no projeto.

O nível do BIM deve ser indicado e estabelecido no início do projeto para uniformização de todas as partes envolvidas. Na Figura 5 são representados os níveis de gestão de informação.

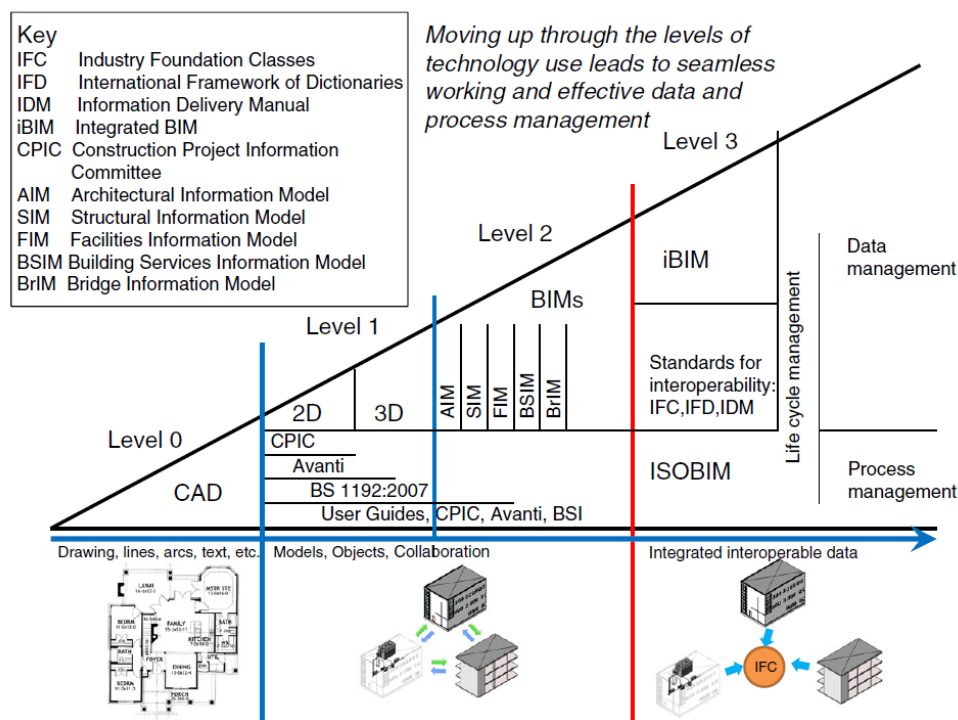


Figura 5 - Níveis de gestão de informação (Adaptado de [6]).

2.3 Vantagens e Desvantagens

A implementação da metodologia BIM é aplicável tanto a edifícios já existentes que precisem de uma reabilitação como a novos projetos a desenvolver. Como tal, pode-se enunciar algumas vantagens [5], [6]:

- Melhoria da eficiência ao nível da coordenação, colaboração e planeamento no projeto e execução da obra;
- Permite visualizar e encontrar possíveis conflitos e incompatibilidades na infraestrutura a desenvolver;
- Realizar alterações no projeto e atualizar em todos os desenhos;
- Consultar as características detalhadas dos elementos construtivos em fases iniciais do projeto por meio do modelo 3D;

- Estimar a quantidade, custos de materiais e o ciclo de vida dos mesmos;
- Gerir e reduzir os resíduos no local;
- Por meio de análises energéticas e económicas visualizar o cenário de reabilitação mais adequado.

Contudo existem alguns obstáculos a superar na implementação da metodologia BIM sendo alguns destes [5], [7]:

- Necessidade de pessoal qualificado ou com a devida formação para a utilização do software;
- Investimento inicial, requerido tanto para a obtenção do software como do hardware necessários para processar o trabalho e a constante partilha de dados;
- Tempo requerido para o desenvolvimento do projeto, a nível de modelação assim como de alteração e melhoramento do mesmo pelos diversos participantes;
- A interoperabilidade pode ser descrita também como uma desvantagem já que é preciso que todos os envolvidos no projeto utilizem os mesmos programas com as mesmas versões e padrões IFC, caso contrário podem ocorrer erros de incompatibilidade.

2.4 Interoperabilidade e IFC

Interoperabilidade é a habilidade para se comunicarem dados através de diferentes atividades produtivas, podendo ser de dois ou mais sistemas de informação comunicando entre si [8].

Para esta troca de dados entre sistemas foi criado o *Industry Foundation Classes* (IFC) que é um formato geral para a representação dos produtos da construção, de forma a obter um padrão nas aplicações BIM.

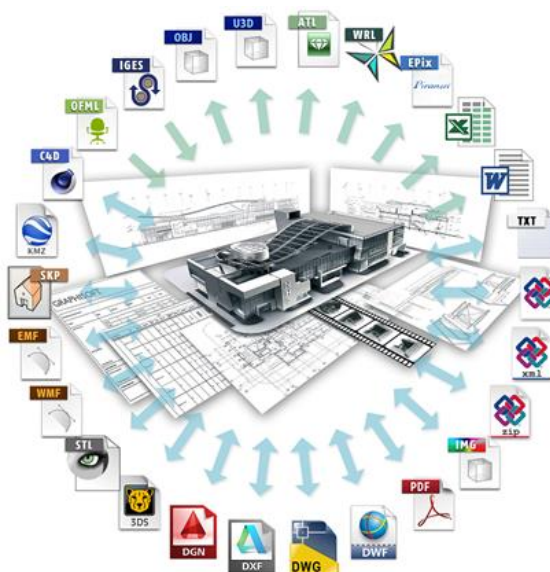


Figura 6 - Interoperabilidade [11]

Para evitar que cada país desenvolvesse um *standard*, a *International Standards Organization* (ISO) deu origem ao comité técnico TC184, para iniciar um subcomité SC4, de forma a desenvolver um único *standard* chamado *Standard for the Exchange of Product Model Data* (STEP) [2].

O formato IFC utiliza um subconjunto STEP baseado num modelo de linguagem EXPRESS legível por máquina em vez de um formato de arquivo binário. O modelo requer que o mapeamento seja aplicável a diferentes implementações como formatos de ficheiro de texto, um *Structured Query Language* (SQL) e objetos baseados num de banco de dados bem como um esquema *eXtensible Markup Language* (XML) [9].

Com o tempo este formato tem vindo a evoluir desde a criação dos protótipos por volta dos anos de 1994-1997 sendo este o IFC 1.0 até o atual IFC4 (Figura 7). Na parte inferior são descritas as *Platform Specification* (PAS), que fornecem informação adicional ao descrito na norma ISO 16739-1:2018.

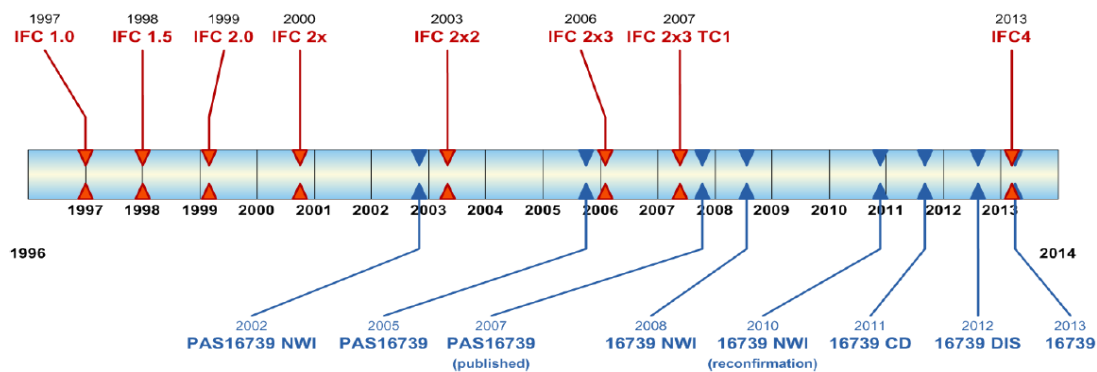


Figura 7 - Cronologia IFC [13].

De forma esquemática a estrutura do modelo IFC é constituída por quatro camadas e diversos módulos conceituais como se pode ver na Figura 8.

Estas camadas respeitam algumas regras e procedimentos, desta forma o modelo funciona pelo princípio de escada onde pode ser consultada a mesma camada ou uma inferior, mas não pode voltar atrás respeitando a integridade do modelo. De forma a descrever cada camada desde a parte inferior pode-se ver [10]:

- Camada de domínios: é a camada superior que contém definições de entidades que são especializações de produtos, processos e recursos específicos para certa disciplina;
- Camada de interoperabilidade: esta camada inclui definições que são mais específicas a um produto, processo ou recurso geral utilizados entre diferentes disciplinas;
- Camada do núcleo: contém definições mais gerais das entidades tais como as relacionadas aos produtos físicos;

- Camada de recursos: esta possui definições de recursos como a geometria, material e quantidade.

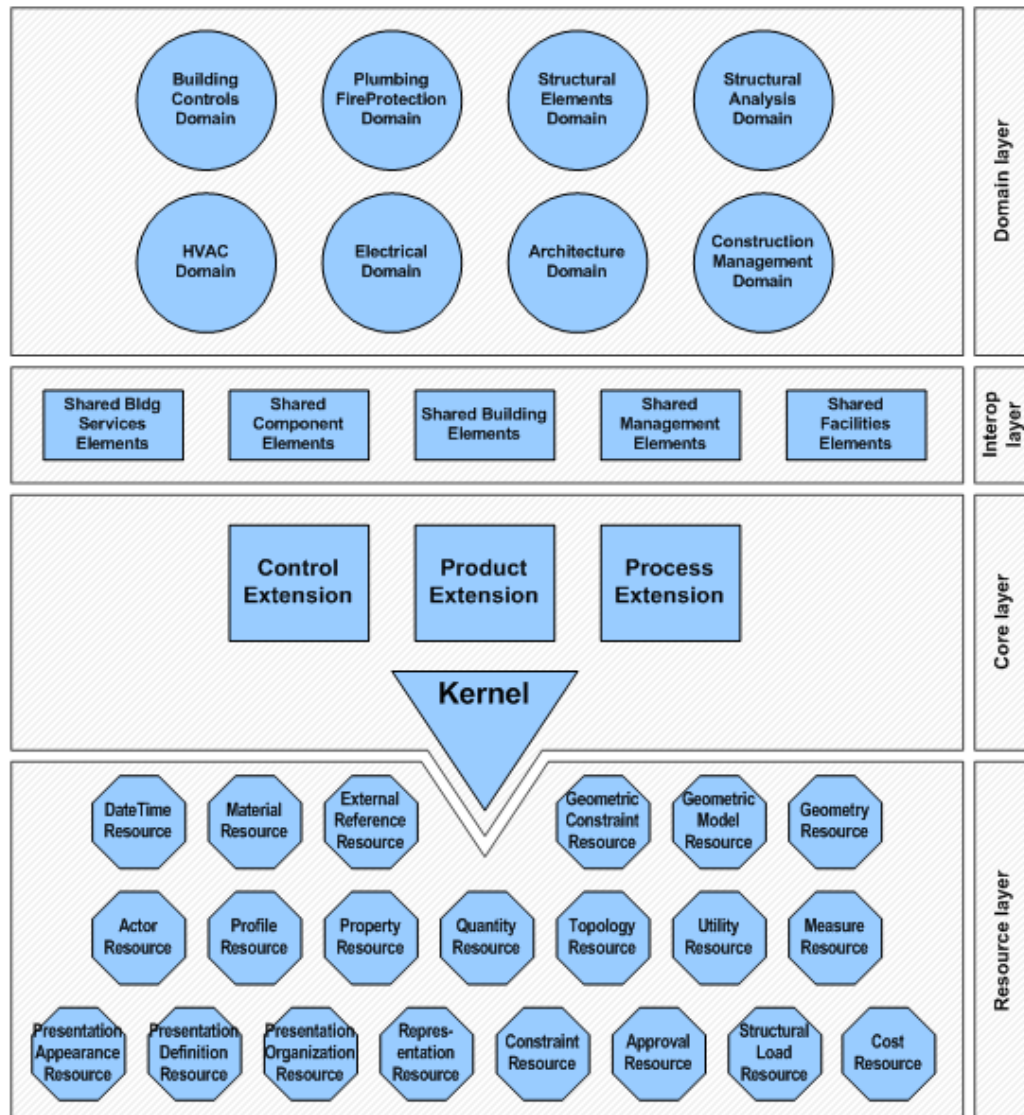


Figura 8 - Esquema estrutural do IFC [14].

O IFC engloba uma vasta quantidade de informação numa tentativa de abordar todas as informações referentes ao ciclo de vida de um edifício. Este modelo é extenso e em constante crescimento com cada nova atualização [11].

2.5 LOD

No BIM este acrónimo é utilizado para se referir aos níveis de desenvolvimento (LOD) este refere as informações que possa conter o elemento sendo estas gráficas ou não gráficas, à medida que o nível avança a quantidade de informação contida aumenta. Alguns exemplos de informação não gráfica são fabricação, montagem e relacionamento do objeto com outros objetos modelados [12].

O princípio dos níveis de desenvolvimento LOD é especificar a informação que o modelo deverá conter de acordo com o seu uso nas diferentes etapas do ciclo de vida do projeto. Para isto são usualmente utilizados os seguintes níveis de LOD [13], [14], [15]:

- LOD 100: é o nível de desenvolvimento mais baixo do modelo BIM. Encontra-se nas fases iniciais do projeto limitado a representações genéricas do objeto como por exemplo o tamanho aproximado e volumetria exterior. Utilizado para diferentes tipos de análise como por exemplo: custo por metro quadrado, orientação da estrutura, etc.;
- LOD 200: mais preciso que o anterior. Neste nível é definida a volumetria interior e exterior em conjunto com os seus usos, são representados os elementos gráficos do objeto de forma genérica com uma orientação aproximada, localização, tamanho da forma e quantidades;
- LOD 300: representação da estrutura com elementos específicos com informações não gráficas. Utilizado para criação de documentos de construção ao nível do projeto de execução;
- LOD 350: este nível foi proposto para coordenação de suporte entre os diferentes sistemas do edifício. Contém a mesma descrição do LOD 300 adicionando a interface com outros elementos do edifício, como por exemplo, a placa de montagem entre colunas e fundações;
- LOD 400: este nível os elementos representados incorporam informação adicional aos anteriores como detalhes da instalação, montagem e fabricação de estruturas e materiais. Neste nível, todo o projeto fica definido tanto na parte de arquitetura como de construção;
- LOD 500: o último nível de desenvolvimento é obtido uma vez construída a estrutura (*as built*). Este nível abrange todas as mudanças e modificações feitas na obra a partir do LOD 400 de forma a realizar uma melhor gestão e manutenção da estrutura durante o seu ciclo de vida.

Para ter uma maior perceção na Figura 9 é descrita uma coluna nos diferentes tipos de LODs onde é possível perceber a diferença de informação armazenada em cada um destes níveis.

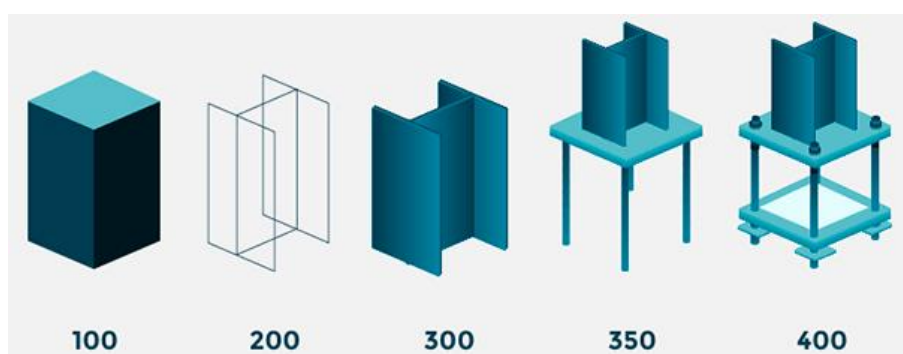


Figura 9 - Níveis de LOD de um elemento estrutural [16].

Os níveis de desenvolvimento (LOD) são comumente confundidos com os níveis de detalhe (LoD) sendo este último um termo usado para definir a progressiva representação de um modelo gráfico, que inicia no LoD mais baixo com a representação genérica de um modelo 2D para várias quantidades de informação gráfica ou não gráfica anexada ao objeto modelado em 3D [12].

2.6 Dimensões no BIM

Como foi abordado anteriormente um modelo BIM abrange diversas fases de um projeto, o qual está em constante evolução pela informação acrescentada a partir de um modelo base. À medida que o modelo ganha complexidade, pode ser dividido em dimensões que vão desde 3D até 7D. Como é visível na Figura 10, cada dimensão adiciona uma nova camada de informação à inicial (3D), podendo ser desenvolvida de forma individual ou em conjunto. Assim permitirá a melhoria de elementos como sustentabilidade, gestão de ativos, segurança entre outros, em termos de integração com o BIM [17].

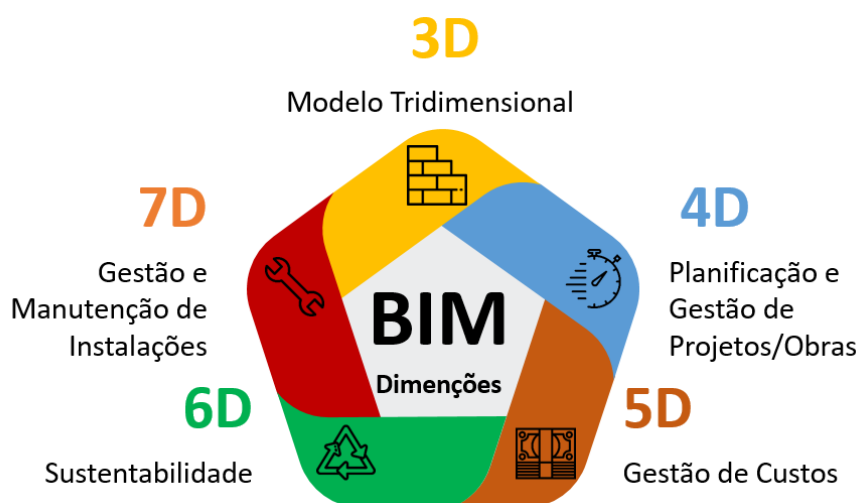


Figura 10 - Dimensões BIM [23].

- BIM 3D: Modelo tridimensional

A primeira fase que compõe o BIM é a realização do modelo 3D, sendo este expressado nos conceitos de modelação das três principais dimensões (largura, altura e profundidade). Contendo vigas, pilares, paredes, entre outros, com a sua devida parametrização permitindo a representação visual mais próxima da realidade, com a integração de informação detalhada de cada parte do edifício. Nesta fase define-se a informação dos elementos, tanto ao nível geométrico, como não geométrico.

- BIM 4D: Planificação e Gestão de Projetos

Esta dimensão do BIM pretende vincular as atividades da construção por meio de agendamentos ou cronogramas nos modelos 3D para criar uma simulação gráfica em tempo

real do processo de construção ao longo do tempo. Adicionar esta quarta dimensão de “Tempo” oferece uma oportunidade de avaliar a capacidade de construção e o planeamento do fluxo de trabalho [18].

O 4D surge de forma a melhorar o planeamento da construção e controle de produção, bem como a gestão no local de segurança, espaços de trabalho e resíduos. O contínuo foco nos impactos ambientais baseados na construção fornece um impulso para alavancar o 4D BIM para melhorar o fluxo de comunicação e informação em todo o planeamento ambiental e tarefas de gestão [19].

- BIM 5D: Gestão de Custos

A integração dos custos ao modelo de BIM produz a quinta dimensão que permite gerar orçamentos e representações financeiras de modelos com o tempo. Isto reduz o tempo necessário para medir e orçamentar, de semanas para minutos, melhorando a precisão das mesmas e minimizando os incidentes nos dados de CAD, permitindo que se gaste mais tempo na melhoria do valor [18].

Desta forma qualquer mudança feita é estimada automaticamente e ajustada a informação permitindo uma melhoria na produtividade da gestão de custos podendo ser retirada em qualquer altura em tempo real.

A partir do BIM 5D a informação referente aos níveis superiores não é homogénea sendo que alguns outros consideram como sendo a sexta dimensão, a sustentabilidade, e a sétima dimensão, a gestão e manutenção. Outros consideram que a sustentabilidade deve estar presente em todas as dimensões passando a ser a sexta dimensão, a gestão e manutenção do edifício. Nesta dissertação serão abordadas as sete dimensões.

- BIM 6D: Sustentabilidade

Na sexta dimensão é adicionada informação referente à utilização de energia, a eficiência de recursos e outros aspetos referentes à sustentabilidade para que estes sejam melhor analisados, gerenciados e compreendidos. Abrangendo também informações como o carbono incorporado, incluindo o criado pelo processo de construção [20].

Nos últimos anos com o incremento do custo da energia e a crescente preocupação ambiental, a procura por instalações sustentáveis com impacto ambiental mínimo tem vindo a aumentar. A maior parte da tomada de decisões com base na sustentabilidade são feitas no projeto inicial. Neste contexto a metodologia BIM pode ajudar nas análises complexas de desempenho no edifício e avaliar o nível de sustentabilidade e Liderança em Energia e Desenho Ambiental (LEED) [21]. Existe uma grande quantidade softwares utilizados para esta avaliação e análise que serão mencionados na secção seguinte.

- BIM 7D: Gestão e Manutenção de Instalações

Concluído o edifício o empreiteiro entrega ao dono de obra o modelo BIM com informação gráfica, e não gráfica, contendo informações sobre produtos e componentes, manuais de operação, dados de garantia entre outros documentos. Esta base de informação através da metodologia BIM pode ser reutilizada para melhorar a eficiência na gestão, renovação, planeamento de espaços e manutenção de instalações durante o seu ciclo de vida [20], [22].

O BIM tem sido amplamente adotado pelo setor de construção, embora a gestão de instalações, *Facility Management* (FM), ainda seja baseada numa variedade de ferramentas não BIM. Um modelo BIM contendo com múltiplas informações da fase de pré-utilização deve ser explorado através da sua integração com os sistemas FM existentes [23].

Essa informação pode incluir dados dos fabricantes das componentes, data da sua instalação, manutenção necessária e detalhes de como o artigo deve ser configurado e operado para o desempenho ideal.

Constituindo assim a sétima dimensão do BIM sendo aplicável não só para novos ativos construídos, mas também para a modelação retrospectiva de existentes.

Interessa referir que o modelo de informação deve continuar a ser atualizado durante a fase de uso, adicionando reparações e substituições realizadas na estrutura de forma a melhorar os dados operacionais e de diagnóstico, facilitando a tomada de decisões. Na Figura 11 são mencionados os pontos fortes de cada uma das dimensões.



Figura 11 - Dimensões BIM (Adaptado de [30]).

2.7 Software BIM

Um software BIM é aquele que através de ferramentas permite modelar e desenhar elementos construtivos que representam elementos reais como por exemplo lajes, vigas e pilares, etc.

Estas representações tridimensionais são parametrizáveis e podem conter uma grande quantidade de informação, como foi mencionado na secção anterior, associando a sua função, custos, prazos, geometria, dados técnicos, entre outros que só podem ser o resultado de iterações das diferentes entidades através de um ou vários softwares, sendo possível utilizar diferentes ferramentas para a análise do projeto. Este rápido avanço tecnológico permite que a indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) dê um salto significativo no âmbito do trabalho em conjunto.

Muitas empresas de software no âmbito de AEC têm um grande número de ferramentas que no seu total formam um pack aplicável a todas as fases da vida do edifício, desde arquitetura, análise de estruturas, redes, planeamento e gestão da obra, entre outros. De forma a ter uma ideia de algumas das mais importantes empresas e seus produtos relacionados com o BIM foi elaborada a Tabela 1:

Tabela 1 - Principais Softwares BIM. (Adaptado de [31], [32], [1]).

Tipo de Software	Nome	Empresa a desenvolver
Modelação	Revit	Autodesk
	ArchiCAD	Graphisoft
	Allplan	Nemetschek
	AecoSIM	Bentley Systems
	BricsCAD BIM	Bricsys
	VectorWorks	Nemetscheck
	SketchUP	Trimble Navigator
Cálculo Estrutural e Dimensionamento	Robot Structural Analysis	Autodesk
	Etabs	CSI
	Sap 2000	CSI
	Staad.Pro	Bentley Systems
	Tricalc	Arktec
	CypeCAD MEP	CYPE Ingenieros S.A.
Representação e Cálculo de Especialidades	Cype 3D	CYPE Ingenieros S.A.
	Tekla	Trimble Navigator
Planificação e Gestão	Synchro	Synchro Technologies
	VICO	Trimble Navigator
	Navisworks	Autodesk
Medições e Custos	Presto	RIB Spain
	CYPE Arquimedes	CYPE Ingenieros S.A.
	VICO Office	Trimble Navigator
	Medit	Graphisoft
Eficiência Energética	ECOdesigner	Graphisoft
	Hevacomp Simulator V8i	Bentley Systems

Na perspetiva dos sistemas operativos, estas ferramentas são usadas maioritariamente no sistema operativo Windows, para a qual a maior parte do software é escrita, permitindo o nível mais alto de maturidade. Em relação às outras duas plataformas (Mac Os X e UNIX/Linux) existem várias ferramentas para a modelação BIM, mas aplicações mais específicas estão em falta [24].

A fim de incentivar o uso da metodologia BIM entre as diferentes universidades e empresas, têm sido realizadas uma quantidade de atividades das quais destacam-se aquelas baseadas no projeto baseado em aprendizagem (PBL), que permite aos praticantes experimentar por si mesmos as vantagens de usar esta nova metodologia pela sua experiência pessoal, aprendendo pela própria abordagem [25].

3. Aplicação da metodologia BIM

3.1 Normalização BIM

De forma a adotar uma série de padrões internacionais, cuja finalidade é uniformizar as diferentes normativas aplicadas no BIM, foram criadas algumas normas ISO as quais proporcionam um sistema de classificação da informação e dados existentes que serão embutidos no modelo BIM. Cabe ressaltar a importância desta normalização já que facilita a interoperabilidade durante todo o ciclo de vida da estrutura.

3.1.1 Norma ISO 12006-2:2015

A ISO 12006-2:2015 de nome *Building Construction – Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification of information*, define uma estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído. São definidos um conjunto de tabelas de classificações, para um intervalo de classes de objetos de informação de acordo com aspetos particulares, como a sua forma ou função, suportada por definições [26].

Também mostra como as classes de objetos classificadas em cada tabela estão relacionadas, como uma série de sistemas e subsistemas. Esta norma é aplicável a todo o ciclo de vida das obras, incluindo investigação, projeto, documentação, construção, operação, manutenção e demolição [26]. Na Figura 12 apresentam-se, de forma esquemática, os princípios gerais e as relações entre classes que constituem esta norma.

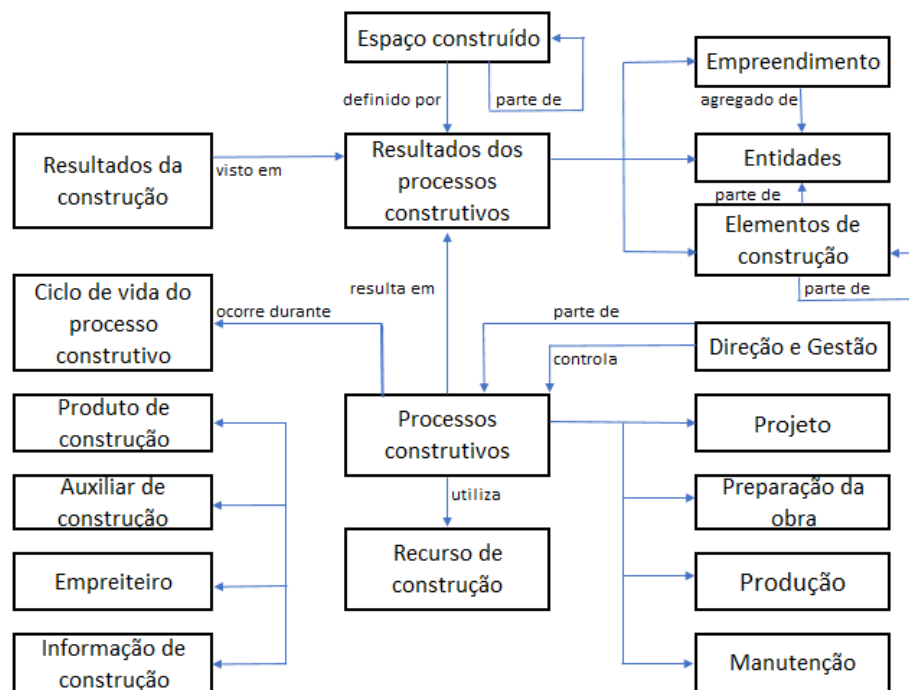


Figura 12 - Fluxograma de classificação (Adaptado de [35], [37]).

A norma não fornece sistemas de classificação operacionais, nem conteúdo para as tabelas, apenas exemplos de aplicação. Cada entidade deve adaptar o seu conteúdo a cada situação.

De igual forma esta norma (ISO 12006-2), não deve ser implementada separadamente das partes ISO 12006-1 e ISO 12006-3 pois estas têm o objetivo de facilitar a interoperabilidade da informação gerada nas obras.

3.1.2 Normas ISO 19650-1:2018 e ISO 19650-2:2018

Desenvolvida mais recentemente a ISO 19650 de nome *Organization and digitization of information about buildings and a civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles* (19650-1:2018), *Part 2: Delivery phase of the assets* (19650-2:2018). Nestas normas são abordados um conjunto de normas internacionais que definem os princípios e requisitos para aquisição, utilização e gestão da informação em projetos e estruturas em todo seu ciclo de vida assim como também é descrito o *Common Data Environment* (CDE), sendo que é um espaço digital comum aberto, onde podem aceder todos os membros da equipa de trabalho para partilhar a informação do projeto desenvolvidos no BIM [27] [28].

Nesta norma é dividido o ciclo de vida destes projetos em duas fases:

- i) Uma primeira, chamada fase de desenvolvimento, onde ficam os intervenientes das etapas do projeto, construção e condicionamento do edifício construído
- ii) A segunda fase é a de operação, onde são abrangidos os intervenientes das atividades relacionadas com a gestão e manutenção do edifício.

Durante a fase de desenvolvimento são avaliados no início do projeto os requisitos de informação podendo ser classificado em [29] [27]:

- OIR: *Organizational Information Requirements* ou requisitos de informação da organização referente aos objetivos;
- PIR: *Project Information Requirements* ou requisitos de informação do projeto referente ao desenvolvimento;
- AIR: *Asset Information Requirements* ou requisitos de informação do ativo referente às suas operações;
- EIR: *Exchange Information Requirements* ou requisitos de troca de informação entre as partes envolvidas;
- PIM: *Project Information Model* ou modelo de informação do projeto, em fase de desenvolvimento;

- AIM: *Asset Information Model* ou modelos de informação do ativo, em fase de operação.

Na Figura 13 é apresentado um modelo hierárquico dos requisitos de informação anteriormente mencionados de forma a visualizar como são realizadas as contribuições, iterações e dependências de cada um.

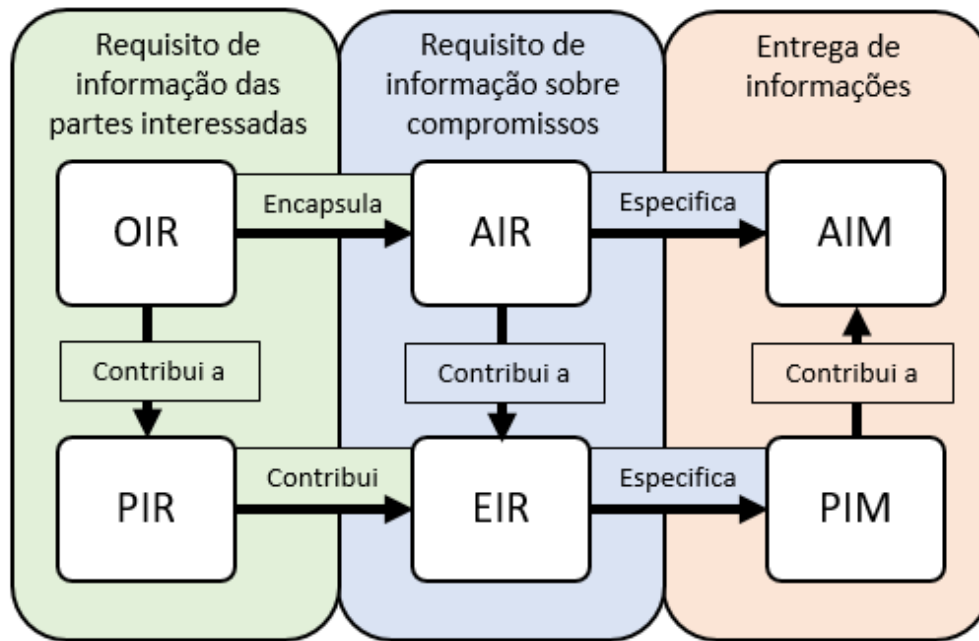


Figura 13 - Modelo hierárquico dos requisitos de Informação (Adaptado de [38]).

