

NORMALIZAÇÃO BIM

Especificação do Nível de Desenvolvimento e Modelação por Objetivos

JOÃO PEDRO COSTA OLIVEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

Coorientador: Engenheiro António Machado Ruivo Sanguêdo Meireles

JUNHO DE 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2015/2016 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2016*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais,

*Make everything as simple as possible,
but not any simpler.*

- Albert Einstein -

AGRADECIMENTOS

À Comissão Técnica 197, na pessoa do seu presidente o Professor Doutor António Aguiar Costa, pela possibilidade de desenvolver esta dissertação enquadrada no âmbito das suas competências e oferecer o meu contributo para a normalização do BIM em Portugal.

Ao Professor Doutor João Pedro Poças Martins, no papel de orientador, pelo apoio e acompanhamento, constantes desde o primeiro momento. Os seus conselhos, críticas e transmissão de conhecimento revelaram-se fundamentais ao desenvolvimento desta dissertação.

Ao Engenheiro António Ruivo Meireles, meu coorientador e coordenador da Subcomissão 4 para os Objetos BIM e Modelação, pela oportunidade e disponibilidade ao longo do progresso deste trabalho.

A toda a equipa da ndBIM – Virtual Building pela hospitalidade e cooperação.

Ao João Rodrigues, Bruno Carneiro e Leonardo Pereira, pela amizade e companheirismo demonstrado ao longo do percurso de cinco anos que agora termina.

Aos amigos de longa data José Fernandes, Paulo Oliveira, Joana Magalhães e Maria Barroso pela amizade, apoio e confiança demonstrados.

À minha namorada e amiga Carla pelo carinho, força e convicção nas minhas competências, além da paciência ao longo dos últimos meses.

Ao meu irmão, Diogo, e aos meus padrinhos, pelo estímulo e confiança nas minhas capacidades.

Aos meus pais pelo exemplo e forma de estar essenciais à minha formação pessoal, bem como pela oportunidade de prosseguir a minha formação profissional, alcançando o grau de Mestre.

João Pedro Oliveira

RESUMO

Apesar da relevância apresentada, um pouco por todo o mundo, nas economias dos diferentes países, a Indústria da Construção é frequentemente classificada como ineficiente. Nesse sentido, a metodologia BIM como tecnologia de informação e comunicação, permitindo a completa compatibilização e interoperabilidade, é apontada por muitos como solução para os aumentos de competitividade e sustentabilidade exigidos ao setor.

Fruto deste reconhecimento, a implementação de tecnologias BIM vive um momento de elevado fulgor, conduzindo à criação de diversas iniciativas com vista à uniformização dos modelos; estas iniciativas vêm sendo impulsionadas quer por entidades governamentais quer privadas. A presente dissertação enquadra-se numa dessas iniciativas, inserindo-se nos trabalhos da Subcomissão 4 da Comissão Técnica 197; e tem por objetivo primordial a criação de uma ferramenta que permita aos diversos intervenientes no setor AEC especificarem as suas pretensões e necessidades aquando da utilização de um modelo BIM.

Na base deste trabalho está a convicção de que uma ferramenta deste tipo deve ter por orientação os documentos internacionais existentes, ainda que materializando uma abordagem distinta; que fomente a adoção de hábitos de modelação por objetivos, evitando a aplicação de esforço e tempo de modelação discrepantes dos exigidos para um modelo com determinadas metas de aplicação.

Com efeito, ao longo do presente texto estudam-se as características necessárias à produção de um elemento deste tipo; apresentando um programa de interface simples e utilização fácil, que resulta de uma série de algoritmos que em conjunto permitem ao usuário descrever de forma rápida e direta as suas pretensões e obter um documento estruturado que transmita a qualquer interveniente no processo o nível de desenvolvimento exigido aos vários componentes do modelo.

Considera-se ainda que o sucesso de uma ferramenta deste tipo é mensurável segundo dois aspetos principais: a solidez da base científica que o suporta e a adequabilidade perante a técnica e prática correntes. Assim sendo, opta-se pela produção do produto final recorrendo ao desenvolvimento colaborativo público, socorrendo-se de profissionais do setor. Esta opção permitirá refletir sobre a dinâmica de difusão mais adequada ao desenvolvimento de iniciativas de normalização BIM.

Do trabalho desenvolvido durante a elaboração desta dissertação surgiu um software que corporiza a Versão 1.0 da Matriz de Definição BIM PT. Este programa materializa a aplicação dos princípios propostos aos elementos relativos a Fundações e Estruturas de Edifícios.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Interoperabilidade, Normalização, LOD, Modelação por Objetivos.

ABSTRACT

In spite of the high relevance to the country's economies all over the world, the Construction Industry is often classified as inefficient. Indeed, the BIM methodology, as a powerful communication and information technology tool, allowing full compatibility and interoperability, is indicated by many construction agents as the solution to increase the setor competitiveness and sustainability.

As the result of this recognition, BIM technologies implementation is experiencing a period of great attention which leads to the appearance of several international initiatives for the standardization of models; these initiatives are being promoted either by governmental or private entities. This Master's Thesis is part of one of these initiatives, inserted within the work plan of Subcommittee 4 of the Technical Committee 197; and it has as main purpose the creation of a tool that allows the different AEC Industry players to specify their claims and needs when using a BIM Model.

This work is based on the belief that a tool like this must be guided by the existing international standards, although materializing a different approach; promoting the adoption of objective-oriented modelling customs, avoiding the application of modelling time and effort higher than those required for a model with specific use goals.

Indeed, throughout this text are studied the characteristics needed to produce an item like this, presenting a simple interface and easy to use program, resulting from a series of algorithms which together allow the user to describe their needs in a quick and direct way and get a structured document to transmit, to any player in the process, the level of development required to the several components of the model.

It is also considered that the success of such a tool is measured to two main aspects: the strength of the scientific base that supports such tool it and the suitability towards the current techniques and practices. Therefore, it was decided that the creation of the final product would be an open collaborative development with the industry professionals. This option allows to study about diffusion dynamics more suitable to the development of BIM standardization initiatives.

As result of this Master's Thesis has been created the version 1.0 of *Matriz de Definição BIM PT*, a software application that applies the principles discussed throughout the study to the Building Foundation and Structural elements.

KEYWORDS: BIM, Interoperability, Standardization, LOD, Modelling.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. MOTIVAÇÃO	1
1.3. ÂMBITO E OBJETIVOS	2
1.4. METODOLOGIA	2
1.5. ORGANIZAÇÃO	3
2. ESTADO-DA-ARTE	5
2.1. BIM	5
2.2. IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS BIM	6
2.2.1. AUMENTO DO INTERESSE	6
2.2.2. RECONHECIMENTO ESTRATÉGICO	7
2.3. INTEROPERABILIDADE	8
2.4. NORMALIZAÇÃO	11
2.4.1. PAPEL DA NORMALIZAÇÃO	11
2.4.2. BIM EXECUTION PLAN	11
2.4.3. NORMALIZAÇÃO SOBRE OBJETOS	13
2.4.4. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO	21
2.4.5. INDUSTRY FOUNDATION CLASSES	27
2.5. METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO	31
2.6. SÍNTESE	33
3. MATRIZ DE DEFINIÇÃO BIM PT	35
3.1. COMENTÁRIO À NORMALIZAÇÃO EXISTENTE	35
3.2. ESTRUTURA	37
3.3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO	38

3.4. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO	40
3.4.1. FASES DO CICLO DE VIDA	41
3.4.2. OBJETIVOS DO MODELO	44
3.5. MATRIZ DE NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO	47
3.6. DESCRIÇÃO TÉCNICA	48
3.7. SÍNTESE	49
4. DESENVOLVIMENTO COLABORATIVO	51
4.1. IMPORTÂNCIA, CONSTITUIÇÃO E PLANEAMENTO	51
4.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO	52
4.3. INQUÉRITO A PROFISSIONAIS	53
4.3.1. CARACTERIZAÇÃO.....	53
4.3.2. ORGANIZAÇÃO	54
4.3.3. FASES, OBJETIVOS E ELEMENTOS/SISTEMAS	55
4.3.4. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E EXIGÊNCIAS DE INFORMAÇÃO.....	56
4.3.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FASES DO CICLO DE VIDA.....	57
4.4. RESULTADOS	58
4.4.1. ANÁLISE DE DADOS.....	58
4.4.2. REPRESENTATIVIDADE	59
4.4.3. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	60
4.4.4. REFLEXÃO CRÍTICA	61
5. CONCLUSÃO	63
5.1. RESULTADOS DO TRABALHO	63
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	A

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução do número de publicações relacionadas com o BIM entre 2004 e 2014 [Adaptado de (Yalcinkaya e Singh, 2015)]	6
Figura 2 – Evolução dos temas de maior enfoque no estudo do BIM [Adaptado de (Yalcinkaya e Singh, 2015)]	9
Figura 3 - Cronologia do desenvolvimento de modelos BEP [Retirado de (McArthur, J., 2015)]	12
Figura 4 - Relação entre Níveis de Desenvolvimento, Detalhe e Informação.....	13
Figura 5 - Pavimento Estrutural assente em Trelças de Madeira, LOD350 [Retirado de (BIMForum, 2015b)]	16
Figura 6 - Tabela de Elementos e Tabela de Atributos HVAC [Retirado de (BIMForum, 2015a)]	16
Figura 7 - Excerto da Aba relativa a Paredes Exteriores [Retirado de (NATSPEC, 2011a)]	17
Figura 8 - Hierarquia e Interligação entre as tabelas Uniclass [Retirado de (Delany, S., 2015)]	27
Figura 9 - Esquema da estrutura do IFC4 [Retirado de (buildingSMART, 2015)].....	29
Figura 10 - Modelos de Adoção da Metodologia BIM [Adaptado de (Succar e Kassem, 2015)]	31
Figura 11 - Dinâmicas de Difusão BIM [Retirado de (Succar e Kassem, 2015)]	32
Figura 12 - Exemplo de modelação excessiva devida ao carácter cumulativo das definições.....	36
Figura 13 - Esquema da Estrutura da Matriz de Definição BIM PT.	37
Figura 14 - Classificação do ciclo de vida de edifícios [Adaptado de (Eastman, C.M., 1999, Gielingh, W., 1988)]......	41
Figura 15 - Fases do ciclo de vida de um edifício.	43
Figura 16 - Exemplo da Matriz de Níveis de Desenvolvimento da Matriz de Definição BIM PT.	47
Figura 17 - Excerto da aba relativa à Caracterização do Modelo da Matriz de Definição BIM PT.	48
Figura 18 - Processo de geração da Matriz de Definição BIM PT.	49
Figura 19 - Excerto do documento relativo à definição de objetivos por especialidade (Gestão de Obra).	55
Figura 20 - Excerto do documento relativo à listagem de elementos/sistemas por especialidade (Estruturas).....	56
Figura 21 - Excerto do documento relativo ao inquérito às Características Geométricas (Informação Geográfica).....	56
Figura 22 - Excerto do documento relativo ao inquérito às Exigências de Informação (Estruturas).....	57
Figura 23 - Resultados da Discussão Pública.....	58
Figura 24 - Adesão dos intervenientes do setor AEC ao desenvolvimento colaborativo.....	59

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Definição dos Níveis de Desenvolvimento [Dados retirados de (AIA, 2013b)]	14
Quadro 2 - Definição de LOD350 [Dados retirados de (BIMForum, 2015a)]	15
Quadro 3 - Definição dos Níveis de Informação [Dados retirados de (NBS, 2016b)]	19
Quadro 4 - Definição dos Níveis de Detalhe [Dados retirados de (NBS, 2016b)].....	20
Quadro 5 - Tabelas propostas pela ISO 12006-2:2015 [Retirado de (ISO, 2015)]	22
Quadro 6 - Tabelas integrantes do Omniclass [Retirado de (Secretariat, O.D.C., 2016)]	23
Quadro 7 - Tabelas constituintes do Uniclass2015 [Retirado de (Delany, S., 2015)]	26
Quadro 8 - Vantagens e Desvantagens do OmniClass	38
Quadro 9 - Vantagens e Desvantagens do Uniclass2015	39
Quadro 10 - Definições relativas às fases do Ciclo de vida de Edifícios	44
Quadro 11 - Definição de objetivos para modelos BIM [Adaptado de (CIC, 2011)].....	45
Quadro 12 - Lista de Especialidades envolvidas no Ciclo de Vida de Produtos de Construção.	54

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

2D - Duas Dimensões

3D - Três Dimensões

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA - American Institute of Architects

BEP - BIM Execution Plan

BIM - Building Information Modelling

CAD - Computer Aid Design

CEN - European Committee for Standardization

COBie - Construction Operations Building information Exchange

CPIC - Construction Project Information Committee

CT - Comissão Técnica

IAI - International Alliance for Interoperability

IFC - Industry Foundation Classes

LOD - Level of Development

MEP - Mechanical, Electrical and Plumbing

MVD - Model View Definition

NBS - National Building Specification

PAS - Publicly Available Specifications

PIB - Produto Interno Bruto

ProNIC - Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção

RIBA - Royal Institute of British Architects

SC - Subcomissão

TC - Technical Commission

Uniclass - Unified Classification for the Construction Industry

1

Introdução

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Indústria da Construção é, um pouco por todo o Mundo, uma das principais indústrias dos diversos países, apresentando significativa relevância na economia dos mesmos (Stasiak-Betlejewska e Potkány, 2015). No entanto, é uma indústria considerada ineficiente, culminando com frequência na repetição de tarefas bem como no aumento dos custos ou prolongamento dos prazos de conclusão dos projetos, tornando-a pouco competitiva e sustentável (TC442, 2015).

Deste modo, a introdução das ferramentas BIM é apontada como solução para o aumento de eficiência na gestão da informação ao longo das fases de projeto, construção e operação dos edifícios (TC442, 2015) e como tal, a sua implementação tem vindo a atravessar uma fase fulgurante ao longo dos últimos anos (Smith, P., 2014). Com o intuito de potenciar a competitividade e melhorar a sustentabilidade do setor, o BIM como Tecnologia de Informação e Comunicação apresenta-se como elemento chave para a sua concretização (TC442, 2015).

A utilização do BIM como ferramenta comunicativa, compatível e interoperável requer completa coordenação, conseguida através da normalização e sincronização de métodos operativos (TC442, 2015). A exemplo de outras entidades internacionais e com o objetivo de produzir um conjunto estruturado de normalizações, especificações e relatórios que definam metodologias de descrição, partilha, monitorização e gravação de dados, bem como tornar-se a base de toda a normalização BIM europeia, o *European Committee for Standardization* criou a Comissão Técnica 442, inteiramente dedicada ao *Building Information Modelling* (TC442, 2015).

Com a finalidade de desenvolver a normalização no âmbito dos sistemas de classificação, modelação da informação e processos ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos de construção, ao mesmo tempo que acompanha os desenvolvimentos da CEN/TC 442, o Instituto Português da Qualidade criou, em Março de 2015, a Comissão Técnica 197 cuja coordenação se encontra a cargo do Organismo de Normalização Setorial do Instituto Superior Técnico (Costa, A.A., 2015, IPQ, 2015). A organização desta CT assenta na criação de quatro subcomissões, divididas por: Maturidade e Plano de ação; Trocas e Requisitos de informação; Metodologias BIM; Objetos BIM e Modelação; (Costa e Santos, 2015).

1.2. MOTIVAÇÃO

O enquadramento efetuado anteriormente permite perceber a forma veemente como tem ocorrido o desenvolvimento das ferramentas BIM, consequência disso é o cada vez maior número de intervenientes na indústria da construção que se depara com a necessidade de interagir com esta metodologia. Este

aumento de interesse, apoiado por um conjunto de iniciativas governamentais, leva ao encontro de agentes cujos conhecimentos da tecnologia são necessariamente diferentes.

A motivação inerente à elaboração desta dissertação prende-se com a garantia de interoperabilidade entre os diferentes utilizadores, mas centra-se particularmente na interoperabilidade entre pessoas com conhecimentos distintos e com diferentes posicionamentos perante o BIM. Os processos associados à construção de uma obra envolvem diferentes fases e agentes e, conseqüentemente, a introdução de uma nova metodologia não deve obrigar ao igual domínio por parte de todos eles; por exemplo um promotor a quem é exigida a utilização do BIM não necessita perceber os mecanismos que envolvem a sua aplicação prática, mas, por oposição, necessita expressar perante os seus contratados as suas pretensões para o modelo.

Em síntese, este trabalho pretende estudar a interoperabilidade de forma a munir os intervenientes de ferramentas que permitam o completo entendimento sobre as características dos modelos, sem que para isso necessitem dispor de completo domínio das tecnologias envolvidas.

1.3. ÂMBITO E OBJETIVOS

O desenvolvimento da presente dissertação enquadra-se na Subcomissão 4 para os *Objetos BIM e Modelação* da CT 197, cujas metas traçadas passam pela implementação de um sistema de classificação de informação para o BIM, redefinição das regras de medição existentes e pelo desenvolvimento de uma matriz de modelação por objetivos.

Com efeito, os objetivos que se pretendem atingir através da elaboração da presente dissertação coincidem, em parte, com os da própria subcomissão. Assim, ambiciona-se no contexto deste trabalho:

- Desenvolver um documento, organizado de acordo com a estrutura de um sistema de classificação internacional. Na seleção desse sistema será tida em conta a maturidade e estabilidade comprovadas, de forma a trabalhar sobre uma base que não preveja demasiadas alterações, bem como atribuída importância à adequação deste à atual realidade portuguesa;
- Definir, para cada serviço, o nível de detalhe de cada objeto e as propriedades possíveis de calcular ou extrair;
- Validar a matriz segundo os standards de interoperabilidade internacionais, nomeadamente os ficheiros IFC extraídos de softwares comerciais, de forma a garantir que os resultados são utilizáveis por qualquer profissional independentemente do software utilizado;
- Relacionar cada um dos níveis de desenvolvimento com a utilização última do modelo, contribuindo para uma modelação racional e por objetivos.

Por fim, elevando a análise a um nível macro, o presente trabalho permitirá ainda tecer considerações sobre o melhor processo de implementação de iniciativas de normalização BIM, nomeadamente ao nível da metodologia de difusão escolhida.

1.4. METODOLOGIA

O desenvolvimento do tema apresentado será materializado através de uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de classificação internacionais existentes, as normalizações sobre os objetos BIM e características da sua modelação, não esquecendo os formatos que a garantem a interoperabilidade dos modelos. Esta pesquisa permitirá perceber os caminhos até agora seguidos por outras entidades, procurando potenciar as suas vantagens e contornar eventuais lacunas.

Seguidamente, com conhecimento aprofundado sobre a documentação existente, resultante das diversas iniciativas relacionadas com o tema em análise, as suas características, pontos fortes e fragilidades, proceder-se-á à definição da estrutura que servirá de base ao desenvolvimento do produto final deste trabalho.

Uma vez estabelecidos os moldes da estrutura, esta será apresentada aos voluntários que se disponibilizem a colaborar na composição da matriz de definição dos vários níveis de desenvolvimento, e iniciar-se-á o processo de elaboração da mesma. De referir que este processo consistirá numa produção por capítulos que, uma vez concluídos, serão apresentados aos profissionais envolvidos a fim de obter pareceres que permitam o seu melhoramento.

1.5. ORGANIZAÇÃO

Introduzido o tema, explanados os seus objetivos e narrada a metodologia adotada na sua execução, procede-se agora à conseqüente apresentação da estrutura escolhida para o desenvolvimento da presente dissertação de forma a orientar o leitor na sua análise e interpretação.

Assim, o capítulo 2 consiste no levantamento do Estado-da-Arte, o qual se principia pelo esclarecimento de alguns aspetos relacionados com o BIM que se consideram essenciais à compreensão deste trabalho; seguindo-se uma reflexão sobre a importância deste tipo de metodologia no atual panorama da indústria da construção, tecendo considerações relacionadas com o aumento do interesse na sua implementação e com o reconhecimento estratégico por parte do setor. Posteriormente refere-se o tema da interoperabilidade, fundamento estruturante do progresso do trabalho, precedendo ao assunto da normalização no qual, após uma reflexão sobre o seu papel, se abordam os temas relativos a planos de execução BIM, normalização sobre objetos, sistemas de classificação de informação e por fim, o formato IFC. Este capítulo inclui ainda uma análise aos diferentes metodologias de implementação de iniciativas BIM.

Por sua vez, o capítulo 3 apresenta-se chave no contexto desta dissertação na medida em que descreve a Matriz de Definição BIM PT, produto final e objetivo primordial de todo o estudo desenvolvido. Deste modo, o capítulo inicia com um comentário à normalização existente, descrita em sede de Estado-da-Arte, a fim de resumir os principais benefícios e limitações da sua utilização, perceções essenciais à produção de uma nova proposta de abordagem ao tema. Prossegue-se com a apresentação da estrutura que fundamenta o desenvolvimento de toda a especificação, além da explanação dos diversos componentes que dela fazem parte. O capítulo encerra com uma descrição técnica sobre o funcionamento da ferramenta abordando os meios tecnológicos utilizados na sua produção.

Findada a explanação da Matriz de Definição BIM PT através da estrutura, características e funcionamento, o capítulo 4 descreve o desenvolvimento colaborativo através do qual se procedeu à recolha da informação presente na ferramenta. Deste modo, o capítulo inicia-se pela consideração da importância da colaboração no contexto do presente trabalho, passando pelo processo de constituição do grupo de trabalho, culminando no planeamento do mesmo. De seguida detalham-se as diversas fases do processo e conclui-se com um comentário aos resultados do estudo, nomeadamente no que se relaciona com a metodologia de implementação escolhida.

Por fim, terminada a apresentação do trabalho desenvolvido e da base científica que o sustenta, segue-se a conclusão, na qual se tecem considerações sobre os resultados obtidos, relacionando-os com os objetivos inicialmente propostos e refletindo sobre oportunidades de desenvolvimento futuro.

2

Estado-da-Arte

2.1. BIM

A metodologia BIM é cada vez mais uma realidade presente no quotidiano dos intervenientes na indústria da construção, resultando no forte aumento da sua utilização (McGraw Hill C., 2014); com efeito, o nível de maturidade desta metodologia será comprovado no decorrer do presente capítulo.

Surgindo do acrónimo da expressão *Building Information Modelling*, BIM é “a representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, atua como um recurso de partilha de informação para obter informações sobre uma obra, formando uma base fiável de auxílio à tomada de decisão durante o seu ciclo de vida, desde o início em diante.” (NIBS, 2007).

Apesar de maioritariamente utilizada como *Building Information Modelling*, o termo BIM pode também significar *Building Information Model*. No caso em que a letra “M” é o acrónimo de “*Model*”, a sigla refere-se ao modelo ou, por outras palavras, à “*representação digital da instalação*”; por outro lado, quando representa “*Modelling*” alude à “*ação de criar um modelo eletrónico de uma obra, com propósitos de visualização, análises para fins de engenharia, análises de conflito, verificação de critérios de código, engenharia de custos, pré-fabricação, orçamentação, entre muitos outros.*” (NIBS, 2007).

Aquando do seu surgimento, a sigla BIM era frequentemente empregue como referência a um tipo de *software*, à qual eram associadas novas ferramentas de desenho. Atualmente, atingiu-se consenso numa definição mais ampla do conceito do BIM ultrapassando o *software* que o suporta, assumindo-se então como uma nova metodologia de abordagem à construção (Yalcinkaya e Singh, 2015). Criada com o intuito de facilitar a integração, interoperabilidade e colaboração na indústria da construção, vincando uma nova geração nas tecnologias da informação e uma nova abordagem às ferramentas CAD, através da possibilidade de armazenamento, processamento, partilha, análise e troca de informações relativas a um determinado edifício, passíveis de utilização ao longo do ciclo de vida da obra (Lee, G. [et al.], 2006).

Apesar de frequentemente associado à adição de uma nova dimensão das ferramentas CAD 2D tradicionais, o conceito BIM vai muito além desta descrição, que apenas traduz as ferramentas CAD 3D, que remontam aos primórdios da computação gráfica. A utilização das ferramentas BIM garante um sem número de possibilidades oferecidas pela integração de processos automatizados inerente aos modelos BIM (Monteiro e Martins, 2011).

2.2. IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS BIM

2.2.1. AUMENTO DO INTERESSE

As ferramentas BIM encerram um potencial e um leque de funcionalidades de tal ordem vasto que são muitas as vezes que, numa época em que se discute a urgência de modernização no setor da construção, admitem que qualquer alteração na abordagem à gestão de informação deverá considerá-las nos novos processos (Martins, J.P., 2009).