Na norma ISO 19650-1 são referidas indicações para a informação e intercâmbio de dados no CDE, ambiente comum de dados, seja feita de forma estruturada e segura. A informação contida no CDE pode ter diferentes estados os quais são:

- WIP: *Work in Progress* ou trabalho em progresso, referindo a informação que está a ser desenvolvida pela equipa de trabalho;
- S: *Share* ou partilha, permitindo a consulta em conjunto do modelo de informação por todas as partes envolvidas;
- P: *Published* ou publicado, é a denominação dada à informação que foi autorizada para uso;
- ARC: *Archive* ou arquivado, trata da informação que foi partilhada, publicada e que ficou registada.

A responsabilidade de proporcionar o CDE fica a cargo da parte contratante para cada projeto seja de forma direta ou indireta através de um terceiro. De uma forma ilustrativa na Figura 14 pode ver a estrutura e subdivisão das distintas áreas do CDE assim como a dinâmica envolvente destas:

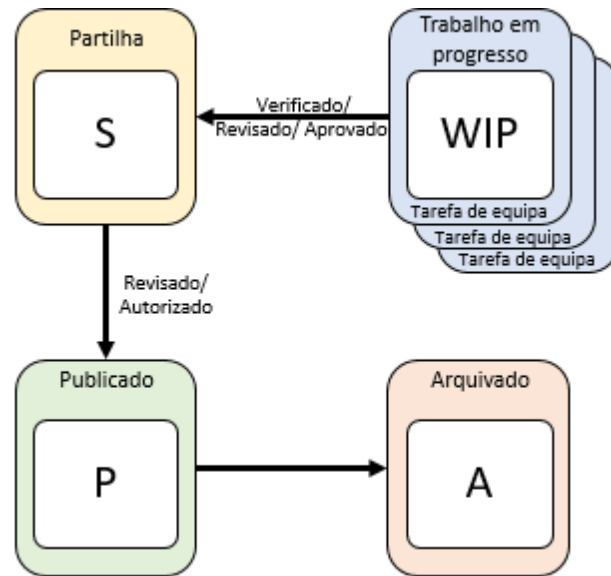


Figura 14 - Estrutura e divisão das áreas do CDE (Adaptado de [38]).

A norma ISO 19650-2 estabelece indicações para gerir a informação de um processo de contratação, estando representado na Figura 15 de um fluxograma que contém oito pontos e seis atividades claramente agrupadas em A, B, C, D, E e F.

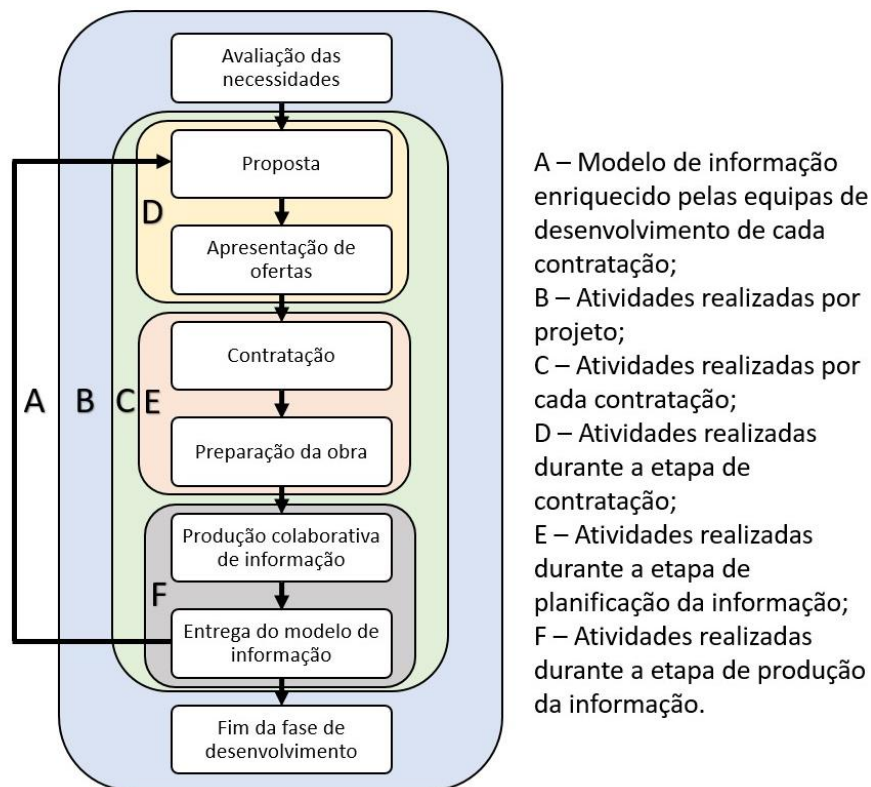


Figura 15 - Fluxograma de gestão de informação de um processo de contratação (Adaptado de [30], [28]).

3.2 Sistema de classificação

A indústria da AEC caracteriza-se pela fabricação de produtos únicos que não tendem frequentemente a ser produzidos em massa, sendo o ciclo de vida do projeto propenso a

condições caóticas durante a realização da construção. As pessoas ou entidades envolvidas, podem ou não usar métodos e formatos diferentes para organizar e entregar as suas informações e dados [31].

Quando se fala de classificação fala-se de um conjunto de procedimentos baseados em relações ou ligações comuns utilizadas como guias em diferentes assuntos. Estas classificações permitem um melhor entendimento e organização do projeto homogeneizando e catalogando os dados, termos, métodos e conceitos utilizados na obra [31], [32].

A realização de um projeto de AEC gera uma grande quantidade de informação, tanto ao nível local como em rede, sendo estes dados muitos diferentes, por exemplo dados geométricos, propriedades técnicas, dados de custos, dados de manutenção para uso de diferentes aplicações, especificações, informações sobre produtos e sistemas de informação de custos [33].

Todos estes dados e relações entre os diferentes dados precisam ser definidos e estruturados de forma a melhorar a gestão na construção, ser padronizados ou seguir certos standards, dando origem a sistemas de classificação de informação que abrangem dados técnicos, tarefas e atividades, entre outros, nas diversas fases da construção. Sendo que estes dados serão inseridos no modelo BIM, é preciso ter em atenção à sua classificação e organização porque como foi mencionado na Secção 2.5 quanto maior a quantidade de informação inserida mais complexo e completo é o modelo. No caso de um modelo de nível LOD 500, tudo é detalhado ao pormenor, o que possibilita a sua utilização para a gestão e manutenção do edifício.

Ao longo do tempo foram desenvolvidos diversos tipos de classificação por diferentes organizações. A seguir apresentam-se alguns destes sistemas mais utilizados a nível internacional.

3.2.1 Uniclass 2015

Baseado na norma ISO 12006-2, referente à organização de informação de obras de construção, surge o Uniclass, um sistema unificado de classificação por tabelas, desenvolvido no Reino Unido pelo Comité de Informação do Projeto de Construção (CPIC) conjuntamente com especialistas da National Building Specification (NBS).

O sistema Uniclass é dividido num conjunto de tabelas com as funções de categorizar as informações geradas para diferentes finalidades como orçamentação, sendo igualmente utilizada para preparar especificações ou quaisquer outros documentos referentes à produção. Estas tabelas podem ser aplicadas para edifícios e outros ativos em uso podendo

ter uma gestão de informações de ativos e instalações, em todas as etapas do ciclo de vida de um projeto [34].

Este sistema oferece algumas características e vantagens na sua implementação que, de acordo com a NBS, podem ser descritas da seguinte forma:

- I. É um sistema de classificação unificado para o sector construção. Podem ser classificados pela primeira vez edifícios e infraestruturas.
- II. Possui um conjunto hierárquico de tabelas que suportam a classificação de todos os componentes, desde um campus universitário, uma rede de estradas, até uma telha ou tijolo.
- III. Têm um sistema de numeração flexível o suficiente para acomodar os requisitos de classificação futuros.
- IV. É um sistema em conformidade com a ISO 12006 – 2: 2015 da construção civil, que também permite o mapeamento para outros sistemas de classificação futuros.
- V. Este sistema de classificação é mantido e atualizado pela NBS.
- VI. Possui um banco de dados de sinónimos para facilitar no possível encontrar a classificação requerida usando a terminologia padrão.
- VII. Este sistema foi desenvolvido permitindo estruturar informação essencial para a implementação de BIM nível 2.

As informações sobre um projeto podem ser definidas de forma mais ampla e detalhada devido ao conjunto de tabelas hierárquicas. Na Figura 16 é exemplificado um fluxograma com alguns exemplos.

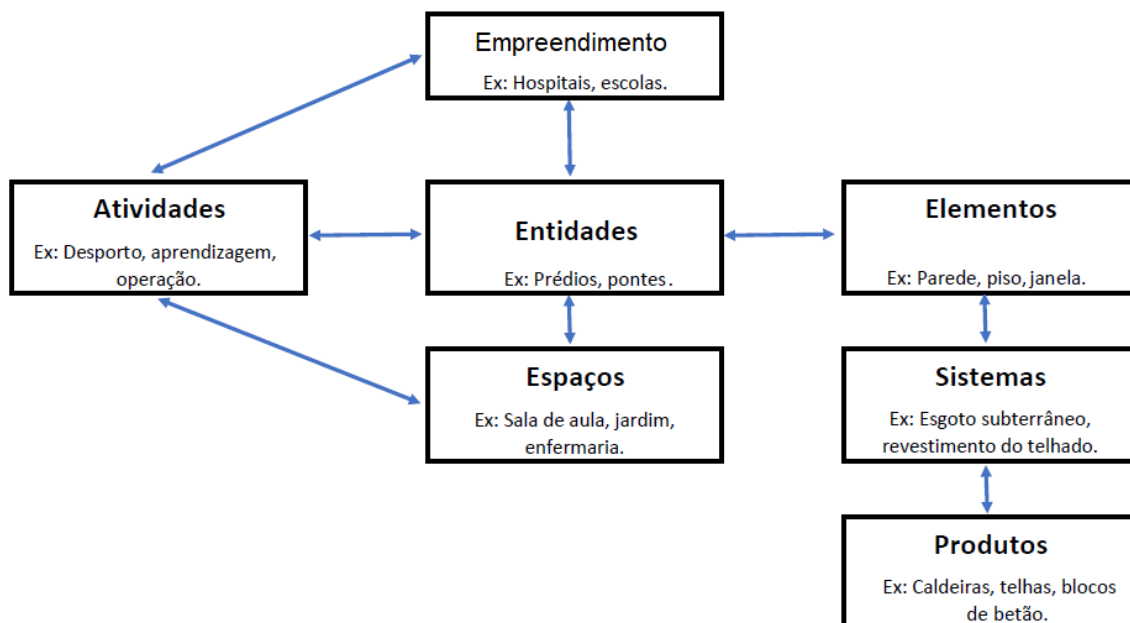


Figura 16 - Classificação Uniclass 2015 (Adaptado de [34], [35]).

Este sistema tem uma abreviatura para cada tabela de classificação, como é apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 - Abreviaturas das Tabelas de Classificação.

Letras	Tabela
Co	Empreendimentos (<i>Complexos</i>)
En	Entidades (<i>Entities</i>)
Ac	Atividades (<i>Activities</i>)
SL	Espaços / Localizações (<i>Spaces / Locations</i>)
EF	Elementos / Funções (<i>Elements / Functions</i>)
Ss	Sistemas (<i>Systems</i>)
Pr	Produtos (<i>Products</i>)
Zz	Desenhos Assistidos por Computadores (CAD)
CA	Auxiliar de construção (<i>Construction Aids</i>)
FI	Tipo de informação (<i>Form of Information</i>)
PM	Gestão de projeto (<i>Project Management</i>)

Cada uma das tabelas em que está baseado o sistema UniClass 2015, se refere a um especto de informação específico podendo ser utilizada de forma individual ou combinada com outras tabelas, de forma a abordar conceitos mais complexos sendo mais fácil ordenar e classificar os mesmos. A Tabela 3 é um exemplo mais específico da aplicação deste sistema.

Tabela 3 - Exemplo de UniClass 2015.

Letra	Nível	Nome
SS_65	1	Ventilador e sistema de ar condicionado
SS_65_40	2	Sistema de ventilação
SS_65_40_33	3	Sistema de ventilação de espaço geral
SS_65_40_33_45	4	Sistema de ventilação de extrator de ar da cozinha

3.2.2 UniFormat

É um sistema de classificação desenvolvido pelas instituições *Construction Specification Institute* (CSI) americana e a canadiana *Construction Specification Canada* (CSC), que organiza as informações de construção com base em elementos funcionais, ou partes de uma instalação, caracterizada pelas suas funções, sem ter em conta os materiais e métodos usados para realizá-las. Esses elementos são geralmente chamados de sistemas ou montagens [36].

Noutras palavras, o sistema UniFormat é um arranjo de informações de construção com base nas partes físicas de uma instalação de nome elementos funcionais. Estes elementos são

caracterizados pela sua função sem identificar os resultados do trabalho que os compõem. A estrutura hierárquica deste sistema inclui as principais categorias de informação, separadas pela sua função especial, estas incluem as seguintes categorias disposta na Tabela 4 [37]:

Tabela 4 - Categorias do UniFormat

Tabela	Nome	Tabela	Nome
-	Introdução	E	Equipamento e mobiliário
A	Infraestrutura	F	Construção especial e demolição
B	Casca	G	Localização de obras
C	Interior	Z	Geral
D	Serviços		

Estas informações servem para organizar descrições preliminares, objetos BIM, gestão de instalações, e organização de detalhes do projeto. A introdução não possui uma letra já que esta é uma coleção de informações básicas referente ao projeto. A categoria geral possui a letra Z de forma a ser a última categoria independente, permitindo que possam ser criadas novas categorias para cobrir tipos adicionais de construção.

Para a maior parte das descrições de projetos e estimativas de custos preliminares, podem ser aplicados os títulos nos níveis do 1 ao 3. Para uma análise mais detalhada dos elementos funcionais aplica-se o nível 4. O sistema de numeração pode ser expandido para permitir números e títulos adicionais. A Tabela 5 exemplifica estes níveis no UniFormat [37]:

Tabela 5 - Exemplo de UniFormat.

Letra	Nível	Nome
A	1	Infraestrutura
A10	2	Fundações
A1010	3	Fundação padrão
A1010.10	4	Fundação estrutural
A1010.10CF	5	Sapata continua

3.2.3 MasterFormat

Este sistema permite organizar especificações de construção, inicialmente publicado em 1963 pela companhia americana CSI e atualizado desde 1978 com a participação da canadiana CSC. O MasterFormat é utilizado por empresas e indivíduos do sector da AEC para organizações específicas, dados de produtos, estimativas de custos e outras informações de construção. Devido ao seu amplo uso, desenvolvimento e refinamento, este sistema é referência para o conteúdo do sistema OmniClass que será apresentado na secção seguinte [38].

O MasterFormat desenvolve uma lista de títulos e seções numeradas de resultados de trabalho ou práticas de construção, que possibilita a organização detalhada da informação sobre necessidades da construção, produtos e atividades de uma forma consecutiva e padronizada.

Desta forma o sistema abrange aspetos permanentes ou temporários dos projetos de construção, na fase de produção ou de alterações, manutenção ou demolição, permitindo maior especificidade na informação abordada. De igual forma faz algumas funções já abordadas no Unifomat, como descrições preliminares, estimativas de custos, entre outros [37].

Este sistema vai dos aspetos mais gerais aos mais detalhados, sendo uma estrutura hierárquica composta por 2 grupos, 8 subgrupos e 49 divisões devidamente definidas, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Estrutura do MasterFormat (Adaptação de [41]).

Grupo	Subgrupo	Tabela
Aquisições e Requisitos Contratuais	Informação introdutória	00
	Requisitos de aquisições	
	Requisitos contratuais	
Especificações	Requisitos gerais	01
	Serviços de construção	02-19
	Serviços de Manutenção	20-29
	Local e infraestruturas	30-39
	Processos equipamentos	40-49

O MarterFormat é constituído por quatro níveis, sendo cada nível formado por dois algoritmos. O nível 1 fala dos subgrupos descritos na tabela acima e os restantes níveis são referentes as diferentes divisões, caso seja necessário é possível criar um 5º nível para informações adicionais, como manuais de implementação. Na Tabela 7 é exemplificado os diferentes níveis de informação do MasterFormat.

Tabela 7 - Exemplo de MasterFormat [41].

Nível	1	2	3	4
Tabela	03 00 00	03 35 00	03 35 43	03 35 43.13
Serviços de construção	Betão	Acabamentos em betão	Acabamentos em betão polido	Acabamentos em betão polido e tingido

3.2.4 OmniClass

O sistema de classificação de construção OmniClass (OCCS) permite organizar e recuperar informações pormenorizadas para o setor de construção. Este sistema é de grande utilidade para as aplicações de BIM, desde organizar os relatórios e bibliotecas de objetos, até o fornecimento de uma forma de acumular ou detalhar dados, para obter as informações pertinentes para as suas necessidades. O OmniClass interage com outros sistemas de classificação para formar a base das suas tabelas:

- i) MasterFormat para resultados de trabalho;
- ii) Uniformat para elementos;
- iii) Epic (*Electronic Product information Cooperation*) para produtos [39].

O OmniClass foi desenvolvido para fornecer uma base padronizada para classificar as informações geradas e utilizadas pela indústria norte-americana de arquitetura, engenharia e construção (AEC). Este sistema abrange todo o ciclo de vida da estrutura, desde a concepção até à demolição ou reutilização, e inclui todos os diferentes tipos de construção que compõem o ambiente de construção [39].

Este sistema inclui todos os tipos de construção como edifícios de comércio e serviços, vias de comunicação, como estradas e ferrovias, construção industrial, barragens e pontes, até residências unifamiliares. Este nível de cobertura permite organizar, filtrar, classificar e recuperar informações e padronizar as trocas de dados digitais [38].

Contendo 15 tabelas, cada uma das quais representa uma área diferente da construção. Cada tabela pode ser usada de forma individual para classificar um tipo de informação ou pode ser combinada com outras tabelas de forma a refinar ainda mais a classificação, adicionando mais pontos de acesso ou classificando assuntos mais complexos [38]. Na Tabela 8 são indicadas as tabelas interligadas da mesma:

Tabela 8 - Classificação OmniClass.

Tabela	Nome	Tabela	Nome
11	Entidades construídas por função	32	Serviços
12	Entidades construídas por forma	33	Disciplinas
13	Espaços por função	34	Regras organizacionais
14	Espaços por forma	35	Ferramentas
21	Elementos	36	Informações
22	Resultados do trabalho	41	Materiais
23	Produtos	49	Propriedades
31	Fases de projeto		

O OmniClass encontra-se em constante desenvolvimento por todas as partes interessadas atendendo às novas necessidades, à medida que elas surgem, sendo estas anexadas ao modelo BIM. Um exemplo de como este sistema organiza os elementos, é a Tabela 9.

Tabela 9 - Exemplo de Omniclass

Letra	Nível	Nome
21-03 00 00 00	1	Interior
21-03 10 00 00	2	Construções interiores
21-03 10 30 00	3	Portas interiores
21-03 10 30 50	4	Painel de portas interiores

3.2.5 Outros sistemas de classificação internacionais

Existem diferentes sistemas adaptados a cada país. Na Tabela 10, são apresentados alguns exemplos.

Tabela 10 - Sistemas de classificação de diferentes países.

País	Sistema
Noruega	NS 3457-3:2013
Holanda	NL-SfB, CI-SfB
Austrália	BCA
Alemanha	BKI
Suécia	CoClass
Dinamarca	Cuneco Classification System

De seguida apresentam-se os sistemas de classificação aplicados a nível nacional.

3.2.6 Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE-Rev.3)

Este sistema foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) com um conjunto de entidades e consiste na classificação e agrupamento de atividades económicas em unidades de bens e serviços, desta forma é um sistema de classificação geral. A CAE-REV3 foi aprovada a 19 de março de 2007 pelo Conselho Superior de Estatística [40].

Sendo descritos no próprio documento do Instituto Nacional de Estatística os objetivos a cumprir para satisfazer certas necessidades de organização e eficiência os quais são:

- I. Classificar e agrupar as unidades estatísticas produtoras de bens e serviços segundo a sua atividade económica;
- II. Organizar a informação estatística económico-social, por ramo de atividades, em diversos domínios;

III. Comparabilidade estatística a nível nacional, comunitário e mundial.

A estrutura deste sistema é composta por uma hierarquia de 5 níveis subdivididos em 2, uma parte com caracteres alfabéticos, sendo este o primeiro nível chamado secção, e o resto compreende quatro níveis que são divisão, grupo, classe e subclasse, com designações numéricas. A Figura 17 é a representação gráfica deste sistema.

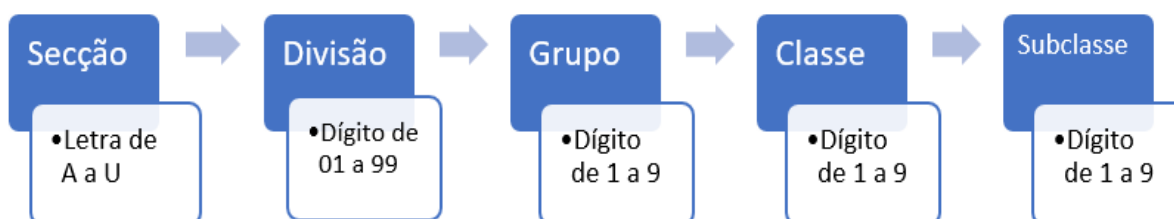


Figura 17 - Estrutura de CAE-Rev.3.

Os principais critérios utilizados na estruturação das atividades económicas foram o processo tecnológico, a natureza da matéria-prima, o produto obtido e o serviço prestado. Assim, a classificação relacionada com a indústria da construção abrange a secção F, constituída por 3 divisões, 9 grupos, 22 classes e 24 subclasses.

Nos casos em que o primeiro dígito à direita for 0 significa que não foi subdividido este grupo. Como exemplo da aplicação deste sistema encontra-se na Tabela 11 os diferentes níveis de informações.

Tabela 11 - Exemplo de Classificação CAE-Rev.3 [42].

Nível				
1	2	3	4	5
Secção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
F	43	433	4333	43330
Construção	Atividades especializadas	Atividades de acabamentos em edifícios	Revestimentos de pavimentos e de paredes	Compreende o revestimento em todos os materiais

3.2.7 Vocabulário Comum dos Contratos Públicos (CPV)

O CPV é um sistema de classificação aplicável aos contratos públicos, desenvolvido para normalizar as referências que as autoridades e entidades adjudicantes utilizam para descrever a natureza dos seus contratos [41].

A Comissão Europeia desenvolveu o CPV em 1993 com o objetivo de estabelecer uma maior transparência e eficiência nos contratos públicos. Em 2002 esta Comissão estipulou como único sistema de classificação na União Europeia, o Vocabulário Comum para os Contratos

Públicos, assim em 2003, o Regulamento (CE) nº2151/2003 fez a sua utilização obrigatória. O CPV adotado pelo Regulamento (CE) nº213/2008 da Comissão, é utilizado desde o 17 de setembro de 2008 [42].

A Estrutura do CPV é composta por um vocabulário principal e um vocabulário suplementar. O vocabulário principal tem uma estrutura hierárquica contendo até 9 algarismos, dos quais 8 são um código e 1 é um algarismo de controlo, desta forma é descrito um tipo de produto, obra ou serviço. Como mostra a Figura 18, o vocabulário está subdividido em 5 níveis de forma que o último algarismo acrescenta um grau de detalhe adicional dentro de cada categoria, e o nono verifica os algarismos anteriores [41].



Figura 18 - Estrutura do CPV [44].

De igual forma, vocabulário suplementar pode ser utilizado para completar a informação descrita, é constituído por um código alfanumérico que faz referência à natureza ou ao destino específico do produto.

O código alfanumérico é constituído por [42]: Um primeiro nível formado por uma letra correspondente a uma secção; um segundo nível formado por uma letra correspondente a um grupo; um terceiro nível formado por três algarismos correspondentes às subdivisões. A Tabela 12 mostra um claro exemplo deste sistema.

Tabela 12 - Exemplo de Classificação de CPV.

Nível				
1	2	3	4	5
Divisão	Grupo	Classe	Categoria	Detalhe
45000000-7	45100000-8	45110000-1	45111000-8	45111100-9
Construção	Preparação dos locais para construção	Demolição de edifícios e movimentos de terras	Demolição, preparação e limpeza dos locais para construção	Demolição

3.2.8 CC-PT

O Sistema de Classificação Portuguesa de Construção (CC-PT) foi elaborada pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) juntamente com entidades do sector da AEC e aprovada pelo Conselho Superior de Estatística (CSE), através de 283ª Deliberação, de 26/11/2004 [43].

Segundo o INE, o CC-PT forma uma ferramenta estruturada e organizada que visa dar mais consistência ao sector da construção, tendo como objetivos:

- I. Organização coordenada dos inquéritos correntes ao licenciamento de obras e às obras concluídas na construção e engenharia civil, permitindo obter indicadores conjunturais;
- II. Aplicação nos recenseamentos à habitação e a outras obras de construção e de engenharia civil;
- III. Ajudar a determinar o valor patrimonial do sector na elaboração das contas nacionais;
- IV. Disponibilizar aos fornecedores, produtores e utilizadores da informação do sector da construção um quadro muito importante no plano técnico assim como instrumento de comunicação;
- V. Comparabilidade estatística a nível nacional, comunitário e internacional.

Esta classificação também pode ser utilizada para fins não estatísticos, como por exemplo, nos anúncios e concursos públicos para adjudicar uma obra e outros atos administrativos.

Ao nível estrutural do CC-PT, os critérios básicos adotados referem-se à natureza e finalidade das construções, sendo agrupadas em duas secções: edifícios e obras de engenharia civil. A estrutura inferior à secção de edifícios é classificada de acordo com a sua principal utilização e no que se refere à secção de obras de engenharia civil, é classificada de acordo com as obras a que se destinam. Outros critérios como o dono de obra, o local e instituição, são irrelevantes neste sistema [43].



Figura 19 - Estrutura do CC-PT.

Ao nível hierárquico é dividido em 5 níveis, acrescentando mais informação nos níveis inferiores, sendo estes Secção, Divisão, Grupo, Classe e Subclasse. Este sistema é composto por um código de 5 dígitos, um por cada nível, que vão de 0 a 9. Desta forma, é atribuído o dígito 0 no caso de não existir uma subdivisão do grupo. Na Tabela 13 e Tabela 14 é possível ver exemplos da secção 1 e 2 da classificação CC-PT.

Tabela 13 - Exemplo de classificação CC-PT. Secção 1.

Nível				
1	2	3	4	5
Secção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
1	11	112	1121	11211
Edifícios	Edifícios residenciais	Edifícios com dois e mais fogos	Edifícios com dois fogos	Edifícios destacados, com dois fogos

Tabela 14 - Exemplo de classificação CC-PT. Secção 2.

Nível				
1	2	3	4	5
Secção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
2	21	213	2130	21301
Obras de engenharia civil	Infraestruturas de transportes	Pista de aviação	Pista de aviação	Pista para descolagem aterragem ou circulação

3.2.9 ProNIC

É um projeto de sistema integrado de gestão para a construção denominado Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção (ProNIC), que surge de um protocolo celebrado em 25 de fevereiro de 2004, entre o então Ministério das Obras Publicas, Transporte e Habitação, a Direção-Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN), o Instituto Nacional da Habitação (INH), o Instituto das Estradas de Portugal (IEP), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), o Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (IC-FEUP) e o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto (INESC-Porto), para desenvolver em conjunto um sistema organizado e integrado que servisse como referência para todo o sector da construção portuguesa [44].

O ProNIC é uma aplicação de base técnica cujo objetivo principal é criar uma estrutura normalizada e codificada para trabalhos de construção, conformado por especificações técnicas referentes aos mesmos e a materiais de construção.

O conjunto de informação técnica e das funcionalidades tornam o ProNIC numa base de dados aplicacional que enquadram este sistema no âmbito dos *Construction Information Classification Systems* (CICS) e *Integrated Project Delivery Systems* (IPDS) [45].

Este é um sistema integrado para gerir todo o processo construtivo, o ciclo de vida, desde o projeto de construção até o final da obra, obtendo assim um conjunto de indicadores para monitorizar a obra, desde o nível particular até o nível global.

Algumas das principais funcionalidades da plataforma são [45]:

- I. Criação de mapas de quantidades de trabalho, por especialidade ou integrando todas as especialidades;
- II. Criação de condições técnicas gerais de cadernos de encargos;
- III. Selagem do projeto;
- IV. Gestão de tramitação do concurso;
- V. Mapas atualizados na fase de erros e omissões;
- VI. Produção dos autos de medição contratuais;
- VII. Indicadores de obra para um melhor controlo da estrutura;
- VIII. Mecanismos de produção de indicadores transversais.

Com o desenvolvimento deste sistema é esperado um impacto no sector da AEC na [46]:

- I. Melhoria da qualidade da informação técnica;
- II. Redução de custos e incertezas na face de orçamentação;
- III. Melhor e mais fácil gestão de empreitadas e subempreitadas;
- IV. Ajuda à formação e atualização dos técnicos através da compilação atualizada das normas e regulamentos aplicáveis;
- V. Maior rentabilidade das organizações.

A nível do edifício, o sistema de classificação ProNIC foi desenvolvido em duas grandes áreas da construção: edifícios em geral e infraestruturas rodoviárias. Nos edifícios, por sua vez foram criadas duas áreas: construção nova e reabilitação, desta forma fica uma abordagem abrangente, mais focado no tipo habitacional [47].

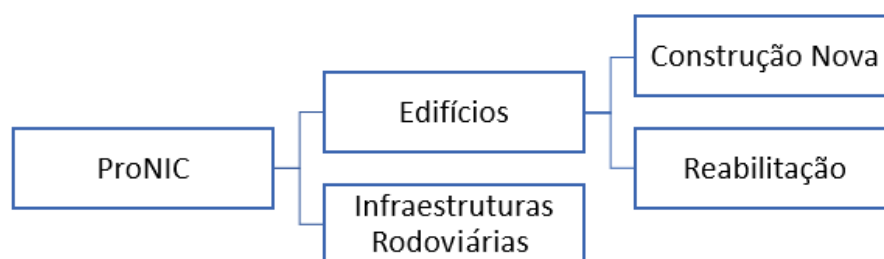


Figura 20 - Estrutura ProNIC.

Este sistema utiliza uma metodologia de desagregação para a definição de capítulos e está subdividido de forma similar aos sistemas apresentados anteriormente. A secção de edifícios é formada por 26 capítulos estruturados por especialidades, e a secção de infraestruturas rodoviárias é formada por dez capítulos, como indica a Tabela 15. O nível inferior aos capítulos segue uma desagregação hierárquica de trabalhos, isto é o nível de pormenorização é tanto maior quanto mais elevado for o número de níveis inferiores [48].

Tabela 15 - Capítulos de Edifícios e Infraestruturas Rodoviárias. (Adaptado de [50], [51]).

ProNic	Capítulo	Tabela
Edifícios	Estaleiro	1
	Trabalhos Preparatórios	2
	Demolições	3
	Movimento de Terras	4
	Arranjos Exteriores	5
	Fundações e Obras de Contenção	6
	Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado	7
	Estruturas Metálicas	8
	Estruturas de Madeiras	9
	Estruturas de Alvenaria e Cantaria	10
	Estruturas Mistas	11
	Paredes	12
	Elemento de Cantara	13
	Elementos de Carpintaria	14
	Elementos de Serralharia	15
	Elementos de Materiais Plásticos	16
	Isolamentos e Acabamentos	17
	Revestimento e Acabamentos	18
	Vidros e Preenchimentos	19
	Pinturas e Envernizamentos	20
	Instalações e Equipamentos de Águas	21
	Instalações e Equipamentos Mecânicos	22
	Instalações e Equipamentos Elétricos	23
	Ascensores, Monta Cargas, Escadas Mecânicas e Tapetes Rolantes	24
	Equipamento Fixo e Móvel	25
	Diversos	26
Infraestruturas Rodoviárias	Terraplanagens	1
	Drenagem	2
	Pavimentação	3
	Obras e Acessórios	4
	Equipamentos de Sinalização e Segurança	5
	Obras de Arte Integradas	6
	Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado	7
	Estruturas Metálicas	8
	Estruturas de Madeira	9
	Diversos	10

3.3 Regras de Modelação

Em Portugal ainda não existe uma regulamentação governamental para o uso do BIM, mas é utilizado como base o existente no estrangeiro de forma a facilitar o uso eficiente dos modelos BIM de uma especialidade ou várias, em conjunto ou individuais.

O objetivo do modelo deve ser definido antes de começar a modelar, tendo presente que informação será extraída em cada fase, quem e de que forma vai utilizar o modelo e como será efetuada a troca de informações (exemplo: pelo formato IFC).

Na criação de um modelo de informação digital é essencial utilizar o software BIM adequado de forma a ter as ferramentas necessárias para o fim do modelo, como por exemplo se se pretende, além da visualização do edifício, ter uma estimativa de custos, simulação energética, gestão e manutenção entre outros.

Desde há muitos anos os sistemas CAD têm sido utilizados para o desenvolvimento e produção de desenhos impressos. Num projeto baseado em modelos de informação os desenhos em CAD são adaptados para formarem parte da documentação BIM já que as aplicações CAD não são adequadas para um processo BIM nem cumprem os requisitos para o mesmo.

Para algumas aplicações de BIM é possível utilizar um único modelo desenvolvido para todas as fases de construção, permitindo que toda a informação do projeto seja guardada e compilada num único arquivo ou base de dados. Também é possível dividir o projeto em várias partes, seja pelos andares do edifício, etapas de construção ou até por especialidades. Para evitar erros de sobreposição, deslocamento, entre outros é sumamente importante que todos os elementos do modelo BIM partilhem a mesma origem de coordenadas espaciais [49].

Num modelo BIM existe uma hierarquia criada automaticamente pela aplicação, na qual os utilizadores têm pouca ou nenhuma hipótese de modificá-la. A hierarquia do modelo é apresentada no seguinte esquema [49]:

- Projeto
 - Zona
 - Espaços
 - Elementos
 - Edifícios
 - + Andares do edifício
 - Espaços
 - Elementos de construção

Para a elaboração de objetos num modelo BIM é necessário que sejam estruturados com a hierarquia descrita anteriormente da seguinte forma [49]:

- Projeto
 - Zona
 - Edifícios
 - + Andares
 - + Lajes
 - + Pilares
 - + Vigas
 - + Paredes
 - Aberturas
 - Portas
 - Janelas

As aplicações BIM contêm funções específicas para cada tipo de objeto assegurando que, para cada elemento, exista uma família correspondente, isto porque os objetos geométricos em 3D são a base para projetos de nível superior. Por exemplo o edifício é constituído por vários pisos, este por sua vez é constituído por vários espaços e paredes.

As paredes, portas, janelas, vigas, pilares, entre outros são definidos como elementos de construção, elementos físicos, em oposição aos espaços. Estes elementos estão disponíveis na biblioteca do software onde podem ser criadas de raiz, editadas ou disponibilizadas pelos fornecedores em formato IFC.

Os espaços são importantes na modelação do projeto de construção e durante a pré-construção. Estes espaços são representados no modelo contendo informação significativa como: nome (dado de acordo a sua utilização), número (exclusivo de um único espaço), área (áreas e volumes calculados automaticamente pela aplicação BIM), altura (espaço definido como extensão vertical). Os espaços podem ser agrupados em zonas, podendo pertencer um espaço a várias zonas sem necessidade de ser adjacentes. Um exemplo das zonas típicas de um projeto são [49]:

- Projeto
 - Zona comuns
 - Zona privada
 - Zona de projetos específicos
 - Áreas de equipamento de AVAC, incêndio, gás natural...

Na modelação deve ser definido um determinado LOD devendo cumprir todos os requisitos para esse nível. Por exemplo num modelo de um sistema AVAC [49]:

- LOD 100: os elementos de arquitetura não são geometricamente modelados, os volumes de ar e ventilação podem ser obtidos através de outros elementos com um LOD superior.
- LOD 200: os equipamentos são modelados com a exatidão necessária para reservar o espaço, sendo uma modelação aproximado porque a localização pode ser alterada com o desenvolvimento do projeto.
- LOD 300: os elementos contam com precisão suficiente para realizar análises detalhadas, como uma simulação estrutural ou determinação da carga de AVAC. Recorrendo a software especializados para estes processos, que possam gerir dados não geométricos adicionais.
- LOD 400: junto com as informações presentes no LOD 300, existem detalhes de fornecedores, informações referentes à fabricação e instalação.
- LOD 500: representa com precisão e rigor toda a informação da construção, sendo utilizado para a gestão de edifícios pós-construção.

4. Estado de Arte

4.1 Panorama Nacional e Internacional

4.1.1 Panorama internacional

Devido ao potencial e às vantagens da metodologia BIM, a sua implementação em diversos países tem aumentado significativamente expandindo-se a nível global, porém com diferentes níveis e distribuições geográficas. Aborda o projeto, construção e gestão da manutenção no setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações), podendo-se encontrar esta metodologia a ser utilizada de diversas formas como [50]:

- Coordenação do projeto;
- Gestão da segurança na construção;
- Identificação e prevenção de riscos;
- Detecção automática de erros relacionados ao projeto, identificação e gestão de riscos em construções;
- Melhoria da produtividade no trabalho.

Desta forma a expansão e implementação do BIM no âmbito do projeto, construção e gestão da manutenção, a qual pode-se verificar na Tabela 16, que contém uma comparação da implementação do BIM em diversos países. Na Tabela 16 são analisados os diversos parâmetros (política, normalização, grupos de trabalho, orientação, inovação e pesquisa, estratégia de comunicação, casos de estudo).

Em relação à adoção da metodologia BIM a nível internacional, os países inovadores e que já adotaram o BIM, têm os maiores recursos que podem ser capitalizados por outros países. Dito isto, podem ser mencionados quatro grupos principais de atores na sua implementação [51]:

- Os governos centrais os quais têm maior autoridade para promover mudanças e têm a necessidade de garantir que os negócios continuem competitivos;
- As instituições associativas, como associações profissionais e institutos de pesquisa, possuem conhecimentos e ligações com académicos, indústria e governo criando uma excelente comunicação e pontos de partilha de conhecimento entre eles;
- Os académicos fornecem imparcialidade aos métodos de análise e desenvolvimento de padrões considerando uma ampla base de dados;
- A indústria tem um papel contínuo na implementação operacional e estratégica do BIM.

Tabela 16 - Implementação do BIM a nível Internacional [53]

País	Política	Apoio político	Padrões	Estânda de padrões	Grupos de trabalho	Orientação	Inovação e pesquisa	Estratégia de comunicação	Futuro	Casos de estudo/ benefícios	Notas
Escócia	Em progresso	Central	Herdado	Holístico	Alto	Nacional	Alto	Nacional + Industrial + Académico	Maioria tardia	Estado 1	Alto potencial para política digital líder
Reino Unido	Mandato de Governo	Central	Nacional + Departamental	Holístico	Alto	Nacional	Alto	Nacional + Industrial + Académico + Institucional	Inovadores	Estado 2	Estânda com foco na sustentabilidade
E.U.A	Mandato departamental	Agência GSA	Institucional+ Agência	Desenho	Baixo	Institucional	Médio	Nacional + Industrial + Académico	Inovadores	Estado 2	Troca de informações, nível de maturidade, em fase de projeto
Alemanha	Em progresso	Nenhum	Nenhum	-	Baixo	Institucional	Alto	Institucional	Maioria tardia	Estado 2	Indústria 4.0
França	Em progresso	Central	Nenhum	-	Baixo	Institucional	Alto	Nacional + Institucional	Maioria tardia	Estado 1	Pequeno progresso
Brasil	Em progresso	Nenhum	Nenhum	-	Médio	Em progresso	Baixo	Nacional	Maioria inicial	Estado 1	
Catar	Nenhum	Central	Herdado	Holístico	Médio	Herdado	Médio	Nacional	Maioria inicial	Estado 1	
Noruega	Mandato de Governo	Central	Nacional	Desenho	Alto	Nacional	Alto	Nacional	Maioria inicial	Estado 2	Governo eficaz
Hong Kong	Mandato de Governo	Central	Nacional	Desenho	Alto	Nacional	Médio	Nacional + Institucional	Maioria inicial	Estado 1	
Singapura	Mandato de Governo	Central	Nacional	Desenho	Alto	Nacional	Alto	Nacional + Institucional	Maioria inicial	Estado 2	Primeira autoridade de planeamento BIM
Austrália	Sem mandato	Estatal	Institucional	Desenho	Baixo	Institucional	Baixo	Estatal	Maioria tardia	Estado 1	

O índice de facilidade de integração situa em primeiro lugar Singapura, seguida da Noruega, pelo fato de ambos os países terem uma alta formação bruta de capital fixo, tornando o BIM num investimento que vale a pena. A Escócia e o Reino Unido são o terceiro e quarto, graças ao amplo objetivo do nível 2 do BIM. Tudo indica que mais cedo ou mais tarde as políticas de diversos países envolver-se-ão com o BIM, que conforme indica a Tabela 16, é classificada uma ordem de adoção: inovadores, pioneiros, maioria inicial, maioria tardia e retardatários, na qual os inovadores beneficiam por serem os primeiros a colher os benefícios do BIM [51].

De igual forma através da comparação de pesquisas de diferentes termos relativos ao BIM e alguns dos diferentes softwares utilizados no desenvolvimento do mesmo, verifica-se por meio do Google Trends, obtendo-se a Figura 21 sendo uma forma representativa a nível mundial no intervalo de 2004 até o ano 2019.

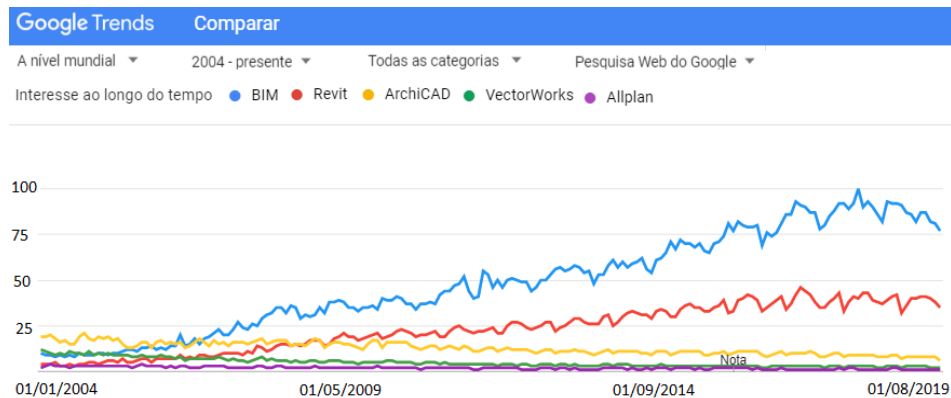


Figura 21 - Tendência da pesquisa do BIM (adaptado de [61]).

Como é possível ver na Figura 21, a tendência de pesquisa sobre BIM é crescente a nível mundial. Pode-se verificar também quais são os países interessados neste tema na Figura 22, que vem a corroborar a Tabela 16. Devido a este impulso vários governos têm implementado de forma obrigatória a utilização do BIM nas atividades da construção no sector público e conseqüentemente esta tendência chegará ao sector privado, mesmo que já exista atualmente em menor escala.

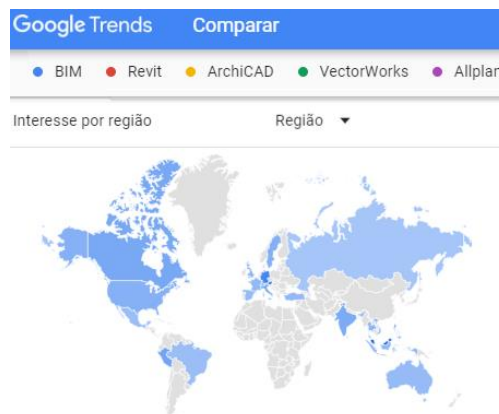


Figura 22 - Pesquisa sobre BIM nos diferentes países (Adaptado de [54]).

Relativamente à lista de países destacados de acordo com sua implementação e nível de consciência ou conhecimento de BIM, destaca-se o Reino Unido, Canadá, Escócia, Noruega, Finlândia, Nova Zelândia e Singapura reafirmando o mencionado anteriormente. Ressaltando que cada região tem a sua própria legislação, diversos fatores culturais e contratuais que de forma direta ou indireta afetam o desenvolvimento do BIM [50] [51].

De acordo com um inquérito realizado pela National Building Specification (NBS), 74% das empresas utilizam BIM no Reino Unido, tendo sido verificado um aumento de 12% em relação ao ano de 2017. Dos 26% restantes, só 1% não tem conhecimento desta metodologia. Um fator importante no aumento da utilização do BIM é o mandato feito pelo governo do Reino Unido que entrou em vigor em abril de 2016, e que exige que todos os projetos financiados pelo governo devem ser produzidos em colaboração completa de BIM 3D [52]. Podem-se ver representadas estas percentagens de adoção na metodologia BIM cronologicamente na Figura 23, desde o ano 2011 até o 2018.

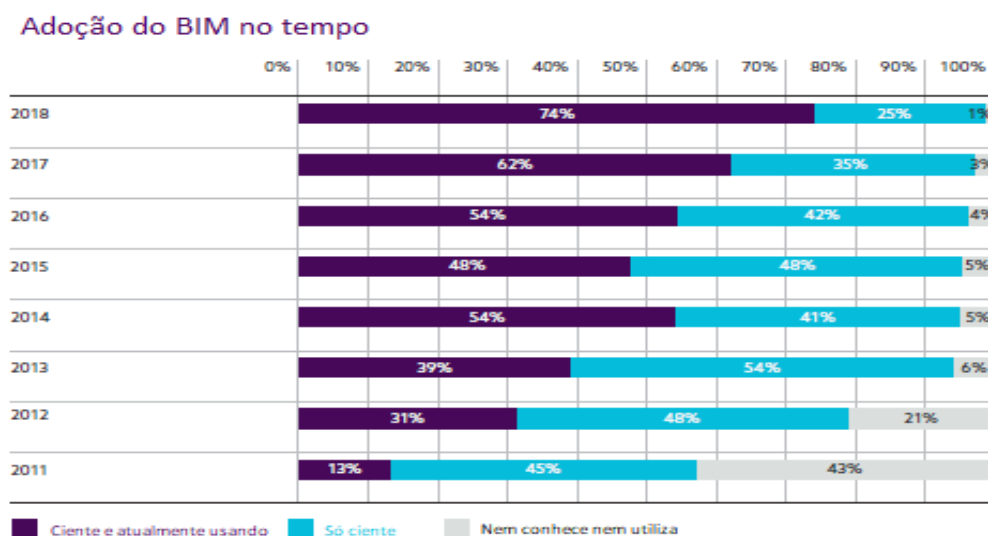


Figura 23 - Adoção do BIM no Reino Unido desde 2011 até 2018 (Adaptado de [55]).

O Reino Unido deu mais relevo à utilização do BIM a partir do ano 2010, mostrando gradualmente a sua eficácia, contudo, não foi o primeiro governo a se aventurar neste âmbito tendo como precedentes Singapura e Escandinávia.

Um exemplo de um governo que mostra interesse nesta metodologia é visível na Solução BIM para a gestão e manutenção de instalações (*Facility Management*) no edifício *Sydney Opera House* localizado na Austrália, em que foram desenvolvidas ferramentas de software para, de uma forma detalhada, armazenar os dados do edifício e tudo o que contém a mesma, sendo um projeto de grande envergadura já que se trata de uma estrutura de património mundial que reconhece de forma significativa a necessidade de soluções BIM. Começou pelo entendimento da disposição da sua estrutura para depois serem analisados sistemas e recursos técnicos, resultando numa solução personalizada e económica envolvendo de forma

fundamental uma base do modelo em 3D da estrutura [52]. Na Figura 24 é possível ver um corte do modelo em 3D do edifício e como é colocado neste modelo, ao detalhe, cada parte que a compõe.

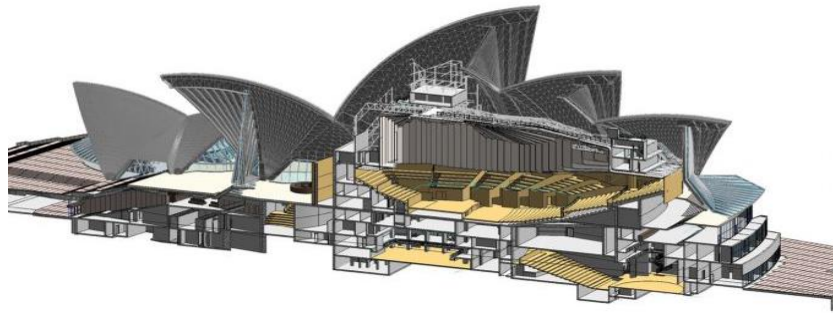


Figura 24 - Sydney Opera House Modelo BIM [56].

De igual forma a utilização de BIM para fins específicos como a coordenação do projeto, biblioteca de objetos BIM, planeamento e gestão de custos, oferece muitos benefícios em projetos de grandes dimensões como na Ásia, de acordo com o relatório BIM da NBS do ano 2018. Neste relatório é abordado a importância deste método, tendo sido utilizado pela autoridade hospitalar de Hong Kong no projeto de construção de 16 novos hospitais nos 10 anos seguintes com início em 2016, tendo como capital de investimento 185 mil milhões de euros.

O museu do Futuro do Dubai é uma das estruturas mais complexas do mundo, com uma abordagem inovadora, desenhado pela empresa Killa Design para ter uma forma de uma oval brilhante com um centro aberto. Utilizando sequencias 4D em BIM de forma a verificar e resolver potenciais conflitos nos sistemas de estruturas, arquitetura e MEP (mecânica, elétrica e hidráulica). A entrega de modelos em cada fase de uma parte envolvida para outra garantiu a maturidade do modelo, sendo este desenvolvido 100% em Autodesk Revit, conseguindo reduzir tempo e custos de instalação pelo alto nível de confiança na precisão e qualidade do modelo virtual [53] [54]. É possível ver na Figura 25 a complexidade das diferentes redes dentro do edifício sendo estas tratadas com esta metodologia.

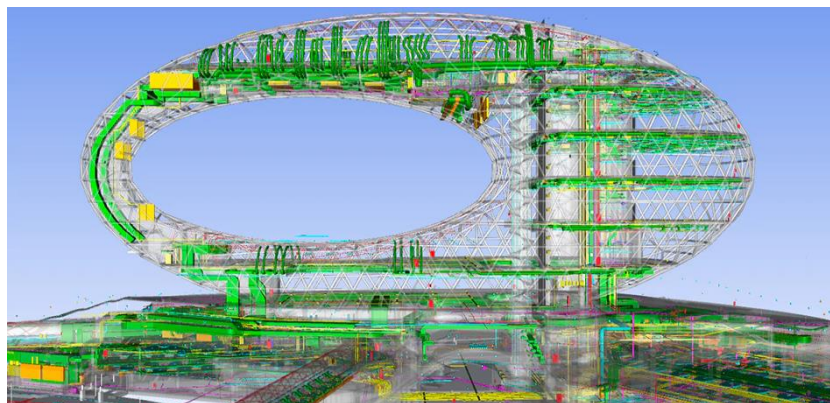


Figura 25 - Museum of the Future BIM [58].

No distrito de Binhai, na área metropolitana de Tianjin (China), o Tianjin Chow Tai Fook Financial Center pode ser descrito como uma cidade dentro de um arranha-céus. A estrutura conta com 530 metros de altura, 103 andares e apresenta uma fachada curva distinta da torre. Aplicando a tecnologia BIM foi possível conservar e minimizar o desperdício na concepção da estrutura e facilitar a construção pré-fabricada fora do local.

Neste último caso, foi necessária uma equipa de mais de 100 pessoas para criar um modelo centralizado armazenado num servidor nuvem privado, devido ao edifício exigir quase 1.000 modelos BIM e 184.504 componentes. Desta forma a criação de uma plataforma singular permitiu uma maior eficiência por parte da equipa a desenvolver o projeto [55].

De forma a manter atualizada a base de dados e as informações do projeto, desde a sua fabricação até à instalação das componentes, foram integradas e atualizadas no modelo as diferentes partes da estrutura, podendo a equipa de construção utilizar o modelo 3D do BIM para comparar a obra ao vivo, e seguidamente modificar o modelo, se necessário [55]. Na Figura 26 observa-se a previsão do resultado final por meio da modelação em 3D.



Figura 26 - Tianjin Chow Tai Fook Financial Center [59].

Como parte de um processo de remodelação, o BIM foi utilizado como peça fundamental de edifícios de grandes dimensões como é o caso do Aeroporto Internacional de São Francisco (EUA), no qual aproximadamente 200 arquitetos, empreiteiros e engenheiros planearam o projeto de remodelação do terminal 1 da área de embarque B. Esta equipa trabalhou em conjunto e interagiu entre diversas disciplinas aproveitando ferramentas e tecnologias como BIM 360, a plataforma da Autodesk para a realização e gestão de projetos, estabelecendo reuniões semanais de BIM para a troca de arquivos e informações, solucionando problemas, identificando prioridades e coordenando tarefas.

De forma a manter a operabilidade do aeroporto o projeto foi dividido em fases, a primeira de 2016 com a abertura de nove acessos até julho do presente ano, seguidamente mais nove acessos até março de 2020 e sete futuros programados para o primeiro trimestre de 2021 [56]. Através de um modelo em 3D é possível ver qual será o resultado das diversas intervenções no aeroporto na Figura 27.



Figura 27 - San Francisco International Airport render [60].

Da mesma forma, na América Central, o BIM começa a formar parte de importantes projetos como é o caso da República Dominicana onde foi construído o Centro Cardiovascular CEDIMAT. Este hospital de ponta dirigido para a população local e turistas de todo o mundo, sendo este o centro cardíaco mais abrangente da região das Caraíbas e um dos primeiros projetos no país a utilizar esta metodologia, na qual foi implementado o uso de dados de desempenho para comparar estes indicadores de objetivos e estratégias com foco nas alterações e produtividade da mão-de-obra. Este hospital inclui clínica cirúrgica, materno-infantil, centro de gastroenterologia, unidade de queimados e centro de monitorização e segurança, abrangendo 152.000 metros quadrados [57].

Um dos principais obstáculos a superar foi a falta de familiaridade e uso do BIM na região, o que exigiu o desenvolvimento de um centro de formação aprendendo o que é BIM e como utilizar o Autodesk Revit nos processos BIM.

Foi assim que conseguiram ver os resultados desta ferramenta por meio da velocidade de comparação do desenho e a modelação em 2D, obtendo valiosa informação do modelo capacitando a redução de desperdício de construção e deteção de erros dispendiosos com antecedência. Esta metodologia estabelece um novo padrão para a gestão de obras hospitalares.

O Hospital Aybar está atualmente em construção com uma data prevista para o seu término em finais deste mesmo ano, logo o modelo BIM do projeto será utilizado para gestão e manutenção do edifício [57]. Na Figura 28 é projetada a fachada desse novo hospital.



Figura 28 - Render do Novo Hospital Cardiovascular Luis Eduardo Aybar [61].

A biblioteca nacional da cidade de Sejjong (Coreia do Sul) foi planejada com o objetivo de se assemelhar a uma página de livro sendo virada, dando forma e geometria ligeiramente curvada, formando uma base e contorno, facilmente reconhecível como um dos prédios históricos da cidade. Devido a esta geometria o projeto do edifício foi realizado com BIM desde o início, sendo modelados os principais elementos estruturais como lajes, colunas e núcleos com a finalidade de avaliar a viabilidade na construção e de igual forma fornecendo soluções para a interoperabilidade na pré-construção entre várias disciplinas e fabricação de painéis e sistemas de paredes cortinas fundamentais para a geometria deste projeto [58]. A Figura 29 mostra o resultado do projeto.



Figura 29 - Biblioteca Nacional de Sejjong City [62].

4.1.2 Panorama Nacional

Em Portugal a utilização do BIM iniciou de forma lenta e tardia, na sua maior parte no projeto inicial, de forma a melhorar a eficiência, coordenação e execução da obra como refere Moura, H. [59] no inquérito realizado para os principais donos de empresas de obras públicas no ano 2003. Enfocado nas principais reclamações existentes durante o processo de construção, desta forma foi apresentado o primeiro estudo sobre a matéria a nível nacional do qual se pode concluir que a maior parte dos custos acrescidos derivam do aumento de prazos nas obras bem como por alterações diretas ou indiretas, erros e omissões. [59].

Seguidamente foi desenvolvido de forma mais profunda e detalhada outro estudo nesta área feito por Couto, J. [60], levando assim um inquérito a nível nacional no ano de 2006 onde se conferem as principais causas do incumprimento de prazos. Este estudo conseguiu obter 164 respostas de empreendedores, promotores, empresários, donos de obras, organismos públicos, empreiteiros, projetistas e outros. Tendo como resultado que a implementação da metodologia BIM por parte dos empreiteiros poderia contribuir para uma construção mais eficaz e produtiva reduzindo os pedidos de informação e recursos humanos utilizados [60].

Mais tarde, Vasconcelos, T. [61] de uma forma muito semelhante à descrita anteriormente, efetuou um estudo referente ao potencial de utilizar as ferramentas BIM no ano 2010, tendo como objetivo analisar e esclarecer dúvidas no sector. Assim procedeu à elaboração de um inquérito às principais empresas de Portugal, com a intenção de avaliar as principais causas dos desperdícios e atrasos resultantes num adicional em custos e prazos. De forma conclusiva este estudo revela que a implementação do BIM poderia mudar de forma contundente o processo de construção, podendo assim diminuir o número de recursos humanos utilizados através da diminuição do número de pedidos de informação, melhorando também a produtividade e eficácia na construção [61].

Pode-se ver o estudo desenvolvido por Venâncio, M. [62] um pequeno aumento na utilização da ferramenta BIM no sector da AEC para o ano de 2015, mas ainda numa fase embrionária como fica refletido nos resultados dos seus inquéritos, sendo que 47% das entidades não tem conhecimento do BIM, 85.2% acha importante ampliar seus conhecimentos do BIM e só uns 4% implementa este método. Fica como conclusão que ainda é necessário uma maior divulgação e formação onde possa ser demonstrado a qualidade do produto resultante desta metodologia [62].

Para fins de regular e dar apoio aos processos de implementação do BIM, foi criada uma Comissão Técnica (CT) 197 que é o *mirror committee* do CEN/TC442 e ISO/TC59 a qual é a entidade delegada do Instituto Português de Qualidade (IPQ) e coordenada pelo Organismo de Normalização Sectorial do Instituto Técnico de Lisboa (ONS/IST). A CT197 elaborou um

conjunto de normas, especificações e relatórios destinados a definir, implementar e monitorizar o BIM e todo o referente ao mesmo. Assim pode-se mencionar alguns dos principais objetivos desta CEN/TC442 de Normalização BIM [63]:

- No que toca à normalização é a encarregue de coordenar as iniciativas BIM europeias;
- Fomentar uma construção mais sustentável, tendo em conta o ciclo de vida dos empreendimentos;
- Para o setor da construção europeia, contribuir no aumento da competitividade;
- Mapear processos e trocas de informação na área da construção para efeito de potenciar o trabalho colaborativo;
- Orientar o desenvolvimento de taxonomias integradas na área da construção;
- Aumentar a interoperabilidade e inovação tecnológica do setor;
- Definir *guidelines* a nível europeu para a implementação do BIM;
- Investigar e desenvolver o âmbito do BIM estabelecendo uma base comum.

Para um melhor acompanhamento, planeamento e organização dos trabalhos, o CEN/TC442 é dividido em quatro subcomissões [63]:

1. Plano de Ação e Maturidade;
2. Trocas e Requisitos de Informação;
3. Metodologias BIM;
4. Modelação e Objetos BIM.

A CT197 já disponibilizou, a partir do ano 2017 alguns documentos para as empresas no âmbito do BIM como a Guia de Contratação BIM, o Plano de Ação CT197 e a Visão 2020 CT197.

No panorama nacional foi criado o Congresso PTBIM com o objetivo de promover um fórum técnico-científico, envolvendo a participação de investigadores e empresas no âmbito de Arquitetura e Engenharia e Construção que incorporam práticas BIM nas suas atividades como no projeto, a gestão de obras ou a gestão de ativos, dando a esta metodologia o papel de interoperabilidade entre sistemas. Estes congressos são organizados de dois em dois anos somando a tecnologia existente (hardware e software) com as novas especificações e novas gerações de técnicos [64].

Como já foi referido o BIM também pode ser utilizado como ferramenta para gerir o ciclo de vida de qualquer edifício independentemente da fase em que esta se encontre. Assim o Instituto Superior Técnico desenvolveu um modelo estrutural em BIM para o Palácio Nacional de Sintra para avaliar a segurança sísmica do Palácio, identificando anomalias estruturais e fatores de vulnerabilidade que possam pôr em causa a sua conservação e segurança das pessoas [65].

Para o desenvolvimento deste modelo em BIM com base em levantamentos *Laser Scanning* foi criada uma equipa multidisciplinar do Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Georrecursos para gerir a informação e prestar apoio aos projetos, obras e manutenção do património. O estudo compreende levantamentos estruturais detalhados e pormenorizados, inspeções e ensaios experimentais *in situ* [65].

A modelação em BIM reúne e integra a informação existente em iconografias, documentos escritos de diferentes épocas, peças desenhadas de topografia e de arquitetura que vão ser complementados com o já referido levantamento por *Laser Scanning* e por fotometria *Drone*, dando origem a uma nuvem de pontos sendo esta a base de dados utilizada para o modelo [66]. Na Figura 30 são ilustradas as diferentes etapas no desenvolvimento do modelo com as diversas informações.



Figura 30 - Etapas de desenvolvimento do modelo BIM [66].

No final de 2017 foram assinados os protocolos de desenvolvimento do modelo estrutural, tendo em conta para o palácio, quatro tipos principais de elementos BIM: paredes, tetos, pisos e telhado e complementados por portas, janelas e escadas. Como resultado disto é possível ver o modelo estrutural detalhado na Figura 31 da representação geométrica obtida da Ala Manuelina do Palácio Nacional de Sintra, a qual é adequada para avaliação sísmica, seguimento de vulnerabilidades e criação de eventuais estratégias de reforço e reabilitação no futuro [66].

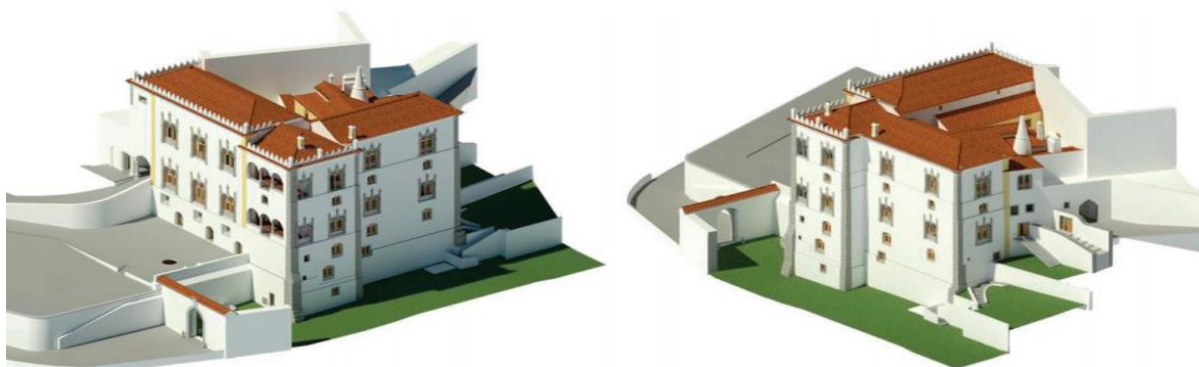


Figura 31 - Modelo BIM da Ala Manuelina do Palácio Nacional de Sintra [66].