Este aspeto fez com que o BIM se tenha assumido como palavra-chave no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (Yalcinkaya e Singh, 2015), traduzindo-se no aumento de utilização e consequente credibilização em todo o globo, assumindo-se como elemento estruturante na dinamização do setor: *“A mudança está a alastrar-se pelo Globo. As equipas de projeto estão a beneficiar das comunicações mais rápidas, dos computadores mais pequenos, móveis e potentes, ferramentas de modelação digital robustas e transformações em direção a processos integrados, todos eles gerando resultados positivos, eficiência e benefícios inimagináveis há alguns anos atrás.”* (McGraw Hill C., 2014).

Aliás, a hipótese anterior assenta, não só no registo do aumento no número de projetos produzidos com recurso a este tipo de ferramentas, como também na crescente evolução no grau de implementação do BIM nas empresas (McGraw Hill C., 2014). Um estudo recente da autoria de Yalcinkaya e Singh (Yalcinkaya e Singh, 2015) contabiliza o aumento significativo do número de publicações sobre este tema em revistas e conferências constantes nas principais bases de dados académicas, ao longo da última década, retratado na Figura 1.

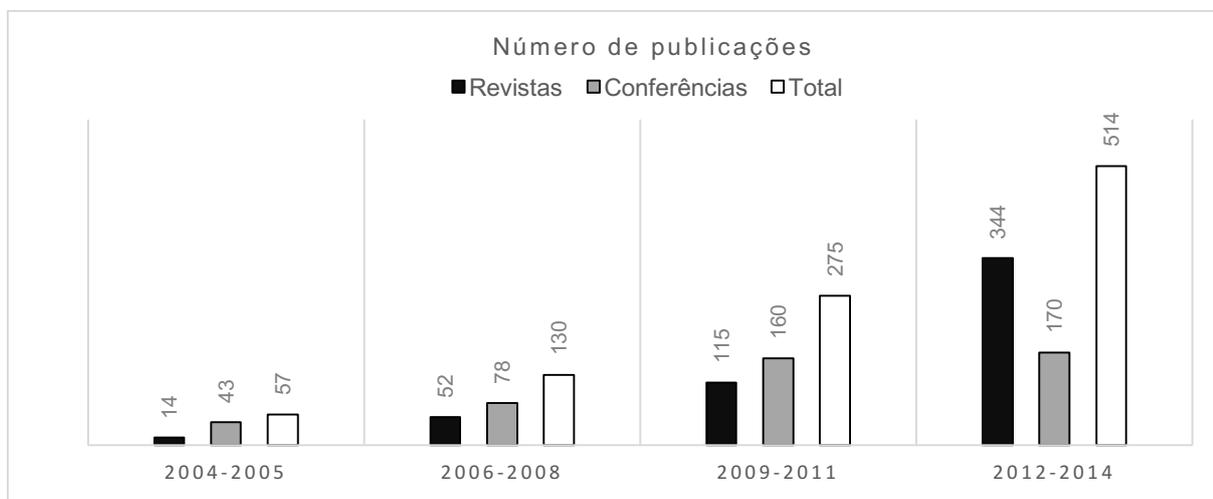


Figura 1 - Evolução do número de publicações relacionadas com o BIM entre 2004 e 2014 [Adaptado de (Yalcinkaya e Singh, 2015)]

A análise da figura anterior permite constatar que o número de publicações relacionadas com o BIM tem vindo aproximadamente a duplicar em cada triénio sucessivo, desde 2004. Outros estudos semelhantes, como o realizado por Smith (Smith, P., 2014), haviam avançado a conjectura enunciada referindo que *“a implementação do BIM tem vindo a atravessar um momento impetuoso ao longo dos últimos anos”*.

2.2.2. RECONHECIMENTO ESTRATÉGICO

2.2.2.1. Relevância política do setor AEC

O setor da Arquitetura, Engenharia e Construção apresenta, um pouco por todo o mundo, elevada importância na economia; importância dada pela relevância socioeconómica, através da criação de habitação, infraestruturas e emprego, mas também pelo seu carácter abrangente, recorrendo a bens e serviços de outras indústrias relacionadas. De referir que o peso do setor na economia tende a diminuir com o aumento do grau de desenvolvimento do país. (Stasiak-Betlejewska e Potkány, 2015).

No continente europeu, o setor representava em 2012 aproximadamente 10% do PIB, sendo responsável por cerca de 20 milhões de postos de trabalho do conjunto dos países da União Europeia (EC, 2012). Os responsáveis políticos da União reconhecem a importância da modernização do setor para o seu crescimento e aumento de sustentabilidade, reconhecendo-o como um dos seis mercados com maior potencial de inovação e desenvolvimento (EC, 2012).

2.2.2.2. Medidas governamentais de fomento à utilização das BIM

O reconhecimento do BIM como ferramenta-chave para a concretização desse desenvolvimento encontra-se patente na Diretiva Europeia relativa à Adjudicação de Contratos públicos na qual se refere que *“os Estados-Membros podem exigir a utilização de instrumentos eletrónicos específicos, tais como instrumentos de modelização eletrónica de dados de construção ou similares.”* (PE, 2014).

A diretiva referida contribuiu para o estabelecimento de medidas de fomento à utilização das tecnologias BIM em diversos países europeus, onde a aplicação destas em projetos financiados com recursos públicos se apresenta obrigatória, são casos de Reino Unido, Holanda, Dinamarca, Finlândia e Noruega (PADSUN, 2015). No entanto, não só nações europeias têm avançado com medidas governamentais cujo objetivo é o estímulo à utilização do BIM; exemplo disso são os casos de Estados Unidos da América, Singapura, China, Hong Kong ou Austrália (Smith, P., 2014).

Estas medidas assumiram-se fulcrais no desenvolvimento do BIM, como referido no relatório da McGraw Hill (McGraw Hill C., 2014), onde se regista uma forte aceleração do uso do BIM, associada ao maior número de proprietários não só públicos como privados que pretendem institucionalizar os benefícios desta metodologia, entre os quais a redução dos prazos, a maior exatidão na entrega de projetos e a maior fiabilidade ao nível de qualidade e preço. Acrescentando que *“A regulamentação do BIM nos Estados Unidos, Reino Unido e outras entidades governamentais, demonstra o quão esclarecidamente os proprietários podem especificar metas e impulsionar a adoção das tecnologias BIM, por parte das empresas de projeto e construção, de forma a atingirem e até excederem essas metas, ao mesmo tempo que transformam o BIM num mais amplo ecossistema de projeto”*.

Apesar de terem em comum o reconhecimento da importância do BIM para a modernização e aumento de competitividade do setor estratégico da construção, e o incentivo ao interesse na sua utilização, a forma como estes estímulos são materializados é distinta de caso para caso.

Começando pelos Estados Unidos da América, por vezes apontado como principal impulsionador no desenvolvimento e implementação do BIM na indústria da construção (Wong, A. [et al.], 2009), a intervenção iniciou-se através da inclusão do BIM nos projetos da Administração Geral dos Serviços, organismo que tutela todos os edifícios federais americanos, da criação de um programa nacional de 3D-4D-BIM e de um programa nacional assente na utilização do BIM e internacionalmente reconhecido, o *National BIM Standard* (McGraw Hill C., 2014).

Por sua vez, o Reino Unido apresenta aquele que é considerado por muitos como o “*mais ambicioso e avançado programa de estruturação da construção apoiada em BIM a nível global*” (HM Government, 2012). As metas traçadas incluem-se nas políticas de Construção Inteligente, Baixas Emissões de Carbono, Construção Sustentável e Aumento da Produtividade do setor e das quais se salientam a diminuição dos custos de capital e redução das emissões de carbono resultantes da construção em 20%. Para tal o governo britânico optou, em primeiro lugar pela criação do *BIM Task Group*, que auxilia os clientes públicos e privados na adaptação das suas práticas de trabalho, e pela implementação de um modelo de contratação pública que passava, com início em 2016, pela obrigatoriedade da utilização do BIM ao longo de todo o processo de construção (HM Government, 2013).

Abordagem diferente foi a seguida por Singapura, onde ao invés da atuação na perspetiva da obrigatoriedade se enveredou pela beneficiação dos projetos produzidos através do BIM. A materialização desta política foi conseguida pela criação do primeiro sistema de aprovação rápida de projetos, em que o promotor apenas necessita de submeter eletronicamente o modelo BIM do projeto, munido de todas as informações requeridas, culminando na redução do tempo despendido na obtenção de licenciamento (McGraw Hill C., 2014).

Os casos supracitados são porventura aqueles que produzem maior impacto, no entanto existem outros, como são casos os países Escandinavos como: Finlândia onde, além de medidas encorajadoras e de obrigatoriedade, tem havido um forte investimento na investigação tecnológica do setor, do qual se salienta a publicação de um guia universal BIM (Graham, L., 2011); e Dinamarca, através do Centro para a produtividade na Construção (Cuneco) que gere a criação de um sistema de classificação BIM (Smith, P., 2014).

Por fim, importa salientar, que a coordenação nacional é apontada como fator crítico no sucesso da implementação do BIM, uma vez que conduz à canalização de esforços, evita as adversidades resultantes das descoordenadas iniciativas individuais (Smith, P., 2014), contribuindo para a agilização destes processos (McGraw Hill C., 2014).

2.3. INTEROPERABILIDADE

No decorrer do presente texto foi referido o crescente aumento do número de ocorrências de artigos relacionados com a investigação do BIM, exposto em detalhe por Yalcinkaya e Singh (Yalcinkaya e Singh, 2015), no qual se elaborou uma análise não só quantitativa como também qualitativa, recorrendo à metodologia *Latent Semantic Analysis*. O estudo efetuado permitiu reconhecer padrões nas publicações analisadas e identificar quais os assuntos alvo de maior preocupação por parte da comunidade envolvida no estudo do BIM (ver Figura 2).

Desta forma, numa primeira aproximação, apresentam-se como principais temas abordados os relacionados com a implementação e dificuldades de projeto, nos quais se incluem a implementação das tecnologias e processos BIM afluindo tópicos e complexidades relacionadas com a integração, os projetos assentes em BIM e a reeducação dos projetistas. Seguidamente acresce, em terceiro lugar, o tema da padronização da informação, focando-se em assuntos como a interoperabilidade, a troca de dados e as aplicações BIM para os diversos intervenientes. Aprofundando a análise, surgem temas como gestão energética, adoção, gestão da segurança, gestão da informação, gestão de obra e projeto, e conformidade de projetos, respetivamente.

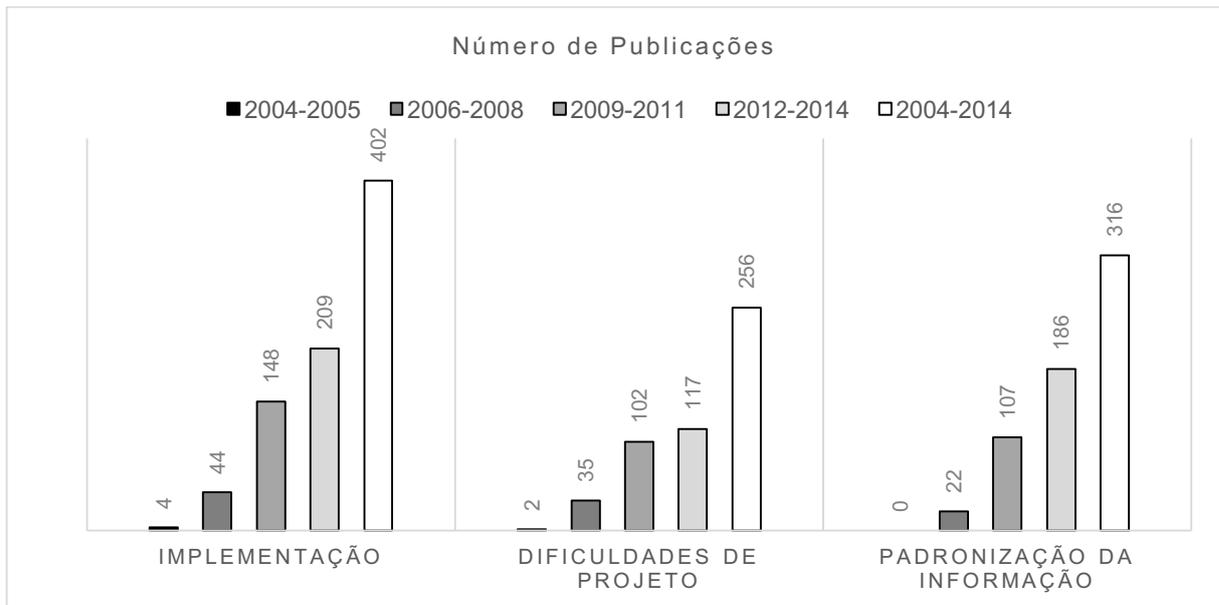


Figura 2 – Evolução dos temas de maior enfoque no estudo do BIM [Adaptado de (Yalcinkaya e Singh, 2015)]

O mesmo estudo aponta a área de investigação que aborda a troca de informação e interoperabilidade como um dos tópicos que, não só mantém, como reforça o seu papel chave ao longo dos anos, justificado pelo constante aumento do número de artigos publicados.

A interoperabilidade é, segundo (Eastman, C. [et al.], 2008), “a capacidade de troca de dados entre aplicações, e para múltiplos fins contribuir simultaneamente para o trabalho manual” acrescentando que “no mínimo, elimina a necessidade de copiar manualmente os dados previamente gerados noutra aplicação”.

O estudo da interoperabilidade é um tema de vasta abrangência, o qual é possível dividir em três principais campos de atuação, que se prendem com a interoperabilidade entre aplicações, interoperabilidade entre diferentes intervenientes e especialidades, e por fim, mas não menos importante, a interoperabilidade entre pessoas com níveis de formação e/ou conhecimento da área bastante distintos.

Na procura de potenciar a interoperabilidade entre as diferentes aplicações e softwares BIM, o formato IFC apresenta-se como o maior objeto de estudo (Yalcinkaya e Singh, 2015). O *Industry Foundation Classes* é um formato de dados neutro para escrita, troca e partilha de informação, tipicamente usado entre as indústrias dos setores da construção e gestão de serviços; sendo a *International Alliance for Interoperability*, como parte da missão do buildingSMART, responsável pela sua criação e desenvolvimento (NIBS, 2007). De referir que o tema do IFC será alvo de uma análise mais aprofundada no subcapítulo 2.4.5.

A pertinência da adoção deste tipo de formatos advém do elevado número de aplicações e/ou softwares nos quais, ao longo dos processos de projeto, construção e ciclo de vida da obra, é utilizado o modelo. Número esse, provocado pelo aumento da utilização do BIM, que conduziu igualmente ao aumento da quantidade de softwares e aplicações disponibilizadas aos utilizadores, em resposta às necessidades e limitações mencionadas pelos próprios. Consequentemente, o alargamento do número de aplicações utilizadas e de criadores das mesmas, culmina na existência de diversas linguagens que dificultam a sua compatibilização e criam a necessidade de padrões de interoperabilidade.

Por outro lado, a definição de BIM contempla a noção de “*representação digital partilhada, assente em padrões de interoperabilidade*” (NIBS, 2007). Aliás, uma premissa base do BIM é a colaboração entre os diferentes intervenientes, nas distintas fases do ciclo de vida de um empreendimento, através da adição, extração, atualização ou alteração da informação no processo BIM para apoiar e traduzir o papel desse interveniente (NIBS, 2007). A conceção referida inclui-se no campo da interoperabilidade entre diferentes intervenientes, sendo necessário estabelecer princípios de operação que permitam a rápida e correta troca e análise de informações entre os mesmos, sem que seja necessária qualquer explicação e/ou período de adaptação a diferentes formas de trabalho.

Deste modo, o trabalho integrado e a partilha de informação num projeto colaborativo facilita a comunicação entre os projetistas envolvidos e potencia a qualidade do produto, ao passo que se traduz em aumentos de produtividade conseguidos pela redução do número de trabalhos desnecessários (Oh, M. [et al.], 2015). Contudo, a materialização dos projetos colaborativos não pode ser consumada isoladamente, uma vez que a interoperabilidade se apresenta como espinha-dorsal desta (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010).

Por fim, um outro campo de abordagem à interoperabilidade passa pela relação entre intervenientes cujo conhecimento perante a metodologia BIM apresenta claros níveis de diferenciação. Este assunto, apesar de não ser um alvo preferencial de investigação, assume especial relevância em trabalhos de foro semelhante ao que agora se apresenta.

O já referido aumento de utilização aliado à consequente credibilização do BIM, e principalmente as cada vez mais frequentes e abrangentes medidas governamentais de fomento à adoção desta metodologia, resultam no encontro de entidades cujo nível de conhecimento sobre o método é claramente distinto. Por hipótese, um dono de obra que pretenda a execução do seu projeto com recurso ao BIM, mas que não possua os conhecimentos que lhe permitam perceber qual o grau de pormenor com que o modelo foi produzido, consente ao projetista a liberdade de definir o tipo de modelo a entregar, podendo optar por um modelo minimalista do qual pouca ou nenhuma utilidade se poderá retirar ou por oposição, um modelo exageradamente aprimorado cujas potencialidades nunca serão utilizadas. Note-se que a questão aqui abordada não se relaciona diretamente com a compreensão técnica ou de modelação, prende-se acima de tudo com a necessidade de referências legais com validade jurídica que permitam a qualquer interveniente, independentemente da sua formação ou grau de conhecimento, especificar no caderno de encargos de uma obra as características mínimas pretendidas para o modelo, bem como os objetivos da sua utilização.

O assunto supracitado assume maior destaque quando a referência é o setor AEC português; sobre o qual, analisando o estudo de Venâncio (Venâncio, M., 2015), se percebe que o nível de maturidade BIM dos Donos de Obra é bastante reduzido. Esta conclusão é sustentada pela percentagem inferior a 40% de respondentes, inseridos no grupo dos Donos-de-Obra, que se afirmam conhecedores do BIM e agravada pela correspondente fração de 75% que assume a necessidade de elevar o seu nível de conhecimento. A par deste aspeto, o mesmo estudo revela ainda que os diferentes inquiridos reconhecem a importância que a solicitação por parte dos Donos de Obra possui relativamente à implementação do BIM. Deste modo, comprova-se que os Donos de Obra não possuem os conhecimentos necessários à definição dos requisitos pretendidos para os modelos que solicitam.

2.4. NORMALIZAÇÃO

2.4.1. PAPEL DA NORMALIZAÇÃO

A elevada importância da interoperabilidade para a plena integração das ferramentas BIM e a implementação de ambientes de projeto colaborativos permite, como anteriormente referido, que os diversos intervenientes de um projeto trabalhem sobre a mesma base, isto é, sobre o mesmo modelo. Este aspeto pode suscitar problemas de incompatibilidade que dificultam a implementação dos ambientes colaborativos e a garantia de interoperabilidade. Em resposta a estes problemas, o setor AEC vem reconhecendo a necessidade de definição de padrões que culminem na uniformização dos modelos (Grilo e Jardim-Gonçalves, 2010).

“A normalização é uma atividade destinada a estabelecer, face a problemas reais ou vindouros, disposições para a utilização comum e repetida (a Norma), tendo em vista a obtenção do grau ótimo de ordem, num determinado contexto.” (Venceslau, M.J., 2015), estas normas contribuem para a inovação, aumento de competitividade no setor, além de facilitarem a interoperabilidade.

Em resposta às necessidades de garantia da interoperabilidade referidas no capítulo anterior, a normalização no âmbito do BIM surge como ferramenta para o estabelecimento e uniformização de processos operativos que, associados a formatos neutros, permitem a rápida e completa partilha de informação além de constituir uma base sólida que pode ser utilizada como referência exigencial, facilitando a fixação dos resultados pretendidos, sendo passível de inclusão em sede de caderno de encargos, protegendo todos os intervenientes, independentemente do seu grau de conhecimento técnico acerca da matéria.

2.4.2. BIM EXECUTION PLAN

Como foi referido no decorrer da presente dissertação, o governo britânico estabeleceu na sua estratégia para a construção a obrigatoriedade de utilização de ferramentas colaborativas BIM nos projetos com início posterior a 2016. Esta decisão despoletou uma série de iniciativas ligadas à normalização da utilização deste tipo de metodologias.

Neste contexto, foi publicada a PAS 1192-2, com primeira edição em 2007; trata-se de uma *Publicly Available Specifications*, ferramenta de agilização à produção de padrões, normas e códigos práticos desenvolvidos por um conjunto de organizações em resposta às necessidades imediatas do mercado e seguindo as diretrizes estabelecidas pelo *British Standards Institution*, que posteriormente revistas podem originar normas britânicas ou internacionais (Designing Buildings, 2016b). Em particular, a PAS 1192-2 é uma especificação para a gestão de informação para a fase de arranque/entrega de projetos de construção recorrendo ao BIM, e nela encontram-se definidas as exigências inerentes à produção colaborativa de informação relativa a AEC (Designing Buildings, 2016b).

Um dos conceitos de maior relevo oriundo da PAS 1192-2 prende-se com o *BIM Execution Plan*, um documento que deverá assumir-se como fonte de referência para todos os membros da equipa de projeto, demarcando de forma clara qualquer variação às práticas acordadas como padrão. Este deverá ainda explicitar os protocolos específicos do projeto, as estratégias de troca de dados e o nível de detalhe esperado (BSI, 2013).

Na definição de BEP presente na PAS 1192-2:2013, incluem-se dois documentos: um *Pre-Contract BEP* e um *Post Contract-award BEP*. O primeiro, da autoria do fornecedor do serviço e celebrado numa fase inicial do processo, materializa a proposta de abordagem, capacidade e competência deste em resposta direta aos requisitos de informação impostos pelo requerente, garantindo que o projeto é

desenvolvido em concordância com as suas pretensões além de apresentar completa eficiência (Designing Buildings, 2016a). Por sua vez, o segundo é celebrado após atribuição do projeto e nele estabelece-se a forma como a informação definida pelo requerente será fornecida. Dos assuntos acordados neste documento, salientam-se a identificação de hierarquias, funções e responsabilidades dos intervenientes, metas do projeto, estratégias de entrega e avaliação, processos de colaboração e modelação, matriz de responsabilidades, níveis de detalhe e informação, além de versões de software e formatos de troca de dados (Designing Buildings, 2016a).

Com efeito, os planos de execução BIM apresentam-se, um pouco por todo o mundo, como estratégia base por parte das organizações no auxílio à implementação do BIM, fixando padrões e protocolos, funcionando como guião do projeto (Baldwin e Sharif2015). Um estudo desenvolvido por McArthur (McArthur, J., 2015), analisou 12 dos 60 modelos de BEPs em circulação (ver Figura 3) selecionados de acordo com a diversidade da representação geográfica, atualidade e influência em outros modelos BEP.

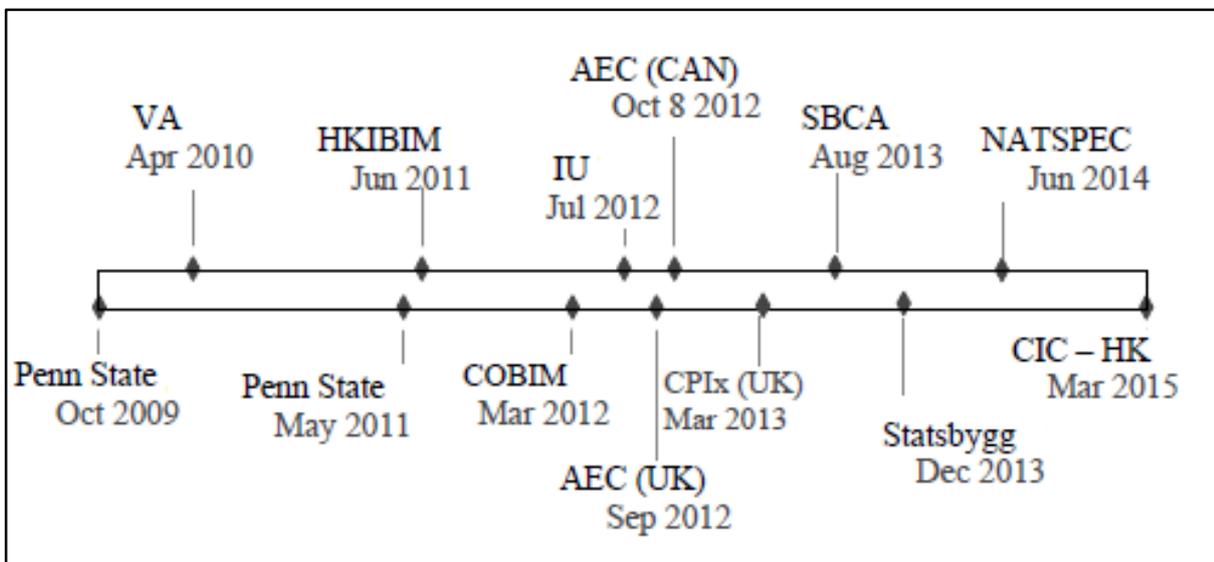


Figura 3 - Cronologia do desenvolvimento de modelos BEP [Retirado de (McArthur, J., 2015)]

O mesmo estudo denotou elevada consistência entre os diferentes modelos, em muito proporcionada pelas influências da pesquisa original produzida pela *The Pennsylvania State University*; ao mesmo tempo, o autor atribui elevada importância à definição de metas ao longo do progresso do projeto e das finalidades pretendidas para os modelos de forma a que todos os intervenientes desenvolvam o seu trabalho com a noção do resultado que pretendem atingir.