No mesmo âmbito da reabilitação e recuperação de edifícios e estruturas antigas que tem implementado a metodologia BIM encontra-se em Vila nova de Gaia um complexo fabril do séc. XIX, conhecido como a Companhia de Fiação de Crestuma (CFC), conformado por uma série de edifícios como o Antigo Posto Médico e a Casa do Médico.

O Antigo Posto Médico com uma área bruta de construção de 235 m² é constituído por um corpo retangular com abertura abobadada, com uma cúpula redonda ponteadada, o edifício encontra-se devoluto com diversas patologias acentuadas devido a infiltração de água e movimentos dos elementos estruturais. Foi executado um levantamento pelo método *Laser Scanning* que facilita notavelmente a consulta de dados métricos extraordinariamente rigorosos, bem como uma inventariação da inspeção e diagnóstico que foi recopilado no modelo BIM servindo como base para a coordenação dos diferentes projetos envolvidos como os de arquitetura e especialidades como na Figura 32 é possível apreciar [67].



Figura 32 - Antigo Posto Médico, levantamento, modelo BIM e base do Projeto de Execução (adaptado de [29]).

A Casa do Médico com uma área bruta de construção de 482 m² é constituído por um corpo principal com uma planta retangular, com uma cobertura de duas águas e uma torre de planta quadrada com cobertura a quatro águas, o edifício encontra-se destelhado com patologias graves pela infiltração de água e devido a um grande incêndio que agravou o estado de conservação da estrutura. Sendo adotada a mesma metodologia apresentada no Antigo Posto Médico, como é descrita na Figura 33 o modelo 3D do BIM serve para coordenar e compatibilizar as diversas especialidades envolvidas no projeto introduzindo as novas infraestruturas as já existentes antecipando incompatibilidades e soluções para distintos requisitos técnicos [67].



Figura 33 - Casa do Médico, levantamento, modelo BIM e modelo de Especialidades (adaptado de [29]).

É usual que num património existente haja uma desatualização ou inexistência de cadastros por ineficiência no plano de gestão e manutenção. Devido a isto, em Ílhavo no distrito de Aveiro o BIM está a ser aplicado como uma ferramenta de apoio para a gestão, manutenção e conservação de um edifício com valor patrimonial daquela região, a Casa Santo António construída da década de 30 do século XX, com uma área aproximada de 450m² composta por dois pisos e um sótão, paredes resistentes de alvenaria de tijolo vazado assentes em fundações continua de betão pobre, a cobertura inclinada é constituída por uma estrutura de madeira e revestida de telha cerâmica. O modelo BIM desenvolvido para esta estrutura possui um nível de detalhe intermédio, classificado como LOD200, desenvolvendo um modelo de arquitetura e estruturas existente respeitando rigorosamente os materiais, dimensões e estados como é possível ver na Figura 34. Neste caso foi necessário criar famílias específicas de objetos isolados devido à sua complexidade [68].



Figura 34 - Modelação em 3D da Casa Santo António e objetos que a constituem (adaptado de [68]).

O modelo em 3D foi “preenchido” com toda a informação existente para garantir o correto estado geométrico e paramétrico. O *software* Revit não foi concebido de forma específica para a gestão de património histórico, pelo que foi necessário a introdução dos parâmetros diretamente ligados à gestão/manutenção, para poder armazenar a informação necessária para consulta dos respetivos gestores e intervenientes, como mostra a Figura 35.

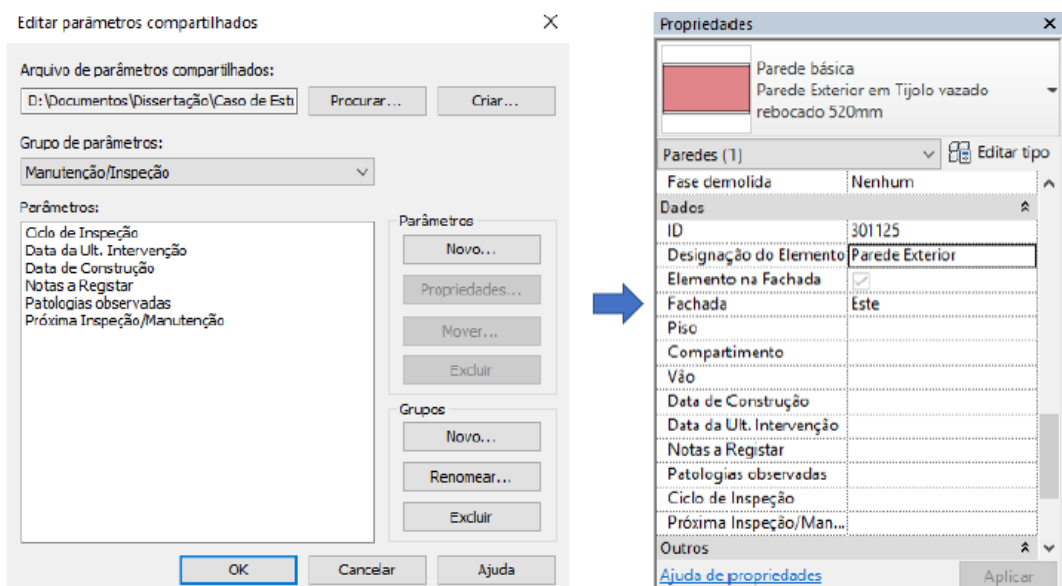


Figura 35 - Criação de Shared Parameters (adaptado de [68]).

Cabe destacar que a funcionalidade e eficácia deste sistema depende da quantidade e qualidade da informação associada. Neste projeto foi desenvolvido o modelo 3D em BIM, uma base de dados do projeto contendo pormenores de manutenção e gestão dos elementos, e foi desenvolvido um sistema de integração e interação de forma a facilitar a interoperatividade [68].

4.2 Exemplos de modelação BIM de Edifícios de serviços existentes

Existem diversos exemplos da implementação do BIM na atualidade, como foi descrito na Secção 4.1.2, não só em edifícios de habitação como em edifícios históricos ou emblemáticos, assim como em edifícios de serviço. Nesta seção são abordados exemplos de edifícios já existentes, onde foi implementado a metodologia BIM, de forma a ter um modelo realista e atualizado do existente, podendo ser utilizado para gestão e manutenção assim como eficiência energética, fácil deteção de patologias, entre outras finalidades.

4.2.1 Exemplo 1

Um desses exemplos é um dos edifícios da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP-G) o qual foi modelado em 3D, (ver Figura 36), de forma a caracterizar o estado atual do edifício e de uma melhor gestão do mesmo abordando o BIM-FM.

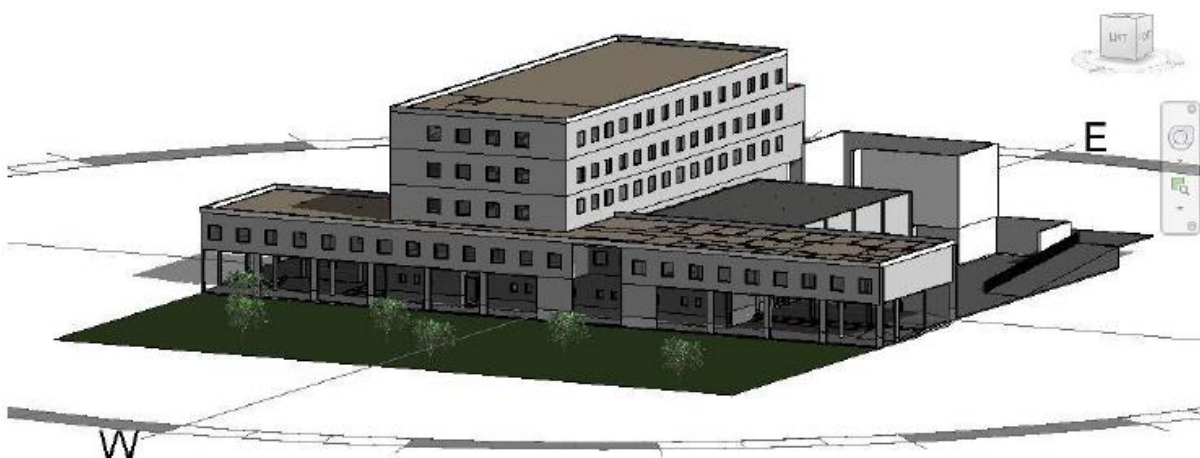


Figura 36 - Modelo 3D do edifício do FEUP-G [69].

No que refere à modelação, foi representado ao nível arquitetónico, adicionando vários tipos de elementos de diferentes famílias de modo a criar uma lista diversa de ativos dando preferência aos mais relevantes para sua manutenção, tais como [69]:

- Elementos arquitetónicos: janelas, portas, escadas, jardins;
- Equipamento de proteção de incêndio: cabines de mangueira para combate de incêndio e sensores de fumo, *sprinklers*;
- Equipamentos mecânicos: elevadores, ar-condicionado, radiadores;

- Equipamentos elétricos: quadros elétricos, monitores de computador, candeeiros e leitores de cartão;
- Equipamentos mobiliários: mesas e estantes, cadeiras;
- Equipamentos sanitários: urinóis, sanitas, lavatórios e esquentador.

Para estes equipamentos a instalar foi utilizado o nível máximo de detalhe, LOD500, refletindo o modelo *as-built*, o qual descreve o resultado final da construção tal e como foi executada, como se mostra na Figura 37.

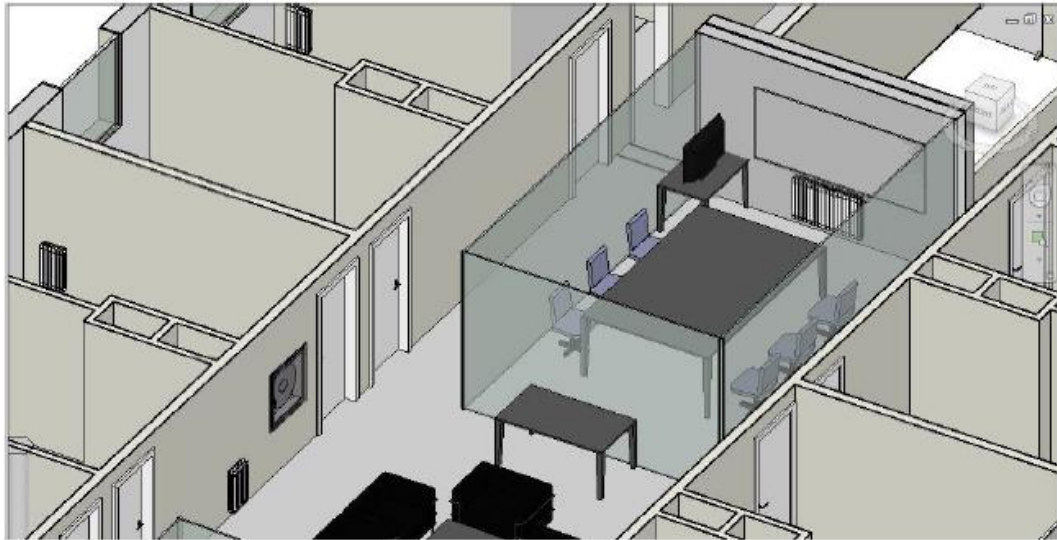


Figura 37 - Elementos arquitetónicos e equipamentos integrados no modelo 3D [69].

Além de obter a representação tridimensional e detalhada do edifício, as informações foram refletidas nas folhas de cálculo COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*) sendo esta uma ferramenta de suporte ao BIM-FM com um formato livre onde se encontra toda a informação não geométrica criada ao longo do projeto, facilitando reunir a informação, organizar e utilizar a mesma para a gestão e manutenção [69].

4.2.2 Exemplo 2

Seguindo o exemplo da importância da modelação BIM dos edifícios já existentes e a versatilidade desta ferramenta, o Instituto Politécnico de Leiria (IPLeiria) utilizou esta metodologia para a gestão da manutenção das infraestruturas da Escola Superior de Saúde (ESSLei), (Figura 38), tendo o edifício uma área bruta de aproximadamente 5000m². A modelação foi feita a partir da recolha de informação vetorial (DWG), do cadastro existente do edifício correspondente ao construído, dividindo em diversas etapas a criação do edifício [70]:

- Definição da cota de soleira e restantes pisos;
- Importação de arquivos em formato DWG, desenhos CAD;

- Criação da plataforma de construção e modificação das curvas de nível, topografia do terreno;
- Criação, edição e inserção de pavimentos e tetos falsos e coberturas;
- Criação, edição e inserção de paredes e escadas;
- Criação edição e inserção de componentes, consultando a informação contida nos objetos paramétricos que o caracterizam, seja criada ou importada;
- Pormenores elementos de anotação.



Figura 38 - Modelo 3D da ESSLei [70].

O nível de desenvolvimento considerado para o edifício foi o LOD 500 visto que implica um grau de detalhe considerável para a gestão e manutenção, desta forma os elementos contêm informação das suas características específicas como o fabricante, manual de instalação, tipo de material, dimensões, tipo de ligação, entre outras, como mostra a Figura 39. Podendo os objetos ser importados, a partir de um sítio da internet, do próprio fabricante, disponibilizando informação específica das componentes [70].

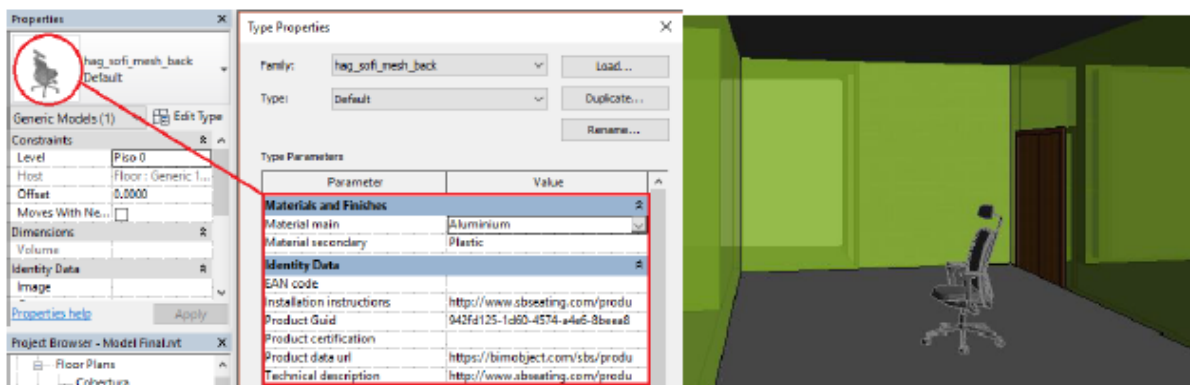


Figura 39 - Dados paramétricos de um elemento [70].

Neste modelo foi abordado o 6D/7D BIM como aplicação à gestão e manutenção com interoperabilidade em ferramenta de GMAC (Gestão de Manutenção Assistida por Computador) a qual se serve da partilha colaborativa de informação recolhida durante a

modelação do edifício. Foi utilizada a *plug-in* Dynamo, o qual é uma ferramenta gráfica que possibilita a modelação de forma visual e lógica dos dados BIM.

4.2.3 Exemplo 3

Visto a aproveitar o modelo 3D já criado com metodologia BIM surge um estudo posterior em relação ao mesmo edifício da ESSLei do Instituto Politécnico de Leiria, com a finalidade de avaliar a simulação do desempenho energético neste ambiente e parâmetros correspondentes, efetuando diversas análises e comparativas de diferentes ferramentas e integrando os resultados obtidos com simuladores energéticos em ambiente BIM. Este tipo de estudo surge da crescente preocupação ambiental e da versatilidade desta metodologia implementada trazendo grandes benefícios na credibilidade dos resultados obtidos e a rapidez de análise [71].

Neste estudo foi utilizado um plugin de análise energética com o nome de Energy Analysis o qual conecta diretamente com o Green Building Studio (GBS), de forma a obter em cada simulação realizada o consumo anual total de energia do edifício, que foi comparado com os valores obtidos a partir de dados de uma auditoria energética, o que permitiu a calibração do modelo à realidade e a sua validação. Mediante esta simulação foi possível saber o consumo de energia e avaliar as emissões de gases de efeito de estufa produzidos [71].

A este modelo foram introduzidas informações correspondentes com a localização e orientação do edifício, como é possível identificar na Figura 40, cargas reais das zonas térmicas, definição do perfil de operação, caracterização do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC) e configurações de energia, obtendo um modelo que representa as características reais da edificação o mais fiel possível.

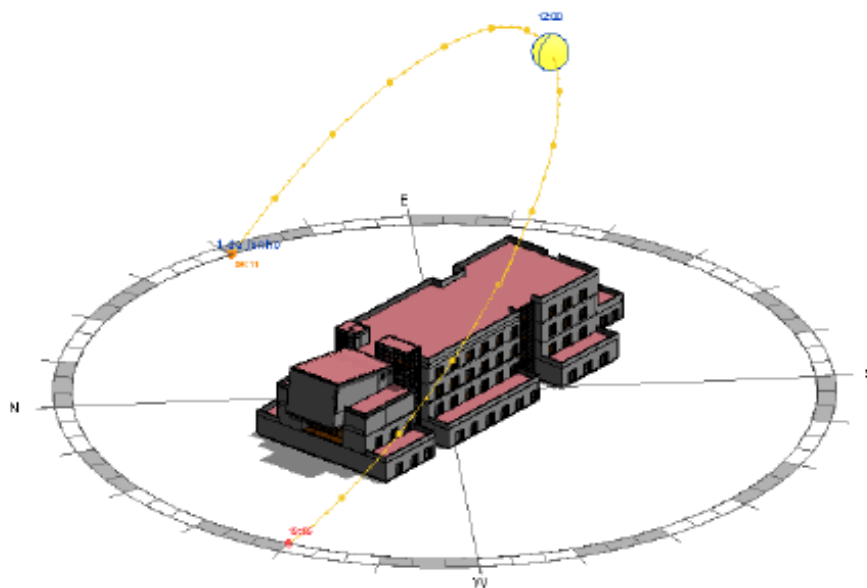


Figura 40 - Orientação Real da ESSLei [70].

Este tipo de simulação de energia de uma construção mede o uso de energia esperado, tanto de eletricidade como de combustível, tomando como base a geometria da construção, o clima na sua localização, o tipo de construção, as propriedades da envolvente, o AVAC e iluminação existentes, considerando as interdependências da construção como um sistema completo [71]. Podendo ver o resultado deste estudo na Figura 41 sendo o modelo energético em 3D visualizado no Revit.



Figura 41 - Modelo Energético do Edifício.

4.2.4 Exemplo 4

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro desenvolveu um modelo BIM do mesmo, (Figura 42). Através da interoperabilidade entre programas Revit, Dynamo e Excel foi criada uma metodologia bidirecional que permite o rápido e fácil acesso a toda a informação, facilitando a gestão e manutenção assim como a inclusão de novos elementos durante o ciclo de vida.

O Dynamo é um software de programação visual que permite ligar vários elementos para definir a relação e sequência de ações que compõem um determinado algoritmo, facilitando a obtenção, manipulação e extração de informação [72].



Figura 42 - Modelo BIM do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro [72].

O edifício modelado conta com uma área de implantação aproximada de 1600m² composta por três pisos, uma cave e fundações de estacas moldadas sendo esta última zona concebida

com de betão armado e os pisos elevados apresentam uma solução mista (pórticos metálicos e lajes pré-fabricadas) [72].

No caso de estudo mencionado foi criado o modelo de arquitetura e modelo estrutural com recurso ao software Revit, partindo da criação e edição de famílias de objetos e suas componentes desde elementos simples a mais complexos. Um exemplo disto é o modelo estrutural, já que os maciços de encabeçamento de estacas foram criados de raiz, criando diferentes famílias que divergem no número de estacas e dentro de cada família estão divididas em variações geométricas do maciço [72]. A modelação estrutural compreende as estruturas de betão, as fundações, paredes e rampas de acesso como mostra a Figura 43.

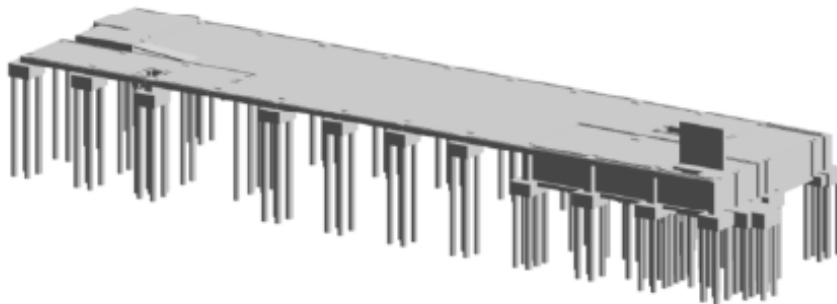


Figura 43 - Estrutura de betão do edifício [72].

A estrutura metálica, composta por vigas e pilares, é contraventada na direção perpendicular aos pórticos. De forma a garantir a estabilidade vertical o primeiro piso conta com cabos pois encontra-se na sua maioria suspenso como é visível na Figura 44.

A nível da arquitetura foram modeladas as paredes interiores, portas e vãos envidraçados, tal como representada na Figura 45. Ainda foi modelada nesta fase a cobertura com uma inclinação de duas vertentes.

Logo após a modelação arquitetónica e estrutural do edifício, foram aplicadas as texturas e materiais adequados, assim como também início a classificação dos espaços segundo a norma OmniClass, permitindo a organizar a informação de forma a identificar quais elementos a intervir.



Figura 44 - Estrutura metálica do edifício [72].



Figura 45 - Arquitetura do piso 1 com diversas componentes [72].

Para implementar o plano de manutenção foi avaliado o estado atual do edifício e criada uma tabela com informações de: elemento fonte de manutenção, designação, localização, ação, datas de intervenção, prioridade e custo. Esta informação aplicando a metodologia BIM é inserida em cada elemento necessário criando uma base de dados para uma gestão eficiente durante o período de vida útil da construção [72].

No caso de estudo foi utilizada uma metodologia bidirecional entre os softwares Revit, Dynamo e Excel. A grande vantagem é poder utilizar esta informação no Revit ou Excel, e atualizando estas tabelas de dados, o modelo fica automaticamente atualizado com a informação introduzida em cada um dos objetos individualmente e sem perdas de informação ou incoerências. Possibilitando também a gestão de elementos de maior complexidade e que requerem uma manutenção mais específica e detalhada.

4.2.5 Exemplo 5

No âmbito de modelação BIM para edifícios de serviços encontra-se em Amarante a Piscina Municipal de Vila Meã que foi concebida no 2005 e inaugurada no 2007, com uma área bruta de 3611.61 m², com três pisos constituído por: no piso -1 galerias técnicas (tubagens e equipamento), no piso 0 zona de utilização (piscinas, balneários, casas de banho, entre outros) e no piso 1 bancadas e compartimentos de direção e administração do edifício.

A modelação do edifício foi feita em dois modelos, um para a especialidade de arquitetura e o segundo modelo para a especialidades do MEP sendo o software utilizado o Revit e adotando um LOD 500 que é o nível de detalhe máximo, modelado *as-built* seguindo fielmente a realidade quanto ao tamanho, localização, orientação, forma, quantidade e com informações não geométricas ligadas aos elementos [73].

O resultado do modelo arquitetónico mostra-se na Figura 46 representando uma das vistas exteriores do edifício existente na localidade de Vila Meã.

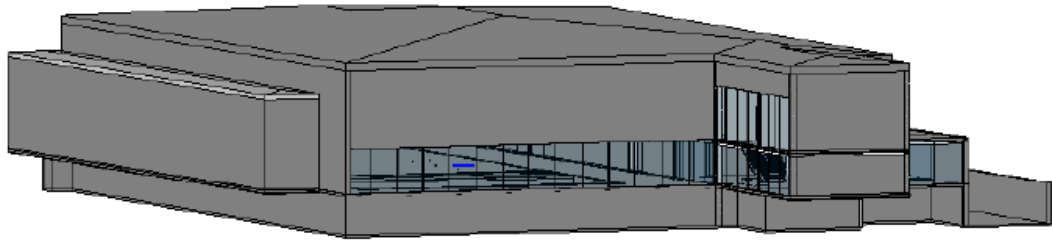


Figura 46 - Vista em 3D do Modelo de Arquitetura da Piscina Municipal de Vila Meã [73].

Para o modelo de arquitetura foram utilizadas as plantas disponibilizadas e importadas do software Autocad em formato DWG para o software Revit, criando as portas, janelas, paredes, telhado entre outros, a Figura 47 é um exemplo do modelo arquitetônico do piso 0 em que seguidamente foram identificados os espaços físicos e as suas divisões, respetivamente para cada piso de forma a relacionar, definir e constituir com características mais específicas da funcionalidade do espaço e atribuir a localização automática dos equipamentos que o edifício possui.

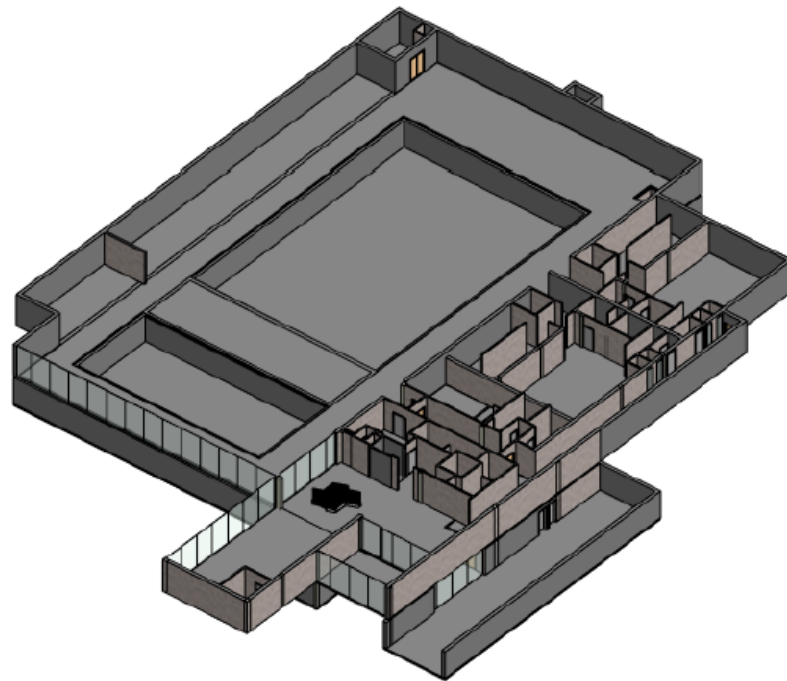


Figura 47 - Vista em 3D do piso 0 [73].

Enquanto ao modelo de MEP foram utilizadas as informações fornecidas referentes ao posicionamento do equipamento e tubagens das diferentes especialidades: abastecimento de água, tratamento de água, AVAC hidráulico e AVAC de condutas de ar.

Estes equipamentos com características específicas levou a adaptar famílias existentes na biblioteca que os representem completando as propriedades do produto alcançando o objetivo de constituir o modelo como é representado na Figura 48, o qual mostra o sistema AVAC

Hidráulico e condutas de ar, representado o desumidificador, unidade de tratamento de ar novo, caldeiras, permutadores de calor, acumulador de calor, eletrobombas de circulação, grelhas de insuflação, grelhas de exaustão, grelhas do pavimento, e as respetivas condutas de ar e tubagens [73].

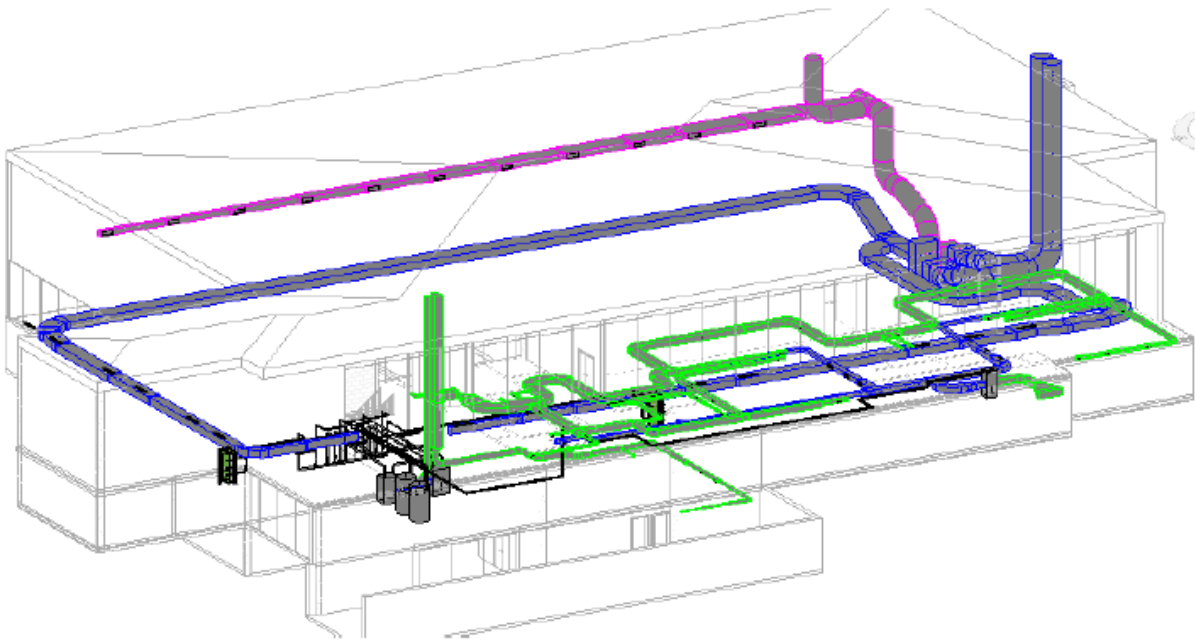


Figura 48 - Modelo MPE AVAC da Piscina de Vila Meã [73].

Para a parte de gestão e manutenção foi utilizado o software Archibus que permite integrar as funções básicas de gestão de imóveis, constituída por gestão de ativos, espaços, inventário e operações. A interligação e exportação de informação entre os programas Revit – Archibus ocorre sem grandes dificuldades, de uma forma muito integrada e simples, permitindo a definição de todos os elementos próprios à informação que constituíam os equipamentos e processos de manutenção preventiva, peças utilizadas, funcionários e profissionais encarregados de executar as tarifas [73].

4.2.6 Exemplo 6

Nas diversas implementações da metodologia BIM em Vila Nova de Gaia encontra-se um edifício de serviços no qual foi analisada a possibilidade de ser um Edifício com Necessidades Quase Nulas de Energia (NZEB). O Edifício é composto por 6 pisos dos quais um é subterrâneo, tendo uma área bruta de 3614 m², podendo separar-se em 2 blocos com idades diferentes independentes um do outro com exceção do piso térreo que liga os mesmos.

O piso -1 conta com 2 caves distintas sem ligação entre elas, tendo como fim salas de arquivo, áreas técnicas, armazém, balneário e estacionamento automóvel. O piso 0 é dividido entre a utilização administrativa e armazém sendo este o maior piso do edifício. Do piso 0 ao piso 4

as áreas ficam gradualmente mais pequenas, o piso 1 dedicado a funções administrativas, os seguintes pisos só existem em um dos blocos sendo que o piso 2 contem mais gabinetes, no piso 3 encontra-se uma sala de reuniões com um terraço e o piso 4 destinado a uso técnico [74].

A modelação em 3D foi realizada através do software Revit como é possível ver na Figura 49, mantendo as características físicas da envolvente as quais vêm enunciadas no certificado energético. De forma a proporcionar um aspeto mais realista ao modelo foram escolhidos os materiais de acabamento em concordância com os existentes no edifício. Para alguns elementos existentes foi necessário criar um novo elemento, e adicionar as famílias da biblioteca do Revit, exemplo disto foram as janelas da fachada frontal, visto ser um elemento muito característico do edifício.



Figura 49 - Modelo 3D do Edifício realizado no Revit [74].