Do modo semelhante, o trabalho exposto salienta a relevância do conhecimento do ciclo de vida previsto para cada elemento, nomeadamente através da definição dos níveis de desenvolvimento ao longo de cada fase do projeto. Nas páginas seguintes apresentar-se-ão as principais normas em vigor que podem ser utilizadas, atuando complementarmente aos BEPs e auxiliando na definição dos níveis de desenvolvimento dos elementos.

2.4.3. NORMALIZAÇÃO SOBRE OBJETOS

2.4.3.1. Nível de Desenvolvimento

Com origem no inglês *Level of Development*, a estrutura LOD foi desenvolvida pelo *American Institute of Architects (AIA)*, proposta pela primeira vez em 2008 como parte do protocolo para a utilização do BIM E202-2008 e atualizada em 2013 no formulário de projetos BIM G202-2013 (BIMForum, 2015a). Estes documentos definem as exigências de conteúdo dos modelos BIM para cinco níveis de desenvolvimento progressivos e os usos autorizados desses mesmos conteúdos, a fim de estabelecer acordos entre as partes envolvidas sobre a utilização dos modelos e desenvolver os protocolos e procedimentos que regerão o desenvolvimento, transmissão e troca de dados no projeto (AIA, 2016).

De acordo com o referido pelo AIA no formulário E203-2013 (AIA, 2013a), o nível de desenvolvimento define os requisitos mínimos ao nível dimensional, espacial, quantitativo, qualitativo, entre outros, que o elemento modelado deve incluir para que sejam autorizados os usos relativos a esse mesmo nível.

Apesar de por vezes interpretado como *Level of Detail*, estes conceitos apresentam diferenças significativas. O Nível de Detalhe define-se como a precisão associada ao elemento modelado (BIMForum, 2015a), centrando-se apenas em questões geométricas, ao passo que o Nível de Desenvolvimento representa a quantificação do grau de confiança associado, não só às características geométricas do elemento, como também à informação a este acoplada (ver Figura 4).

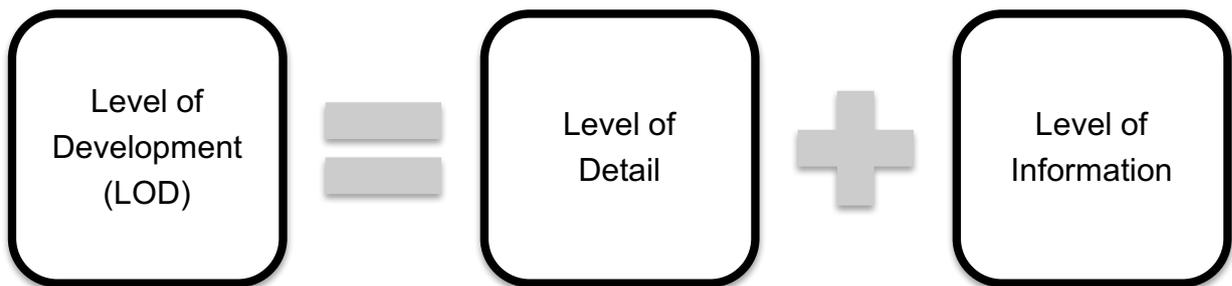


Figura 4 - Relação entre Níveis de Desenvolvimento, Detalhe e Informação.

Os níveis de desenvolvimento definidos pelo AIA (AIA, 2013b) são cinco, e representam maiores exigências quanto maior o valor numérico associado; este aspeto é evidenciado pelo carácter cumulativo das exigências de cada nível, isto é, para que um elemento apresente um determinado LOD terá de cumprir os requisitos relativos a esse nível simultaneamente com os referentes a todos os níveis que o antecedem. O Quadro 1 apresenta as definições do AIA para os diversos LODs.

Quadro 1 - Definição dos Níveis de Desenvolvimento [Dados retirados de (AIA, 2013b)]

Nível	Definição
LOD100	<p>O Elemento pode estar representado graficamente no Modelo através de um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos que o tornam num LOD200.</p> <p>A informação relacionada com o Elemento (Custo por m², Quantificação de HVAC, etc.) podem ser obtidas através de outros Elementos do Modelo.</p>
LOD200	<p>O Elemento é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou assemblagem genérico com quantidades, dimensão, forma, localização e orientação aproximadas.</p> <p>Informação não-gráfica também poderá estar associada ao Elemento modelado.</p>
LOD300	<p>O Elemento é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou assemblagem específico em termos de quantidade, dimensão, forma, localização e orientação.</p> <p>Informação não-gráfica também poderá estar associada ao Elemento modelado.</p>
LOD400	<p>O Elemento é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou assemblagem específico em termos de quantidade, dimensão, forma, localização, e orientação com informação sobre pormenorização, fabricação, assemblagem e instalação.</p> <p>Informação não-gráfica também poderá estar associada ao Elemento modelado.</p>
LOD500	<p>O Elemento modelado é uma representação verificada no terreno em termos de dimensão, forma, localização, quantidade e orientação.</p> <p>Informação não-gráfica também poderá estar associada ao Elemento modelado.</p>

2.4.3.2. BIMForum - LOD Specification 2015

Produzido pelo BIMForum, grupo de debate norte-americano cuja missão passa por facilitar e acelerar a implementação do BIM na indústria AEC (BIMForum, 2016), o *Level of Development Specification* é um documento que permite aos intervenientes do setor AEC especificar e articular com elevado grau de clareza, o conteúdo e a fiabilidade pretendidos para um determinado modelo, explicitando a aplicabilidade e as limitações do mesmo (BIMForum, 2015a).

Esta normativa surge como uma interpretação detalhada da estrutura LOD, organizada segundo o sistema Uniformal, definindo e ilustrando as características que a modelação dos diversos elementos dos diversos sistemas construtivos presentes no modelo devem assumir nos diferentes níveis de desenvolvimento; sempre centrada no auxílio à compreensão do modelo e na uniformização do seu uso (BIMForum, 2015a).

Do ponto de vista editorial, a *LOD Specification* encontra-se atualmente na sua terceira edição, correspondente à versão de 2015 que sucede às publicações de 2014 e 2013 (BIMForum, 2015b). A forma como este documento foi publicado incluiu o lançamento de uma primeira versão em formato de rascunho para revisão e comentário público, de forma a corrigir lacunas e enriquecer o documento que

posteriormente foi lançado na sua versão final. Desta forma, o documento final datado de 30 de Outubro de 2015 inclui os contributos das revisões efetuadas à sua versão de rascunho de 30 de Abril de 2015 (Renehan, B., 2015).

Na génese dos objetivos deste documento está a premissa fundamental do uso do BIM como ferramenta comunicacional. Com a produção desta publicação o BIMForum pretende fornecer aos intervenientes do projeto uma ferramenta que permita: descrever com transparência o que deve ser incluído no documento; transmitir o nível de desenvolvimento pretendido em cada etapa do processo; aos intervenientes a jusante perceberem a fiabilidade da informação recebida dos intervenientes a montante; e ser referenciada como padrão em contratos e planos de execução BIM. Com efeito, o BIMForum (BIMForum, 2015a) apresenta uma proposta de mudança de paradigma entre o “Desde que alguma informação no modelo desperte desconfiança, não é possível confiar em nenhuma” para “Apenas é possível confiar na informação que é definida como confiável”.

Segundo a metodologia adotada pelo BIMForum, os LODs não são definidos tendo em conta a fase do projeto, em vez disso opta-se por definir cada resultado ou entrega do projeto. Esta opção deve-se à atual inexistência de um padrão detalhado sobre as fases de conceção, bem como pelo facto dos diferentes componentes dos edifícios partirem do conceito até à definição precisa em ritmos distintos. Constatou-se portanto que não existe um “modelo LOD ###”, existe sim um modelo composto por elementos que apresentam diferentes LODs (BIMForum, 2015a).

Apesar de idêntica à proposta pelo AIA (AIA, 2013b), a definição dos LODs pelo BIMForum (BIMForum, 2015a) apresenta duas alterações: a inclusão de um nível intermédio, o LOD350, em resposta à necessidade de um nível cujo detalhe seja superior ao LOD300 de modo a tornar possível a sua utilização na coordenação detalhada entre disciplinas de projeto distintas, mas não suficientemente elevado a ponto de atingir o LOD400; por outro lado, exclui o LOD500 por considerar se encontrar diretamente relacionado com a verificação após construção.

Quadro 2 - Definição de LOD350 [Dados retirados de (BIMForum, 2015a)]

LOD	Definição
LOD350	O Elemento é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou assemblagem específico em termos de quantidade, dimensão, forma, localização, orientação e encontro com os outros sistemas do edifício. Informação não-gráfica também poderá estar associada ao Elemento modelado.

Em termos organizacionais, o documento divide-se em duas partes, sendo a Parte A referente à geometria dos elementos materializando o Nível de Detalhe enquanto a Parte B se centra na informação associada, definindo o Nível de Informação. Na parte A, encontra-se uma tabela na qual, para cada LOD, é listado um conjunto de referências sobre o nível de detalhe do respetivo elemento, bem como ilustrado o aspeto que o mesmo deverá apresentar. A Figura 5 exemplifica uma linha da matriz LOD da Parte A.

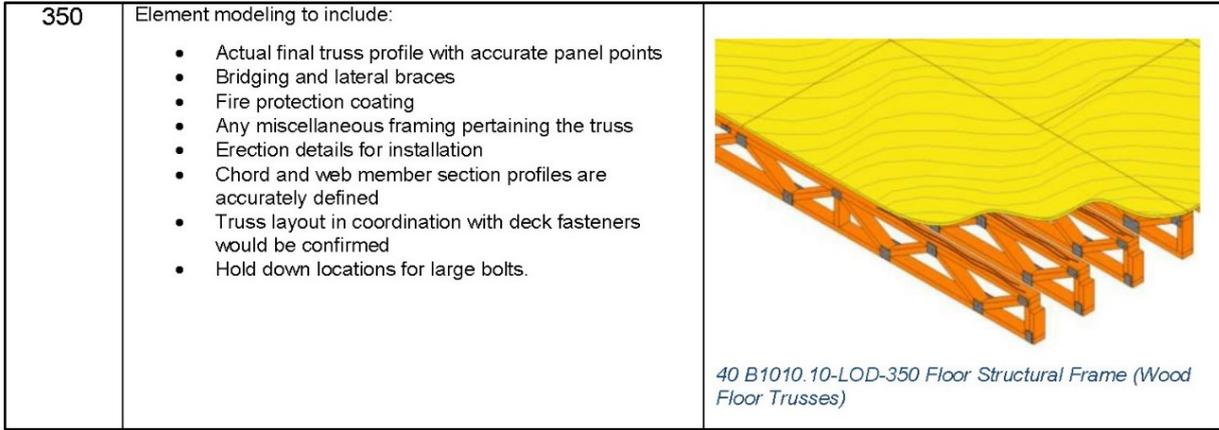


Figura 5 - Pavimento Estrutural assente em Trelças de Madeira, LOD350 [Retirado de (BIMForum, 2015b)]

Por sua vez, na parte B encontram-se um grupo de tabelas, incluindo: a Tabela de Elementos do Modelo, na qual se encontram listados os sistemas e elementos presentes, e indicadas as tabelas cujo preenchimento se demonstra relevante para os mesmos, apresentando-se como componente estruturante do documento; além desta, incluem-se 31 tabelas de atributos, ao longo das quais se apresenta a informação que deverá ser preenchida para cada elemento e em cada LOD, contendo ainda informações relativas ao tipo de informação e respetivas unidades. Na Figura 6 apresentam-se excertos da Tabela de Elementos do Modelo e de uma das Tabelas de Atributos, no caso referindo-se a HVAC.

Level	Use in the Project	SO	DO	CO	Estimating			LEED Cert.			LEED Cert.			
					Est. 1	Est. 2	Est. 3	Check	Submit	Est. 1	Est. 2	Est. 3		
1	2	3	4	ME	NE	Notes	LOD	ME	NE	Notes	LOD	ME	NE	Notes
Substructure														
A	10		Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	10	10	Standard Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	10	10	Wall Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	10	30	Column Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	10	20	Special Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	10	80	Grade Beams	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	20		Subgrade Enclosures	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	20		Walls for Subgrade Enclosures	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete										
A	40		Slabs on-Grade	A, B Concrete										
A	40		Standard Slabs on-Grade	A, B Concrete										
A	40	20	Structural Slabs on-Grade	A, B Concrete										
SMELL														
B	10		Superstructure	A, B Cold Formed Metal Framing, A, B Masonry, A, B Steel Deck, A, B Precast Concrete, A, B Steel Joist, A, B Structural Steel										
B	10	10	Floor Structural Frame	A, B Concrete, A, B Wood										
B	10	10	Concrete	A, B Concrete										
B	10	10	Masonry	A, B Masonry										
B	10	10	Steel Framing Columns	A, B Structural Steel										
B	10	10	Steel Framing Beams	A, B Structural Steel										
B	10	10	Steel Framing Bracing Floor	A, B Structural Steel										
B	10	10	Steel Joist	A, B Steel Joist										
B	10	10	Cold-Formed Metal Framing	A, B Cold Formed Metal Framing										
B	10	10	Wood Floor Trusses	A, B Wood										
B	10	20	Floor Deck, Stairs, and Toppings	A, B Wood										
B	10	20	Wood Floor Deck	A, B Wood										
B	10	20	Metal Floor Deck	A, B Metal Deck										
B	10	20	Concrete Floor Deck	A, B Structural Steel, A, B Concrete										
B	10	20	Concrete	A, B Concrete										
Part 1 - Attribute Description														
Air Terminal Box														
An air terminal box typically participates in an HVAC duct distribution system and is used to control or moderate the amount of air delivered to its downstream network.														
Range of surface that can be delivered														
Allowable air static pressure range at the entrance of the air terminal box.														
Terminal box arrangement														
Single Duct, Dual Duct														
Single Duct: Terminal box receives warm or cold air from a single air supply duct.														
Dual Duct: Terminal box receives warm and cold air from separate air supply ducts.														
Terminal box has a fan inside the powered box.														
Terminal box has return air mixed with supply air from duct work.														
Terminal box has a sound attenuator.														
Air terminal box housing material thickness.														
Nominal airflow rate														
Nominal change diameter														
Nominal inlet air pressure														
Allowable operational range of the ambient air temperature.														
Terminal box reheat type														
Allowable return air fraction (range as a fraction of discharge airflow)														
Air flowrate versus discharge position relationship; airflow = 1 (value position)														
Ambient atmospheric pressure														
Control damper position, ranging from 0 to 1.														
Sound performance														
Air Terminal														
An air terminal is a terminating or origination point for the transfer of air between distribution systems and one or more spaces. It can also be used for the transfer of air between adjacent spaces.														
The Air Diffusion Performance Index (ADPI) is used for cooling mode conditions. At several measurements of air velocity and air temperature are made throughout the occupied zone of a space, the ADPI is the percentage of locations where measurements were taken that meet the specifications for effective draft.														
Air flowrate range within which the air terminal is designed to operate.														
Air flowrate versus flow control element position at nominal pressure drop.														
Degree of horizontal (in the X-axis of the Local Placement) blade set from the Core Set Vertical.														
Degree of vertical (in the Y-axis of the Local Placement) blade set from the Core Set Vertical.														
Identifies the way the Core of the Air Terminal is operated.														
Discharge direction of the air terminal.														
Parallel: Discharges parallel to mounting surface designed so that flow attaches to the surface.														
Perpendicular: Discharges away from mounting surface.														
Adjustable: Both parallel and nonparallel discharge.														

Figura 6 - Tabela de Elementos e Tabela de Atributos HVAC [Retirado de (BIMForum, 2015a)]

2.4.3.3. NATSPEC – BIM Object/Element Matrix

Fundada em 1975, a NATSPEC é uma organização sem fins lucrativos Australiana dinamizada por um conjunto de associações profissionais associada às indústrias de projeto, construção e imobiliário bem como grupos governamentais, cujo objetivo passa por potenciar a qualidade e produtividade do setor

2.4.3.4. NBS BIM Object Standard

O *National Building Specification* é a fonte confiável de normalização, informação do produto, BIM e soluções práticas de gestão para o setor AEC no Reino Unido, sendo o seu sistema de normalização reconhecido como padrão no país (NBS, 2014). Ao longo dos últimos 40 anos o NBS tem apresentado um forte compromisso em oferecer aos profissionais da indústria da construção distintas e inovadoras especificações e soluções de informação (NBS, 2016a).

A instituição, liderada pela *RIBA Enterprises*, aponta a falta de normalização transversal a toda a indústria relativa a objetos BIM como uma barreira ao sucesso da implementação BIM. Do mesmo modo, reconhece a importância do acesso livre, por parte dos intervenientes do setor AEC, a objetos BIM com a garantia que estes apresentam, juntamente com a geometria apropriada, corretos níveis de informação, organizados de forma consistente através de uma estrutura de fácil compreensão (NBS, 2014). Em sequência, consideram que a utilização da sua nova norma se tornará uma ferramenta chave para as empresas britânicas na procura de elevar o BIM a um nível superior, através da definição da constituição de um objeto BIM de elevada qualidade e proporcionando consistência no conteúdo e estrutura dos mesmos.

O governo britânico tem desenvolvido esforços com vista à aceleração da implementação do BIM, através da sua Estratégia para a Construção descrita no documento estratégico “*Construction 2025*” (HM Government, 2013), incluindo a exigência de que a partir de 2016 todos os projetos públicos serão produzidos utilizando ferramentas colaborativas BIM. Desde a publicação deste documento incluem-se nas medidas implementadas procedimentos como: a criação de normalização para a gestão da informação dos projetos de construção, materializada pela publicação da PAS 1192-2; a disponibilização de ferramentas digitais para o planeamento dos trabalhos, permitida pelo *RIBA Plan of Work 2013*; ou a escolha do COBie (*Construction Operations Building information exchange*) como formato para a troca de informação, sendo que esta opção se deveu a duas razões imbuídas de pragmatismo, os baixos custos de implementação e a elevada compatibilidade com diretivas internacionais como são exemplo as ISO (NBS, 2014).

Uma vez dado o início à implementação da estratégia produzida, aumenta o número de produtos gerados com auxílio de ferramentas BIM criando condições para uma revolução na forma como os utilizadores encaram a informação contido nos mesmos. Contudo, a normalização da informação assume relevância na estratégia britânica para a construção e para que esta revolução ocorra é necessário que os objetos contidos nesses produtos sejam normalizados, de forma a que possam ser eficientemente usados, facilmente comparados e acima de tudo interoperáveis (NBS, 2014).

Em resposta à necessidade de uma base sólida comum que defina as características dos objetos tornando possível a integração da informação e o seu uso efetivo, o NBS criou a *NBS BIM Object Standard*, que apresenta como sendo uma “*norma que define a informação, geometria, comportamento e apresentação dos objetos BIM para permitir consistência, eficiência e interoperabilidade em toda a Indústria da Construção*” (NBS, 2014).

Por oposição às normas do BIMForum (BIMForum, 2015a) e do NATSPEC (NATSPEC, 2011a), o NBS não enveredou pelo sistema de níveis de desenvolvimento do AIA, criando a sua própria estrutura através de Níveis de Definição (*Level of Definitions*). Apesar de pertencerem a estruturas distintas, os Níveis de Definição seguem uma lógica em tudo semelhante aos Níveis de Desenvolvimento, dividindo-se igualmente em Níveis de Detalhe e Níveis de Informação (Kell e Mordue2015); no entanto, ao contrário do sistema do AIA, em que a definição do LOD traduz os respetivos níveis de detalhe e informação, no caso do NBS não existe esta correlação, sendo os níveis prescritos de forma independente. Isto é, se na estrutura LOD do AIA, definindo um LOD### para um determinado

elemento este terá igualmente níveis de detalhe e informação de ###, no caso da estrutura do NBS isso não acontece, tornando possível que o nível de detalhe de um determinado elemento seja diferente do seu nível de informação.

Quadro 3 - Definição dos Níveis de Informação [Dados retirados de (NBS, 2016b)]

Nível	Objetivo
2	Fornecer uma descrição genérica do resultado.
3	Fornecer a informação relevante para o cumprimento específico do resultado. Informação para a realização da entrega também pode ser fornecida em conjunto com a descrição.
4	Fornecer informação relevante para os produtos prévios específicos do resultado, permitindo a seleção adequada de produtos pelos fabricantes. Informação envolvendo o cumprimento e execução da entrega e os seus produtos prévios também podem ser fornecidos.
5	Fornecer informação relevante para os produtos prévios específicos do resultado, permitindo a aquisição. Informação envolvendo o cumprimento e execução da entrega e os seus produtos prévios também podem ser fornecidos.
6	Fornecer a informação específica para o resultado instalado que é requerida para a operação e manutenção. Informação envolvendo a manutenção detalhada também pode ser fornecida nos manuais PDF associados.

Quadro 4 - Definição dos Níveis de Detalhe [Dados retirados de (NBS, 2016b)]

Nível	Objetivo	Requisitos
2	Fornecer indicação visual de propostas em fase de Conceção, identificando requisitos fundamentais como acessos, zonas de manutenção, etc.	Representação gráfica do elemento, dimensionalmente imprecisa.
3	Fornecer a representação visual de propostas, confirmando brevemente a completa coordenação espacial em fase de Desenho Técnico, suportando a completa coordenação espacial.	<p>Informação visual que permita o desenvolvimento de princípios de projeto para um nível de detalhe superior.</p> <p>Elevada coordenação entre todas as profissões.</p> <p>Desenvolvimento visual mostrando coordenação para a dimensão geral e as relações primárias entre os diferentes elementos de construção.</p>
4	Fornecer a representação visual de propostas em fase de Desenho Técnico, suportando a completa coordenação espacial.	<p>Informação visual que permita fixar princípios de projeto suportando a contratação.</p> <p>Elevada coordenação entre todas as especialidades.</p> <p>Representações visuais mostrando coordenação geral para a dimensão e relações entre os diferentes elementos de construção.</p> <p>Representação gráfica do sistema, dimensionalmente precisa, indicando as características primárias de rendimento.</p> <p>A informação gráfica representada pode alterar conforme a informação visual vai sendo produzida.</p> <p>Detalhes representativos ou de instalação produzidos separadamente ligados diretamente ao elemento modelado e construções adjacentes.</p>
5	Ser atualizado durante o processo de construção para refletir o projeto final e constituir referência futura, surgindo acoplado aos manuais O&M.	<p>Informação visual que garanta total informação e suporte a construção / montagem.</p> <p>Elevada coordenação entre todas as especialidades.</p> <p>Representações visuais mostrando a coordenação final para a dimensão e relações entre os diferentes elementos de construção.</p> <p>Representação gráfica do sistema, dimensionalmente precisa, indicando as características primárias de rendimento e informação suficiente para sustentar a instalação.</p> <p>Detalhes representativos ou de instalação produzidos separadamente ligados diretamente ao elemento modelado e construções adjacentes.</p>

Numa análise mais aprofundada, a *NBS BIM Object Standard*, é um documento escrito que define de maneira genérica e para qualquer objeto, os requisitos que devem ser tidos em consideração aquando da modelação ao nível da Informação, Geometria, Função e Meta-Informação (NBS, 2014). Porém, a informação relativa a cada elemento específico encontra-se disponibilizada numa outra ferramenta, igualmente da autoria do NBS, o *NBS BIM Toolkit* (NBS, 2016b), uma plataforma *online* na qual, recorrendo ao sistema de classificação do Uniclass, se definem para cada elemento os requisitos associados aos diversos níveis, quer de detalhe quer de informação.

2.4.4. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

Um sistema de classificação de informação consiste numa estrutura de organização padronizada da qual advém benefícios como a facilidade na procura de informação, a simplicidade na compreensão e aplicação, o volume ilimitado de informação contido, além da referência e manutenção da informação (Chapman, I., 2013).

A quantidade de informação gerada ao longo do ciclo de vida dos objetos de construção é vasta e, devido ao número de utilizadores envolvidos na sua criação, critérios como a organização, classificação, acessibilidade, melhoramento e partilha assumem particular importância. A adoção de ferramentas BIM vem acrescentar relevância à necessidade de existência de informação estruturada e devidamente classificada (Chapman, I., 2013).