Neste exemplo é possível ressaltar que o software Revit possui um simulador energético, esta ferramenta suportada pela Autodesk Green Building Studio, no qual é possível estimar os custos de utilização de um edifício. Foram utilizadas as ferramentas de EnergyPlus e Insight 360, para visualizar a radiação solar sobre as superfícies do edifício e produção fotovoltaica, fazendo uma análise de iluminação, e calcular as cargas dinâmicas de aquecimento e arrefecimento nos diversos espaços, obtendo o desempenho do edifício em custos de energia por unidade de superfície [74].

Para possibilitar a simulação energética foram criados espaços analíticos no modelo onde a soma de todos os espaços totaliza uma área útil de 2718m². Na criação do modelo energético houve uma tentativa rigorosa de manter as características enunciadas no Certificado Energético e demais fontes de informação, como peças e plantas desenhadas e visitas ao

local. Os resultados de energia através de células fotovoltaicas foram obtidos por simulação na ferramenta do Insiighth360 – Revit, ver Figura 50.

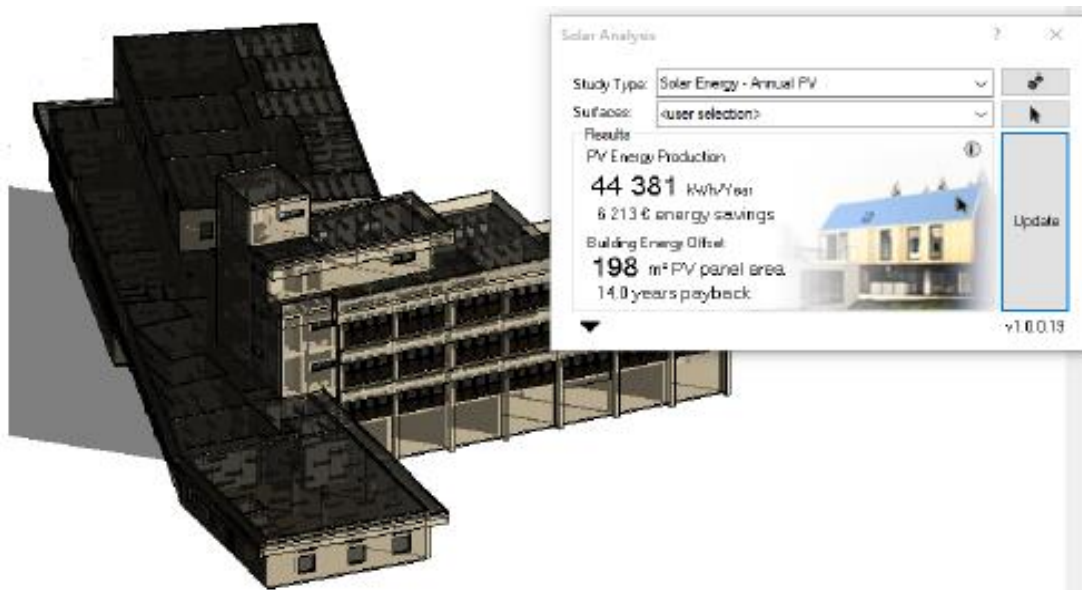


Figura 50 - Resultado da modelação Insiighth360 – Revit [74].

4.2.7 Exemplo 7

O Complexo de Piscinas de Campanhã tem a única piscina olímpica da cidade do Porto, com uma área útil de construção de 3957m². O edifício é constituído por dois andares onde no piso -1 se localiza a galeria técnica, a piscina, os balneários e salas de apoio, e no piso 0 encontra-se a receção, ginásio, bar, zona de convívio e sala de boxe. Foi modelado em BIM com vista à gestão e manutenção do edifício, a modelação foi dividida em três modelos de arquitetura e especialidades (arquitetura, rede de tratamento de águas e AVAC) contando com um LOD 500 com o máximo de detalhe, ver figura 51. Com base nas plantas do edifício fornecidas em formato DWG e algumas visitas foram criadas as lajes, vigas, pilares e outros elementos essenciais, sendo preciso posteriormente completar as informações para a iteração com o software FM, categorizando os espaços de acordo a sua utilização [75].

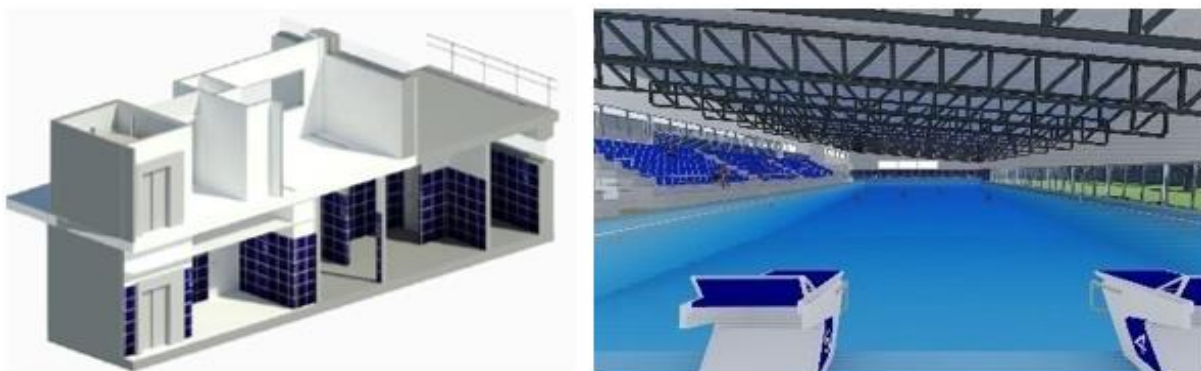


Figura 51 - Render da secção dos elevadores e da piscina (adaptado de [75]).

Para os modelos das especialidades foi necessário criar algumas famílias utilizando informações recolhidas já que as existentes não possuem os parâmetros necessários ou especificações do projeto, por ser constituídas por equipamentos muito específicos, mesmo que algumas marcas disponibilizem uma biblioteca dos seus equipamentos [75].

À parte dos equipamentos também foi feita a modelação da rede de ligação entre os mesmos, tendo em conta a colocação dos conectores, visto que as instalações mecânicas e elétricas necessitam uma correta ligação aos tubos, cabos e fios para obter um sistema como mostra a Figura 52.

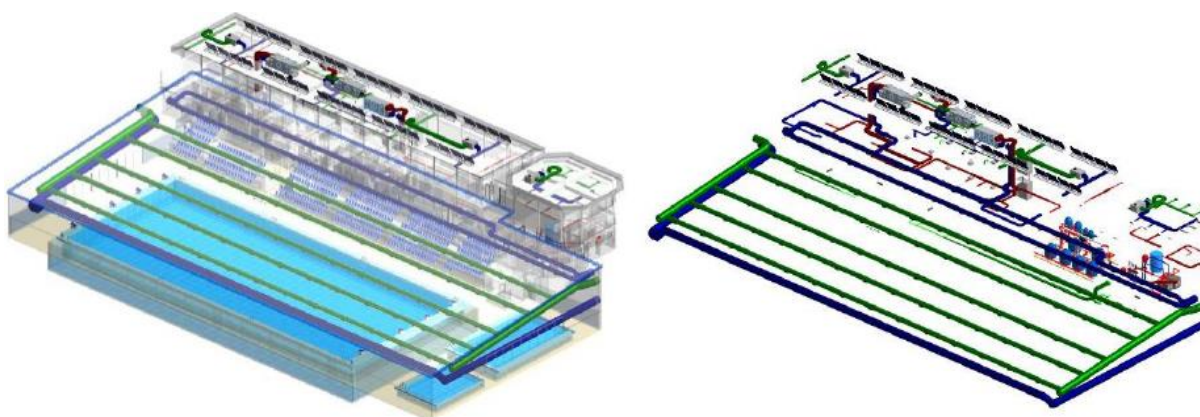


Figura 52 - Modelo de projeto mecânico e hidráulico [75].

Para o BIM-FM foi utilizado o software de Archibus o qual permite através de um *add-in* a iteração bidirecional entre Revit - Archibus, aumentando as ferramentas do software Revit para a gestão de dados e informações associadas do edifício e do que o constitui.

4.2.8 Exemplo 8

Outro caso de estudo é um edifício da Universidade do Minho referente à modelação BIM e seu uso para a gestão e manutenção de um edifício para espaços multiusos. O edifício é composto por 3 pisos, com 4 zonas destinada a escritório, uma zona de alimentação (um café e restaurante), um supermercado, 22 lojas, 18 divisões sanitárias, zonas técnicas/armazéns e espaços exteriores com é descrito na Figura 53.

O estudo foi focado na área do supermercado com 1028 m², a vermelho na Figura 58, dividido em sala de segurança, instalações sanitárias públicas, receção, esplanada interior, cafetaria e refeitório, churrasqueira, peixaria, armazém/frigorífico, instalações sanitárias para funcionários, área técnica e sala do quadro, escritório, armazém/área verde e a zona das caixas registadoras [76].

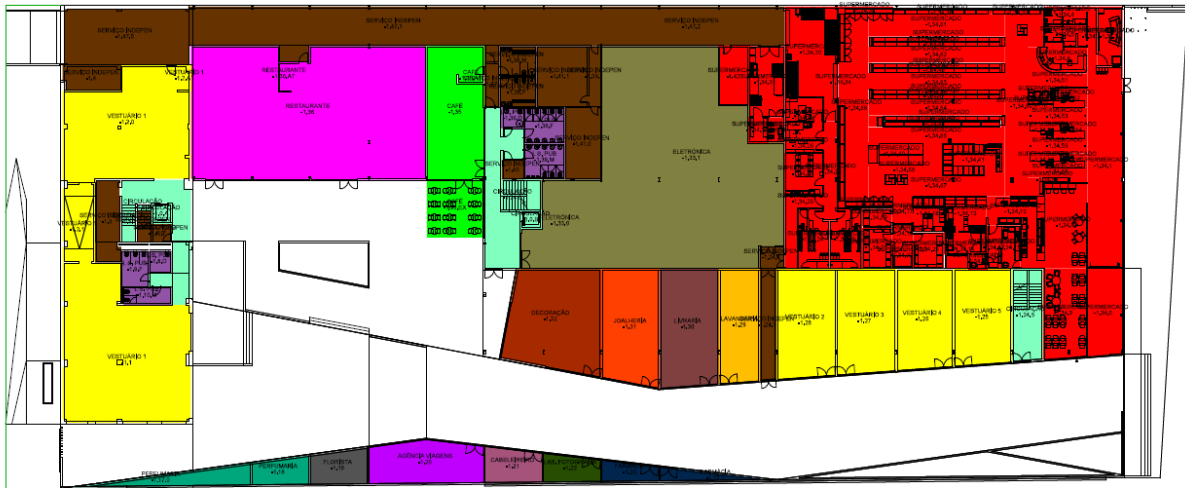


Figura 53 - Planta de distribuição de espaços do edifício [76].

A recolha de dados começou com a informação em formato digital, como as plantas CAD para estrutura, e tudo o que estiver relacionado com o equipamento, como as fichas técnicas, manuais, garantias. Na modelação foi realizada só o modelo de arquitetura de forma a simplificar, depois foi feita a colocação da mobília e equipamentos na zona do supermercado recorrendo a vários *websites*, ver Figura 54, de fabricantes e modelações, de forma a obter um modelo o mais parecido à realidade com ativos como caixas registadoras, bancas, computadores, instalações sanitárias [76].

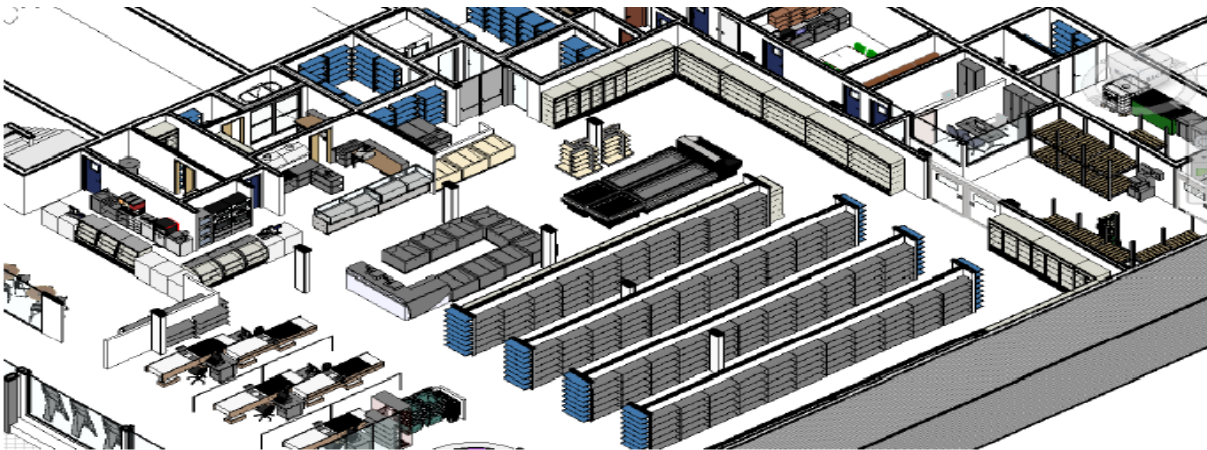


Figura 54 - Modelo 3D do supermercado com todos os elementos componentes inseridos [76].

Relativamente aos softwares Archibus e Revit permitem o fácil acesso a informação e documentos de todos os elementos que conformam o modelo BIM, como a sua localização, o fabricante, o modelo, o número de série, foto do equipamento, tempo de vida útil e código do equipamento, um exemplo disto é mostrado na Figura 55, exemplificando um equipamento presente tanto no modelo Revit como na lista de equipamentos do Archibus [76]. Cabe destacar que quanto mais informação seja adicionada aos elementos melhor será gestão dos mesmos.

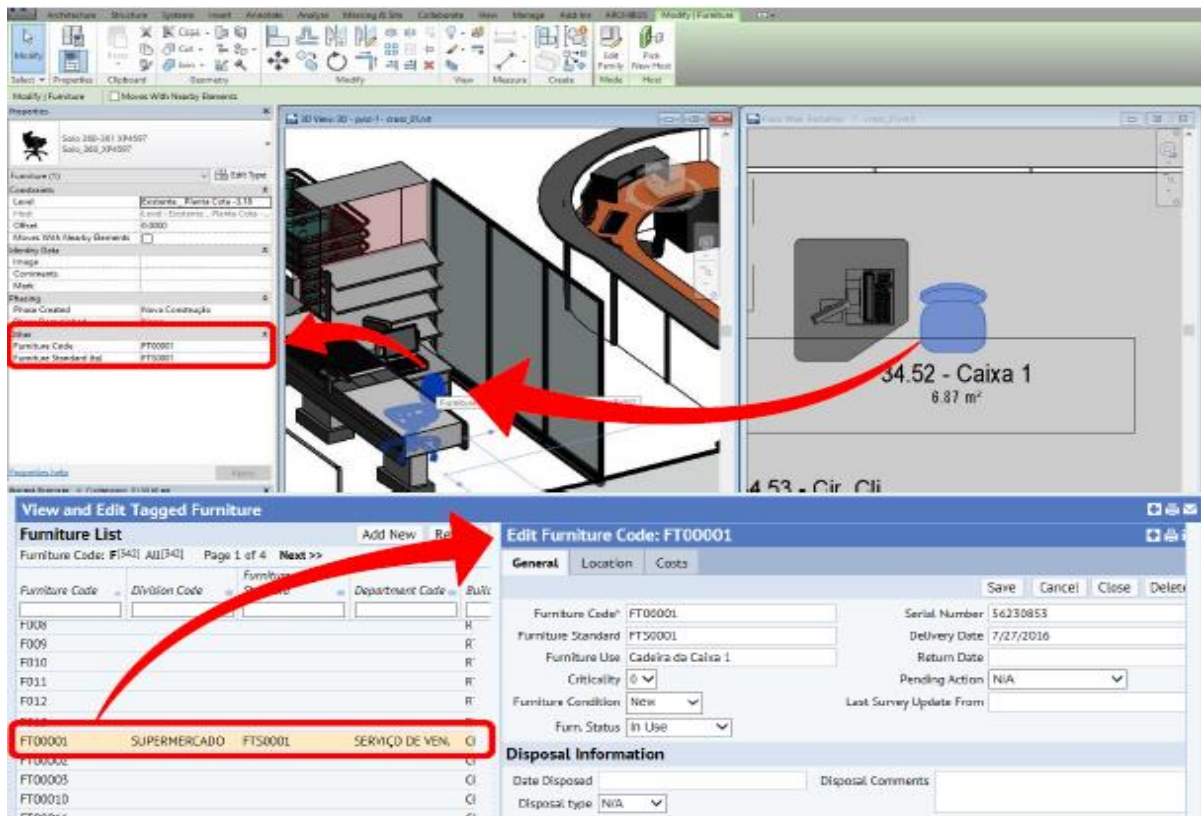


Figura 55 - Mobília representada em Revit e informação do Archibus [76].

4.2.9 Exemplo 9

O próximo exemplo é situado no concelho de Cascais, distrito de Lisboa, um edifício com 1544m² de área de construção bruta concebida para comércio e serviços. O edifício é constituído por dois corpos, o bloco Oeste possui balneários, duas salas polivalentes, quatro lojas e um restaurante no piso superior e o bloco restante conta com um gabinete médico, salas de convívio e de refeição na cave e três salas administrativas no piso superior [77]. Foi criado 1 modelo BIM de cada especialidade e o protótipo, o qual junta todos. Os modelos criados foram implantação, arquitetura, estabilidade, águas prediais, águas residuais domésticas, águas pluviais, segurança contra incêndios em edifícios, gás natural, AVAC e iluminação.

Estes modelos foram criados segundo o LOD 200, importando plantas base no formato DWG de forma a manter um maior rigor ao existente sendo os mesmos georreferenciados. Foi necessária a criação de novas famílias de objetos como equipamentos sanitários, grelhas de escoamento, caixas de visitas entre outras [77].

No modelo de arquitetura, foram representados através de aberturas nas paredes e na cobertura, os vãos envidraçados e os opacos, devido a não ter grande relevância para o estudo. De igual foram omitidos os equipamentos de mobiliário como mostra a Figura 56, na qual também é representado o modelo de estabilidade sendo esta uma estrutura de pórticos

e lajes maciças de betão armado com uma escada e paredes exteriores, representando assim todos os elementos estruturais [77].

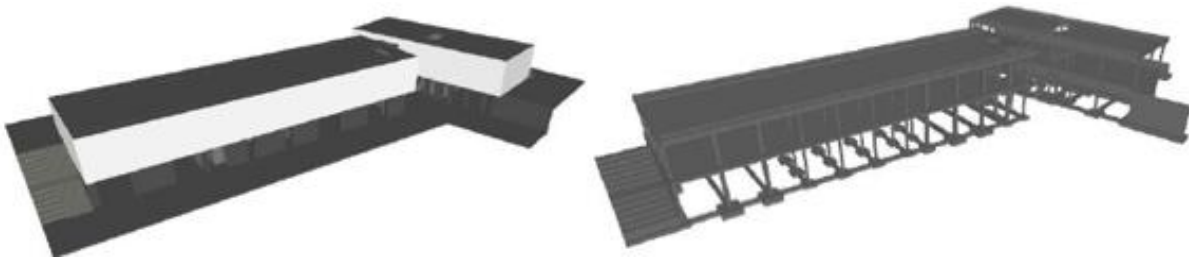


Figura 56 - Modelo de Arquitetura e Estabilidade (adaptado de [77]).

No respetivo modelo de Águas Prediais, foram representadas 6 redes independentes, ligações desde a bateria de contadores até aos equipamentos nas diversas frações, sendo que o balneário, a sala de refeições e o restaurante possuem um sistema de águas quentes (caldeira, termoacumulador ou um sistema solar térmico).

De igual forma foi representado a especialidade de Segurança Contra Incêndios considerando a instalação de tubagens nas paredes e em algumas zonas do teto falso. O modelo de Águas Residuais Domésticas contém os equipamentos sanitários, caixas de visitas e tubagens, grelhas de escoamento, ralos de pavimento, bocas de limpeza e foram incluídos os coletores, ramais de ligação e tubos de queda [77]. Na Figura 57 são representados alguns dos modelos parciais das especialidades.



Figura 57 - De cima para baixo temos os Modelos de Rede de Águas Prediais, Rede de Águas Residuais Domésticas, Rede de Águas Pluviais, Modelo AVAC (adaptado de [77]).

No modelo final, ver Figura 58, foi representado o resultado da combinação dos modelos parciais desenvolvidos realizando uma análise de incompatibilidade entre os projetos de especialidades demonstrando uma vez mais a versatilidade da utilização do BIM na modelação, inclusão de informação e interoperabilidade. Para a deteção de colisões nas especialidades foi utilizado a ferramenta Clash Detective do software Navisworks.

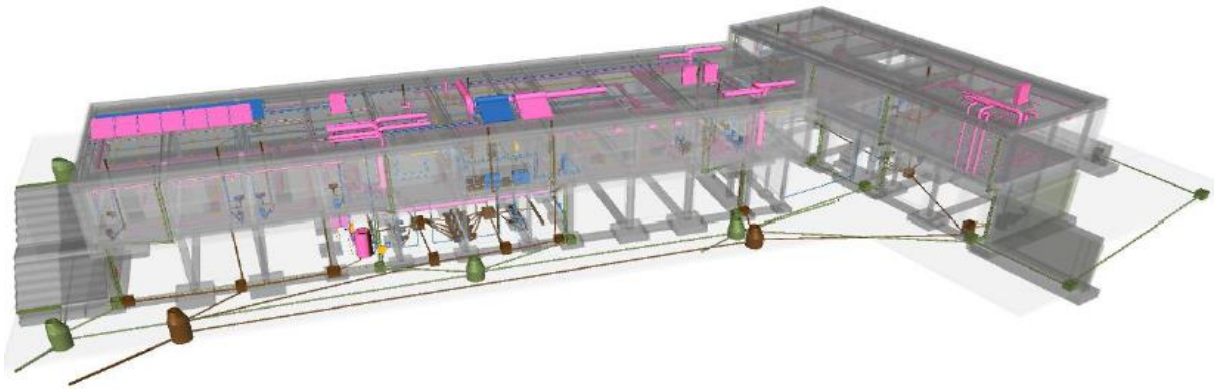


Figura 58 - Combinação de Modelos Parciais realizados no Revit

4.2.10 Exemplo 10

Como último exemplo de modelação BIM é abordado um edifício localizado em Viana do Castelo. A escola foi construída no ano 1984 e é composta por três pisos que por sua vez são constituídos por salas, instalações sanitárias e arrumos. Foram criados novos objetos por adaptação dos objetos paramétricos existentes na biblioteca do Revit, como tetos, paredes, portas e janelas, entre outros elementos. Relativamente ao equipamento como cadeiras, sofás, mesas e demais, foram utilizados os já existentes na biblioteca atendendo só às dimensões dos mesmos [78].

Para facilitar a criação do modelo de arquitetura foi seguida a seguinte ordem:

1. Definir as cotas de soleira;
2. Importar os arquivos em formato DWG;
3. Criação, edição e inserção de paredes;
4. Criação, edição e inserção de portas e janelas;
5. Criação, edição e inserção de pavimentos e tetos falsos;
6. Criação, edição e inserção de telhados;
7. Criação, edição e inserção de escadas;
8. Inserção de componentes.

Como resultado, pode-se ver na Figura 59 o resultado final da modelação do edifício no software Revit. Com este modelo foi realizado um procedimento de inspeção e manutenção do edifício com outro software BIM (Naviswork), que é um visualizador BIM. Para o preenchimento das fichas de inspeção, é utilizado um software complementar (Excel) posteriormente é gravada e inserida de modo a obter um modelo completo que possa abranger informação sobre o edifício e a existência de fichas de inspeção articuladas informaticamente [78].



Figura 59 - Modelo 3D da escola [78].

Ao importar o modelo realizado no Naviswork, a representação do edifício é mais pormenorizada. O Naviswork efetua uma deteção automática dos conflitos, tem uma possibilidade de adição de comentários e documentos a cada elemento construtivo, podendo ainda interligar-se com outros softwares [78]. Na Figura 60 é apresentada uma perspetiva em 3D do modelo do edifício, quando transferido para o Naviswork.



Figura 60 - Modelo Importado ao Naviswork [78].

4.2.11 Comparação dos casos apresentados

Na Tabela 17 apresenta-se uma comparação entre os exemplos sobre a modelação BIM e seu desenvolvimento no software Revit junto com os programas utilizados em apoio ao mesmo, finalidade da criação dos modelos, nível de desenvolvimento (LOD) e tipo de modelo criado, sendo que podem ser de arquitetura, estrutura e especialidades.

Tabela 17 - Comparação entre exemplos de modelos BIM de edifícios já existentes.

Ex.	Tipo de estrutura	LOD	Tipo de modelo	Finalidade	Software de suporte ao Revit
1	Universidade	500	Arquitetura	FM	Cobie, Autodesk360
2	Universidade	500	Arquitetura	FM	Dynamo, Excel
3	Universidade	500	AVAC, Iluminação	Energético	Energy, Analysis, EnergyPlus
4	Universidade	X	Arquitetura, Estrutural	FM	Dynamo, Excel
5	Piscinas Municipais	500	Arquitetura, AVAC, Hidráulico	FM	Archibus
6	Edifício de Serviços	X	Arquitetura, Iluminação	Energético	Insigh 360, EnergyPlus
7	Complexos de Piscinas	500	Arquitetura, AVAC, Hidráulico	FM	Archibus
8	Edifício de Comércio	500	Arquitetura	FM	Archibus
9	Edifício de Comércio e Serviços	200	Arquitetura, Estrutural, Redes de águas, Segurança contra incêndios, Gás natural, AVAC, Iluminação	Compatibilidade	Naviswork
10	Escola	X	Arquitetura	FM	Naviswork

Nesta comparação há que ter em conta que a pesquisa de exemplos foi centrada na modelação BIM de edifícios de serviço já existentes, tal que, na sua grande parte são focadas na gestão e manutenção de ativos existentes e por este motivo o LOD necessário é o máximo (LOD 500) que possui mais informação descrita em cada elemento. Em todos os exemplos foi utilizada a especialidade de arquitetura para criar um modelo BIM do edifício. Além do software de modelação (Revit) os principais softwares utilizados foram: Archibus, Naviswork e EnergyPlus.

5. Caso de estudo: Modelação do edifício

5.1 Edifício CITMA

Neste capítulo é abordada a construção do modelo arquitetónico tridimensional, são descritas todas as informações relevantes à sua elaboração, recorrendo ao software Revit 2020 na sua versão em inglês. Ao criar este modelo BIM deixa-se em aberto a possibilidade de estudos futuros o utilizarem como base de trabalho.

A construção do edifício CITMA foi concluída no início de 1996. Está localizado entre o Caminho da Penteada e a Estrada da Universidade, na Freguesia de Santo António, Funchal como evidencia a Figura 61, a vermelho, entre o edifício do Tecnopolo e a Universidade da Madeira. O edifício tem quatro pisos e uma área bruta de 5037 m², sendo composto essencialmente por escritórios, laboratórios, uma sala de conferências, parte do estacionamento da UMa, instalações sanitárias e arrumos.



Figura 61 - Localização do Edifício CITMA

A distribuição por piso é a seguinte:

No andar -3, uma sala para a maquinaria de ventilação, uma sala para geradores elétricos, uma sala para equipamento de telecomunicações, duas salas de arrumos, elevadores e escadas, a porta de entrada para a UMa, existindo ainda uma entrada para o parque de estacionamento do Tecnopolo, o qual não faz parte deste edifício.

No andar -2, dez gabinetes diversos, uma sala de conferência, uma sala de arrumos, instalações sanitárias, elevadores e escadas, entrada ao parque de estacionamento da UMA e uma porta que liga à UMA.

No andar -1, dez gabinetes diversos e uma área de 4 salas reservada para centro de cópias e associação académica, instalações sanitárias, os elevadores e escadas, entrada ao parque de estacionamento da UMA, uma porta que liga a UMA e outra ao Tecnopolo.

No andar 0, cinco gabinetes diversos, uma área de receção, um arquivo, uma sala de reuniões, oito salas de laboratório com quatro gabinetes de apoio, quatro salas climatizadas, quatro salas de arrumos, instalações sanitárias, elevadores e escadas, uma porta que liga a UMA e outra ao Tecnopolo, escadas exteriores que ligam ao estacionamento do piso -1 da UMA e uma escada retrátil que dá acesso à cobertura.

Na Cobertura, casa das máquinas dos elevadores e máquinas de ventilação.

5.2 Levantamento da Informação

O levantamento da informação partira de cinco plantas CAD em formato digital disponibilizadas inicialmente, uma de cada andar e a cobertura. Uma vez que se verifica que algumas das informações não estavam de acordo com o constituído e há muita informação (ex: altimétrica) que não consta nas plantas, houve a necessidade de realizar várias visitas e inspeções a diversos locais de forma a ter um modelo mais fidedigno. Na Figura 62 é apresentada uma das plantas fornecidas em CAD, neste caso do piso 0, que conta com uma descrição geral do espaço, mas sem mencionar, acabamentos ou tipo de material utilizado.

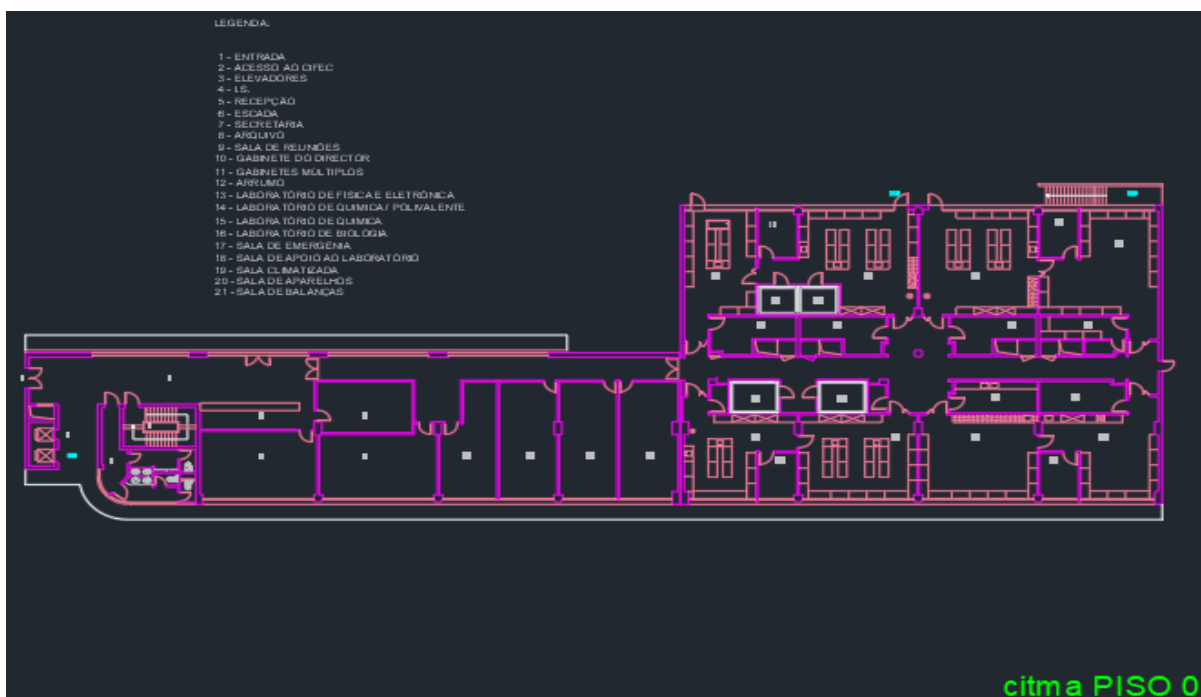


Figura 62 - Planta do CITMA em CAD

As visitas e inspeções casuais aos diversos locais permitiram detetar algumas mudanças feitas no edifício, como paredes divisórias que foram criadas posteriormente, acabamentos e espaços utilizados para outros fins. Nas plantas em 2D verificou-se a existência de elementos omitidos das plantas digitais, como pilares e paredes. Da sobreposição das plantas verifica-se também que existem erros de localização dos elementos, como por exemplo, pilares não alinhados. As cotas e alturas do edifício foram medidas, pois não existiam alçados nos desenhos fornecidos.