2.4.4.1. ISO 12006-2

A *International Organization for Standardization* (ISO) como entidade independente, da qual fazem parte um conjunto de instituições responsáveis pela elaboração de normalização pertencentes a 162 estados, tem por método de trabalho a partilha de conhecimentos entre os diversos membros com vista ao desenvolvimento voluntário de bases consensuais de reconhecida relevância internacional que suportam a inovação (ISO, 2016). A estrutura da ISO desenvolve-se através das suas Comissões Técnicas e subsequentes Subcomissões, estando a ISO 12006 sob alçada da Subcomissão 13 para a Organização da Informação relacionada com Trabalhos de Construção incluída na ISO/TC 59 responsável pela Regulação dos Trabalhos de Construção e Engenharia Civil (ISO, 2015).

Com origem no Relatório Técnico 14177 para a Classificação de Informação na Indústria da Construção de Julho de 1994 (Secretariat, O., 2006) e posteriormente definida como padrão em 2001, a norma ISO 12006 foi produzida numa época em que eram escassas as iniciativas no âmbito da normalização de sistemas de classificação para a construção (ISO, 2015). Por contraponto, ao longo dos últimos 15 anos foram várias as ações levadas a cabo neste campo (Gelder, J.E., 2015), pelo que a atual versão da ISO 12006-2, de Maio de 2015, beneficiou da experiência de implementação de diversos sistemas de classificação desenvolvidos por vários países com base na sua edição de 2001, bem como da inclusão de contributos de forma a acompanhar a evolução das tecnologias de informação e da contratação na construção (ISO, 2015).

Entre os propósitos da atual edição da norma 12006 denota-se um claro enfoque no BIM, através da disponibilização de ferramentas para a consistente e completa classificação dos objetos de construção, ao longo do próprio projeto e entre diferentes projetos, com objetivo de uniformizar e facilitar a troca de informações de todos os tipos e ao longo de todas as fases do ciclo de vida da obra, inerentes à utilização desta metodologia (ISO, 2015).

Particularmente, a ISO 12006-2 define uma estrutura para os sistemas de classificação do setor da construção e identifica um conjunto de recomendações, nas quais se incluem tabelas e seus títulos com elevada abrangência sobre as variadas classes dos objetos de construção, agrupadas sobre determinados prismas de análise, por exemplo, forma ou função (ISO, 2015). No Quadro 5 encontram-se listadas os títulos das tabelas recomendadas pela ISO 12006-2:2015.

Quadro 5 - Tabelas propostas pela ISO 12006-2:2015 [Retirado de (ISO, 2015)]

#	Título	Organização
A.1	Geral	
A.2	Informação da Construção	Conteúdo
A.3	Produtos de Construção	Função, Forma, Material ou combinação
A.4	Agentes de Construção	Especialidade, Função ou combinação
A.5	Auxiliares de Construção	Função, Forma, Material ou combinação
A.6	Gestão	Atividade
A.7	Processos Construtivos	Atividade de construção, Fase no ciclo de vida da obra ou combinação
A.8	Complexos Construtivos	Forma, Função, Atividade do utilizador ou combinação
A.9	Entidades Construtivas	Forma, Função, Atividade do utilizador ou combinação
A.10	Espaços Construídos	Forma, Função, Atividade do utilizador ou combinação
A.11	Elementos Construtivos	Função, Forma, Posição ou combinação
A.12	Resultados de Trabalho	Atividade de trabalho e Recursos usados
A.13	Propriedades Construtivas	Tipo de propriedade

De referir que a norma em causa não tem por finalidade fornecer um completo e operacional sistema de classificação, funcionando apenas como base a partir da qual as organizações desenvolvem os seus sistemas de classificação, podendo estabelecer o grau de detalhe adequado às exigências locais além da adaptação aos costumes do país; sendo certo que a partida de uma base comum facilita a congruência entre eles (ISO, 2015).

2.4.4.2. OMNICLASS

Conhecido de forma generalizada por OmniClass ou OCCS, o *OmniClass Construction Classification System* é um sistema de classificação para a Indústria da Construção, passível de utilização em diversas finalidades, fornecendo uma estrutura de classificação para bases de dados eletrónicas (Secretariat, O., 2006). Com efeito, o OmniClass surgiu com a pretensão de estabelecer-se como base padronizada para a classificação de informação, criada e utilizada por toda a indústria AEC norte americana, atravessando

todo o ciclo de vida de um empreendimento e utilizada para a organização, ordenação, recuperação de informação e derivação entre aplicações (Secretariat, O., 2006).

Deste modo, o OmniClass segue a estrutura definida na ISO 12006-2, materializando um sistema desenvolvido com base nos princípios definidos em 2000 no encontro inaugural do seu Comité de Desenvolvimento e publicado, na sua primeira versão, em 2006; importa referir que a sua atualização é garantida pelo processo de desenvolvimento contínuo que apresenta. Dos princípios estabelecidos salientam-se o carácter aberto e abrangente para o setor AEC, a participação da indústria no desenvolvimento e atualização do documento, o foco na terminologia e prática corrente norte americana além da compatibilidade com os respetivos sistemas-padrão de classificação internacionais (Secretariat, O., 2006).

Contando com a incorporação de outros sistemas de referência, como o *MasterFormat* e o *UniFormat*, o OmniClass consiste na conjugação de 15 tabelas (ver Quadro 6), em que cada uma representa uma faceta diferente da informação na construção; note-se que cada tabela pode ser utilizada de forma independente para classificar um tipo específico de informação, podendo igualmente ser empregue pela combinação de componentes das diferentes tabelas de forma a classificar assuntos de maior complexidade (Secretariat, O., 2006).

Quadro 6 - Tabelas integrantes do Omniclass [Retirado de (Secretariat, O.D.C., 2016)]

#	Conteúdo	Data
Tabela 11	Entidades Construtivas (por Função)	2013/02/26
Tabela 12	Entidades Construtivas (por Forma)	2012/10/30
Tabela 13	Espaços (por Função)	2012/05/16
Tabela 14	Espaços (por Forma)	2006/03/28
Tabela 21	Elementos (incluindo Elementos Desenhados)	2012/05/16
Tabela 22	Resultados de Trabalho	2013/08/25
Tabela 23	Produtos	2012/05/16
Tabela 31	Fases	2012/10/30
Tabela 32	Serviços	2012/05/16
Tabela 33	Especialidades	2012/10/30
Tabela 34	Funções Organizacionais	2012/10/30
Tabela 35	Ferramentas	2006/03/28
Tabela 36	Informação	2012/05/16
Tabela 41	Materiais	2012/10/30
Tabela 49	Propriedades	2012/10/30

As tabelas acima apresentadas podem ser alojadas em três principais categorias: organização dos resultados de construção, abrangendo as tabelas 11 a 22; classificação dos processos de construção, englobando as tabelas 31 e 32; incluindo-se as restantes tabelas na organização dos recursos de construção (Secretariat, O., 2006).

Num olhar sobre a estruturação das tabelas OmniClass, estas são normalmente compostas por quatro abas correspondentes à introdução, tabela por níveis, tabela enumerativa e matriz de transição, podendo conter uma aba adicional relativa a explicações relacionadas com modificações recentes e/ou em curso. Na aba de introdução escrutinam-se informações sobre a tabela em estudo, tais como a definição do objeto de estudo, a apresentação da sua pertinência, exemplos de componentes abrangidos, aplicações, destinatários, bem como a listagem de tabelas com as quais apresenta relação. Por sua vez, a aba relativa à matriz de transição apresenta a ligação entre os capítulos da tabela atual e as suas versões anteriores, registando eventuais alterações. Finalmente, a tabela propriamente dita apresenta duas versões, uma procedendo à listagem dos componentes, denominada *FLAT*, e uma outra na qual se identificam os mesmos componentes por níveis, sendo que o aumento do nível em que se encontram corresponde à pormenorização dos capítulos que o contêm. Importa referir que o número de níveis de análise não se afigura constante (Gelder, J., 2013), atribuindo-se esta inconstância aos distintos graus de complexidade associados aos diferentes objetos de estudo das tabelas.

No contexto do presente trabalho, a tabela que apresenta maior relevância é a relativa aos Elementos, tabela 21, pelo que será analisada em maior profundidade. Deste modo, um Elemento é o principal componente ou assemblagem que sozinho ou em conjunto com outras partes, completa a função predominante de uma entidade construtiva (Secretariat, O., 2012).

Existem diversas aplicações para a classificação de elementos de construção, a Tabela 21 do OmniClass consiste numa estrutura de fácil utilização para a organização e classificação de elementos em fases iniciais do projeto, antes da particularização ou especificação de materiais, auxiliando na concetualização do mesmo sem restrições impostas por qualquer solução particular. Do ponto de vista da usabilidade, a tabela 21 pode ser utilizada por Donos de Obra, Projetistas, Construtores, Diretores de Obra, Gestores de Edifícios e Desenhadores, contribuindo para a identificação de critérios próprios de projeto, definição estética e funcional, bem como códigos de aplicação e requisitos de regulação, além de facilitar a organização preparatória do projeto, relatórios de custos, previsões de prazos, coordenação de toda a informação de projeto com a relativa à gestão e manutenção, entre outros (Secretariat, O., 2012). No capítulo das relações entre diferentes tabelas, a tabela 21 encontra-se associada às tabelas 22 e 23 relativas a resultados de trabalho e produtos, respetivamente (Secretariat, O., 2012).

No que à estruturação diz respeito, a tabela em causa divide-se em 7 subcapítulos, agrupados em 4 níveis de detalhe e relacionados, sempre que relevante, com componentes da tabela 22 através da última coluna. Os subcapítulos supracitados correspondem, respetivamente, a Infraestruturas, Envolvente, Interior, Serviços, Equipamento e Mobiliário, Construção Especial e Demolição, e Trabalho de Campo.

2.4.4.3. UNICLASS

Atualmente denominado *Construction Project Information Committee*, o CPIC é uma comissão suportada por um conjunto de institutos e confederações profissionais ligadas ao setor AEC britânico cuja responsabilidade passa pela criação de guias de boas práticas sobre conteúdo, forma e preparação da informação de construção, bem como garantir a difusão destas práticas através de toda a indústria da construção britânica (CPIC, 2016). Nas responsabilidades do CPIC inclui-se o desenvolvimento do *Unified Classification for the Construction Industry*, Uniclass.

Publicado pela primeira vez em 1997, o Uniclass é um sistema de classificação que constitui uma ferramenta estruturada de classificação da informação de construção através da organização de informações com características comuns, abrangendo não só os edifícios como todos os aspetos envolvidos à sua construção (Chapman, I., 2013). O Uniclass pode ser definido, à semelhança do Omniclass, como o documento que procede à implementação, neste caso no Reino Unido, da norma ISO 12006-2 e a sua utilização é recomendada pela norma britânica 1192 respeitante à Produção Colaborativa de Informação relativa a Arquitetura, Engenharia e Construção (Delany, S., 2008).

Fruto do reconhecimento da limitação das tabelas Uniclass na consistente cobertura do edifício, infraestrutura e processos de Engenharia e na correta correlação entre as mesmas, o CPIC criou em 2011 o Uniclass2. Este sistema é uma versão melhorada do original, materializada num sistema aberto de classificação para o BIM, de livre utilização ao longo de todo o ciclo de vida da obra, que responde à necessidade de maturação progressiva da informação, através da utilização de um sistema de numeração lógico e consistente ao longo das tabelas permitindo o uso de tabelas apropriadas em tempo oportuno (Chapman, I., 2013).

Prosseguindo a sua evolução, o Uniclass2015 é a mais recente versão do sistema de classificação, englobando as apreciações efetuadas pela indústria às precedentes publicações do Uniclass2 (NBS, 2015). Deste modo, o Uniclass2015 fornece: um sistema de classificação unificado para a indústria da construção; tabelas hierarquicamente definidas, suportando os diferentes níveis de complexidade; um sistema de numeração flexível, contemplando futuros acréscimos; compatibilidade com a norma ISO 12006-2; um sistema permanentemente atualizado, garantia dada pelo NBS; e uma base de dados de sinónimos, fornecida pelo *BIM Toolkit*, facilitando a classificação de acordo com a terminologia corrente da indústria (Delany, S., 2015).

O carácter colaborativo com que foi produzido o Uniclass2015, consequência da conjugação de comentários e apreciações efetuados por institutos profissionais, profissionais AEC e fabricantes, permitiu a elaboração de um documento cuja estruturação e terminologia se encontram intimamente ligados à realidade do setor, facilitando a sua adoção (Delany, S., 2015).

Deste modo, a materialização do Uniclass2015 assenta numa estrutura dividida por 11 tabelas (ver Quadro 7) que, ao contrário da versão original do Uniclass, foram desenvolvidas de forma integrada de modo a evitar problemas de conjugação entre a informação nelas contida (Chapman, I., 2015).

Quadro 7 - Tabelas constituintes do Uniclass2015 [Retirado de (Delany, S., 2015)]

#	Conteúdo	Data
Co	Complexos	2016/01
En	Entidades	2016/01
Ac	Atividades	2016/01
SL	Espaços / Localizações	2016/01
EF	Elementos / Funções	2016/01
Ss	Sistemas	2015/07
Pr	Produtos	2015/07
Zz	CAD	2015/07
CA	Auxiliares de Construção	Versão Beta - Consulta
FI	Configuração de Informação	Versão Beta - Consulta
PM	Gestão de Projetos	Rascunho – Consulta Inicial

As tabelas supramencionadas encontram-se hierarquizadas possibilitando a definição da informação relativa a um projeto, partindo de uma visão dilatada até à análise de maior detalhe. Consequentemente, a tabela de Complexos compreende a descrição do projeto em termos gerais; a tabela de Entidades, permite uma aproximação em termos discretos, interligando as diferentes atividades com as áreas correspondentes; a tabela de Atividades, consente a descrição das atividades a realizar nos complexos, entidades ou espaços; a tabela de Espaços ou Localizações abrange o elemento físico onde ocorrem as atividades; a tabela de Elementos, retrata o principal componente de uma estrutura; a tabela de Sistemas engloba o resultado da junção entre componentes, formando um elemento ou realizando uma função; e, por fim, a tabela de Produtos especifica os produtos individuais usados na construção (Delany, S., 2015).

A Figura 8 representa a hierarquia das tabelas Uniclass2015 e pode ser explicada da seguinte maneira: numa fase inicial, o programa do cliente requer determinadas atividades inerentes à construção de um complexo, atividades essas que, ao longo do desenvolvimento projeto conduzirão à criação de espaços, que serão definidos por um conjunto de elementos. Posteriormente, as exigências de desempenho intrínsecas aos espaços e necessárias à sua utilização, influenciarão a seleção dos sistemas e produtos a aplicar (Chapman, I., 2013).

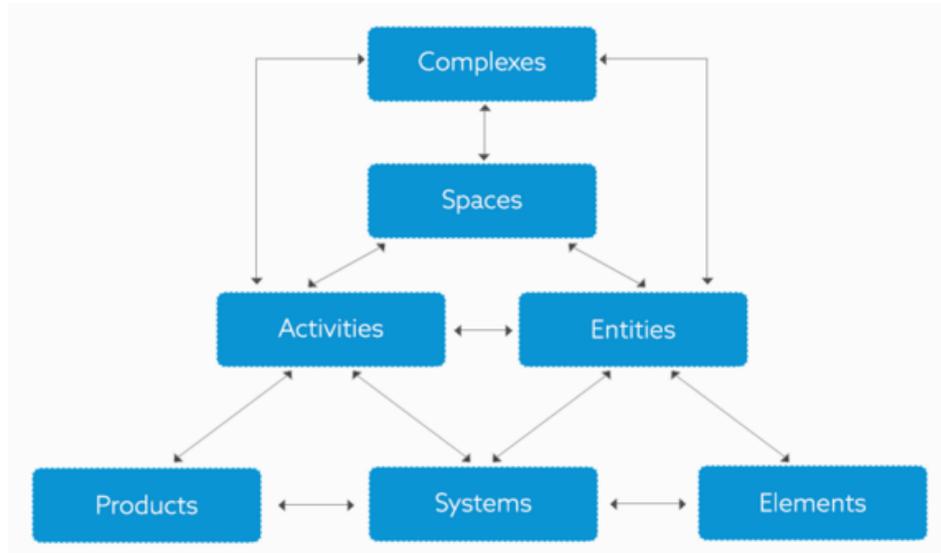


Figura 8 - Hierarquia e Interligação entre as tabelas Uniclass [Retirado de (Delany, S., 2015)]

No que concerne à organização das tabelas, estas apresentam uma estrutura transversal suficientemente flexível para que assegure, sobre um elevado número de componentes e circunstâncias, a integração de novas tecnologias e desenvolvimentos vindouros (Delany, S., 2015). Assim, a estruturação das tabelas assenta em quatro níveis de pormenor: Grupo, Subgrupo, Secção e Objeto. A junção sequencial dos níveis correspondentes, aliada à identificação da respetiva tabela resulta no código do componente em estudo.

Importa referir que, no âmbito do presente capítulo apenas se procedeu a uma descrição genérica dos dois sistemas de classificação, reservando uma análise aprofundada, acompanhada de comparação entre ambos, para o contexto do capítulo seguinte (ver 3.3.).

2.4.5. INDUSTRY FOUNDATION CLASSES

2.4.5.1. Definição

Em 1995, a Autodesk reuniu um grupo de 12 empresas com o intuito de, em conjunto, analisarem os benefícios da interoperabilidade entre os vários programas que vinham sendo usados na indústria AEC; volvido um ano de trabalho, o grupo retirou três importantes conclusões: a interoperabilidade apresentava-se viável e com grande potencial comercial, qualquer padrão teria obrigatoriamente de apresentar-se aberto e internacional, e por fim, era essencial a abertura do grupo a todas as partes interessadas em torno do globo (buildingSMART, 2016a). Com efeito, a 16 de Maio de 1996 surgia a *International Alliance for Interoperability* (IAI), à época incluindo representantes Europeus, Norte Americanos e Asiáticos.

Posteriormente, em 2008, o IAI procedeu novamente à alteração da sua identidade, de forma a melhor representar a natureza e objetivos da organização, nascia assim o que hoje se conhece por buildingSMART (buildingSMART, 2016a). Mantendo-se fiel aos princípios que culminaram na sua fundação, nomeadamente a abertura e neutralidade, mas simultaneamente respondendo às necessidades de padrões digitais relativos à construção, a buildingSMART encerra uma nova visão de qualidade,

compromisso e comunidade para enfrentar os novos desafios relacionados com as indústrias da construção e infraestruturas (buildingSMART, 2016g).

Na busca permanente pela garantia da partilha e câmbio de dados BIM através dos diferentes softwares, a buildingSMART desenvolveu o *Industry Foundation Classes*, um formato de dados neutro para escrita, troca e partilha de informação, tipicamente usado entre as indústrias dos setores da construção e gestão de serviços (buildingSMART, 2016d, NIBS, 2007). Atualmente na versão 4, cuja mais recente publicação remonta a 2015, o padrão IFC é reconhecido pela ISO através da norma ISO 16739:2013 para a Partilha de Dados nas Indústrias da Construção e Gestão de Edifícios na qual se definem o conceito da estrutura de dados bem como o formato do ficheiro de troca dos mesmos a ser utilizado no BIM (ISO, 2013).

O sistema IFC consiste num formato de ficheiro e, simultaneamente, num padrão de representação de dados, usado para definir dados gráficos CAD relativos a AEC; dotando os intervenientes da capacidade de troca de dados entre as diferentes ferramentas envolvidas no projeto (Solibri, 2016). A materialização deste sistema é efetuada utilizando um ficheiro de texto simples (único formato de dados verdadeiramente universal) que provisiona uma estrutura de armazenamento, na qual são alocadas um conjunto de definições, fornecidas pelo IFC, para todos os tipos de elementos encontrados na indústria da construção (Solibri, 2016). Seguidamente, cabe a cada fornecedor de software decidir, da forma que considerar mais adequada, como proceder à compatibilização entre os seus algoritmos e o IFC (Solibri, 2016).

2.4.5.2. Estrutura

O IFC 4, também denominado IFC2x4, concretiza-se no documento *Industry Foundation Classes Version 4 – Addendum 1* (buildingSMART, 2015) no qual se define a estrutura de dados utilizada de forma a garantir a correta interoperabilidade. A arquitetura da estrutura de dados do IFC, retratada na Figura 9, inclui quatro subestruturas, cada uma correspondente a um dos quatro níveis distintos de análise: Recursos, Núcleo, Interoperabilidade e Domínio (buildingSMART, 2015).

Analisando as definições estabelecidas no *Addendum 1* do IFC4 (buildingSMART, 2015), o nível dos Recursos, nível mais baixo do sistema, inclui todas as estruturas que contêm definições relativas a recursos, definições essas que não incluem um identificador único global e não devem ser usadas separadamente da definição estabelecida no nível superior.

Por sua vez, o nível do Núcleo engloba simultaneamente a estrutura central e as estruturas de extensão do núcleo; abrangendo as definições mais genéricas das entidades, que quando definidas a este nível ou superior compreendem uma identificação única global, podendo eventualmente encerrar informação histórica e/ou relativa ao proprietário.

Consecutivamente, o nível da interoperabilidade acopla as estruturas de definição de entidades que são específicas de um produto, processo ou recurso genérico utilizado em várias especialidades; essas definições são normalmente usadas na troca e partilha de informação da construção entre diferentes domínios.

Por último, surge o nível dos Domínios abarcando as estruturas de definição de entidades que são especializações de um produto, processo ou recurso específico inerente a uma determinada especialidade; essas definições são normalmente usadas na troca e partilha de informação da construção dentro do próprio domínio.

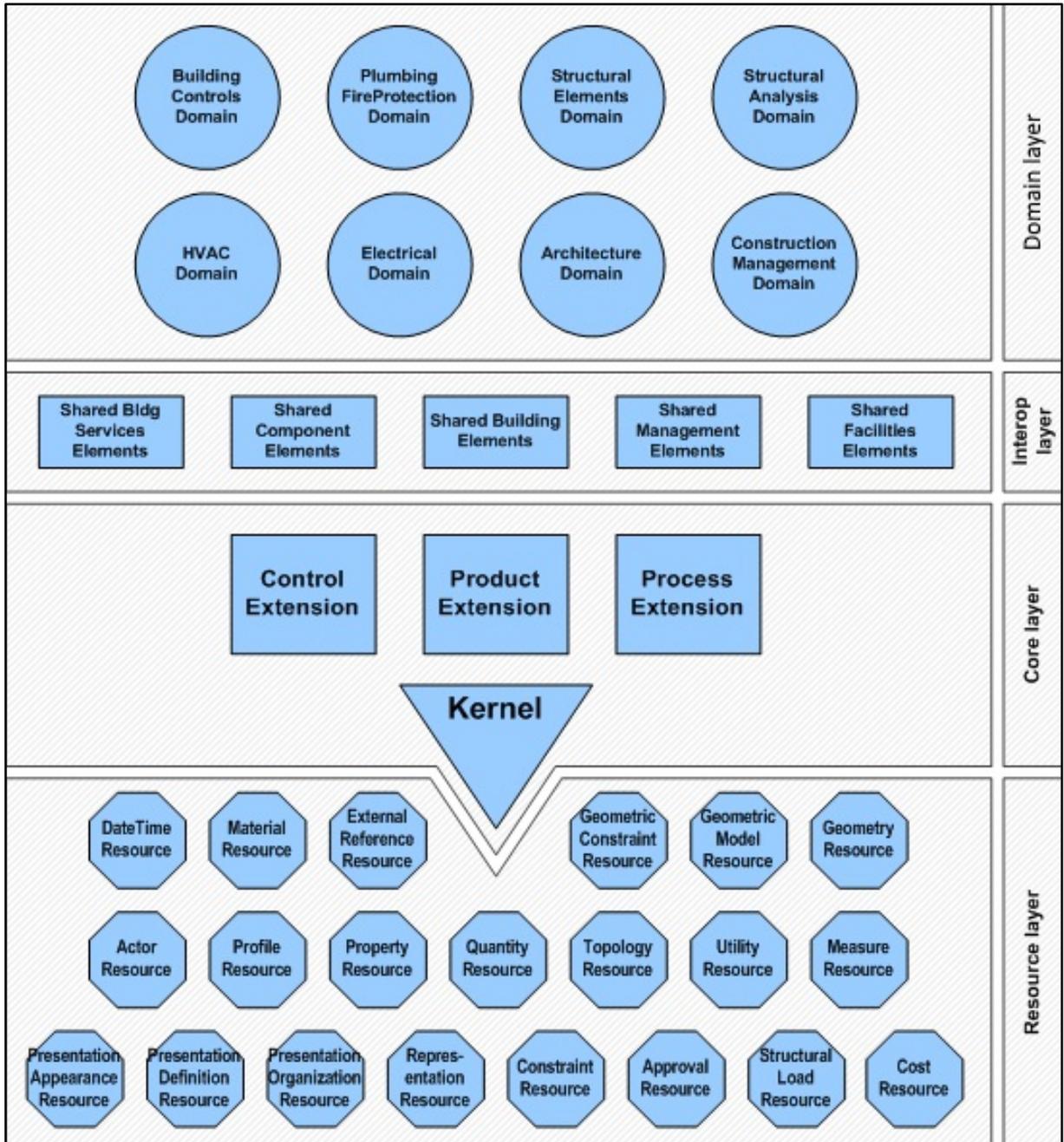


Figura 9 - Esquema da estrutura do IFC4 [Retirado de (buildingSMART, 2015)]

No capítulo da nomenclatura, as entidades incluídas nas estruturas de dados seguem a convenção estabelecida pela buildingSMART (buildingSMART, 2015):

- Os nomes dos artigos de dados relativos a tipos, entidades, regras e funções iniciam-se pelo prefixo “ifc” e continuam com o termo inglês correspondente, escritos segundo a convenção *CamelCase*;
- Os nomes dos atributos incluídos nas entidades seguem igualmente a convenção *CamelCase*, mas sem qualquer prefixo;
- As definições de conjuntos de propriedades que surgem como parte do IFC4, iniciam-se com o prefixo “Pset_” e continuam com o termo inglês correspondente, escritos segundo a convenção *CamelCase*;
- As definições de conjuntos de quantidades que surgem como parte do IFC4, iniciam-se com o prefixo “Qto_” e continuam com o termo inglês correspondente, escritos segundo em convenção *CamelCase*;

2.4.5.3. Model View Definition

Um *Model View Definition*, consiste num subconjunto da estrutura IFC necessário à concretização de um ou mais requisitos de partilha da indústria AEC (buildingSMART, 2016f). Por outras palavras, um MVD é estabelecido para suportar um ou mais fluxos de trabalho reconhecidos pela indústria da construção e gestão de edifícios, fluxos esses identificando os requisitos de partilha de dados associados. (buildingSMART, 2015).

Também referido como *IFC View Definition*, um MVD atua como ferramenta legal na definição de um subconjunto da estrutura IFC fornecendo orientação e acordos na implementação dos seus conceitos, representando desta forma a especificação dos requisitos do software na implementação da ligação com o IFC com vista à satisfação dos requisitos de partilha (Graphisoft, 2016).

O *Addendum 1* do IFC4, define uma estrutura de dados, em linguagem EXPRESS e alternativamente em XML e dados referenciados, representados como definições de propriedade e quantidade XML. Como tal, para garantir um correto subconjunto da estrutura de dados é necessária a aplicação de um software adequado, esse subconjunto consiste no MVD oficial cuja publicação é da responsabilidade da *buildingSMART International* relativa à norma dos requisitos de partilha (buildingSMART, 2015).

Deste modo paralelamente ao desenvolvimento da versão 4 do IFC, a buildingSMART disponibiliza atualmente dois modelos oficiais de MVD, o *IFC4 Reference View* e o *IFC4 Design Transfer View* (buildingSMART, 2016e). O primeiro caso identifica todos os fluxos de trabalho relacionados em modelos de referência onde a partilha de informação é maioritariamente unidirecional; neste caso as modificações dos dados BIM requeridas, são garantidas por uma solicitação ao autor original e as alterações não efetuadas nos modelos IFC importados são devolvidas à fonte original. Nesta definição incluem-se, entre outros, fluxos como Coordenação de Planeamento, Deteção de incompatibilidades, Extração de quantidades, Sequenciamento e Apresentação visual (buildingSMART, 2016c).

Por sua vez, o segundo caso aponta todos os fluxos de trabalho associados a modelos incluídos no desenvolvimento de fluxos subsequentes, permitindo alterações ao seu conteúdo, suportando a edição de elementos interligados, como inserir, eliminar, mover e modificar elementos e espaços físicos do edifício. Fluxos de trabalho como Coordenação de planeamento e execução, Referenciação integrada, Entrega dos modelos completos de especialidade, Suporte aprimorado do *IFC4 Design Transfer View*, entre outros, incluem-se nesta definição (buildingSMART, 2016b).

2.5. METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

Ao longo dos últimos anos, vários autores vêm estudando as diferentes formas de implementação do BIM em diversas escalas (Bilal, S., 2010) no entanto, estas raramente transcendem o nível das iniciativas nacionais, nomeadamente ao nível de mercados multinacionais ou globais (Kassem, M. [et al.], 2013). O estudo de Succar e Kassem (Succar e Kassem, 2015) reuniu as principais conclusões dos relatórios da indústria e estudos académicos existentes, com base nas quais definem uma estrutura conceptual englobando os principais modelos de adoção da metodologia BIM. Deste modo, a adoção do BIM pode ser analisada segundo cinco principais prismas (ver Figura 10): Áreas de Difusão, Componentes de Maturidade, Dinâmicas de Difusão, Ações Políticas e Responsabilidades de Difusão (Succar e Kassem, 2015).

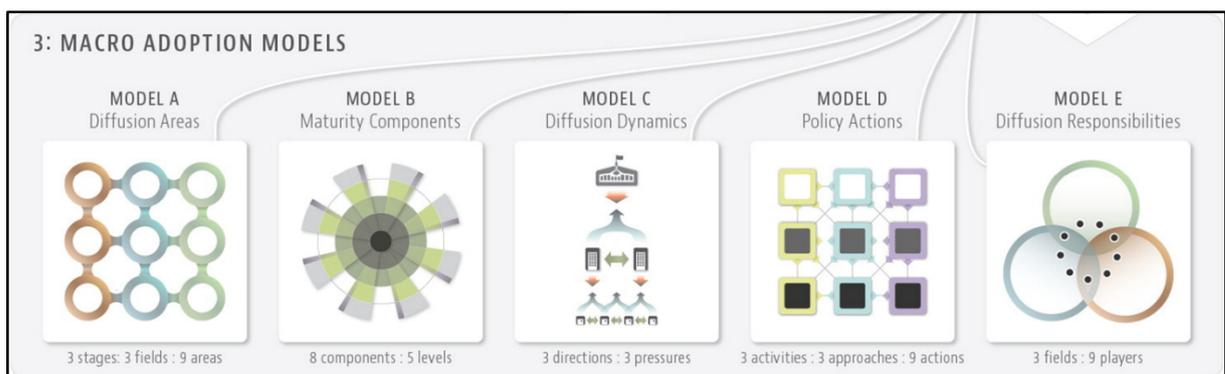


Figura 10 - Modelos de Adoção da Metodologia BIM [Adaptado de (Succar e Kassem, 2015)]

No contexto do presente trabalho, interessa sobretudo conhecer as dinâmicas de difusão possíveis, a fim de perceber qual a que se apresenta mais favorável ao desenvolvimento de iniciativas BIM, particularmente no que concerne ao seu início; esta análise vai de encontro à teoria de Geroski (Geroski, P.A., 2000) na qual se depreende que o principal problema não se prende com a compreensão dos processos de difusão, mas sim com a forma como são despoletados. Assim, debater-se-á sobre o Modelo C de Succar e Kassem relativo às dinâmicas de difusão, representado na Figura 11.

Numa análise macro, existem três tipos de dinâmicas de difusão: *Top-Down*, na qual uma instituição governamental ou reguladora exerce o papel de dinamizador; *Middle-Out*, onde a dinamização é efetuada por grandes organizações ou associações industriais; ou *Bottom-Up* estando a dinamização a cargo de pequenas organizações (Succar e Kassem, 2015). Dentro dos três tipos referidos, as dinâmicas de difusão podem ainda ser divididas de acordo com o tipo de abordagem: horizontal, se têm por alvo organizações semelhantes; verticais, se pretendem alcançar organizações de nível distinto na cadeia de processos.

Ao longo da presente dissertação foram já citados diversos casos de iniciativas de foro governamental que materializam abordagens do tipo *Top-Down*, como são exemplo as políticas de fomento à utilização do BIM aplicadas no Reino Unido ou Singapura. Foram igualmente descritas iniciativas *Bottom-Up* ou *Middle-Out* como os casos da *LOD Specification* do BIMForum USA e do *National BIM Guide* do NATSPEC.

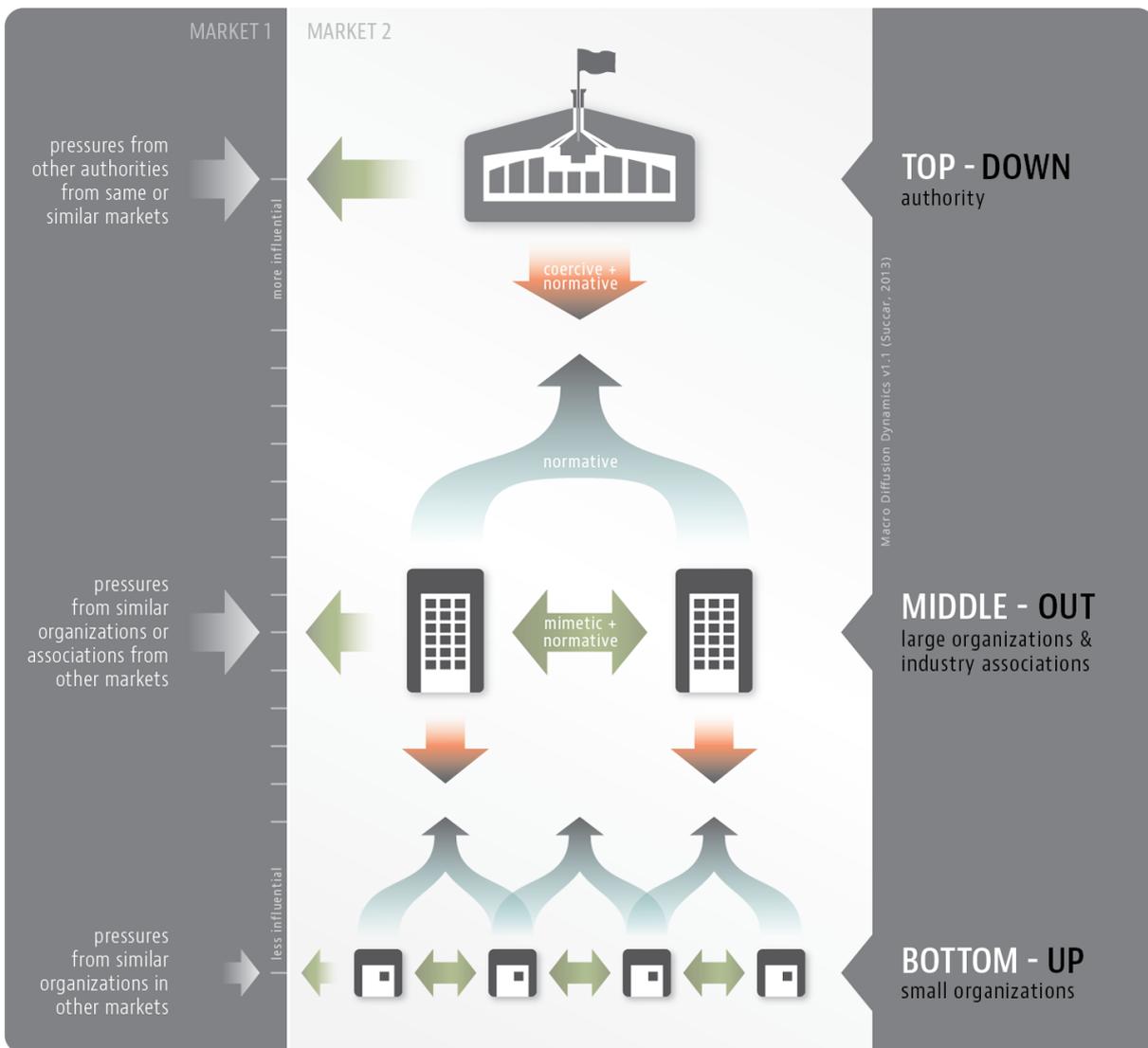


Figura 11 - Dinâmicas de Difusão BIM [Retirado de (Succar e Kassem, 2015)]

Apesar da existência de variados exemplos de sucesso recorrendo a qualquer uma das abordagens listadas, a abordagem *Top-Down* por parte de instituições governamentais é aquela que se traduz numa maior agilização do processo de desenvolvimento e implementação do BIM, como constatado no relatório da McGraw Hill sobre o valor do BIM nos principais mercados globais (McGraw Hill C., 2014).

No entanto, independentemente da abordagem escolhida, Smith (Smith, P., 2014) aponta a coordenação nacional como o fator crítico ao sucesso das iniciativas BIM, conduzindo à canalização de esforços e evitando as adversidades resultantes das descoordenadas iniciativas individuais.

2.6. SÍNTESE

O presente capítulo materializa a base de todo o trabalho desenvolvido. Consequentemente, o leitor deve reter primeiramente os conceitos fundamentais relacionados com o BIM, entre os quais: BIM representa uma metodologia e não apenas um tipo de software; e, BIM não se refere simplesmente ao CAD 3D, englobando um conjunto elevado de finalidades. Além dos conceitos relativos à metodologia, elucidase o contexto atual da metodologia, com aumentos de utilização e reconhecimento estratégico por parte de entidades privadas e governamentais.

Em seguida, realça-se o papel de vulto da interoperabilidade na plena utilização da metodologia, nomeadamente na sua índole comunicativa e colaborativa; deste aspeto salienta-se a importância da criação de mecanismos que garantam a possibilidade de utilização do BIM por parte de intervenientes cujo conhecimento da área é marcadamente distinto.

Na procura da concretização da interoperabilidade do BIM, a normalização assume-se como meio essencial, estabelecendo regras comuns e conferindo uniformidade. Com efeito, não é possível aflorar este tema sem entender o conceito de *BIM Execution Plan* como principal ferramenta de definição de exigências e responsabilidades no âmbito de projetos BIM. No entanto a materialização destes planos no que concerne à modelação de objetos requer a utilização de outras valências, nomeadamente de standards produzidos para o efeito e organizados segundo sistemas de classificação transversais a todo o setor, dotando-os de transparência, coerência e aplicabilidade. Por fim, abordam-se as diferentes metodologias de abordagem à implementação do BIM.

Em suma, a leitura do capítulo que agora se encerra fornece ao leitor os conhecimentos necessários à compreensão dos desenvolvimentos apresentados nas páginas seguintes, enquadrando os temas abordados no contexto da atual realidade, tanto nacional como internacional.

3

Matriz de Definição BIM PT

Concluído o levantamento do estado-da-arte, são conhecidas todas as informações necessárias à apresentação e compreensão da proposta de normalização de objetos BIM que corporiza o produto final da presente dissertação.

Assim, o capítulo corrente inicia-se com um comentário à normalização existente, a fim de reconhecer as suas vantagens e desvantagens, de forma a potenciar as primeiras e contornar as derradeiras. Seguidamente, procede-se à exposição da intitulada Matriz de Definição BIM PT: descrevendo a sua estrutura e funcionamento genéricos, e apresentando o modo como se utilizam os contributos resultantes da análise efetuada aos métodos alternativos.

Além do já referido, incluem-se neste capítulo justificações sobre as opções tomadas, nomeadamente na proposta do sistema de classificação a utilizar. Por fim, procede-se à descrição detalhada do funcionamento e definição da ferramenta proposta.

3.1. COMENTÁRIO À NORMALIZAÇÃO EXISTENTE

Em capítulo devido (ver 2.4.3.) foram apresentados e escrutinados três exemplos de documentos e/ou ferramentas cuja finalidade passa por garantir a correta modelação dos objetos BIM, seja ela ao nível geométrico ou de informação.

As normas supracitadas, originárias de três países distintos e com diferentes costumes, apresentam igualmente diferentes abordagens à normalização de objetos BIM: desde logo a *LOD Specification 2015* do *BIMForum USA* patenteia uma maior primazia para com a representação geométrica relativamente à meta informação; por oposição, a *BIM Object/Element Matrix* do *NATSPEC* apresenta maior desenvolvimento na informação associada em detrimento das características geométricas do elemento; finalmente, o *NBS BIM Toolkit* prima pela uniformidade, apresentando idênticos níveis de desenvolvimento entre os dois capítulos de análise, sendo que nunca atinge o aprimoramento da melhor componente dos anteriores.

No entanto, independentemente das diferentes posturas adotadas, as três ferramentas comungam dos principais benefícios e limitações advindos de uma iniciativa deste género. No capítulo dos benefícios, qualquer destas normas: possibilita a descrição transparente dos conteúdos a incluir no modelo e a definição dos níveis de desenvolvimento dos elementos em cada etapa do processo; garante, a jusante, a fiabilidade da informação produzida a montante; e materializa uma base sólida, passível de referência como padrão em contratos ou BEPs. Estes benefícios contribuem para aumentos de eficiência e qualidade no setor AEC, permitindo a elevação do BIM a um nível superior.

Do ponto de vista das limitações, estas são igualmente transversais aos três documentos referidos e sintetizam-se nas três que se apresentam: processo extensivo e moroso, exigência de conhecimentos aprofundados por parte dos utilizadores e, por fim, modelação excessiva. Por modelação excessiva entende-se a dedicação de esforço e tempo na modelação dos elementos, dotando-os de níveis de desenvolvimento, geométrico e de informação, superiores aos necessários ao completo cumprimento dos objetivos delineados para o modelo.

Assim, a definição das características pretendidas para o modelo, por parte do utilizador das normas referidas, apresenta-se um processo extensivo e traduz-se em dispêndios de tempo elevados fruto do alto número de elementos a analisar e interpretar em função do seu papel na obra em causa; por exemplo, a *BIMForum LOD Specification 2015* define uma listagem total de 145 elementos ou objetos BIM que, aquando do estabelecimento de exigências de modelação exigem análise individual de forma a estabelecer o LOD pretendido em cada caso, apresentando-se uma tarefa exaustiva.

Por outro lado, o carácter extensivo da metodologia adotada pelas referidas normas traduz-se na exigência de conhecimentos aprofundados por parte do utilizador, quer ao nível técnico quer ao nível da tecnologia BIM. Este aspeto revela-se através da diversidade de áreas de especialidade presentes (por exemplo: Estruturas, Arquitetura, MEP, etc.), bem como pelos diferentes níveis de análise, onde um mesmo elemento pode necessitar de subdivisões (novo nível de análise) em função das exigências de modelação, geométricas ou de informação, associadas.

Finalmente, a índole cumulativa das estruturas associadas aos documentos estudados, traduz-se frequentemente em modelação excessiva e consequentemente em modelos pesados, exigindo melhores características de *hardware* e dificultando a sua utilização. A limitação referida é facilmente entendível através da análise da Figura 12 onde, colocando-se no papel de utilizador e recorrendo à *BIM Object/Element Matrix* do *NATSPEC*, se pretendem definir as exigências associadas ao elemento “Janela” para um modelo que será utilizado em análise acústica, do qual se pretendem conhecer os parâmetros “*Acoustic Impedance*” e “*Sound Transmission*”.

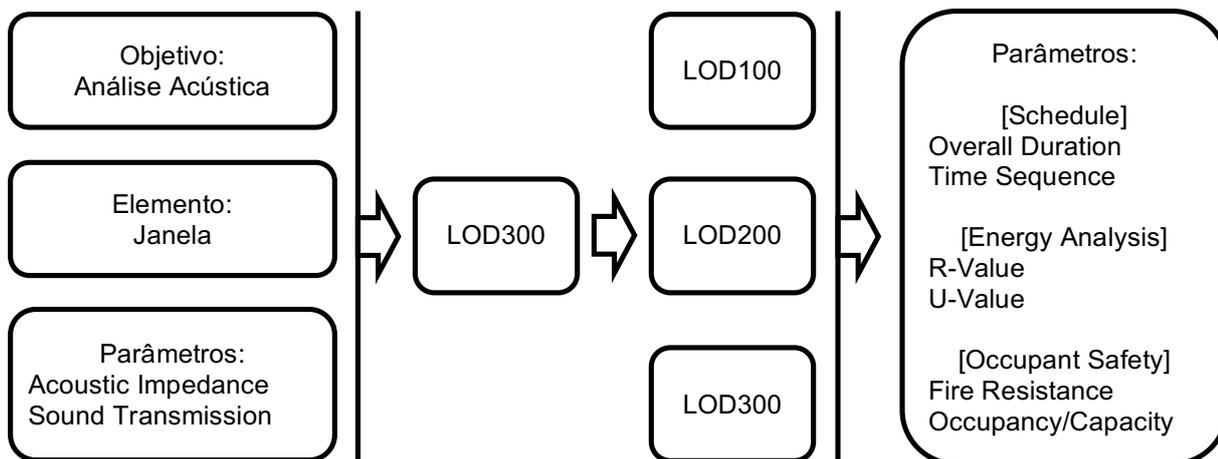


Figura 12 - Exemplo de modelação excessiva devida ao carácter cumulativo das definições.

Pesquisando na tabela “*B2020 Window*”, relativa ao elemento em causa, denota-se que os parâmetros pretendidos se encontram ao nível do LOD300; assim, o utilizador deverá exigir que a janela referida seja modelada com um LOD300. No entanto, uma vez exigida a modelação segundo o LOD300 o executante terá de cumprir não só as exigências desse nível como de todos os níveis que o precedem,

conduzindo à modelação excessiva do elemento, nomeadamente no capítulo da informação associada e referente a objetivos não pretendidos para o modelo, como são casos o planeamento e a análise energética.

3.2. ESTRUTURA

Na procura da definição dos princípios estruturantes da Matriz de Definição BIM PT pretende-se responder aos objetivos propostos, utilizando simultaneamente os conhecimentos apreendidos na análise da normalização existente, potenciando as suas vantagens e contrariando as suas limitações. Deste modo, pretende-se que o sistema aqui proposto defina, para cada etapa, o nível de desenvolvimento de cada objeto, além de relacionar esses níveis com a utilização última prevista para o modelo.

Assim, e tendo em consideração que o presente trabalho se insere numa perspetiva de simplificar a utilização do BIM por todos os intervenientes do setor AEC, deseja-se criar um mecanismo de simples aplicação por parte de qualquer destas entidades, sem que para tal seja indispensável um aprofundado conhecimento sobre a metodologia BIM.

Com efeito, a estrutura que servirá de base ao desenvolvimento da Matriz de Definição BIM PT, e que se encontra apresentada na Figura 13, consiste num processo dividido em três etapas: inicialmente a caracterização do modelo por parte do utilizador, indicando a fase do ciclo de vida da obra e os objetivos em que o mesmo será utilizado; desencadeando posteriormente, em ambiente de *BackOffice*, um conjunto de procedimentos que definirão, em função dos requisitos estabelecidos, as exigências inerentes à produção de um modelo nessas condições; originando, por fim, um documento estruturado, segundo um sistema de classificação internacional, preparado para impressão, contendo as características geométricas adequadas à fase do ciclo de vida do projeto e a informação inerente aos objetivos em que o modelo será utilizado.

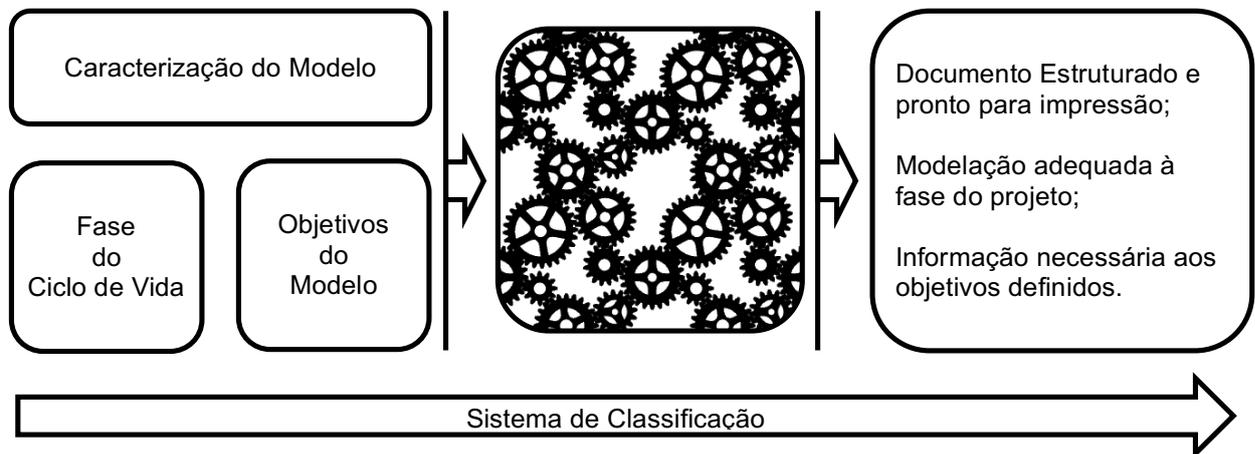


Figura 13 - Esquema da Estrutura da Matriz de Definição BIM PT.