Numa fase posterior (quando o modelo estava quase terminado) foram fornecidos alguns desenhos do projeto de execução do edifício CITMA, nomeadamente: 39 plantas, alçados, plantas de acabamentos, plantas de pormenores, planta de janelas, planta de escadas, entre outros. Estes pormenores foram utilizados para a confirmação das medidas feitas nas inspeções e verificar os materiais de acabamento do chão, teto e paredes respetivamente. A Figura 63 mostra um alçado de ambas vistas do edifício CITMA com as cotas respetivas e distâncias dos pilares a uma escala de 1/100. É importante ressaltar o nível de antiguidade destes documentos visto que são de agosto 1993.

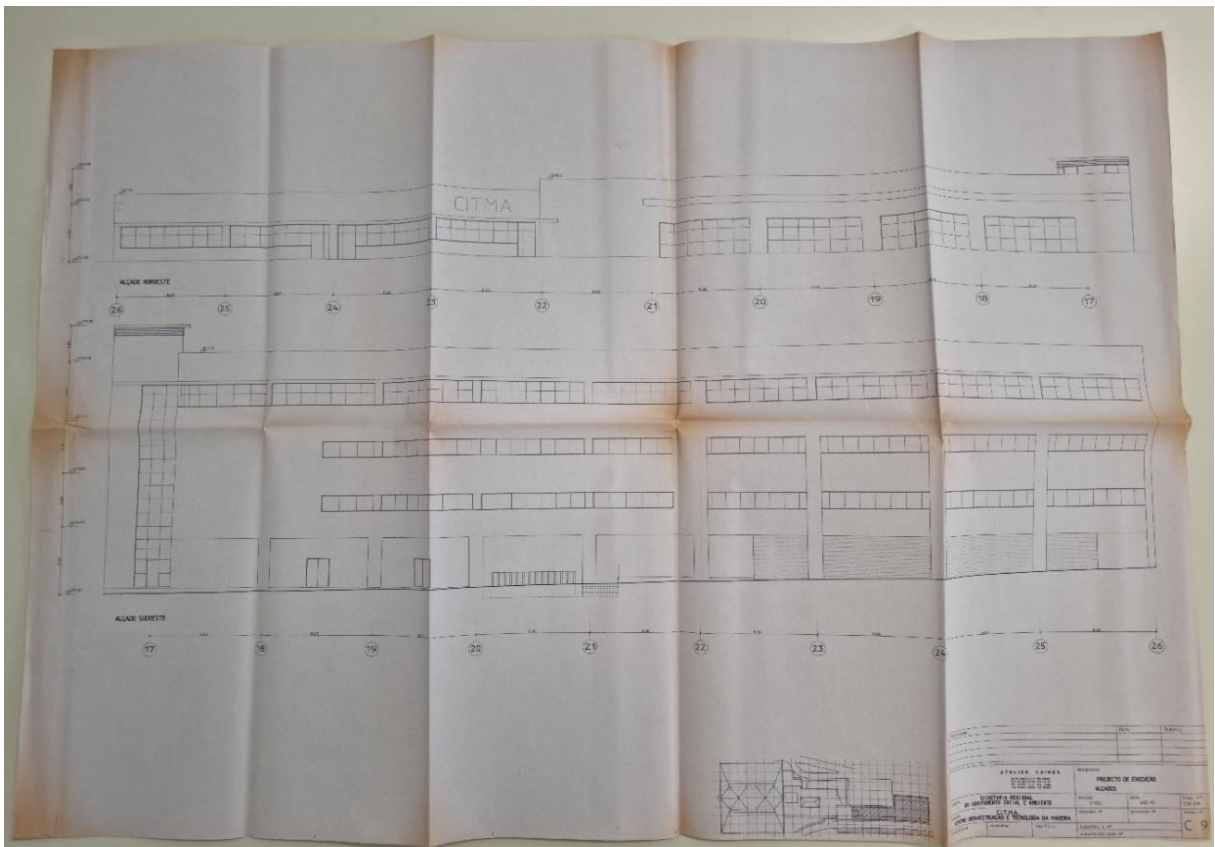


Figura 63 - Plata em papel do projeto de execução do CITMA

Em seguida são descritos os passos essenciais da criação do modelo em 3D no software Revit 2020.

5.3 Introdução ao software

Como foi abordado na Secção 2.7 existem diversos *softwares* de modelação adaptados à metodologia BIM, onde é possível representar objetos e respetivas informações. Para o caso de estudo foi escolhido o desenvolvimento de um modelo no software Revit.

O Revit oferece uma interface fácil de utilizar onde diversas especialidades (Arquitetura, Estruturas, Instalações: Mecânicas, Elétricas e Águas) podem encontrar ferramentas para a criação de modelos desde a fase de projeto até à gestão e manutenção do mesmo. Este software permite a criação rigorosa e consistente de modelos em 3D contendo uma grande quantidade de informação no mesmo projeto, tais como, tabelas e listagens, mapas de quantidades, áreas e volumes de espaço, diversas vistas do modelo em 3D, folhas de desenho e cortes. O Revit conta também com um detetor de erros e colisões entre elementos do projeto facilitando a identificação de erros de modelação.

É um software que possui um conjunto de aplicativos associados, seja com links diretos por meio da API (Interface de programação do aplicativo) aberta, vinculados por IFC ou outros formatos de troca de informação como os arquivos DWG, DXF, DGN, SAT, gbXML e ODBC (*Open DataBase Connectivity*), procurando garantir assim a interoperabilidade no projeto como é possível ver na Figura 64 [1].

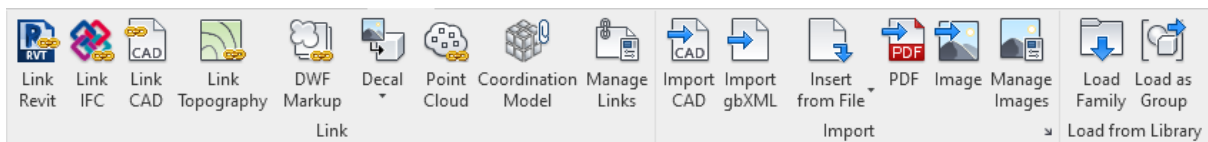


Figura 64 - Interoperabilidade no Revit.

Esta facilidade na troca de informação permite uma abordagem colaborativa e cooperativa entre os diferentes intervenientes podendo inserir no mesmo, modelos de diferentes especialidades, criando relações paramétricas entre eles permitindo uma coordenação fundamental e incrementando a produtividade já que as alterações realizadas em um dos projetos que constituem o modelo é refletida em todos os elementos, mantendo uma importante consistência e a atualização do modelo em tempo real.

O Revit tem incorporada uma biblioteca, com os objetos mais comuns a serem utilizados, os quais se encontram já modelados parametricamente e com algumas características associadas. Os objetos estão agrupados em famílias, como é possível ver na Figura 65, que apresentam funcionalidades e parâmetros semelhantes. Um exemplo disto são as famílias de portas, janelas, vigas e pilares, etc.

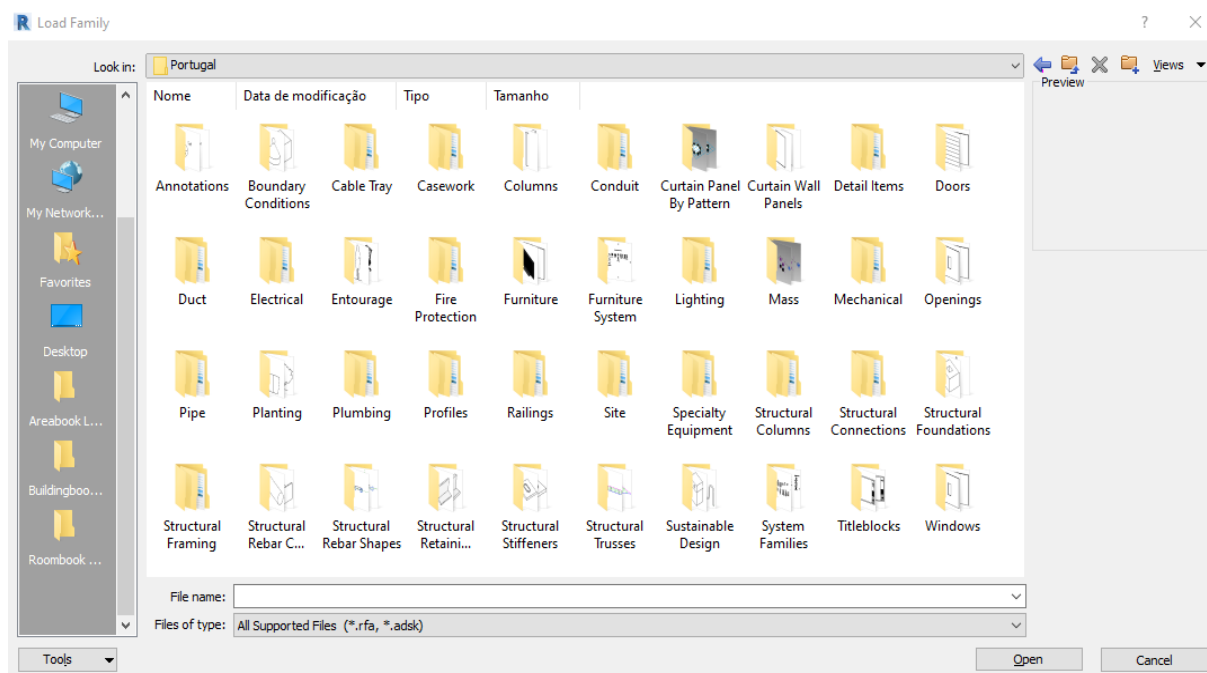


Figura 65 - Biblioteca de famílias de elementos Revit.

Os objetos podem ser criados de origem, copiados ou editados. Ao copiar um objeto pode-se alterar as suas propriedades sem danificar a base de dados, criando um novo objeto. Enquanto ao editar o objeto, são alteradas as características já existentes do mesmo, criando um novo objeto ou família de objetos, recriando a sua geometria, ligando parâmetros e especificidades para garantir a sua utilização como elemento em qualquer projeto.

Neste software consta uma biblioteca protegida contra modificações ou exclusão do seu conteúdo, mesmo que grande parte da biblioteca possa ser editável. Dito isto, cada utilizador que tencione editar o conteúdo dessa biblioteca tem de duplicar e editar a sua cópia. É possível a exportação de bibliotecas para outros programas mesmo que nem todos os softwares disponham de uma leitura de dados tão completa e bem definida como o Revit, podendo haver uma perda de informação.

Os elementos representados no modelo foram criados adaptando as famílias já existentes na biblioteca do Revit, de paredes, lajes, portas, janelas, etc. Algumas famílias, por exemplo de pilares de forma específica e alguns outros elementos, foram retiradas da internet (de bases de dados de objetos BIM) como portas, pias (lavatório), grelhas circulares, entre outros.

Um objeto pode ter algumas restrições nas suas propriedades referentes a limitações impostas ao utilizador, relativamente à posição da base ou topo, cotas, material, entre outros. Isto permite que, caso surjam alterações de um elemento em relação ao outro, o ajuste seja feito de forma automática. Por exemplo ao criar uma parede, fixando-a entre duas cotas diferentes, seja base e topo, ao modificar as alturas das cotas, a parede assumirá automaticamente a nova altura entre cotas.

As cotas servem como orientação para saber o comprimento, a área, e o volume que o objeto ocupa no projeto. Num elemento estrutural pode ser editado o recobrimento dos varões de aço nas diferentes faces do elemento, visto que, as propriedades estruturais indicam a função do elemento.

De forma geral os dados de um elemento referem os aspetos em conjunto, como a referência, à marca, o modelo do elemento, o fabricante, o custo, a descrição do elemento e comentários do utilizador ou imagem relevante para um melhor entendimento do que esta a ser modelado. Ainda é possível identificar as fases do ciclo de vida em que se encontra o elemento, sendo estas nova construção, manutenção e demolição.

Algumas destas propriedades podem ser vistas na Figura 66, onde são representadas as propriedades básicas de uma porta e de uma janela utilizadas no modelo. Caso seja necessária mais informação e uma edição mais completa é preciso editar o tipo de elemento. Cabe destacar que no BIM cada objeto possui um código único (ID), que permite identificar individualmente qualquer objeto do modelo.

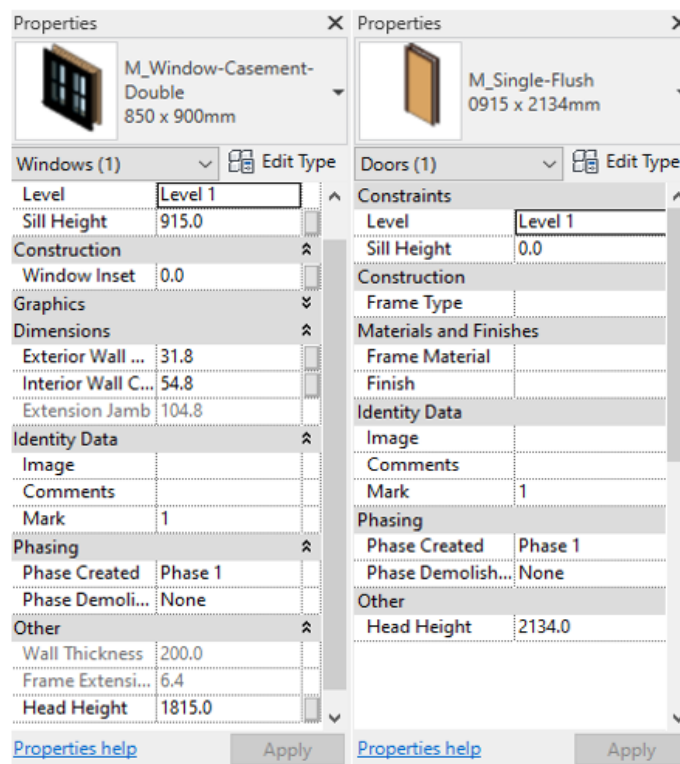


Figura 66 - Propriedades de elementos construtivos de uma janela e de uma porta.

No que refere a materiais cada modelo pode conter mais do que um material com características distintas, sendo adicionadas através do motor de busca de materiais, onde se encontram as propriedades dos materiais organizadas em cinco separadores, os quais são identidade, gráficos, aparência, físico e térmico como mostra a Figura 67.

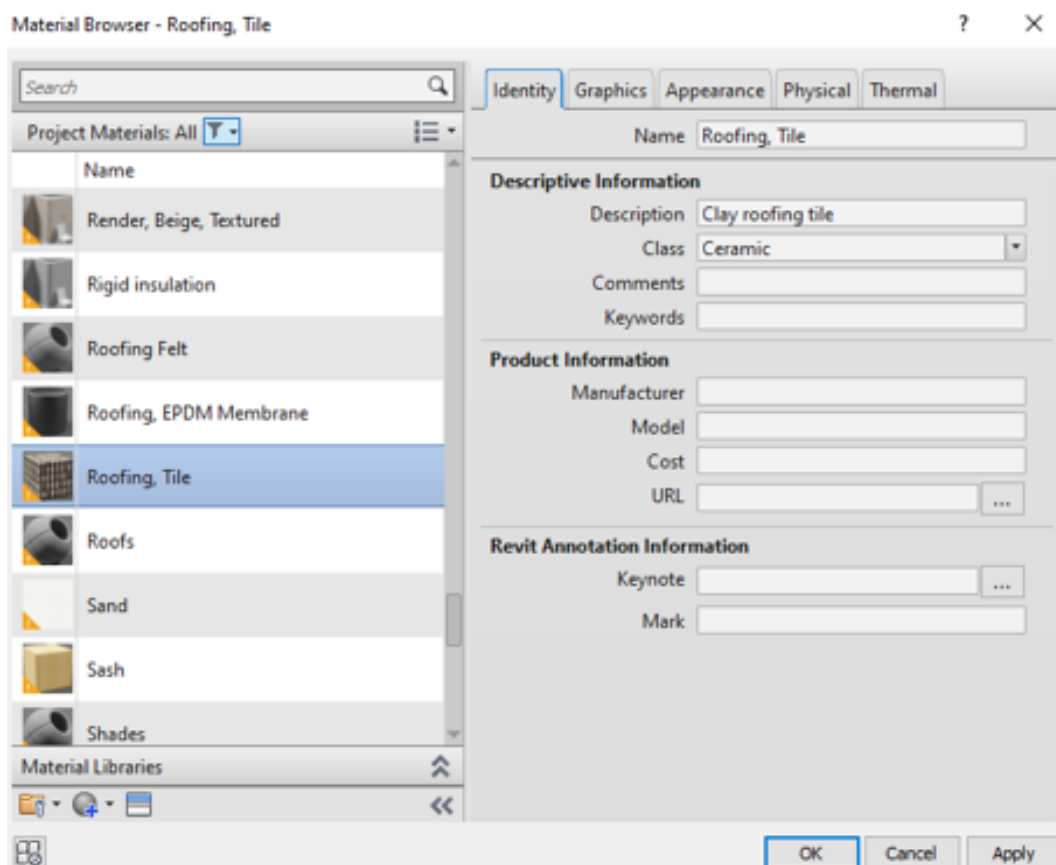


Figura 67 - Navegador de Materiais.

No separador da identidade é apresentado o nome do material assim como as informações descritivas relacionadas com a classe do material como por exemplo cerâmica, metal, betão, madeira, vidro, entre outros. Também são descritas as informações sobre o produto, como o nome do fabricante, o modelo, o custo e ainda é possível inserir uma ligação URL (*Uniform Resource Locator*) reencaminhando o utilizador para o site do produto. Além disso, nas anotações do Revit podem ser inseridas palavras-chave e marca facilitando a sua localização no futuro.

O gráfico e a aparência controlam a parte visual e textura apresentada nas diferentes vistas e cortes do projeto como se vê na Figura 68, na qual é exibida uma pequena imagem em 3D e 2D do material possibilitando a mudança de cores, sombras, brilho, etc. Os restantes separadores, físico e térmico, apresentam uma pequena descrição do material, o tipo a qual pertence seja sólido, líquido, elástico, a subclasse e fonte da qual foi retirada a informação, diretamente do software ou fonte externa, respetivamente as propriedades físicas, mecânicas e térmicas de igual forma são considerados valores da densidade, resistência à compressão, permeabilidade, porosidade, módulo de elasticidade e todos as propriedades utilizadas para análises estruturais, igualmente visível na Figura 68. De esta forma existe uma grande quantidade de informação associada aos elementos e materiais possibilitando uma reprodução fiel do produto e ter uma ideia mais próxima do resultado final.

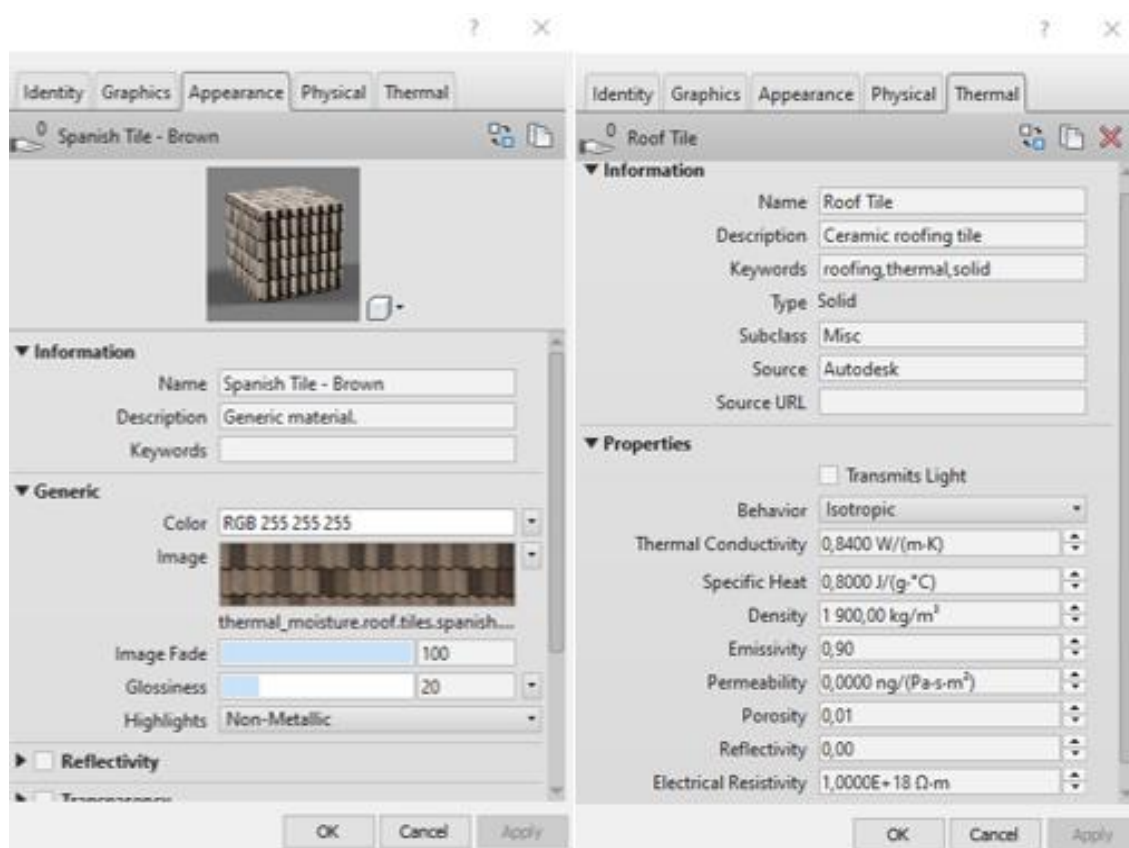


Figura 68 - Propriedades de um material (Telha).

5.4 Modelação do edifício CITMA

5.4.1 Base do Projeto

Na modelação realizada foi utilizado um *template* modelo de arquitetura predefinido do Revit, com as respetivas alterações de definições e parâmetros, por exemplo as unidades, casas decimais, as áreas, volumes, ângulos, massas dos materiais, entre outros, abrangendo os elementos estruturais e não estruturais.

Foram definidos materiais e criados os que não existiam na biblioteca. Estes podem ser alterados e podem ser adicionados mais materiais sempre que for necessário. O mesmo acontece com o seu aspeto e propriedades físicas ou térmicas. Um exemplo é o material estrutural betão C30/37, utilizado que foi definido mesmo à partida da modelação. A base fundamental deste trabalho foi a importação das cinco plantas do edifício CITMA, em formato DWG, que correspondem aos quatro pisos e à cobertura do edifício.

Na importação foi dada especial atenção a detalhes para que não ocorressem erros, tais como, a planta importada ser visível nos diferentes níveis, inverter as cores das linhas brancas do AutoCAD, colocar o ponto (0,0,0) como origem sendo o ponto de referência do desenho importado, entre outros.

5.4.2 Grelhas e níveis

Com a importação das plantas foi preciso designar o nível onde cada uma seria inserida. Os níveis são planos horizontais que dão referência ao posicionamento dos elementos que compõem a estrutura.

Desta forma é seleccionado um alçado dos quatro disponíveis (Norte, Sul, Este, Oeste) onde é possível ver os níveis pré-existentes que podem ser alterados com a distância pretendida. Estes níveis são elementos auxiliares que são visíveis apenas nos alçados, estando afastados por cotas que determinam o pé direito de cada um.

Foram inseridos 7 níveis, sendo estes: Fundação, Piso -3, Piso -2, Piso -1, Piso 0, Cobertura e Cb Elevador, (Figura 69). A criação de cotas e níveis no modelo foram feitas respeitando as existentes nas plantas do projeto de execução, existentes em papel, sendo que a cota mais baixa é a da entrada da garagem do edifício do Tecnopolo e a mais alta a cobertura do elevador

É de salientar que alguns elementos são contidos entre níveis como as vigas e lajes, e outros são limitados entre eles como as paredes e pilares.

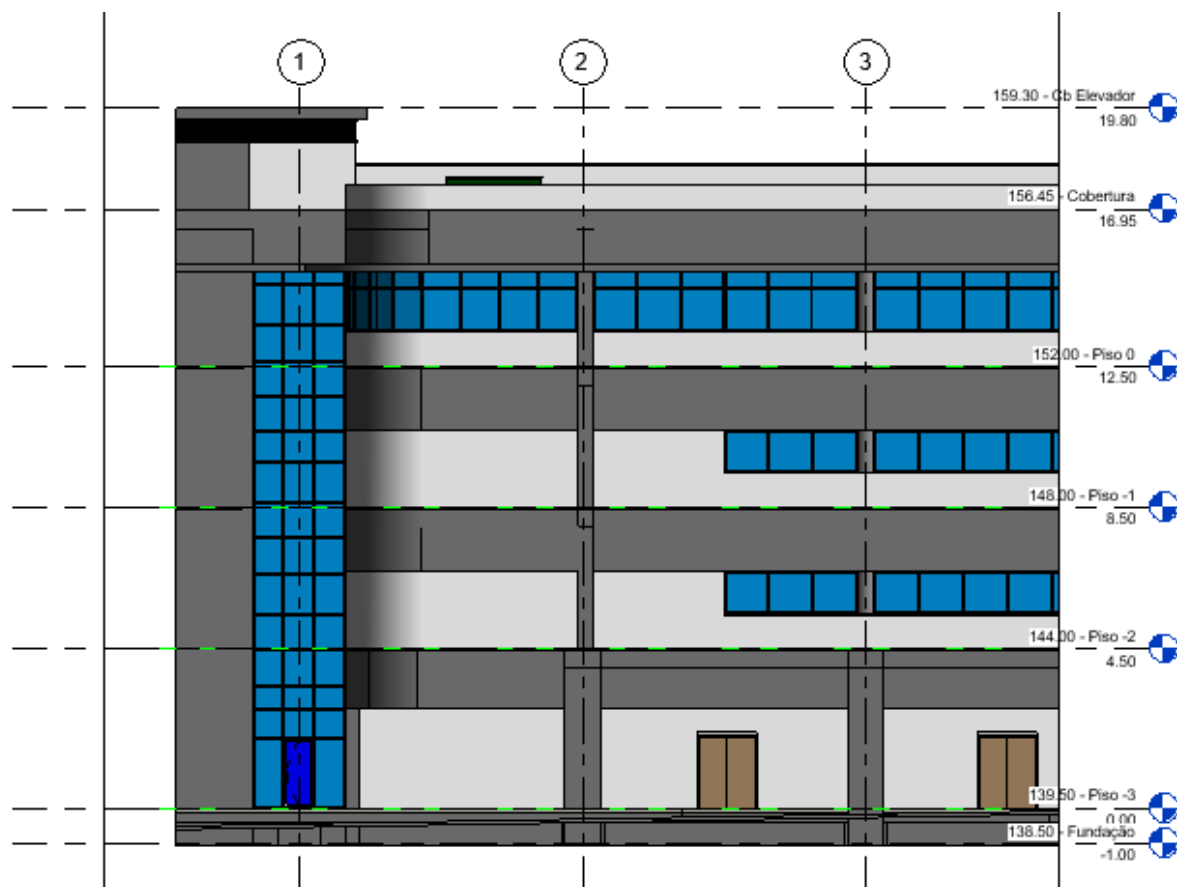


Figura 69 - Grelhas e níveis em parte da Secção Sul do caso de estudo.

A grelha estrutural é outra das ferramentas que ajudam a referenciar e criar um modelo 3D no Revit, facilitando a leitura em planta e o correto posicionamento dos elementos inseridos no modelo, tais como nos pilares e vigas. Foi definida partindo do nível base e repetindo, dando o valor da cota respectiva, em cada um dos pisos considerar terminado na cobertura já que normalmente possui um traçado regular. A criação das grelhas no software é feita selecionando *Grid*, as linhas verticais são numeradas do 1 ao 10 de igual forma em que foram dispostas nas plantas, (Figura 69).

5.4.3 Modelação de elementos verticais (Pilares e paredes)

Na modelação dos elementos verticais de um edifício foi necessário ter em conta os objetivos pretendidos, pois existem alguns processos distintos entre a criação de elementos verticais para efeitos de visualização e a criação destes elementos para obtenção de um modelo analítico ou de quantidades.

Foram criados pilares estruturais utilizando a família de pilares de betão já existente na biblioteca, para acertar as dimensões foi necessário duplicar um dos elementos existentes e alterar as dimensões, indicando os valores desejados e o material.

O material dos pilares foi o betão C30/37, podendo consultar-se as suas características físicas quando é selecionado um pilar no modelo. Os pilares foram inseridos sobre as plantas importadas e sobre as grelhas, e limitados pelos níveis correspondentes, repetindo-se o processo em cada nível. O modelo é composto por pilares com seção retangular, circular e alguns com uma forma específica (metade redondos e metade retangulares). Para este último foi criada uma família específica com as dimensões necessárias (Figura 70).

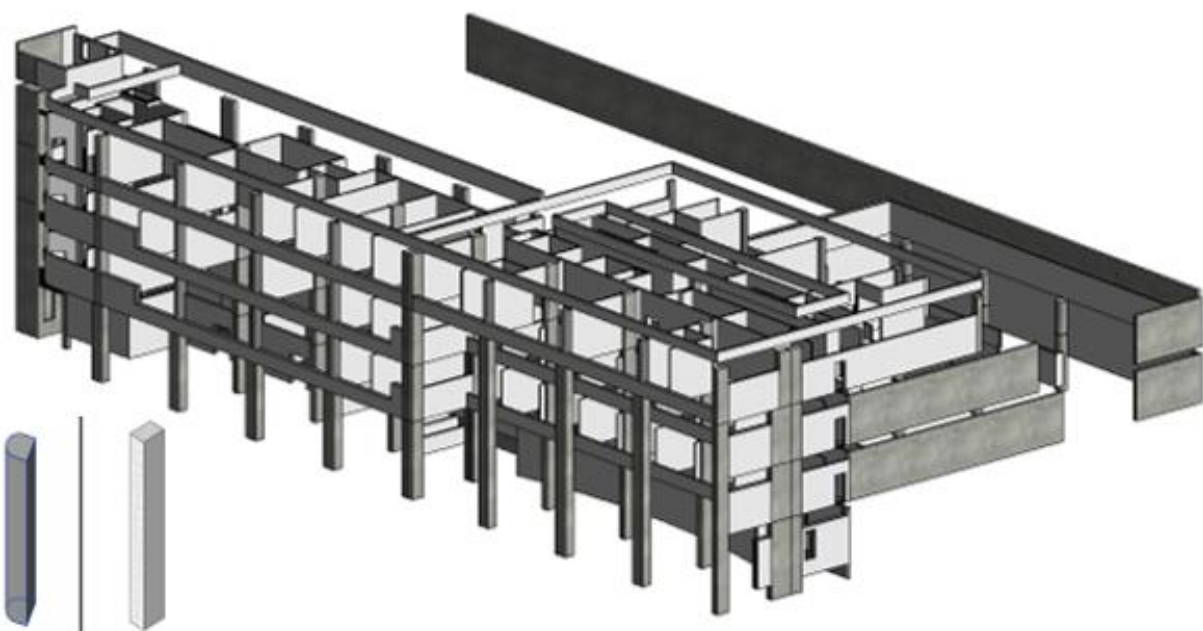


Figura 70 - Pilar irregular a esquerda e pilar retangular a direita com vista geral.

A Tabela 18 apresenta as dimensões e características de todos os pilares contidos no modelo.

Tabela 18 - Tabela de pilares.

Pilar	Dimensões	Quantidade
Retangular	1200x350 mm ²	20
	1000x700 mm ²	7
	1000x500 mm ²	31
	1000x475 mm ²	16
	750x350 mm ²	4
	500x1700 mm ²	3
	500x500 mm ²	6
	450x700 mm ²	3
	450x500 mm ²	1
	450x300 mm ²	1
	400x400 mm ²	4
Circular	800 mm ²	18
Irregular	600x600 mm ²	15
Total		129

De acordo a Tabela 18 é possível concluir que existem no caso de estudo 3 tipos de pilares, os retangulares têm 11 dimensões diferentes, só existe uma dimensão de pilar circular e de pilar irregular, fazendo um total de 129 pilares na sua totalidade contidos no modelo.

No passo seguinte foram modeladas as paredes. No separador de arquitetura, encontram-se diversos modelos de paredes pré-carregadas na biblioteca, podendo definir regras como o nível base e onde termina a parede, dar uma altura específica e indicar o tipo de parede que se quer implementar.