A estrutura proposta contorna as limitações das normas internacionais estudadas, e descritas em 3.1., na medida em que afastam do utilizador as complexidades inerentes ao processo de seleção de elementos, definição de níveis de desenvolvimento, e conhecimento da metodologia. Este afastamento é conseguido, reduzindo o papel do requerente ao nível estritamente necessário, através da transposição dessa complexidade para as funções do desenvolvedor. A transposição descrita permite igualmente reduzir o tempo despendido pelo requerente na produção do documento.

Por sua vez, a adoção de um sistema de classificação internacional ao longo de todo o processo permite trabalhar sobre uma base sólida, de maturidade e estabilidade comprovadas, além de conferir, num contexto de cooperação global empresarial, abertura, validade e possibilidade de utilização internacional. Salienta-se ainda que a opção por um determinado sistema de classificação não invalida a utilização da metodologia proposta à luz de outros sistemas, uma vez que este opera apenas como estruturador da informação recolhida, pelo que a alteração para diferentes sistemas de classificação exigirá apenas o estabelecimento de correspondências entre os mesmos.

Importa referir que o desenvolvimento do sistema que gera a especificação será efetuado com o contributo de projetistas de diversas áreas cujas indicações serão utilizadas na produção de tabelas com função de base de dados, que englobarão as características geométricas e de informação relativas a um elevado número de elementos, agrupadas com base nos objetivos do modelo; além de permitirem o estabelecimento de relações entre os níveis de desenvolvimento dos elementos e as diferentes fases do ciclo de vida e objetivos do modelo de forma a garantir uma adequada ligação entre os diferentes *inputs* e *outputs*, garantindo a completa congruência com as práticas correntes do setor.

3.3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

Após análise e descrição dos principais sistemas utilizados pelo setor AEC bem como da normalização associada efetuada em 2.4.4., é necessário proceder à sua comparação com intuito de selecionar aquele que melhor se adequa ao contexto do presente trabalho.

Nos objetivos propostos para o produto final desta dissertação (ver 1.3.), tecem-se referências sobre o sistema de classificação a adotar, nomeadamente que deverá ser um sistema de classificação internacional com maturidade e estabilidade comprovadas além de se apresentar compatível com a realidade portuguesa.

Quadro 8 - Vantagens e Desvantagens do OmniClass

Vantagens	Desvantagens
Definido segundo ISO 12006-2.	Foco na terminologia e prática corrente americana.
Passível de utilização ao longo de todo o ciclo de vida da obra.	Número de níveis de análise variáveis.
Abertura e Abrangência.	Sistema de numeração inconsistente ao longo das diferentes tabelas
Atualização permanente, garantida pelo processo de desenvolvimento contínuo.	Falta de correspondência direta com as tabelas propostas na ISO 12006-2.
Desenvolvido em colaboração com a Indústria AEC.	
Sistema de numeração lógico; flexível para permitir acréscimos.	
Apresentação de diferentes prismas de classificação de conteúdo.	
Compatibilidade com sistemas-padrão de classificação internacionais.	
Incorporação do <i>MasterFormat</i> e <i>UniFormat</i> .	

Ao longo do capítulo respetivo, já foi referida a origem comum entre o OmniClass e o Uniclass como aplicação aos seus países das recomendações gerais descritas na ISO 12006-2, respetivamente, Estados Unidos da América e Reino Unido. No entanto, as semelhanças entre os dois sistemas ultrapassam a partilha da base que os define, ambos apresentam em comum o carácter transversal, permitindo a aplicação ao longo de todo o ciclo de vida dos empreendimentos; a abertura e abrangência a toda a envolvente aos procedimentos de construção; a aplicabilidade garantida pelo desenvolvimento colaborativo com os intervenientes na indústria AEC; e ainda a permanente atualização, conferida por processos de desenvolvimento contínuo.

Quadro 9 - Vantagens e Desvantagens do Uniclass2015

Vantagens	Desvantagens
<p>Definido segundo ISO 12006-2.</p> <p>Recomendado pela BS 1192.</p> <p>Passível de utilização ao longo de todo o ciclo de vida da obra.</p> <p>Abertura e Abrangência.</p> <p>Atualização permanente, garantida pelo NBS.</p> <p>Desenvolvido em colaboração com a Indústria AEC.</p> <p>Sistema de numeração lógico; flexível para permitir acréscimos; consistente ao longo das tabelas.</p> <p>Versão melhorada do sistema original para adaptação ao BIM.</p> <p>Tabelas hierarquicamente definidas; maturação progressiva da informação.</p> <p>Níveis de análise constantes.</p> <p>Base de dados de sinónimos, atribuindo coerência com a terminologia corrente.</p> <p>Correspondência direta com as tabelas propostas na ISO 12006-2.</p>	<p>Não estabelece compatibilidades com outros sistemas de classificação.</p> <p>Menor número de tabelas; apenas um prisma de classificação de conteúdo.</p>

No que concerne às diferenças, estas iniciam-se na definição dos sistemas de numeração, que apesar de comunarem da lógica e flexibilidade que permite futuros acréscimos, diferem na consistência e transversalidade ao longo das diferentes tabelas, patente ao Uniclass, mas não considerada pelo Omniclass. Prosseguindo, enquanto que o sistema norte-americano relevou a compatibilidade para com outros sistemas de classificação internacionais, inclusive apreendendo contributos de MasterFormat e Uniformat, as mesmas preocupações não foram tidas em conta na elaboração do sistema britânico.

Do ponto de vista da estruturação, o OmniClass apresenta um maior número de tabelas fornecendo, em alguns casos, classificação segundo diferentes prismas de análise, por exemplo função e forma; no entanto não apresenta relação direta com as tabelas propostas pela ISO 12006-2 por oposição ao sucedido no Uniclass; além disso, as tabelas Uniclass apresentam-se hierarquicamente definidas, promovendo a maturação progressiva da informação.

No capítulo dos níveis de análise, o sistema Uniclass apresenta-se vantajoso, dispondo de uma estrutura fixa definida com número de níveis constante, ao passo que o Omniclass opta por um número variável de níveis oscilando entre as diferentes tabelas. Outro aspeto de relevo prende-se com a adequabilidade ao BIM, campo em que mais uma vez o Uniclass apresenta vantagem, tendo a sua mais recente versão origem num melhoramento, adaptação e estruturação em função desta metodologia, ao passo que o Omniclass apenas tem sofrido adaptações em tempo real, e de menor destaque.

Em suma, na resposta aos requisitos previamente narrados, qualquer um dos sistemas abordados apresenta maturidade e estabilidade internacionalmente comprovadas, pelo que este não se apresenta um critério diferenciador. No entanto o mesmo não acontece no que se relaciona com a adequabilidade à realidade portuguesa, devendo-se esta diferença ao marcado foco na terminologia e prática corrente norte-americana manifesta no OmniClass; ao passo que o Uniclass apresenta maior proximidade aos costumes correntes europeus, além de incluir uma base de dados de sinónimos, que facilita a sua utilização e assegura a coerência com a terminologia corrente.

Por tudo o que se encontra acima exposto, com especial destaque para a maior conformidade com a realidade presente portuguesa além da mais direta relação com as tabelas propostas pela ISO 12006-2, atribuindo-lhe maior abertura internacional, a estruturação do presente trabalho deverá ser efetuada de acordo com o Uniclass2015.

Note-se que, no âmbito da Subcomissão 02 para as Trocas e Requisitos de informação da CT197, será aprofundado o estudo dos sistemas de classificação, nomeadamente no que concerne à reestruturação do sistema português ProNIC (Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção), aproximando-o da filosofia patente ao Uniclass2015. Assim sendo, uma vez alcançada uma base sólida que comungue dos benefícios associados ao Uniclass2015 e da proximidade com a prática corrente nacional, poderá apresentar-se favorável a sua adoção como sistema de classificação em instrumentos deste tipo.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DO MODELO

Tal como referido aquando da apresentação da estrutura da Matriz de Definição BIM PT (ver 3.2.), o primeiro componente desta ferramenta, e aquele que requer a participação ativa do utilizador, denomina-se *Caracterização do Modelo*. Assim, pretende-se que o requerente proceda à descrição bipartida do modelo, classificando a fase do ciclo de vida do edifício em que o próprio será utilizado e estabelecendo os objetivos finais da sua utilização.

De referir que apesar da aparente importância diminuta, esta etapa apresenta-se chave no decorrer de todo o processo, na medida em que define as duas características estruturantes na ferramenta e que determinam todo o sequenciamento, seleção e produção das exigências relativas aos elementos BIM a modelar.

Em suma, a caracterização do modelo consiste num menu de opção que descreve o modelo. Como tal, ao longo do presente capítulo, discorrer-se-á sobre as opções apresentadas, justificando a sua escolha e relevância.

3.4.1. FASES DO CICLO DE VIDA

3.4.1.1. Ciclo de Vida de Modelos BIM

O setor AEC apresenta como característica a evolução incremental ao longo dos séculos, refletindo a inclusão progressiva de novos materiais, processos construtivos e costumes. Da referida evolução resultam as práticas correntes da indústria, as quais tendem a eliminar as diferenças regionais assumindo, cada vez mais, índole global (Eastman, C.M., 1999).

Na sua publicação sobre modelos de produtos de construção (Eastman, C.M., 1999), Charles Eastman analisa as práticas correntes da construção de edifícios e propõe uma definição do ciclo de vida de modelos BIM de edifícios, recorrendo aos contributos apresentados anos antes por Gielingh (Gielingh, W., 1988). Gielingh classificou o ciclo de vida dos edifícios em torno de seis pontos de transição; por sua vez, Eastman define seis fases, em função dos períodos que decorrem entre cada uma dessas transições.

Na Figura 14 exhibe-se a definição de ciclo de vida de edifícios proposta por Eastman, estabelecendo as fases fundamentais atravessadas por um edifício ao longo da sua existência, sendo que cada uma destas compreende diversas atividades, que uma vez findadas originam as transições expressas por Gielingh.

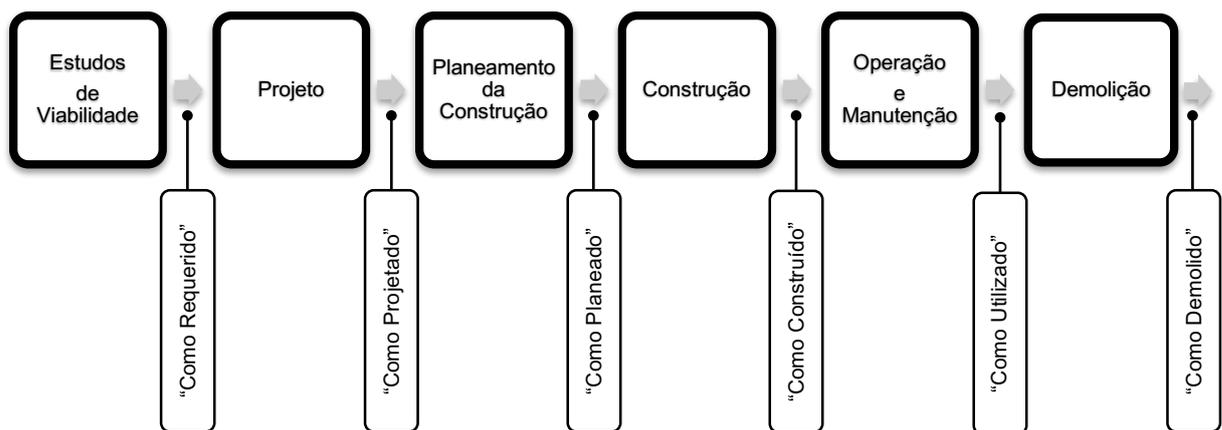


Figura 14 - Classificação do ciclo de vida de edifícios [Adaptado de (Eastman, C.M., 1999, Gielingh, W., 1988)].

A estrutura de ciclo de vida acima descrita apresenta elevada maturidade e vem sendo utilizada, desde a sua apresentação, como base à definição do ciclo de vida dos edifícios no âmbito de diversos documentos ligados ao BIM. Do mesmo modo, a estrutura será igualmente considerada no desenvolvimento do presente trabalho, apresentando-se como base à definição das fases utilizadas na caracterização, em sede do ciclo de vida, do modelo pretendido.

Uma vez apresentada a estrutura que descreve o ciclo de vida do edifício, considera-se necessário proceder à explicação de cada fase e das suas especificidades no contexto da proposta apresentada. De referir que as fases abaixo apresentadas não apresentam correspondência direta com as definidas na legislação portuguesa, as quais serão alvo de análise e comparação nos subcapítulos seguintes.

Com efeito, a fase de Estudos de Viabilidade consiste no pré-projeto, estabelecendo o confronto entre a proposta de projeto de um edifício e os recursos necessários à sua concretização, conseguida através da representação quantitativa da informação relativa ao edifício. Esta fase envolve o conhecimento dos requisitos e condicionantes, nos quais se incluem: requisitos do Dono de Obra, nomeadamente em

termos de quantidade, dimensões e função dos espaços a construir; enquadramento legal; restrições relacionadas com o local de construção, que possam limitar a definição geométrica do edifício; e prazos de projeto e construção.

Posteriormente, a fase de Projeto tem por objetivo o desenvolvimento do empreendimento com detalhe suficiente para que permita, não só a sua construção como a verificação da completa resposta às intenções do cliente. Nesta fase incluem-se diferentes subdivisões entre as quais: Análise do Local, onde se inclui a seleção do mesmo, estudos das condicionantes de utilização, requisitos de circulação e espaço construído, estudos geotécnicos e estudos ambientais; Projeto Conceptual, traduzindo os princípios que regem o desenvolvimento do projeto, determinando a forma genérica do edifício, os espaços interiores e a alocação de atividades; Projeto Detalhado, materializa a maior especificação do projeto conceptual, através da definição dos materiais de construção e detalhes associados, bem como de todos os sistemas e serviços presentes (por exemplo estruturais, mecânicos, etc.); e, finalmente, a análise do projeto, nomeadamente no que concerne aos estudos de engenharia.

Por sua vez, a fase de Planeamento de Construção engloba diferentes vertentes, designadamente, a produção de Documentos de Construção, o Planeamento e Orçamentação, e a Pré-fabricação. Os documentos de construção materializam a revisão, apuro e registo de todos os detalhes relativos ao projeto, apoiando a aquisição e distribuição dos materiais em estaleiro, bem como detalhando a forma como determinados elementos devem ser construídos e/ou aplicados ao edifício, servindo igualmente de base à pré-fabricação de elementos ou sistemas. Por outro lado, nesta fase desenvolve-se o planeamento geral da obra bem como a estimação dos custos da sua construção.

Concluídas as fases prévias, avança-se para a fase de construção, na qual se salienta o cronograma da obra, elemento chave desta fase, operando como representação de todo o projeto, identificando sequências de construção e operações de montagem. Através do cronograma de obra é possível organizar as diferentes tarefas inerentes à de Gestão de Obra, como a distribuição de mão-de-obra e equipamentos, a distribuição espacial dos trabalhos, bem como a redefinição de prazos em função das produtividades apresentadas.

De seguida, surge a fase de Operação e Manutenção na qual se utiliza o modelo “como construído” (“*as built*”) com o intuito de estabelecer planos de manutenção, bem como gerir a utilização dos espaços e sua alocação, ao longo das fases de utilização da obra. Por fim, a fase de demolição prevê o planeamento de eventuais demolições aquando do término do ciclo de vida do edifício.

3.4.1.2. Portaria n.º 701-H/2008

Publicada em Diário da República em 29 de Julho de 2008, a Portaria n.º 701-H, da autoria do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, engloba nos seus objetivos a aprovação de instruções para a elaboração de obras, nas quais se incluem os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas (DR, 2008).

Com efeito, no seu artigo 3º a referida portaria define as fases de projeto segundo as quais os projetos devem ser desenvolvidos: Programa Base, Estudo Prévio, Anteprojeto, Projeto de Execução e Assistência Técnica.

Assim, a primeira fase consiste no Projeto Base no qual o projetista apresenta, de forma clara, as soluções propostas para a materialização dos objetivos e exigências definidos pelo Dono de Obra no seu Programa Preliminar. Por sua vez, a fase de Estudo Prévio compreende o desenvolvimento das propostas apresentadas no Programa Base, consistindo numa representação esquemática do projeto. Avançando no ciclo de vida do projeto, a fase de Anteprojeto ou Projeto Base tem como principal objetivo o

estabelecimento definitivo das bases que suportam a prossecução do projeto. Por último, a fase de Projeto de Execução constitui a definição rigorosa do objeto de estudo, materializando um conjunto coordenado e de simples interpretação, de informações e peças desenhadas.

3.4.1.3. Definição das Fases do Ciclo de Vida de Edifícios

A definição de fases do ciclo de vida de edifícios no âmbito da Matriz de definição BIM PT resulta da conjugação de duas preocupações: a garantia de correta adaptação às práticas comuns relativas à metodologia BIM e, ao mesmo tempo, a apropriação aos procedimentos habitualmente seguidos a nível nacional. Assim sendo, a estrutura escolhida, e que se encontra retratada na Figura 15, apesar de baseada na proposta de Eastman, não mantém intacta a sua estrutura, tendo sofrido adaptações para, entre outros objetivos, melhor traduzir a prática corrente portuguesa descrita na Portaria nº 701-H/2008.

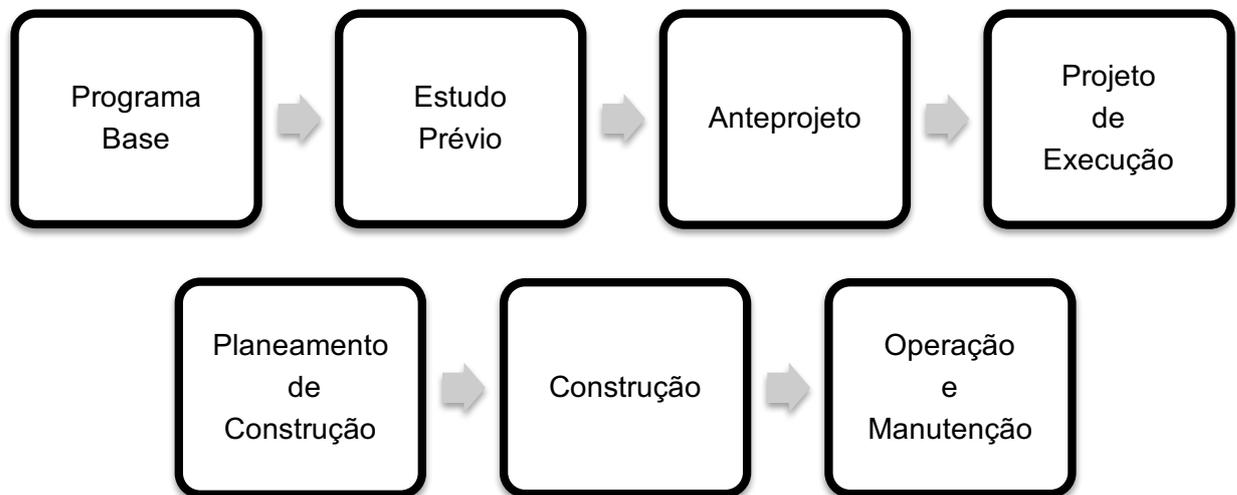


Figura 15 - Fases do ciclo de vida de um edifício.

Com efeito, as alterações à estrutura proposta por Eastman contemplam: a supressão da fase de Estudos de Viabilidade, substituindo-a por Programa Base; a maior especificação da fase de Projeto, concretizada pela divisão em três fases distintas; além da omissão da fase de Demolição.

A revisão da fase inaugural do ciclo de vida, através da supressão da fase de “Estudos de Viabilidade”, dando lugar ao “Programa Base” é justificável pela análise das suas definições; o primeiro termo refere-se a um período com elevada intervenção do promotor da obra, na qual define as suas pretensões para o projeto, não tendo o BIM grande influência no desenvolvimento desta fase, ao contrário do que acontece com o “Programa Base” onde o projetista poderá recorrer ao BIM para responder às exigências referidas. Por sua vez, a opção pela redistribuição da fase “Projeto” definida por Eastman deve-se à elevada abrangência da mesma, incluindo tarefas que exigem características de modelação claramente distintas; assim sendo, optou-se pela utilização das fases definidas na portaria supracitada e exigidas no desenvolvimento de projetos em Portugal. Por outro lado, a omissão da fase “Demolição” prende-se com a seu posicionamento numa fase posterior à utilização do edifício, não pertencendo ao ciclo de vida útil da obra, embora possa adquirir importância quando se pretende, por exemplo, avaliar a sustentabilidade da solução construtiva.

Em suma, as fases de ciclo de vida escolhidas no âmbito do presente trabalho são: Programa Base, Estudo Prévio, Anteprojeto, Projeto de Execução, Planeamento de Construção, Construção, e Operação e manutenção; as quais se encontra definidas no Quadro 10.

Quadro 10 - Definições relativas às fases do Ciclo de vida de Edifícios

Fase	Definição
Programa Base	O Programa base é apresentado de forma a proporcionar ao Dono da Obra a compreensão clara das soluções propostas pelo Projetista, com base nas indicações expressas no programa preliminar.
Estudo Prévio	O Estudo prévio desenvolve as soluções aprovadas no Programa base, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e por outros elementos informativos, de modo a possibilitar ao Dono da Obra a fácil apreciação das soluções propostas pelo Projetista e o seu confronto com os elementos constantes naquele.
Anteprojeto	O Anteprojeto, ou Projeto base, desenvolve a solução do Estudo prévio aprovado, sendo constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de natureza informativa que permitam a conveniente definição e dimensionamento da obra, bem como o esclarecimento do modo da sua execução.
Projeto de Execução	O Projeto de execução desenvolve o Projeto base aprovado, sendo constituído por um conjunto coordenado das informações escritas e desenhadas de fácil e inequívoca interpretação por parte das entidades intervenientes na execução da obra, obedecendo ao disposto na legislação e regulamentação aplicável.
Planeamento de Construção	Engloba as diferentes vertentes da preparação da obra, designadamente, a produção de Documentos de Construção, o Planeamento e orçamentação, e a pré-fabricação.
Construção	Fase de execução da obra. Salienta-se o cronograma da obra, elemento chave desta fase, operando como representação de todo o projeto, identificando sequências de construção e operações de montagem.
Operação e Manutenção	Utiliza-se o modelo “como construído” (“ <i>as built</i> ”) com o intuito de estabelecer planos de manutenção, bem como gerir a utilização dos espaços e sua alocação, ao longo das fases de utilização da obra.

3.4.2. OBJETIVOS DO MODELO

Aquando da abordagem ao tema dos Planos de Execução BIM (ver 2.4.2.) foi referido o estudo desenvolvido por McArthur (McArthur, J., 2015) no qual se concluiu a existência de influência clara da pesquisa produzida pelo *The Computer Integrated Construction Research Program* da *The Pennsylvania State University* para a buildingSMART, transversalmente à totalidade dos modelos BEP

analisados. Este aspeto demonstra o elevado grau de maturidade e influência internacional atribuído ao documento referido. Assim sendo, e com intuito de munir o presente trabalho com a abrangência e aplicabilidade internacional, a definição da proposta de objetivos para os quais o modelo poderá ser utilizado (ver Quadro 11) foi materializada com recurso aos contributos do *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011).

Quadro 11 - Definição de objetivos para modelos BIM [Adaptado de (CIC, 2011)]

Objetivo	Definição
Modelação de Condicionantes	Desenvolvimento de um modelo que represente as condições existentes no local de implantação.
Análise Geográfica	Avaliação de propriedades, numa dada área, para determinar a localização ótima do futuro edifício.
Programação	Desenvolvimento do projeto para eficientemente responder aos requisitos espaciais.
Visualização de Projeto	Visualização e análise do projeto, auxiliando na sua compreensão.
Coordenação Espacial (3D)	Deteção e eliminação de conflitos entre os diferentes sistemas do edifício.
Controlo e Planeamento (3D)	Criação de pontos de controlo detalhado de auxílio à implantação.
Revisão de Projetos	Obtenção de revisões, pelas partes envolvidas, com cariz de validação dos aspetos de projeto.
Verificação Automática	Verificação automática dos parâmetros do Modelo comparativamente com códigos de projeto especificados.
Avaliação de Sustentabilidade	Avaliação do projeto se acordo com critérios de sustentabilidade, por exemplo LEED.
Análises para fins de Engenharia:	Utilização do Modelo para análises de comportamento e determinação da solução ótima de engenharia com base nas especificidades do projeto.
Análise Energética	
Análise Estrutural	
Análise Acústica	
Instalações	
Análise Eletrotécnica	
Análise Mecânica	
Outras	

Planeamento de Segurança	Utilização do Modelo no aumento de eficiência na reação a ameaças bem como na minimização dos riscos de segurança.
Documentação	Representação precisa das características físicas, da envolvente e do património de um edifício.
Pré-fabricação	Reunião da informação necessária para facilitar a execução de materiais ou elementos de construção.
Extração de Quantidades	Geração de quantidades precisas ao longo do ciclo de vida da obra.
Orçamentação	Produção de orçamentos ao longo do ciclo de vida da obra.
Planeamento (4D)	Utilização de Modelos BIM 4D no planeamento efetivo da obra.
Projeto de Sistemas Construtivos e Simulação	Projeto, análise, planeamento e simulação da construção de Sistemas Construtivos complexos.
Gestão de Obras	Representação gráfica de instalações presentes, com carácter permanente ou temporário, no estaleiro.
Gestão Espacial e Rastreo	Distribuição, gestão e localização de espaços apropriados e respetivos recursos de um edifício.
Monitorização de Sistemas Construtivos	Medição do desempenho do edifício comparativamente ao previsto no projeto.
Gestão de Edifícios	Manutenção, ao longo do ciclo de vida da obra, dos elementos constituintes do edifício.