Na ferramenta *edit type*, duplicando a parede selecionada, foram modificados os existentes por as propriedades adequadas, tendo como exemplo a Figura 71, que mostra uma parede interior de 150 mm, com características como composição por camadas, espessuras e altura de cada uma destas, permitindo editar o material correspondente, definir a sua cor e padrão de representação.

É de ter em conta que a soma destas camadas definirá a espessura total da parede como mostra Figura 71 a parede contém uma camada de 25 mm de reboco, 100 mm de tijolo e outra camada de 25 mm de reboco.

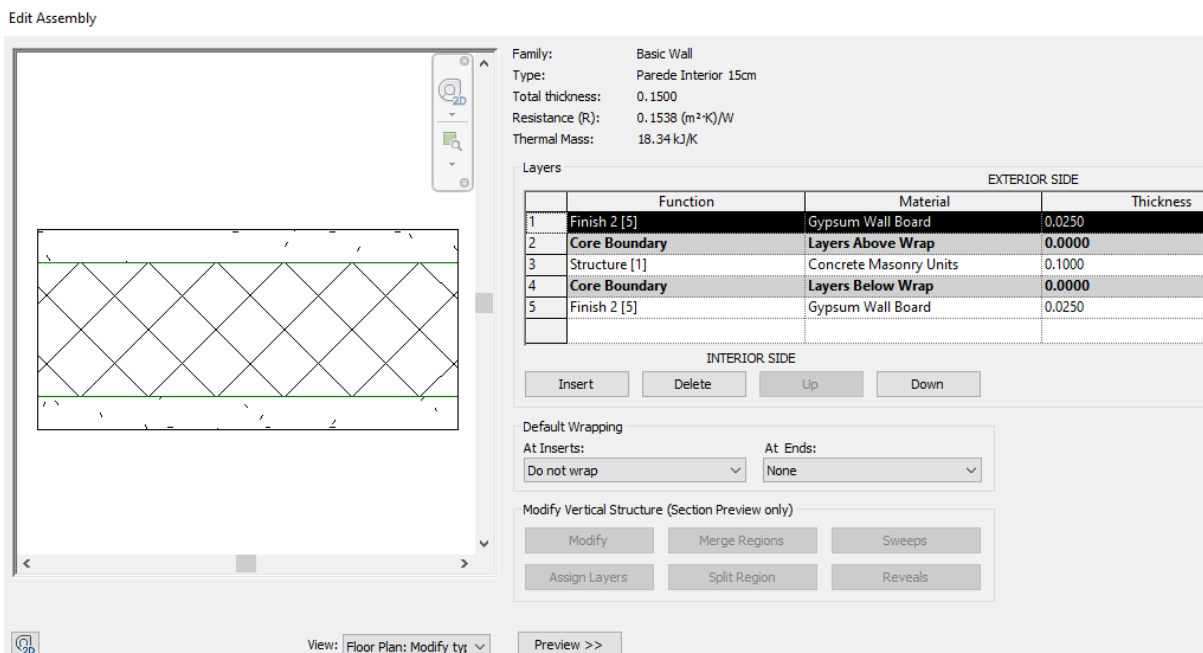


Figura 71 - Parede interior de 15 cm.

Foi necessário criar os materiais para uma parede interior de 100 mm de espessura, composta por painéis fenólicos de 70 mm e calhas metálicas de 15 mm de cada lado, este elemento foi detetado pela sua diferença visual durante as visitas ao caso de estudo e sua espessura reduzida nas plantas, ficando um elemento composto (Figura 72).

Foi necessário criar também uma parede para o teto falso mais fina de reboco e calha metálica com uma espessura de 57 mm.

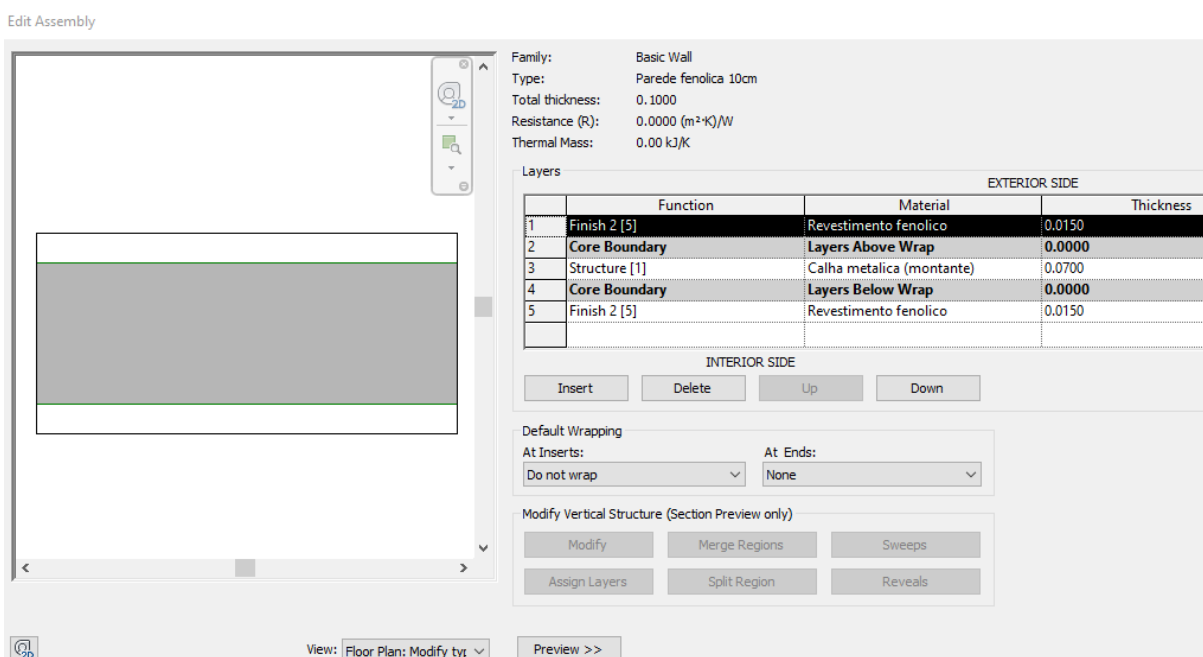


Figura 72 - Parede fenólica.

5.4.4 Modelação de vigas

O processo de modelar as vigas foi muito semelhante à modelação dos pilares. Através da duplicação de uma viga já existente, foram definidas as dimensões necessárias e o material constituinte, representando a viga sobre a planta sendo este o nível correspondente à face superior da viga. No Revit a viga faz parte das ferramentas estruturais, uma vez selecionada indica-se o tipo de elemento como por exemplo, uma viga de betão de secção retangular de 500 x 1000 mm² visível no exterior do edifício (Figura 73).

Nesta parte da modelação houve alguma dificuldade em representar o existente, pois os elementos (desenhos e afins) construídos não tinham indicações das vigas.

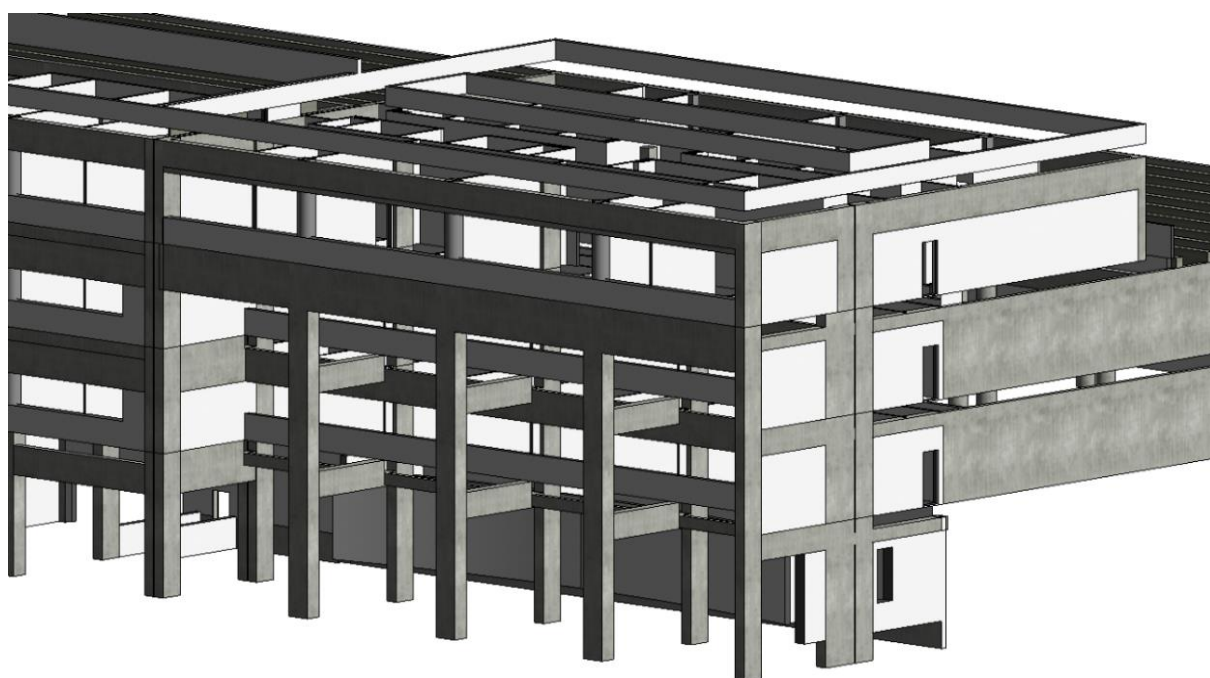


Figura 73 - Vigas exteriores.

Na criação e edição das vigas como qualquer outro elemento, é importante ter em conta dois aspetos: um relativo à família e o outro a cada cópia desse elemento. Porque a modificação do primeiro aspeto altera todas as cópias deste tipo e a modificação do segundo apenas afeta aquela cópia.

As vigas foram modeladas de vão a vão ou de eixo a eixo. Na intersecção de viga e parede foi preciso garantir que a ligação era feita de forma correta tendo a extremidade da viga que coincidir com a extremidade da parede. De igual forma foram analisadas as sobreposições dos elementos estruturais pilar, viga e laje evitando conflitos no modelo 3D.

5.4.5 Modelação de lajes (Pavimento e tetos falsos)

A modelação das lajes pode ser feita de duas formas diferentes no software: na parte de estruturas como laje estrutural ou na parte de arquitetura como chão. Independentemente da escolha, para o elemento laje, é necessário sempre atribuir uma espessura. No caso de estudo foi assumida uma espessura de acordo com as plantas fornecidas. Foi adotada uma espessura da laje de 50 cm de betão C30/37 (Figura 74), limitada pelo perímetro exterior da estrutura e com as aberturas internas que existiam piso a piso.

Na parte superior, as lajes ficam à altura conforme o nível em que foram criadas, sendo que esta parte corresponde ao teto do piso inferior onde é possível ainda adicionar um teto falso posteriormente. Para a inserção dos pavimentos foi escolhida a opção *floor* no separador de arquitetura e para os tetos falsos foi seleccionada a opção *ceiling*.

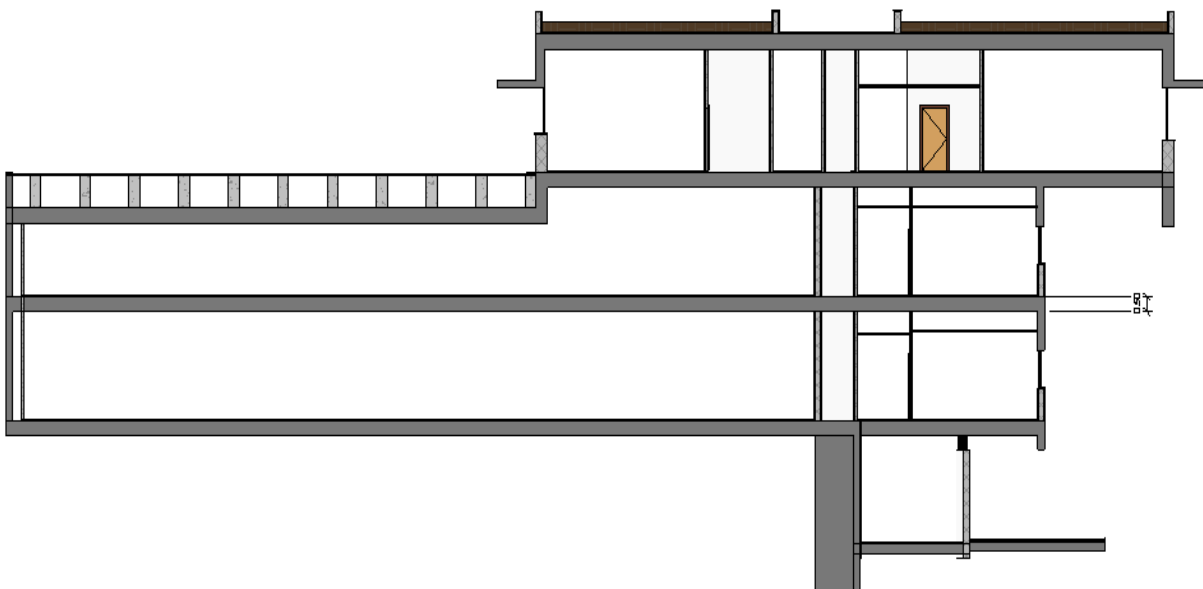


Figura 74 - Espessura das lajes.

As alterações respeitantes ao traçado e limites foram feitas através do *Boundary Line*, onde cabe ao utilizador escolher manualmente que objetos ou espaços não fazem parte do elemento. É possível criar um novo elemento e duplicar, pilares e vigas a partir de um elemento já existente na biblioteca do Revit, dando as características pretendidas, seja na espessura das camadas, no material correspondente, ou qualquer outra especificação.

Na Figura 75 está um exemplo de um tipo de *floor* da estrutura definida para os pisos -1 e -2, nos corredores e gabinetes que é constituída por uma camada de 2,5 mm de Linóleo Armoflex, 47.5 mm de betonilha, totalizando uma espessura de 50 mm sobre a laje com uma cor verde.

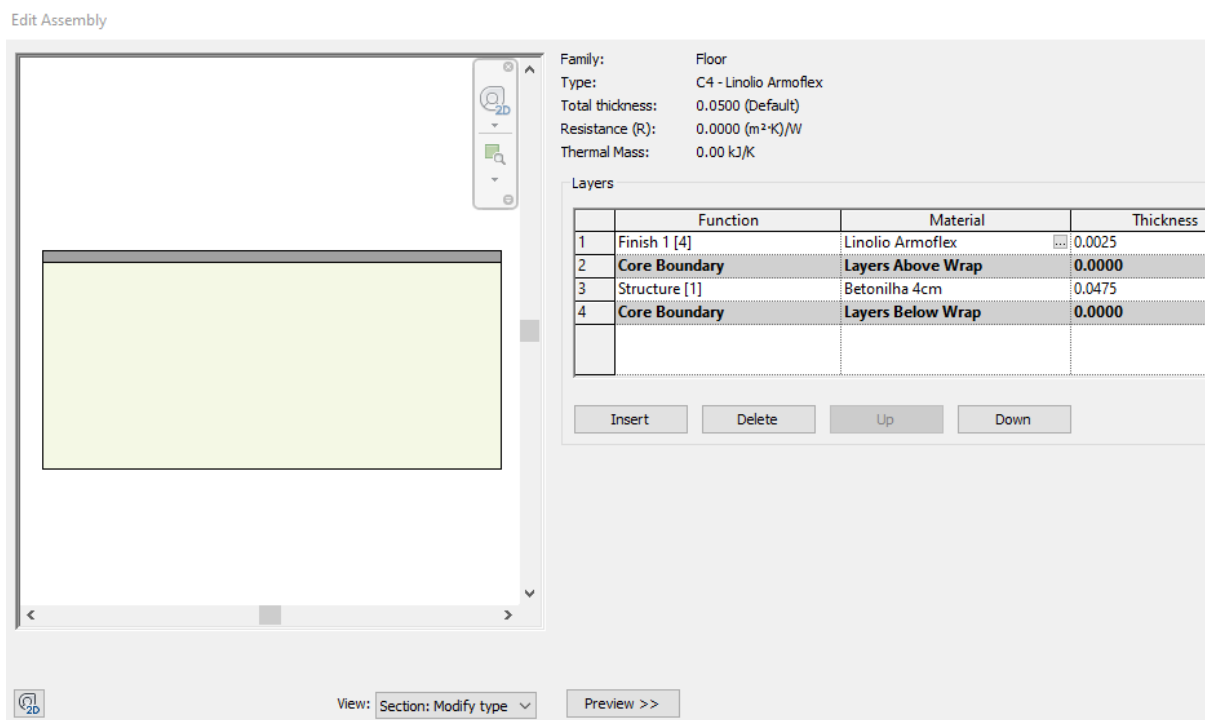


Figura 75 - Piso de Linóleo Armoflex

Foram definidos vários tipos de pisos com diferentes materiais, criados seguindo as indicações das plantas fornecidas, como mostram a Figura 76 e Tabela 19:

Tabela 19 - Tipos de pisos

Tipo de pisos	Localização
Betuminoso	Exterior do caso de estudo
Mosaico Cerâmico tipo S. Paulo	Piso -3 na sala de arrumos, no Piso -2 e Piso -1 no espaço entre o corredor e o estacionamento
Tijoleira	Na cobertura
Mármore Polido	Nas casas de banho e parte do corredor do Piso 0 e Piso -3
Linóleo Armoflex	Nos Corredores do Piso -1 e Piso -2
Autonivelante tipo SIKAFLOOR 275	Parte do corredor e laboratórios do Piso 0
Betonilha Esquartelada e Tinta Epóxi	Nos estacionamentos dos Pisos -1 e Pisos -2
Betonilha Esquartelada	No piso -3 nos espaços que contem as máquinas de ventilação
Pavimento Trief	Piso -3 exterior do caso de estudo
Lajetas de Betão Pré-moldado tipo Soplacas	Piso 0 exterior do caso de estudo
Pavimento Flutuante	Piso 0 no interior dos gabinetes

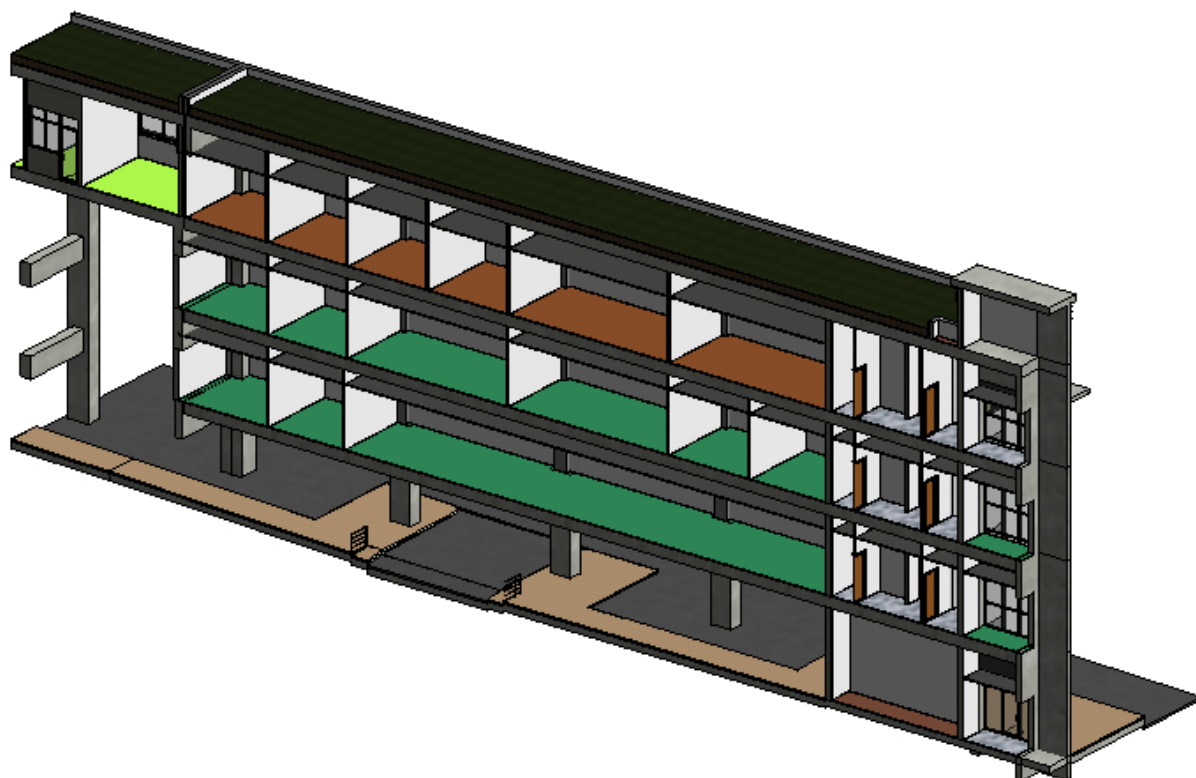


Figura 76 - Diversos pisos no caso de estudo.

Foi criado também um teto falso com diferentes alturas dependendo do andar e tipo de espaço, constituído por gesso e calhas metálicas. A relva da cobertura foi criada como um *floor*.

5.4.6 Modelação de escadas e caixa de elevador

De forma semelhante ao processo de modelação das paredes ao parque de estacionamento, para a caixa de elevador foi criado um conjunto de paredes estruturais e para as paredes junto às escadas e às do piso -3 encostadas ao terreno. Estas últimas oferecem apoio às lajes dos respetivos pisos. A criação da parede estrutural foi feita por edição de uma parede genérica contendo o material betão C30/37 e com espessura de 250 mm.

Para a modelação das escadas foram definidos diversos parâmetros da mesma no comando *stair*, largura do trecho, profundidade do piso, altura máxima do degrau, entre outros. No caso de estudo desenharam-se os bordos da escada em cada piso e os degraus um a um, orientação, patamar e suporte.

Na Figura 77 é possível ver a escada à direita e as paredes estruturais do modelo, caixa de elevador, a esquerda a finalizar na cobertura com a caixa das máquinas.

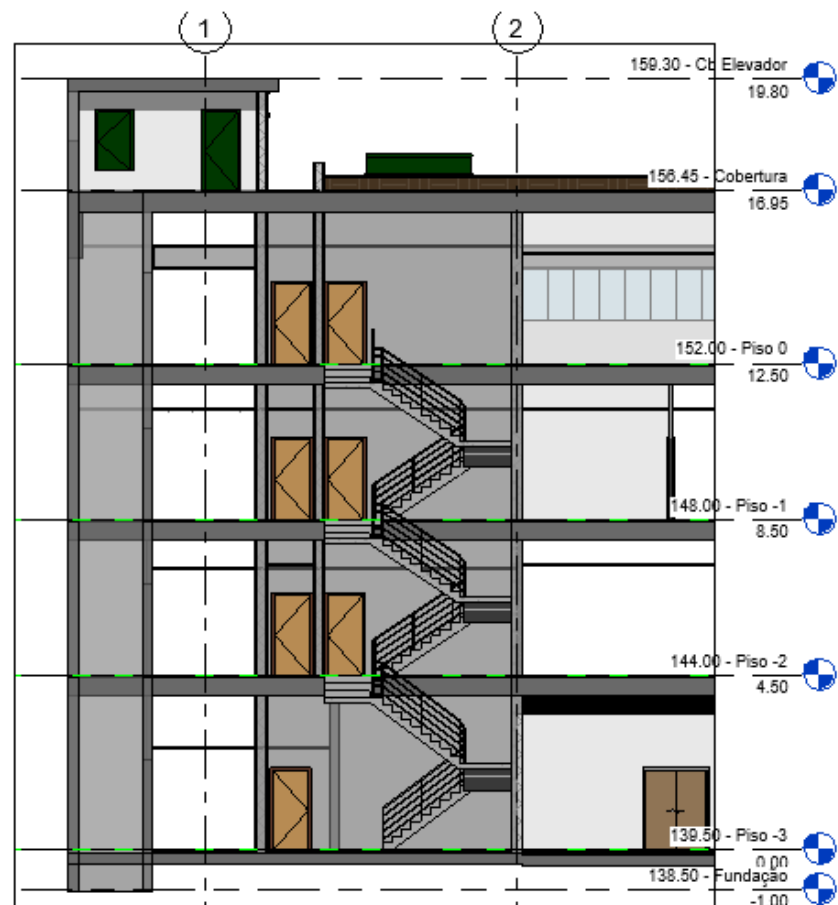


Figura 77 - Escadas e caixa do elevador.

5.4.7 Inserção de Portas e janelas

Realizadas as paredes no modelo 3D é efetuada a inserção de portas e janelas. No caso das portas foram utilizadas algumas importadas da internet [79] e as já criadas na biblioteca duplicando e alterando as espessuras e larguras para corresponder às existentes. Tem-se portas de um só painel, portas duplas, um painel e uma zona irregular. Nas Figura 78 e 79 podem ser vistas algumas das portas utilizadas.

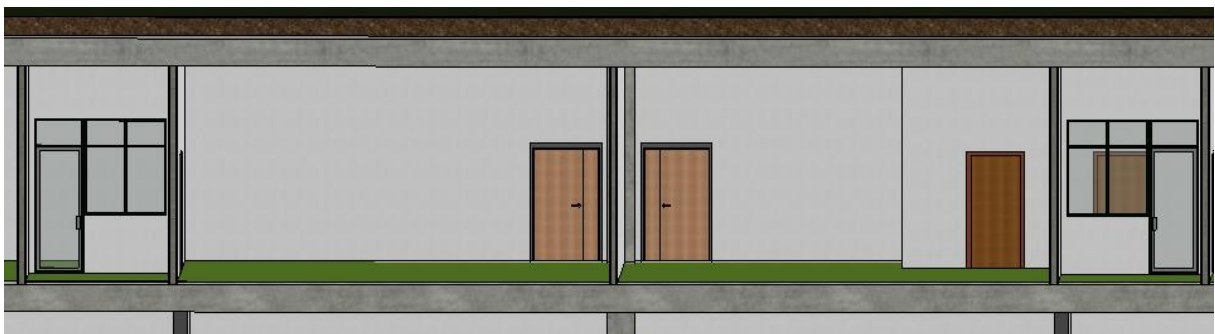


Figura 78 - Porta de vidro, porta de um painel e zona irregular, porta de um só painel.

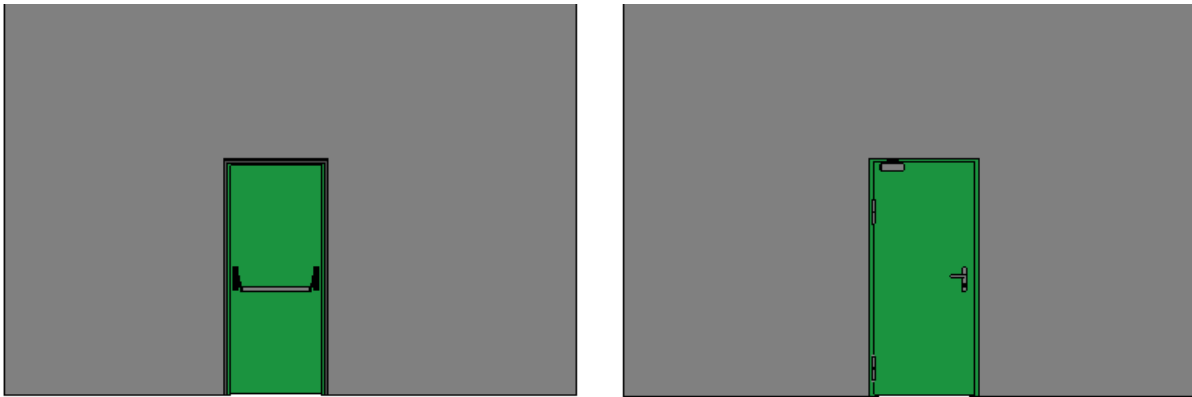


Figura 79 - Porta TRIA ISN1 com 2m de altura e 0.8m de largura.

A Figura 80 mostra como com a metodologia BIM é possível inserir informação detalhada de cada elemento, como o modelo, acabamento, altura, largura, espessura, fabricante, URL, autor do desenho, podendo ainda deixar comentários sobre o elemento.

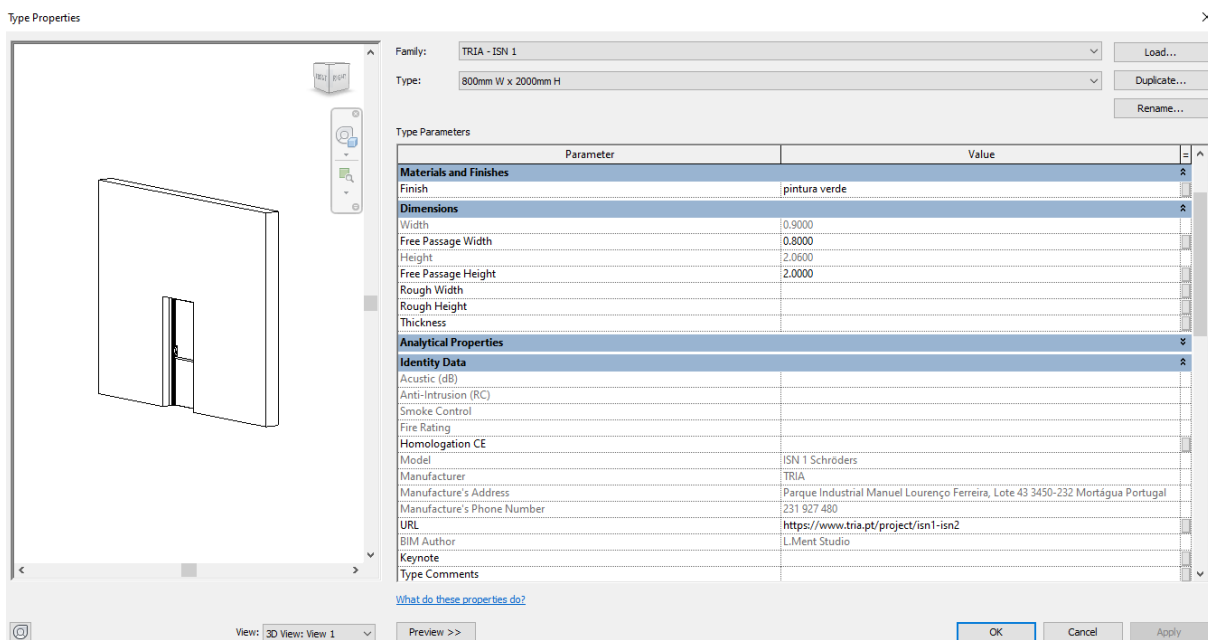


Figura 80 - Propriedades de um elemento (Porta).

Foi necessário criar um tipo de porta especial para as paredes interiores de painéis fenólicos com uma profundidade do quadro reduzida devido à sua espessura e uma porta para a garagem da entrada e saída de viaturas.

Para a criação de janelas foram utilizadas na sua maioria modelos existentes na biblioteca com ajuste das suas dimensões e outras foram criadas usando elementos de *curtain Wall*, a que cria uma parede ou fachada exterior de vidro, onde é necessário aplicar os cortes e divisões manualmente, de igual forma com a caixilharia, indicando qual é a sua posição, o resultado final é visível na Figura 81.