No entanto, a definição de objetivos não foi materializada por aplicação direta dos conceitos enumerados no referido documento, esta divergência deveu-se à análise crítica aprofundada sobre a coerência com a realidade e costumes do setor AEC em Portugal. Desta forma, os conceitos definidos pela *Penn State University* foram comparados à luz da legislação portuguesa, particularmente com as exigências legais expressas na Portaria nº 113/2015 (DR, 2015) no âmbito do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, na qual se definem os elementos requeridos no licenciamento de novos projetos de edificação.

Além da comparação com a legislação nacional, foram efetuadas alterações com vista à atribuição de maior conformidade para com as práticas correntes portuguesas. Com efeito, optou-se pela eliminação do *Asset Management*, conjugando-o com os conceitos de *Building (Preventive) Maintenance Scheduling* e *Record Modelling*, originando *Gestão de Edifícios* e *Documentação*, respetivamente. Por oposição, dividiu-se o capítulo *Cost Estimation (Quantity Take-off)* em dois capítulos distintos, *Extração de Quantidades* e *Orçamentação*. Por fim, procedeu-se à introdução de dois subcapítulos incluídos em Análise para fins de Engenharia, correspondentes a *Análise Acústica* e *Instalações*, em resposta aos projetos requeridos no licenciamento de projetos em Portugal.

3.5. MATRIZ DE NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

Concluída a definição das características associadas ao modelo, quer através da sua contextualização no ciclo de vida do empreendimento quer pela descrição dos objetivos pretendidos para o modelo, conhecem-se todos os parâmetros determinantes na caracterização geométrica e não geométrica dos elementos a modelar. Deste modo, é possível proceder à descrição da Matriz de Nível de Desenvolvimento que corporiza a especificação da Matriz de Definição BIM PT.

O componente em estudo neste capítulo consiste, em termos genéricos, na compilação de todos os elementos a incluir no modelo BIM, apresentando simultaneamente a classificação segundo o Uniclass2015, as exigências de modelação geométrica inerentes e a informação associada.

Assim, a listagem dos elementos a modelar é definida de acordo com os objetivos pretendidos para o modelo, e identificada recorrendo à classificação do Uniclass2015 através do código e nome respetivos; para cada um dos elementos selecionados procede-se à apresentação de dois capítulos, o nível de detalhe e o nível de informação.

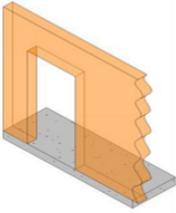
Matriz de Definição BIM PT v1.0			
B_20_10		Parede Exterior	
Nível de Detalhe			
		<p>LOD300</p> <p>O Elemento é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou montagem específico em termos de quantidade, dimensão, forma, localização, e orientação com informação sobre pormenorização, fabricação, montagem e</p> <p>Referências</p> <p>Reentrâncias são modeladas para as dimensões nominais para as principais aberturas como janelas, portas e elementos mecânicos de grandes dimensões. Deverá incluir membros modelados em qualquer interface com os eixos da parede ou aberturas.</p> <p>Notas sobre a imagem</p> <p>1. O terreno representado é meramente indicativo.</p>	
Nível de Informação			
Obj.	Informação	Un.	Alojamento de Variáveis
Nominal Size			
Connections			
Capacity			<code>ifcWall>Prest_ColumnCommon with Property Names="LoadBearing"</code>
Perimeter			<code>ifcWall>IfcQuantityLength.Names="GrossPerimeter"</code>
Angle, Plane			
Cross Section			<code>ifcWall>IfcQuantityArea.Names="GrossSideArea"</code>
Elevation			<code>total height, sum up by ifcWall.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[2] + building story placement</code>
Elevation to Datum			<code>total height, sum up by ifcWall.ObjectPlacement.RelativePlacement.Location.[2] + building ref height</code>
Rotation Angle			<code>ifcWall.ObjectPlacement.RelativePlacement.Placement.Direction</code>
Elevation to Story			<code>ifcWall>IfcBuildingStorey.Elevation</code>

Figura 16 - Exemplo da Matriz de Níveis de Desenvolvimento da Matriz de Definição BIM PT.

O nível de detalhe é definido com base na fase do ciclo de vida e nos objetivos pretendidos para o objeto de estudo, definida pelo requerente aquando da caracterização, e contém uma descrição genérica das características geométricas com que o elemento deve ser modelado, uma imagem exemplificativa do resultado pretendido, referências geométricas específicas do elemento, bem como eventuais notas relacionadas com a imagem cuja explanação se considere pertinente.

Por sua vez, o conteúdo da secção relativa ao nível de informação é determinado maioritariamente pelos objetivos pretendidos para o modelo, ainda que sempre considerando a fase do ciclo de vida associada. Esta divisão é composta por uma tabela organizada em quatro colunas nas quais se definem: os artigos de informação requeridos para o elemento; as unidades em que o mesmo deve ser apresentado; a categoria de informação a que pertence, sendo que esta se encontra intimamente ligada aos objetivos selecionados; e, por fim, a indicação da propriedade na qual deverá ser alojada, sempre que possível

segundo o IFC. Este último aspeto assume particular relevância na medida em que permite a validação da Matriz segundo o principal standard de interoperabilidade internacional, garantindo a possibilidade de utilização da ferramenta por qualquer profissional independentemente do software adotado.

3.6. DESCRIÇÃO TÉCNICA

Ao longo do presente capítulo vêm sendo descritos os diversos componentes da Matriz de Definição BIM PT, elucidando o leitor sobre as suas características, desígnios e aplicações. Com efeito, pretende-se nesta fase descrever a forma como o funcionamento de toda a ferramenta se encontra suportado, garantindo a completa harmonia entre todos esses componentes.

Assim, do ponto de vista da plataforma de desenvolvimento, a Matriz de Definição BIM PT consiste numa folha de cálculo automático sustentada pelo *Microsoft Office Excel 2016*, programada com recurso a Macros construídas em linguagem *Visual Basic for Applications*.

Por sua vez, analisando a ótica do utilizador a ferramenta apresenta um painel de comandos, transversal a todas as abas, através do qual se pode aceder automaticamente às páginas anterior, seguinte e inicial, bem como proceder à impressão ou criação de um ficheiro em formato PDF, guardando a informação contida na página em questão.

Figura 17 - Excerto da aba relativa à Caracterização do Modelo da Matriz de Definição BIM PT.

No que concerne ao funcionamento, a ferramenta inicia-se na aba relativa à caracterização do modelo que se encontra dividida em duas secções distintas correspondentes, como referido em 3.4., às fases do ciclo de vida de empreendimentos e aos objetivos pretendidos para modelos BIM. Para tal, recorre-se a um conjunto de *checkboxes* através das quais o utilizador refere as suas pretensões para o modelo. Nesta página, com carácter inicial, e única em que é requerida a participação do usuário, o painel de controlo dispõe de um comando suplementar e que se apresenta chave ao exercício de toda a Matriz de Definição BIM PT denominado “Gerar Especificação”.

Uma vez premido, o referido botão marca o arranque de uma macro que reconhece os valores das *checkboxes* e os utiliza na formação, em linguagem binária, de códigos de identificação relativos aos diversos elementos da aba “Especificação”, nomeadamente a linhas e figuras, a fim de seleccionar aqueles que correspondem aos requisitos definidos previamente pelo utilizador e ocultar os restantes. Concluída a seleção dos conteúdos a apresentar, executa-se a passagem à aba de “Especificação”, na qual se encontram os elementos filtrados, organizados e formatados para impressão. Nesta aba, o botão “Gerar Especificação” do painel de comandos surge substituído por um outro, denominado “Limpar Especificação” que permite a limpeza e reiniciação de todo processo, encaminhando o utilizador novamente para a aba de “Caracterização”. De referir que, ao contrário do que acontece nas restantes, os comandos “Impressão” e “Guardar” da aba “Especificação” não se referem somente à própria aba, mas sim ao documento final que materializa a versão final da Matriz de Definição BIM PT, o qual inclui capa, caracterização e especificação.

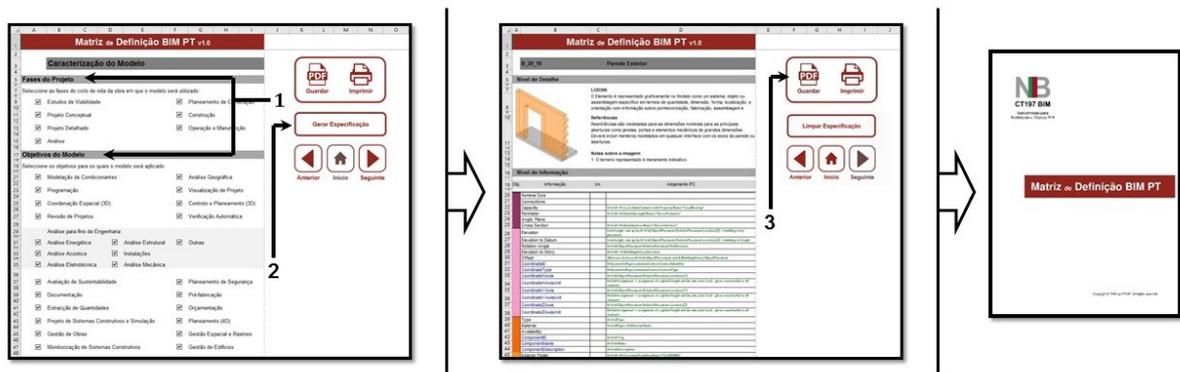


Figura 18 - Processo de geração da Matriz de Definição BIM PT.

Importa salientar que, mesmo iniciando-se na aba de caracterização, a ferramenta em estudo apresenta duas abas anteriores que funcionam como introdução à utilização do mecanismo. Estas abas consistem na “Introdução”, onde se procede à apresentação, contextualização e creditação do documento, e no “Suporte” onde se apresenta um conjunto de informações que auxiliam na compreensão da matriz, incluindo definições, explicações e apresentação de códigos de cores.

3.7. SÍNTESE

No final deste capítulo importa reter os principais benefícios e limitações das normas alvo de análise no capítulo anterior, a fim de auxiliar a compreensão da proposta apresentada e das opções tomadas, na procura de absorver as vantagens dos exemplos existentes e mitigar as suas desvantagens.

De seguida, perceber que a estrutura que serve de base a todo o desenvolvimento da Matriz de Definição BIM PT surge na sequência da preocupação de simplificação do papel do requerente, exigindo-lhe apenas a caracterização do modelo através da classificação da fase do ciclo de vida do empreendimento e dos objetivos últimos de utilização do modelo, informações através das quais se produz o documento estruturado que corporiza o resultado final desta ferramenta.

Importa ainda reter, previamente às componentes que integram a caracterização do modelo, a pertinência da adoção de um sistema de classificação internacional com reconhecida maturidade e estabilidade, bem

como a justificação da proposta do Uniclass2015 no contexto do presente trabalho, enfatizada em muito pela similaridade à atual realidade portuguesa.

Posteriormente salienta-se a definição do ciclo de vida dos empreendimentos no contexto da aplicação ao BIM, estabelecendo relação direta com a legislação portuguesa, e ainda os objetivos para modelos BIM em consonância com as propostas da *Penn State University* para a *buildingSMART*. Similarmente ressalta-se a descrição dos diversos componentes da Matriz de Níveis de Desenvolvimento que concretiza a especificação em causa, estabelecendo as características de modelação exigidas, a nível geométrico e de informação.

Por último, o presente capítulo permitiu ao leitor tomar contacto com as características técnicas de funcionamento da ferramenta, além do confronto com as particularidades programáticas da mesma.

No capítulo seguinte abordar-se-á o assunto da colaboração, refletindo sobre a sua importância e pertinência, assim como a forma como esta foi encarada no âmbito da corrente dissertação.

4

Desenvolvimento Colaborativo

No capítulo anterior apresentou-se a Matriz de Definição BIM PT, como proposta de standard para especificação das exigências (geométricas e de informação) associadas aos modelos BIM. No entanto, o sucesso da realização de um trabalho deste tipo necessita, não apenas da construção de uma base científica sólida, como também de aceitação por parte da comunidade técnica afeta ao setor AEC.

Assim sendo, ao longo do capítulo corrente descrever-se-á a forma como se encarou o desenvolvimento da Matriz de Definição BIM PT da perspectiva da colaboração com profissionais das diversas vertentes envolvidas no ciclo de vida de edifícios, a fim de garantir coerência e aplicabilidade perante a atual realidade da indústria da construção. De referir que todo o processo a seguir descrito foi efetuado em estreita colaboração com a Subcomissão 4 da Comissão Técnica 197.

4.1. IMPORTÂNCIA, CONSTITUIÇÃO E PLANEAMENTO

A Matriz de Definição BIM PT, descrita no capítulo 3, surge como instrumento para a descrição transparente de conteúdos BIM, através da definição dos níveis de desenvolvimento dos elementos ao longo das diversas fases do ciclo de vida do empreendimento, procurando materializar uma base sólida passível de utilização por toda a indústria AEC e referida em planos de execução BIM.

Com efeito, o seu desenvolvimento deve necessariamente assentar numa base científica sólida que garanta a coerência e fiabilidade necessárias à sua utilização, mas, complementarmente, é necessário garantir harmonia com a componente técnica e prática, bem como a completa correspondência com os costumes e necessidades correntes da indústria nacional.

Assim sendo, com intuito de munir o presente trabalho de completa aplicabilidade e adequabilidade às especificidades do setor no panorama nacional, optou-se pelo desenvolvimento da ferramenta em colaboração com profissionais do setor. Propondo, assim, que a produção da Matriz de Definição BIM PT seja efetuada de forma faseada, isto é, após conclusão de cada etapa, o documento será divulgado em versão provisória para comentário e discussão pública de forma a que a sua publicação definitiva absorva sugestões dos vários intervenientes no processo; num procedimento semelhante ao que se verifica com a *LOD Specification do BIMForum* (BIMForum, 2015a).

Para tal, a CT197 reuniu uma lista extensiva de pessoas e entidades das mais diversas áreas abrangidas pela construção e operação de edifícios no panorama nacional, às quais remeteu o desafio de contribuir para o esforço nacional de criação de normalização com vista à educação do setor, potenciando uma abordagem racional e economicamente eficiente perante o BIM de forma a maximizar o retorno do investimento efetuado na sua implementação.

Esta iniciativa, dinamizada pela SC4, teve por objetivo a constituição de um grupo consultivo vasto, alcançando a representatividade das várias especialidades envolvidas no processo de desenvolvimento de empreendimentos, até aí inexistente nos membros de plenário da CT197. As áreas de atuação eleitas incluíram: Arquitetura, Engenharia, Gestão de edifícios, Empresas de construção civil, Fabricantes e Fornecedores de materiais, Promoção imobiliária, Fornecedores de software, Entidades licenciadoras, Universidades, Institutos, e ainda Estudantes e Investigadores.

Assim, a produção do presente trabalho beneficiou do esforço realizado pela CT197 na reunião de um conjunto suficientemente alargado de voluntários, que se disponibilizaram a oferecer o seu contributo e transmitir os seus conhecimentos, corporizando representatividade e conferindo validade estatística ao trabalho desenvolvido. Note-se que, ao longo de todo processo, existiu preocupação permanente por parte da CT197 em garantir completa abertura à participação pública.

Numa primeira fase procedeu-se à convocatória, via correio eletrónico, para uma sessão de esclarecimento presencial, do tipo *Focus Group*; na qual a apresentação do projeto descrita em 4.2. e o inquérito a projetistas alvo de análise no subcapítulo 4.3., foram parte integrante da ordem de trabalhos. De referir que, fruto das manifestações de interesse numericamente idênticas entre as regiões Norte e Sul do país, se enveredou pela realização de duas sessões nas cidades de Lisboa e Porto, respetivamente.

4.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Tal como previamente referido, um dos principais pontos da ordem de trabalhos da sessão de esclarecimento passava pela apresentação da estrutura da Matriz de Definição BIM PT aos profissionais do setor, com intuito de perceber o grau de aceitação por parte dos mesmos e conhecer as suas opiniões sobre possíveis alterações que considerassem necessárias.

Com efeito, a exposição da Matriz de Definição BIM PT, teve por base um documento ilustrativo (ver Anexos), disponibilizado previamente, aquando da convocatória. Assim, a apresentação iniciou-se por uma contextualização do trabalho na atual conjuntura da metodologia BIM e na sua relevância no âmbito da interoperabilidade, além do seu enquadramento nos objetivos e ordem de trabalhos definidos pela subcomissão.

De seguida considerou-se pertinente apresentar aos envolvidos as principais iniciativas internacionais de cariz semelhante a fim de revelar a sua estruturação, além dos benefícios e limitações da sua utilização, como suporte à tomada de decisão relativamente à matriz proposta. Para tal foram abordados os exemplos de: Estrutura LOD do AIA (AIA, 2013b), *LOD Specification* do BIMForum USA (BIMForum, 2015a), *BIM Object Element/Matrix* do NATSPEC (NATSPEC, 2011a) e *BIM Object Standard* do NBS (NBS, 2014).

Uma vez efetuadas a contextualização e a análise das principais iniciativas semelhantes, procedeu-se à apresentação e explicação da proposta de especificação, materializada pela Matriz de Definição BIM PT. Esta exposição baseou-se numa lógica semelhante à utilizada no capítulo 3, referindo-se à estrutura que rege a matriz, à definição de fases e objetivos e ao benefício de utilização de um sistema de classificação internacional.

Finalmente, procedeu-se ao esclarecimento do desenvolvimento colaborativo, estabelecendo os procedimentos a realizar e as informações pretendidas, alvo de estudo em 4.3.; terminando com a apresentação das tarefas de preparação a efetuar.

4.3. INQUÉRITO A PROFISSIONAIS

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO

Com intuito de perceber a estrutura mais eficaz para o desenvolvimento de um inquérito a profissionais da indústria, recorreu-se ao trabalho de Neuman sobre métodos de pesquisa social (Neuman, L.W., 2014). Com auxílio do documento referido, o inquérito pretendido pode classificar-se como:

- “Aplicado” do tipo “Pesquisa participativa”, segundo o uso e destinatários, na medida em que este é direcionado aos utilizadores diretos na procura de solucionar um problema concreto, tendo por preocupação o completo envolvimento dos inquiridos ao longo de todo o processo;
- “Descritivo”, do ponto de vista do propósito de análise, uma vez que se pretende obter uma descrição exaustiva e de elevado detalhe das características necessárias à completa descrição dos objetos BIM;
- “*Across-Cases*”, na medida em que serão contabilizadas e analisadas todas as respostas obtidas sem que seja efetuada qualquer pré-seleção;
- “Transversal”, devido à análise dos diferentes casos ao longo de uma única ocorrência;
- “Qualitativa” no que concerne à recolha de dados, considerando que se pretende obter um conjunto vasto de informações e opiniões distintas.

Uma vez terminada a caracterização da estrutura pretendida, Neuman sugere a seleção da estratégia mais favorável ao desenvolvimento do processo de recolha de informações pretendido. Neste sentido, selecionou-se a “triangulação” considerando-se que a análise de algo segundo diferentes prismas correspondentes aos diferentes intervenientes se traduz em acréscimos de rigor; em simultâneo considera-se uma pesquisa do tipo “não-linear” em virtude do foco nos conhecimentos implícitos sobre preocupações práticas e experiências específicas (Neuman, L.W., 2014).

Por fim, surge a necessidade de selecionar o tipo de metodologia de inquérito a empregar, neste caso, optou-se pela utilização de uma metodologia enquadrada no tipo “*Focus Group*”, na qual se reúnem os diferentes inquiridos como o objetivo de criar discussões entre os mesmos sobre os tópicos propostos.

Dadas as especificidades de um estudo deste tipo, desde logo a complexidade das informações pretendidas e a distribuição geográfica dos inquiridos, optou-se pela realização do inquérito através da plataforma colaborativa *Google Drive*.

A utilização desta plataforma materializa um processo que além de aberto, permite o rastreamento de alterações efetuadas além da produção de comentários e tópicos de discussão pública entre todos os intervenientes. Com efeito, foram disponibilizadas um conjunto de tabelas de dupla entrada, relativas às diversas componentes do inquérito, que servem de base ao desenvolvimento da discussão pública, sobre as quais os inquiridos debatem a melhor forma de transmitir as necessidades da indústria.

De salientar que, à semelhança do que ocorre nos inquéritos do tipo “*Focus Group*” tradicionais, isto é, realizados presencialmente, a discussão teve moderação de forma a conduzir os tópicos de discussão, sempre com a preocupação de tornar o processo não-direcional, facilitando a discussão livre e aberta a todos os membros do grupo.

4.3.2. ORGANIZAÇÃO

Com intuito de facilitar o preenchimento dos documentos se optou pela divisão dos inquiridos segundo áreas de especialidade. Para tal, solicitou-se aos participantes a listagem das especialidades, envolvidas no ciclo de vida de produtos de construção, nas quais consideram ter conhecimento suficiente para proceder à sua correta caracterização. Esta definição teve por base uma lista inicial baseada nos projetos de especialidade propostos pela Portaria nº 115/2015 de 22 de Abril (DR, 2015), a qual foi alargada de forma a abranger todas as especialidades dos profissionais presentes. O Quadro 12 apresenta a lista de especialidades definida e segundo a qual foi organizado o processo de discussão pública da Matriz de Definição BIM PT.

Quadro 12 - Lista de Especialidades envolvidas no Ciclo de Vida de Produtos de Construção.

Especialidades	
Arquitetura	Instalações Eletromecânicas
Estruturas e Fundações	Desenfumagem e Climatização
Contenção Periférica	Espaços Exteriores
Térmica	Gestão de Obra
Acústica e Vibrações	Gestão e Manutenção de Edifícios e Infraestruturas
Abastecimento e Tratamento de Águas	Design de Interiores
Drenagem e Tratamento de Águas Residuais Domésticas	Avaliação de Sustentabilidade
Drenagem de Águas Residuais Pluviais	Sistemas de Informação Geográfica
Segurança Contra Incêndio	Cadastro Predial Geométrico Urbano
Instalação de Gás	Cartografia Topográfica de Base
Segurança e Saúde	Sistemas Ferroviários
Instalações Telefónicas e Telecomunicações	Obras de Arte
Instalação e Distribuição e Energia Elétrica	Obras Hidráulicas
HVAC	

Em termos de organização, a informação pretendida pode classificar-se em dois grandes grupos, segundo os quais foi dividido o processo de inquérito: numa primeira fase abordam-se as fases, objetivos e elementos/sistemas, posteriormente tratam-se as características geométricas e as exigências de Informação. As duas fases referidas encontram descritas individualmente nos trechos que se seguem.

4.3.3. FASES, OBJETIVOS E ELEMENTOS/SISTEMAS

A primeira fase de discussão pública encontra-se diretamente relacionada com a caracterização do modelo efetuada na etapa inicial da Matriz de Definição BIM PT. Para tal, considera-se pertinente a concretização de duas componentes: em primeiro lugar a validação e posteriormente a associação e adição.

Em primeiro lugar, procurou-se validar das fases do ciclo de vida propostas em 3.4.1., baseadas na estrutura de ciclo de vida de Eastman (Eastman, C.M., 1999), ainda que adaptadas com vista ao alcance de harmonização perante a definição efetuada na legislação nacional através Portaria 701-H (DR, 2008). De modo análogo procedeu-se à aprovação dos objetivos eleitos pela buildingSMART através da *Penn State University* (CIC, 2011), descritos em 3.4.2., sugerindo aos participantes a proposta de novos objetivos cuja inclusão considerem pertinente na tentativa de suprir, na totalidade, as necessidades inerentes à utilização de modelos BIM no processo de desenvolvimento de produtos de construção.