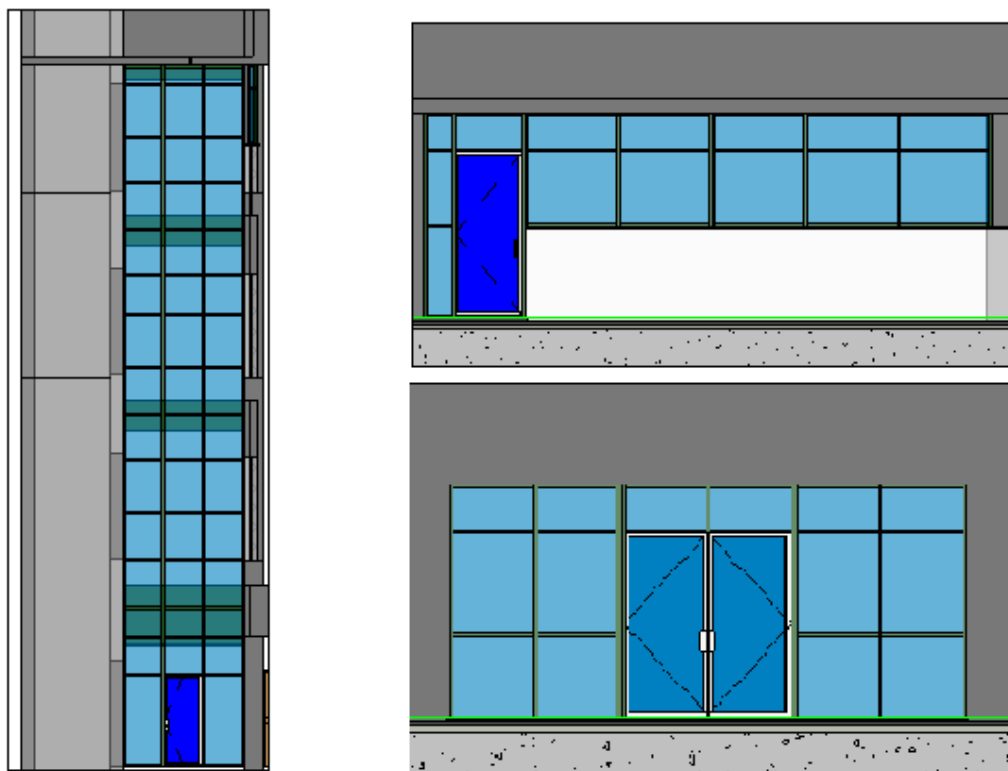


Figura 81 - Curtain Wall das diversas janelas do caso de estudo.

Para as portas de vidro, é utilizado o mesmo processo de fazer uma janela com o *curtain wall* tendo como diferença os cortes feitos com a dimensão da porta, seleccionando o painel de vidro na vista em 3D do modelo, nas propriedades é seleccionada a porta a substituir o painel de vidro como é possível ver na Figura 81.

As grelhas metálicas em chapa quinada (Figura 82) e as grelhas circulares (Figura 83) foram inseridas no modelo através de um *curtain Wall*, dando a referência se é circular ou retangular, a espessura e separação entre elas. É necessário ter em conta a altura da parede para não haver sobreposição entre elementos.

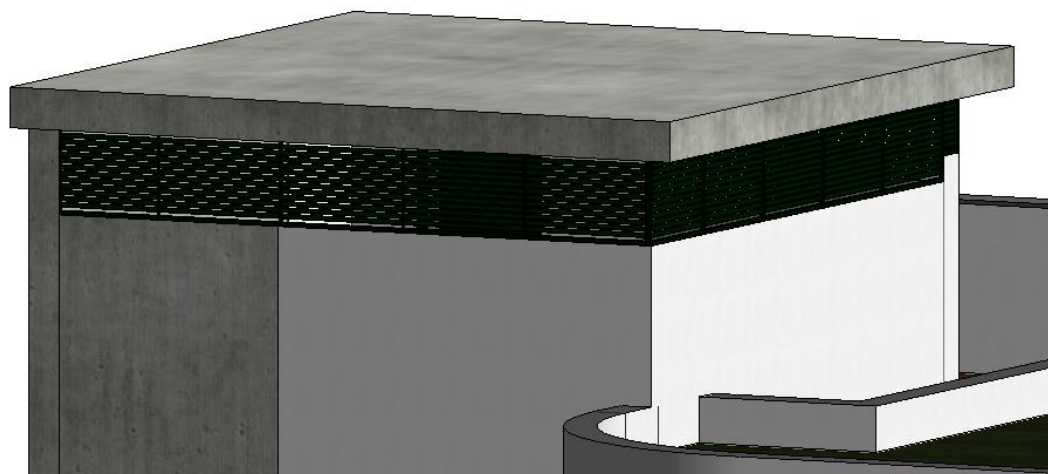


Figura 82 - Grelhas metálicas quinadas na caixa de máquinas do elevador

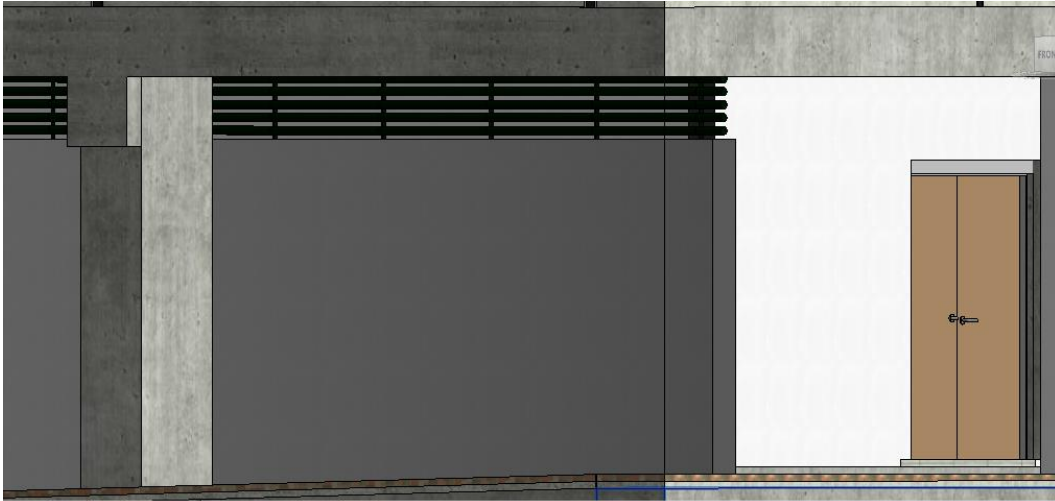


Figura 83 - Grelhas metálicas circular no espaço reservado as máquinas de ventilação

5.4.8 Fundações

As fundações do edifício CITMA não puderam ser modeladas por falta de dados, visto que as plantas não continham indicação alguma, sendo impossível aferir o tipo, as dimensões e constituição das mesmas.

5.4.9 Equipamento sanitário

Para a elaboração do equipamento sanitário foram escolhidos os elementos da sanita e urinol da biblioteca do Revit sendo adaptados às dimensões existentes. Para as pias foi criada uma nova família devido à falta de elementos semelhantes. Com recurso à internet [79] foi adicionada uma torneira e pia ao mármore com as dimensões necessárias, no caso de estudo foi necessário criar duas dimensões diferentes uma retangular para a casa de banho dos homens e outra poligonal para o das mulheres, de forma a ser representativo do existente. Para o mármore foi criado um material novo com o aspeto e definições adequadas (Figura 84). Este está presente nos pisos -2, -1 e 0, com a mesma distribuição e espaço em todos eles.

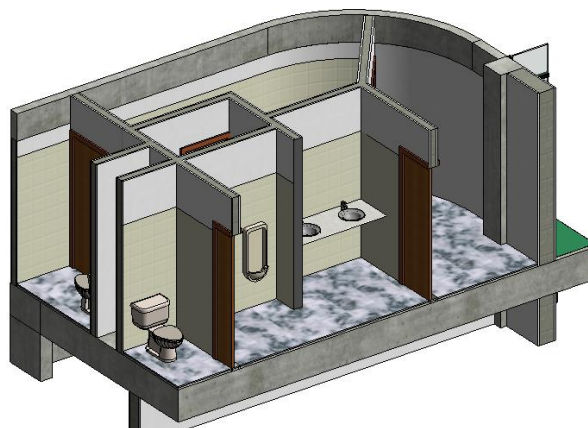


Figura 84 - Equipamento sanitário

5.4.10 Modelo completo

Após adição dos elementos referidos obtém-se um modelo completo (Figura 85 e Figura 86). Na Figura 87 é apresentado um corte vertical numa direção e na Figura 88 um corte vertical em duas direções, tendo uma vista tanto do exterior como do interior do caso de estudo onde é possível ver os diversos acabamentos existentes.



Figura 85 - Perspetiva Exterior Sul



Figura 86 - Perspetiva Exterior Norte



Figura 87 - Corte vertical numa direção

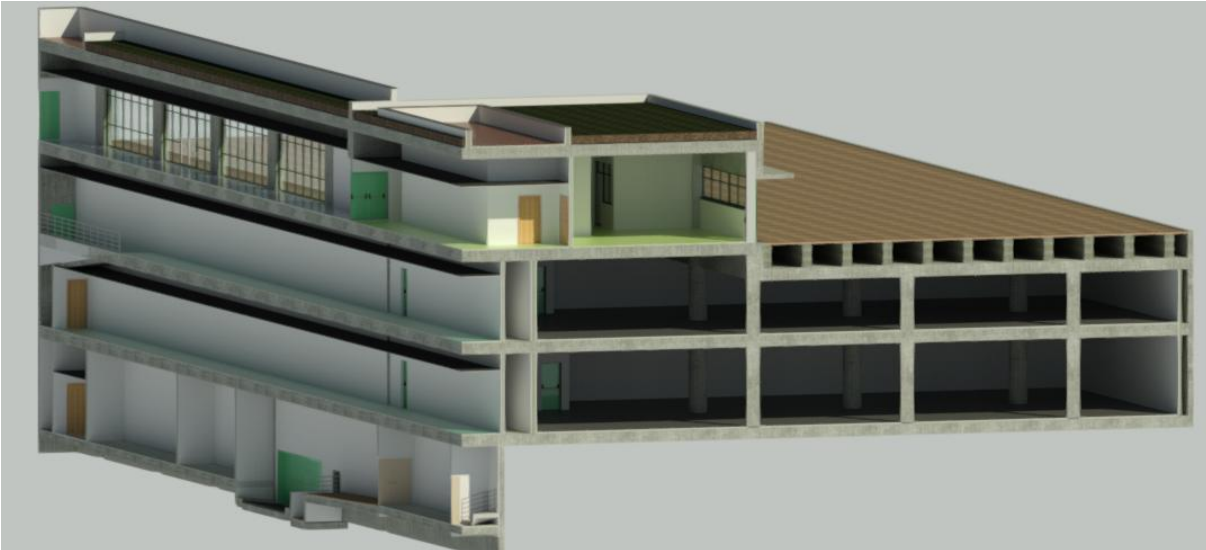


Figura 88 - Corte Vertical em duas direções

5.5 Definição dos tipos de espaços

A definição e classificação de espaços que constituem o edifício do CITMA, permite uma melhor e mais precisa organização. No caso de estudo a classificação mais relevante foi a classificação pela utilização que é dada a cada espaço. Através da norma OmniClass já abordada na Subseção 3.2.4 é possível identificar elementos, mesmo que estejam repetidos, sendo associados a um espaço em particular, tornando a sua identificação mais simples. Na Figura 89 representa-se um exemplo do Piso -1 onde a sala de reuniões 01.05 é delimitada, mostrando sua área. Através do *BIM Interoperability Tools* é possível designar uma classificação descrita nas propriedades (*Data / Classification*) pelo OmniClass e é escolhido o número que melhor represente o espaço seguidamente de uma pequena descrição, no caso desta sala foi o 13-55-29-21 com a descrição de *Meeting Spaces*.

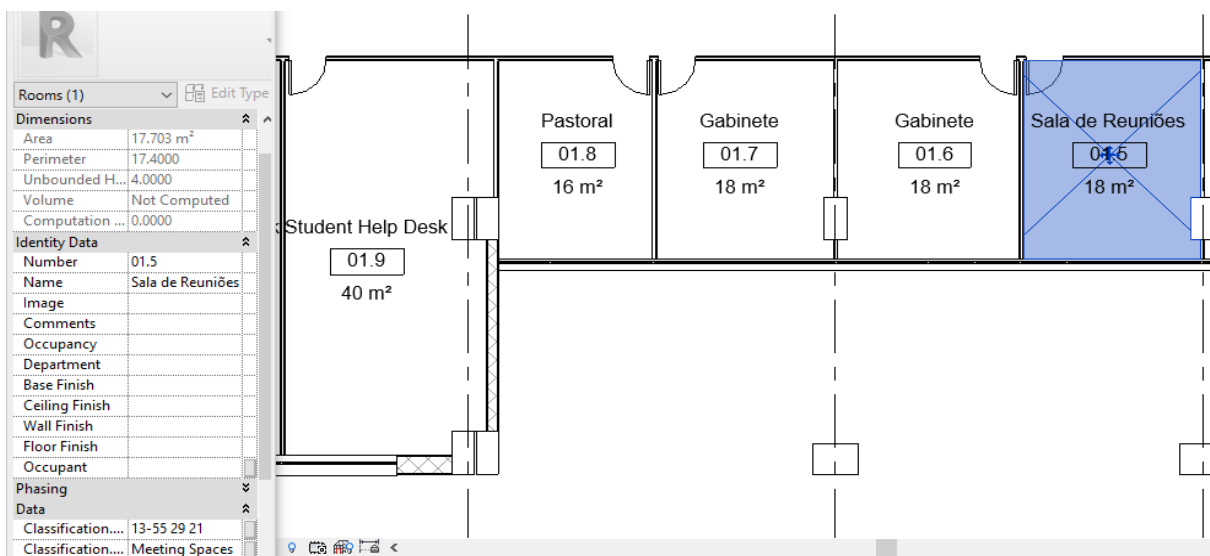


Figura 89 - Classificação de Espaços.

5.6 Vantagens do modelo realizado

De forma a descrever os pontos mais importantes nas vantagens de se dispor de um modelo BIM feito em Revit, como o caso de estudo, relativamente a plantas 2D, tem-se:

- Reunir toda a informação das plantas em papel e CAD num só arquivo, poupando tempo, tanto na localização, criação e edição de elementos, possibilitando o elemento conter a informação sem descrições auxiliares em planta.
- Obter um modelo do CITMA atualizado, que represente o estado atual do edifício.
- Redução dos erros presentes nas plantas CAD, por se detetarem sobreposições, duplicação e incoerências.
- No modelo 3D é possível ter vistas de diferentes cortes de pormenores, elevações e plantas, ou obter outra qualquer vista necessária.
- Possibilidade de criar renderes e vídeos que mostrem uma ou várias zonas do edifício com diversas perspetivas.
- Mudanças feitas num ou em vários elementos no modelo, alteram todo o projeto sem necessidade de maior trabalho, em comparação ao projeto em 2D.
- O modelo BIM feito no Revit expande as oportunidades de enriquecer o mesmo com mais informações independentemente do tempo transcorrido. E servir para futuros estudos que podem ser adicionados ao modelo como por exemplo, estudos energéticos, segurança contra incêndios, manutenção e gestão do edifício.
- Adicionar informação dos elementos como por exemplo propriedades físicas, térmicas, custos, entre outras informações.
- A facilidade de importação de ficheiros ao software é significativa á hora de acrescentar a informação aos elementos.

6. Conclusões

6.1 Conclusão do trabalho efetuado

Nesta dissertação, foi criado um modelo BIM com recurso à metodologia BIM, partindo da inspeção e avaliação de um edifício existente e da análise das plantas e documentos fornecidos. Relativamente ao caso de estudo, o edifício modelado pertence à Universidade da Madeira, nomeadamente o edifício CITMA, antigo Centro de Investigação da Madeira. Procurou-se desenvolver um modelo completo com recurso ao software BIM, Revit 2020, que incluísse toda a informação arquitetónica do edifício no seu estado atual. Este tem como um dos objetivos colmatar a necessidade de implementar e adotar uma estratégia que poderá servir para preservação, manutenção e gestão do edifício, através de ferramentas capazes de fazer frente a essas situações.

No início do desenvolvimento deste projeto pretendia-se a construção de um modelo mais completo do que aquele que foi desenvolvido, já que era ambicionado introduzir informação no modelo BIM de caráter estrutural, mas a informação disponível não foi suficiente para completar devidamente alguns elementos tais como (todas) as vigas e fundações.

Porém, com a criação deste modelo BIM arquitetónico, verificou-se a capacidade desta metodologia para o funcionamento e manipulação de uma quantidade e variedade de informação num só ficheiro, assim como a possibilidade de ter uma visualização gráfica e outra detalhada, demonstrando as vantagens associadas à utilização do BIM durante o ciclo de vida de um edifício existente.

Foram detetados alguns conflitos e incompatibilidades entre as plantas CAD fornecidas e ao que realmente existe: existiam pilares, paredes e até acabamentos que diferiam de uma planta para outra. Esta informação numa fase de utilização do edifício é de grande utilidade porque permite gerir de uma forma mais eficiente e eficaz o que está a ser executado (aquando da manutenção e da reabilitação) e apresentar uma redução de custos e informação no resultado final.

Como foi referido anteriormente, se o modelo tiver toda a informação do edifício, é possível verificar num único modelo BIM todos os dados necessários à gestão de todos os processos aos que foi submetido o edifício, ao longo dos anos, criando uma base atualizada e fiável que perdure e ajude a organizar melhor qualquer aspeto referente ao mesmo.

Ao classificar os espaços com o sistema de classificação OmniClass, é possível determinar quais são os elementos que precisam intervenção e a sua localização, sendo uma grande

vantagem poder relacionar a utilização do espaço, visto que as exigências e desempenho são diferentes e vão de acordo com suas necessidades.

Relativamente às dificuldades encontradas ao desenvolver esta dissertação, destacam duas em particular, a primeira foi a recolha de informação visto que inicialmente só se contava com cinco plantas em formato digital, sendo necessário fazer medições do pé direito dos pisos e alturas de dimensões das janelas no local por não ter nenhum corte ou vista na vertical.

E a segunda dificuldade foi na modelação do edifício, o fato de não estar devidamente discriminadas as dimensões e localização dos elementos horizontais, como as vigas e lajes, inicialmente foi suposta uma espessura e localização das lajes com base ao pé direito dos pisos, que posteriormente foi corrigido com a disposição dos desenhos do projeto de execução em papel.

É importante ressaltar a vantagem principal do modelo em 3D criado no Revit que é reunir toda a informação disponível do CITMA num modelo digital, expondo o estado atual do edifício, minimizando e corrigindo os erros presentes nas plantas CAD e atualizando as plantas em papel possibilitando a criação de todo tipo de vistas, cortes de pormenores, elevações, plantas, renderes e vídeos.

Para ter um maior rigor geométrico e de informação foram sempre comparadas as dimensões apresentadas em planta e as existentes, dos diferentes elementos apresentados e modelados no edifício. O modelo conta com as cotas reais do terreno criando uma inclinação visível ao longo do edifício que se soma com a inclinação da entrada da garagem.

Para a criação de um modelo 3D de um edifício existente a partir do CAD, é importante obter toda a informação referente ao edifício desde o início, fundamentalmente plantas e cortes transversais que possibilitem ver o interior do edifício com os elementos devidamente identificados e especificados.

Neste sentido, são muitos os campos de aplicação disponíveis para a metodologia desenvolvida na dissertação e as vantagens associadas ao mesmo. O BIM impulsiona um grande desenvolvimento na indústria da AEC, podendo explorar suas ferramentas ao longo do ciclo de vida do edifício. O BIM garante um acesso contínuo a informação atualizada e concreta, facilitando que o edifício seja seguro para os utilizadores, garantindo as funcionalidades para o qual foi projetado.

6.2 Desenvolvimentos futuros

Sendo esta dissertação uma base para o desenvolvimento de trabalhos futuros, existem diversos pontos a otimizar e abordar seguindo esta metodologia os quais são:

- Completar o modelo estrutural e analisar as ferramentas BIM com a inserção de armaduras;
- Obter mapas de quantidades e peças desenhadas;
- Elaboração de planos de gestão e manutenção que abranjam cada espaço e elemento que exista ou seja introduzido no modelo.
- Realizar modelos das diversas especialidades e comprovar a interoperabilidade entre eles. Especialidades como:
 - AVAC
 - Redes de águas e esgotos
 - Segurança contra incêndios
 - Iluminação

Bibliografia

- [1] C. T. P. S. R. e. L. K. Eastman, BIM Handbook - A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors., John Wiley & Sons., 2018.
- [2] C. Eastman, Building Product Models: Computer environments Supporting Design and Construction., CRC Press, 1999.
- [3] L. Jablot, T. Paviot, D. Deneux e S. Lamouri, "Building Information Maturity specific to the renovation sector," *Automation in Construction*, pp. 140-159, January 2019.
- [4] N. Nisbet e B. Dinesen, Constructing the Business Case: Building Information Modelling, London: BuildingSMART UK , 2010, p. 20.
- [5] J. Clemente e N. Cachadinha, "Building information modeling como Ferramenta de isualização de realidade aumentada em obras de reabilitação," em *Congresso Construção 2012*, Coimbra, 2012.
- [6] J. P. Carvalho, S. M. Silva, M. R. e B. L., "As metodologias BIM como auxiliar no projeto de reabilitação energética de edifícios," em *II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável*, Minho, 2017.
- [7] R. A. Kivits e C. Furneaux, "BIM: Enabling Sustainability and Asset Management through Knowledge Management," *The Scientific World Journal*, vol. 2013, p. 14, 2013.
- [8] S. B. Brunnermeier e S. A. Martins, Interoperability Cost Analysis of the U.S. Automotive Supply Chain: Final Report, DIANE Publishing, 1999.
- [9] M. Lindlar, "BUilding Information Modeling - A game Changer for Interoperability and Chance for DIgital PReservation of Architectural data?," em *iPres*, 2014.
- [10] T. Liebich e R. See, "IFC Object Model Architecture Guide," em *Enabling Interoperability in the AEC/FM Industry*, 1999.
- [11] H. Kim e Z. Shen, "BIM IFC Information mapping to building energy analysis (BEA) model with manually extended material information," *Automation in Construction*, pp. 183-193, May 2016.
- [12] S. Fai e J. Rafeiro, "Establishing an appropriate level of detail (LoD) for a building information model (BIM)," em *ISPRS Technical Commission V Symposium*, Italy, 2014.

- [13] C. Botton, S. Kubicki e G. Halin, "The challenge of level of development in 4D/BIM simulation across AEC project lifecycle.," *Procedia Engineering*, pp. 59-67, October 2015.
- [14] American Institute of Architects, AIA G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form, 2013.
- [15] I. Grytting, F. Svaestuen, J. Lohne, H. Sommersteth, S. Augdal e O. Laedre, "Use of LOD decision plan in BIM-projects," *Procedia Engineering*, pp. 407-414, June 2017.
- [16] Zigurat Global Institute of Technology, "e-zigurat," 16 December 2021. [Online]. Available: <https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/lod-100-500-ciclo-vida-projeto-construcao/>. [Acedido em January 2022].
- [17] R. Charef, H. Alaka e S. Emmitt, "Beyond the third Dimension of BIM: A systematic review of literature and assessment of professional views," *Journal of Building Engineering*, pp. 242-257, May 2018.
- [18] P. Smith, "BIM & the 5D Project Cost Manager," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 475-484, March 2014.
- [19] J. Jupp, "4D BIM for Environmental Planning and Management," *Procedia Engineering*, pp. 190-201, April 2017.
- [20] T. Howarth e D. Greenwood, *Construction Quality Management: Principles and Practice*, Routledge, 2017.
- [21] S. Azhar, J. Brown e R. Farooqui, "BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software," em *45Th General Meeting of ASC at the University of Florida in Gainesville, Florida*, 2009.
- [22] R. Volk e F. S. Julian Stengel, "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs," *Automation in Construction*, pp. 109-127, 2014.
- [23] A. K. Nical e W. Wodyński, "Enhancing Facility Management through BIM 6D," *Procedia Engineering*, pp. 299-306, June 2016.
- [24] R. Bouška, "Evaluation of maturity of BIM tools across different software platforms," *Procedia Engineering*, pp. 481-486, June 2016.
- [25] P. Bellido-Montesinos, F. Lozano-Galant, F. J. Castilla e J. A. Lozano-Galant, "Experiences learned from an international BIM contest: Software use and information

workflow analysis to be published in: *Journal of Building Engineering*, *Journal of Building Engineering*, pp. 149-157, January 2019.

- [26] ISO, "International Organization for Standardization," May 2015. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/61753.html>. [Acedido em 1 July 2019].
- [27] International Organization for Standardization, ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles, 2018.
- [28] International Organization for Standardization, ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets, 2018.
- [29] ACCA software S.p.A, "BibLus," 2018. [Online]. Available: <http://biblus.accasoftware.com/es/guia-practica-sobre-nueva-en-iso-19650-de-buildingsmart-spain/>. [Acedido em 28 April 2020].
- [30] A. E. Eserverri, "Espacio BIM," 12 March 2020. [Online]. Available: <https://www.espaciobim.com/iso-19650>. [Acedido em 1 May 2020].
- [31] A. Monteiro, P. Mêda e J. P. Martins, "Framework for the coordinated application of two different integrated project delivery platforms," *Automation in Construction*, pp. 87-99, 2014.
- [32] G. C. Bowker e D. L. Star, *Sorting Things Out: Classification and its Consequences*, The MIT Press, 2000.
- [33] International Organization for Standardization, ISO 12006-2:2015 Building construction - Organization of Information about construction works - Part 2: Framework for classification, 2015.
- [34] S. Delany, "NBS," National Building Specification, 26 April 2019. [Online]. Available: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-uniclass-2015>. [Acedido em 3 August 2019].
- [35] M. Ellis, "Rebim," 6 February 2019. [Online]. Available: <https://rebim.io/classification-systems-uniclass-2015/>. [Acedido em 6 August 2019].
- [36] CSI, "Unifomat," Construction Specifications Institute, 2019. [Online]. Available: <https://www.csiresources.org/standards/unifomat>. [Acedido em 07 August 2019].

- [37] CSI; CSC, UniFormat - A uniform Classification of Construction System and Assemblies, 2010.
- [38] The Construction Specifications Institute, Inc. (CSI), OmniClass - A Strategy for Classifying the Built Environment - Introduction and User's Guide, 2019.
- [39] CSI, "OmniClass," Construction Specifications Institute, 2017. [Online]. Available: <https://www.csiresources.org/standards/omniclass/standards-omniclass-about>. [Acedido em 7 August 2019].
- [40] Instituto Nacional de Estatística, Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev 3, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2007.
- [41] SIMAP, "Informações sobre os contratos públicos europeus," 2019. [Online]. Available: <https://simap.ted.europa.eu/pt/web/simap/cpv>. [Acedido em 12 August 2019].
- [42] Comissão das Comunidades Europeias, "Regulamentos," *Jornal Oficial da União Europeia*, p. 375, 2008.
- [43] Instituto Nacional de Estatística, Classificação Portuguesa das Construções (CC-PT), Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, 2005.
- [44] Ministérios da Economia e do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Despacho nº578/2014 de 13 de janeiro. *Diário da República*, 2ª série - Nº8, Lisboa, 2014.
- [45] Consórcio ProNIC, Resumo Executivo - Funcionalidades, 2015.
- [46] IMPIC, "Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção," 2019. [Online]. Available: <http://www.impic.pt/impic/pt-pt/iniciativas-estrategicas/pronic-protocolo-para-a-normalizacao-da-informacao-tecnica-na-construcao>. [Acedido em 2019 August 2019].
- [47] Consórcio ProNIC, "Documento InCI/ProNIC," Lisboa, 2012.
- [48] T. D. Pereira, *Gestão de projeto e contratação de empreitadas*, Coimbra: Imprensa da Universidade de COimbra, 2014.
- [49] F. A. A. Pinho, "Norma BIM Portuguesa," Coimbra, 2015.
- [50] A. Ghaffarianhoseini, j. Tookey, A. Ghaffarianhoseini, N. Naismith, S. Azhar, O. Efimova e K. Raahemifar, "Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding it implementation, risks and challenges," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1046-1053, August 2017.

- [51] H. Fenby-Taylor, A. Maclaren, D. Rossiter, D. Philp, N. Thompson, T. Bartley e R. Tennyson, "Scotland Global BIM Study (produced for the Scottish Futures Trust)," *DotBuiltEnvironment*, pp. 1-29, July 2016.
- [52] A. Malleson e NBS, "National BIM Report 2018," United Kingdom, 2018.
- [53] K. O'Coneel, "Redshift," Autodesk, 13 February 2018. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/redshift/museum-of-the-future/>. [Acedido em 24 October 2019].
- [54] Autodesk, "Autodesk AEC Excellence Awards," Autodesk, 2017. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/aec-excellence-2017/building/first-place>. [Acedido em 2019 October 2019].
- [55] E. Rosselle, "Redshift," Autodesk, 13 March 2018. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/redshift/prefab-construction/>. [Acedido em 2019 October 2019].
- [56] C. Chatfield-Taylor, "Redshift," Autodesk, 9 August 2018. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/redshift/airport-planning/>. [Acedido em 28 October 2019].
- [57] Autodesk, "Customer Stories Lexco," Autodesk, 2019. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/customer-stories/lexco>. [Acedido em 30 October 2019].
- [58] Archdaily, "National Library of Sejong City," Samoo Architects & Engineers, 1 October 2013. [Online]. Available: <https://www.archdaily.com/433197/national-library-of-sejong-city-samoo-architects-and-engineers>. [Acedido em 30 October 2019].
- [59] H. M. P. Moura, "As reclamações nas empreitadas de obras públicas: alterações e atrasos," Universidade do Minho, 2003.
- [60] J. P. Couto, "Incumprimento dos prazos na construção," Universidade do Minho, 2006.
- [61] T. Vasconcelos, "Building Information Model - Avaliação do seu potencial como solução para os principais atrasos e desperdícios na construção portuguesa," Universidad Nova de Lisboa, 2010.
- [62] M. J. L. Venâncio, "Avaliação da implementação de Bim Building Information Modeling em Portugal," Universidade do Porto, 2015.
- [63] Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico, "Ct197 BIM," ONS/IST, 2017. [Online]. Available: <http://www.ct197.pt/>. [Acedido em 20 April 2020].

- [64] J. P. Martins, A. A. Costa e L. Sanhudo, “Prefácio,” em *ptBIM 2020 – 3º Congresso Português de Building Information Modelling*, Porto, 2020.
- [65] Tecnico de Lisboa, “Tecnico de Lisboa Noticias,” 9 May 2018. [Online]. Available: <https://tecnico.ulisboa.pt/pt/noticias/tecnico-desenvolve-modelo-estrutural-em-bim-para-o-palacio-nacional-de-sintra/>. [Acedido em 22 April 2020].
- [66] R. Machete, M. Godinho, M. Ponte, R. Bento, A. P. Falcão e A. Gonçalves, “BIM em intervenções de conservação e de reabilitação,” *Revista portuguesa de engenharia de estruturas*, vol. III, nº 13, pp. 55-62, 2020.
- [67] M. Campos, “Reabilitação dos Edifícios Singulares da Companhia de Fiação de Crestuma,” *2º Congresso Português de Building Information Modelling*, pp. 383-392, 2018.
- [68] J. Teixeira, F. Rodrigues e H. Rodrigues, “Desenvolvimento de uma Aplicação para a Gestão do Património Existente – Caso de Estudo,” *2º Congresso Português de Building Information Modelling*, pp. 549-556, 2018.
- [69] I. A. R. d. F. Rodas, “Aplicação da Metodologia BIM na Gestão de Edifícios,” Porto, 2015.
- [70] C. P. Carvalho, “A metodologia BIM - Building Information Modeling na Gestão da Manutenção das infraestruturas do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria,” Leiria, 2016.
- [71] L. S. Henschel, “Simulação do Desempenho Energético com Base na Metodologia BIM: Caso de Estudo do Edifício da ESSLei,” Leiria, 2018.
- [72] E. B. Tavares, “Gestão do Património com Recurso ao BIM,” Aveiro, 2019.
- [73] J. L. F. d. S. Mota, “Metodologia BIM-FM: Caso de Estudo Aplicado à Piscina Municipal de Vila Meã,” Amarante, 2016.
- [74] A. F. S. Feliciano, “Convergência para NZEB de um Grande Edifício de Serviços em Vila Nova de Gaia,” Vila Nova de Gaia, 2016.
- [75] D. M. B. Silva, “Implementação da Metodologia BIM-FM a uma Unidade Desportiva - Complexo de Piscinas de Campanhã,” Porto, 2017.
- [76] F. W. A. Dias, “Contributo do BIM com suporte na fase de manutenção e operação dos edifícios,” Minho, 2017.

- [77] R. J. A. Simões, “Análise da compatibilidade entre projetos de especialidades com recurso ao BIM,” Lisboa, 2018.
- [78] T. M. B. Barreiro, “BIM na Construção e Manutenção de um Edifício,” Minho, 2020.
- [79] Bimobject, “Bimobject,” 2022. [Online]. Available: <https://www.bimobject.com/pt>. [Acedido em janeiro 2022].