Posteriormente, seguiu-se a componente de associação e adição, na qual se propôs aos inquiridos a associação entre os objetivos possíveis de utilização para o modelo no âmbito das suas especialidades. A Figura 19 apresenta um excerto da tabela proposta aos inquiridos para associação entre os objetivos para utilização dos modelos BIM e as respetivas especialidades, cuja versão integral se apresenta em Anexo; no caso, a tabela é relativa à especialidade Gestão de Obra.

	A	B	C	D
1	Matriz de Definição BIM PT v1.0			
2				
3		Gestão de Obra		
4				
5		Objetivos do Modelo		
6		Extracção de Quantidades		
7		Orçamentação		
8		Planeamento e Controlo Físico		
9		Planeamento e Controlo Económico		
10		Planeamento e Controlo de Qualidade		
11		Simulação		
12		Pré-fabricação		
13		Caderno de Encargos		
14		Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos		
15		Plano de Segurança e saúde		
16		Compilação técnica da Obra		
17				

Figura 19 - Excerto do documento relativo à definição de objetivos por especialidade (Gestão de Obra).

Nesta figura encontra-se visível a organização proposta, na qual para cada especialidade se disponibilizou uma aba na qual os diferentes intervenientes listaram os objetivos que consideram pertinentes. De referir que, fruto das características da plataforma utilizada, a listagem final comunga dos consensos atingidos através dos comentários e discussões geradas pelos vários profissionais de cada área de especialidade.

Por sua vez, a última parte desta fase consiste na listagem de elementos ou sistemas construtivos, agrupados por especialidade, a incluir nos modelos utilizados. Esta listagem foi conseguida solicitando aos participantes que, no âmbito das suas especialidades, catalogassem os elementos cuja inclusão no modelo consideram relevante. Na Figura 20 ilustra-se um exemplo da tabela proposta para a listagem dos elementos/sistemas a modelar; o exemplo apresentado refere-se à especialidade de Estruturas.

	A	B	C	D
1	Matriz de Definição BIM PT v1.0			
2				
3	Estruturas			
4				
5	Contenções	Fundações	Estrutura	
6	Contenção Periférica Provisória	Fundações em Betão	Viga	
7	Estrutura da Contenção Periférica	Fundações em Estacas e Microestacas	Pilar	
8	Ancoragens	Laje de fundação	Laje	
9	Contraventamentos	Sapata	Escadas	
10	Berlim	Viga de fundação	Tirante	
11	Paredes Moldadas	Colunas de Brita	Cascas e Estruturas esbeltas	
12	Muros de Gabiões		Paredes Estruturais	
13	Estacas		Cabos de Contraventamento de Estruturas Metálicas	
14	Cortina de Estacas			
15	Betão projetado			

Figura 20 - Excerto do documento relativo à listagem de elementos/sistemas por especialidade (Estruturas).

4.3.4. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E EXIGÊNCIAS DE INFORMAÇÃO

Conhecida a listagem de elementos e sistemas construtivos definida na primeira fase de inquérito, propôs-se aos envolvidos a descrição das características geométricas inerentes à modelação dos mesmos, bem como a enumeração da informação necessária à sua utilização no âmbito da respetiva especialidade, relativamente a cada um dos objetivos pretendidos para o modelo.

A Figura 21 apresenta um excerto da tabela (ver Anexo) fornecida aos inquiridos para a caracterização geométrica, para efeito das suas especialidades, dos elementos previamente listados (ver 4.3.3.); o caso apresentado diz respeito à especialidade de Sistemas de Informação Geográfica. A figura transmite a estrutura escolhida para a caracterização geométrica dos elementos na qual, para cada objetivo de utilização de modelos BIM se classificam os elementos segundo quatro grupos de informação: Representação gráfica; Aspeto visual; Forma, Dimensões e Quantidades; Localização e Orientação. Desta forma consegue obter-se uma descrição das características geométricas exigidas a cada elemento do modelo, bem como da sua evolução de acordo com os objetivos pretendidos para o modelo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC																																				
1	Matriz de Definição BIM PT v1.0																																																																
2																																																																	
3	Desenvolvimento Colaborativo																																																																
4																																																																	
5	Características Geométricas																																																																
6																																																																	
7	Objetivos		Controlo Prévio (Pré-licenciamento Urb. Mun.)				Licenciamento Urbanístico Municipal				Registo Predial																																																						
8			Representação Gráfica		Aspeto Visual		Forma, Dimensões, Quantidades		Localização, Orientação		Representação Gráfica		Aspeto Visual		Forma, Dimensões, Quantidades		Localização, Orientação		Representação Gráfica		Aspeto Visual		Forma, Dimensões, Quantidades		Localização, Orientação																																								
9	Elemento		Simbólica		Genérica		Específica		Genérico		Específico		Aproximadas		Específicas		Aproximada		Específica		Simbólica		Genérica		Específica		Genérico		Específico		Aproximadas		Específicas		Aproximada		Específica																												
10																																																																	
11	Sistemas de Informação Geográfica																																																																
12	Polígono do limite da implantação da obra (Ao nível do r/c inters)																																																																
13	Polígono de implantação mais abrangente (Ao nível da constr)																																																																
14	Polígono do limite fundiário (Cadastro)																																																																
15	Modelo Digital do Terreno - MDT																																																																

Figura 21 - Excerto do documento relativo ao inquérito às Características Geométricas (Informação Geográfica).

Importa ainda referir que os atributos geométricos escolhidos para a caracterização dos elementos foram definidos com base nas definições dos níveis de desenvolvimento definidos na estrutura original, proposta pelo AIA (AIA, 2013b). A determinação dos quatro grupos de informação surgiu da análise de um total de sete atributos de onde se concluiu que: Forma, Dimensões e Quantidades devido ao seu

carácter métrico se encontram diretamente relacionadas, pelo que a exigência geométrica inerente será transversal a todas elas; o mesmo acontece com localização e orientação, variáveis posicionais cujo detalhe geométrico se demonstra semelhante.

Por sua vez, o processo de caracterização das exigências de informação relativas aos elementos/sistemas de modelos BIM propostos consiste no preenchimento de uma tabela (Figura 22), na qual se solicita aos inquiridos que, uma vez mais na extensão da sua especialidade, definam as propriedades necessárias à modelação de cada elemento.

Matriz de Definição BIM PT v1.0				
Desenvolvimento Colaborativo				
Características de Informação				
Objectivos	Desenhos Gerais	Desenhos de Pormenor	Análise / Cálculo / Dimensionamento	
Elemento	Informação [Unidades]	Informação [Unidades]	Informação [Unidades]	
Fundações	Altura [m], Largura [m], Comprimento [m], Resistência à Compressão [MPa]		Altura [m], Largura [m], Comprimento [m], Resistência à Compressão [MPa], Exposição Exterior [S/N]	
Fundações em Estacas e Microestacas				
Laje de fundação				
Sapata			Altura [m], Largura [m], Comprimento [m], Resistência à Compressão [MPa], Exposição Exterior [S/N]	

Figura 22 - Excerto do documento relativo ao inquérito às Exigências de Informação (Estruturas).

Com efeito, a tabela apresenta uma estrutura na qual para cada elemento ou sistema construtivo, o participante descreve, em função dos objetivos pretendidos, as propriedades que devem ser preenchidas aquando do processo de modelação.

Ao longo do desenvolvimento da segunda fase de inquérito, particularmente através das respostas à tabela relativa às exigências de informação e na procura de estabelecer relação entre as propriedades propostas e as variáveis IFC existentes, perceberam-se as atuais limitações do formato. Apesar da permanente preocupação, por parte da buildingSMART, em tornar o IFC num formato completo e capaz de cobrir todas as necessidades do setor AEC, o número de variáveis de informação definidas no IFC2x4 apresenta-se diminuto, não permitindo o alojamento de todas as propriedades necessárias ao completo cumprimento das necessidades do utilizador.

4.3.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FASES DO CICLO DE VIDA

Embora a pretensão inicial para esta primeira versão incluisse a caracterização da informação recolhida ao longo das diferentes fases do ciclo de vida dos produtos de construção, esta acabou por não acontecer; devendo-se a sua exclusão a uma decisão estratégica tomada em conjunto com os responsáveis da Subcomissão 4 da CT197, com base nas opiniões recolhidas junto dos profissionais presentes nas sessões de esclarecimento, apresentando relutância à definição dos componentes em função das fase de ciclo de vida numa fase inicial do desenvolvimento da ferramenta.

Assim sendo, e por se manter a convicção na necessidade de inclusão das fases de ciclo de vida como elemento definidor das características dos elementos (ver 3.4.1.); apesar de na primeira versão da Matriz de Definição BIM PT, produzida no âmbito da presente dissertação, as fases de ciclo de vida do empreendimento assumirem apenas de carácter indicativo da etapa de elaboração do modelo, a caracterização por fases será alvo de estudo em futuras versões, produzidas sob responsabilidade da Subcomissão 4 da CT197.

Com efeito, a concretização da evolução quer das características geométricas quer das exigências de informação passará pelas seguintes componentes:

- Associação, no âmbito de cada especialidade, dos objetivos possíveis de utilização para o modelo em cada uma das fases do ciclo de vida do empreendimento;
- Definição das características geométricas exigidas a cada elemento do modelo em função das diferentes fases do ciclo de vida de empreendimentos, registando a sua evolução;
- Descrição dos requisitos de informação associados a um determinado objetivo e elemento igualmente em função das várias fases do ciclo de vida definidas.

De referir, contudo, que a ferramenta produzida no contexto do presente trabalho, e descrita no capítulo 3, se encontra programada e devidamente preparada para a inclusão desta informação.

4.4. RESULTADOS

4.4.1. ANÁLISE DE DADOS

Terminada a explanação do processo de discussão pública, através da descrição da estrutura seguida e análise à participação por parte dos destinatários, reúnem-se as condições necessárias à reflexão sobre os resultados obtidos. A Figura 23 apresenta os valores globais dos resultados recolhidos ao longo da primeira fase de discussão pública e que servem de base aos documentos propostos para o desenvolvimento da segunda fase.

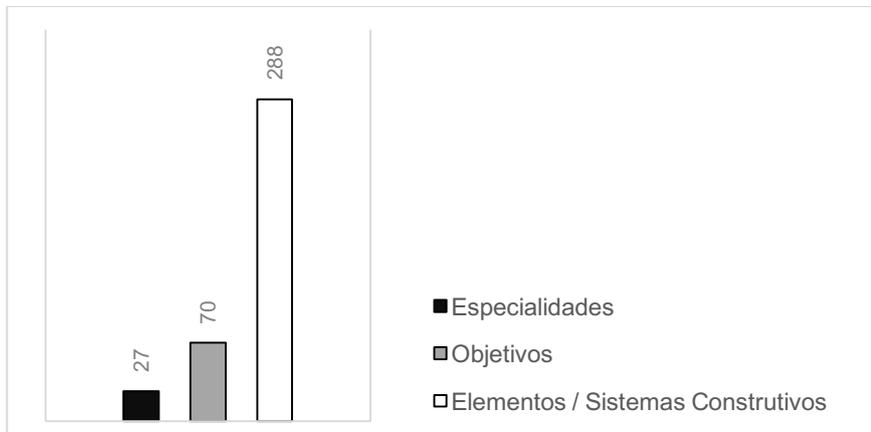


Figura 23 - Resultados da Discussão Pública.

Através da análise da figura pode perceber-se que o número de especialidades relativas a processos de construção com representação na discussão pública produzida, num total de 27, demonstra que foi conseguida a reunião de profissionais das mais diversas vertentes do setor AEC. Além disso, o número de especialidades listadas ultrapassou o número de projetos de especialidade exigidos pela Portaria nº 113/2015 (DR, 2015), relativa à identificação dos elementos instrutórios dos procedimentos previstos no Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, contabilizado em 17. Esta diferença de valores deve-se essencialmente a dois fatores: ao alargamento do âmbito do estudo além dos edifícios procurando a completa abrangência de todo o tipo de infraestruturas; e a extensão do campo de análise a todo o ciclo de vida dos produtos de construção, ultrapassando as fases de projeto através da cobertura das fases de construção, operação e manutenção.

Do mesmo modo pode analisar-se a lista de objetivos para a utilização de modelos BIM recolhida. Totalizando 117, o número de objetivos reduziu-se para 70 quando devidamente agrupados e eliminadas repetições correspondentes a objetivos transversais a todas as especialidades alvo de estudo. Procedendo à comparação à luz dos objetivos propostos no *BIM Project Execution Planning Guide* (CIC, 2011) da *The Pennsylvania State University*, constata-se que o inquérito realizado resultou num aumento em 2,7 vezes relativamente a este estudo, indicador de cobertura alargada das possíveis utilizações de modelos BIM no ciclo de vida dos produtos de construção.

Por fim, a lista de Sistemas e/ou Elementos construtivos sobre os quais é necessário proceder à completa caracterização para efeitos de modelação (Geometria e Informação) acopla um conjunto de 288 componentes, número esse que se considera expressivo para uma primeira edição do processo de discussão pública. Este valor assume relevância quando comparado com as iniciativas internacionais previamente referidas, ultrapassando o número de elementos especificados na *BIMForum LOD Specification 2015* e na *NATSPEC BIM Object/Element Matrix*, respetivamente 145 e 28, sendo apenas suplantado pelo conjunto de elementos definidos no *NBS BIM Toolkit*.

4.4.2. REPRESENTATIVIDADE

Dissecados os princípios e lógica adotados no processo de desenvolvimento colaborativo juntamente com os dados recolhidos, considera-se relevante tecer um conjunto de considerações relativas à análise quantitativa dos resultados obtidos. Com efeito, a Figura 24, traduz os números que resumem a adesão verificada ao longo de todo o processo de desenvolvimento colaborativo.

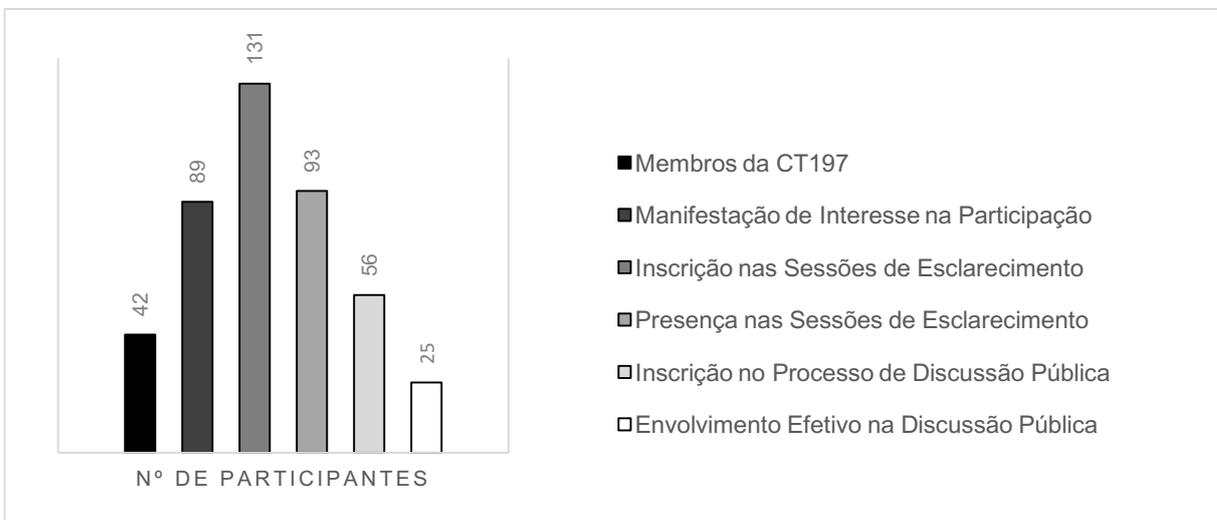


Figura 24 - Adesão dos intervenientes do setor AEC ao desenvolvimento colaborativo.

A figura acima apresenta um gráfico que relaciona o número de membros constituintes da Comissão Técnica 197 com: o número de manifestações de interesse na participação nos trabalhos da Subcomissão 4 aquando da primeira convocatória via correio eletrónico; o número de inscritos nas sessões de esclarecimento após definição das datas e locais das mesmas; o número de participantes nas referidas sessões; o número de inscritos no processo de discussão pública dos documentos; e por fim, o número de elementos com envolvimento efetivo na produção dos mesmos.

Numa análise aprofundada, a figura corrobora os indicadores do atual cenário de preocupação dos intervenientes do setor AEC nacional na modernização da indústria descrito nos capítulos iniciais, bem como a importância que atribuem à metodologia BIM como instrumento de relevo para o aumento de competitividade do setor. Este aspeto denota-se pelo número de pessoas que demonstraram, a título pessoal ou empresarial, interesse em envolver-se no processo de criação de ferramentas de apoio à normalização do BIM, bem como pela elevada adesão às sessões de esclarecimento promovidas.

Interessa ainda referir que a participação nas iniciativas desenvolvidas no âmbito deste trabalho e em estreita colaboração com a SC4, particularmente nas sessões de esclarecimento, ultrapassou em muito o número de membros com representação nas reuniões de Plenário da CT197. Este aspeto fica patenteado pelo rácio de aproximadamente 3,1 entre o número de inscritos nas sessões de esclarecimento e os membros constituintes da comissão.

Apesar dos indicadores positivos acima descritos, importa salientar que nem todos os interessados marcaram presença nas sessões de esclarecimento desenvolvidas, registando-se uma taxa de participação próxima de 71%; sendo que de entre os participantes apenas cerca de 60% acedeu à proposta de seguimento dos trabalhos, através da inscrição no processo de participação pública; reduzindo-se para 27% quando analisado o número de participações efetivas, através do preenchimento e comentário dos documentos disponibilizados.

Um recente estudo, desenvolvido por Maria Venâncio (Venâncio, M., 2015) com intuito de caracterizar o nível de implementação do BIM em Portugal conclui, num universo de 2030 inquiridos e 379 respondentes, que apenas cerca de metade dos intervenientes do setor conhece a metodologia, perfazendo um total de 199 pessoas. Com efeito, o número de pessoas envolvidas no presente trabalho atingiu cerca de 66% do número de respondentes conhecedores do conceito.

Em suma, da análise à participação pública acima descrita, considera-se que os números registados se apresentam satisfatórios para uma primeira etapa do desenvolvimento do documento. Julga-se ainda que a reduzida taxa de elementos que se envolveram de forma efetiva na discussão pública, por comparação aos números registados nas sessões de esclarecimento se prende com a falta de uma primeira versão que ilustre de forma clara e inequívoca o resultado pretendido. Por esta razão, prevê-se que em ocorrências futuras, o número de envolvidos no processo de discussão pública tenderá a sofrer aumentos significativos.

4.4.3. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

No seguimento da discussão efetuada em 2.5.; a iniciativa de normalização BIM na qual se enquadra o trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação (leia-se a Comissão Técnica 197) pode, do ponto de vista da dinâmica escolhida, ser considerada uma iniciativa *Middle-Out*, na qual um conjunto de associações profissionais, instituições de ensino superior e empresas reúnem esforços com vista ao desenvolvimento de mecanismos que facilitem a implementação do BIM a nível nacional e que possam futuramente constituir standards de regulação da metodologia. Com efeito, a abordagem classifica-se, numa primeira fase como horizontal envolvendo a participação de entidades semelhantes, para posteriormente proceder a uma abordagem vertical tendo como destinatário as entidades governamentais reguladoras do setor AEC.

Em suma, complementando o cenário descrito em 4.4.1. com a metodologia de implementação escolhida, percebe-se que uma abordagem *Top-Down* através de políticas de obrigatoriedade de utilização produziria efeitos mais imediatos na implementação do BIM na indústria nacional. No entanto considera-se igualmente que a produção destes mecanismos em colaboração com os agentes do setor,

destinatários finais dos mesmos, materializa a garantia de coerência perante os costumes e prática correntes da indústria.

4.4.4. REFLEXÃO CRÍTICA

Terminado o processo de inquérito a profissionais da indústria através do desenvolvimento da discussão pública revela-se essencial proceder a uma análise alargada, estendendo o estudo além da qualidade dos resultados obtidos, elevando o debate ao nível conceptual.

Com efeito, a opção pelo desenvolvimento da Matriz em regime de desenvolvimento colaborativo absorvendo os contributos dos profissionais afetos ao setor AEC nacional, devidamente justificada em capítulos prévios, revelou-se um processo com algumas limitações.

A adoção de uma abordagem dos tipos *Bottom-Up* ou *Middle-Out* tinha por principal objetivo o alcance da completa conformidade com os costumes e necessidades estratégicas da indústria, através da conjugação dos contributos daqueles que seriam os principais beneficiários dos resultados produzidos; ao mesmo tempo que comunga dos benefícios da integração numa iniciativa de coordenação nacional, por uma entidade independente como a CT197, que garante a completa canalização dos esforços aplicados.

No entanto, através do estudo realizado foi notória a presença de problemas de cooperação entre os diversos agentes do setor, na medida em que apesar do reconhecimento da importância deste tipo de iniciativas e da demonstração de interesse de participação nos processos colaborativos, estes revelam-se, em muitos casos, insuficientes no combate à inércia da indústria, traduzindo-se em taxas de participação ativa diminutas.

Os problemas de colaboração descritos prendem-se com duas causas principais: o tempo despendido e a relação entre o número de intervenientes na produção relativamente aos beneficiários. Deste modo, a intervenção ativa num processo colaborativo implica a disponibilização de recursos, designadamente de tempo, dos quais nem todos os envolvidos estão dispostos a prescindir e que em situações normais seriam alocados a outras atividades, geralmente com retorno prático ou até financeiro superior, pelo menos no que respeita ao curto-prazo. Outro aspeto relevante prende-se com o facto de os recursos empregues na produção de mecanismos favorecerem a globalidade da indústria, quer os intervenientes no processo produtivo quer os restantes.

Em suma, atentando as considerações expostas pode perceber-se que o principal obstáculo à adoção de metodologias do tipo *Bottom-Up* ou *Middle-Out* se prende com os problemas de cooperação intrínsecos ao setor AEC, indo de encontro à conclusão do relatório da McGraw Hill (McGraw Hill C., 2014) de que as iniciativas do tipo *Top-Down* se traduzem em implementações mais céleres e efusivas.

5

Conclusão

5.1. RESULTADOS DO TRABALHO

O desenvolvimento do presente trabalho permitiu constatar a frequente caracterização, por diversos autores, do setor AEC como sendo ineficiente no que se relaciona com a gestão da informação, ineficiência esta que provoca frequentemente a repetição de tarefas, prolongamentos de prazos e acima de tudo prejuízos económicos.

Em consequência, foi notório o reconhecimento crescente, pelos responsáveis da Indústria da Construção, do papel preponderante que o BIM, fruto das suas características, pode desempenhar na modernização do setor; este aspeto comprova-se pelo empenho na criação de iniciativas de fomento à sua implementação e utilização.

No entanto, em virtude dos incrementos de utilização, a necessidade de garantia da completa interoperabilidade nos processos de modelação e gestão da informação assume cada vez maior preponderância no sucesso dos mesmos. Com efeito, a elevação do BIM a um nível superior passa impreterivelmente pela criação de padrões que garantam a completa congruência e uniformização dos diferentes componentes do modelo.

Em sequência, o estudo efetuado ao longo do desenvolvimento desta dissertação procurou materializar um contributo sólido no estabelecimento de princípios padrão de regulação da metodologia BIM, com vista a facilitar a interoperabilidade; tendo por principal foco dotar os agentes do setor AEC de mecanismos que permitam a inequívoca descrição das suas pretensões no que a respeita à utilização de modelos BIM.

O produto final deste trabalho, a Matriz de Definição BIM PT, foi criado com recurso ao desenvolvimento colaborativo através de discussão pública na procura de assegurar coerência com os interesses da indústria nacional; com base na premissa de que a implementação do BIM conduzirá a aumentos de produtividade e sustentabilidade do setor.

Para alocar a informação recolhida foi desenvolvida, de raiz, uma interface que alberga um conjunto de rotinas que, através dos requisitos estabelecidos pelo utilizador, coleciona as especificidades exigidas ao modelo BIM. Constatou-se que a mesma promove as vantagens e colmata as desvantagens identificadas em documentos internacionais de cariz semelhante.

Assim, a Matriz de Definição BIM PT estabelece um instrumento que permite:

- Descrição transparente dos conteúdos a incluir no modelo, associada à definição dos seus níveis de desenvolvimento;
- Garantia de fiabilidade a jusante, perante a informação produzida a montante;
- Utilização simples e célere, sem que seja fundamental a compreensão aprofundada, por parte do utilizador, dos conhecimentos técnicos afetos a todas as áreas envolvidas nos processos de construção e operação;
- Racionalização dos processos de modelação, através da especificação de necessidades em função dos objetivos definidos para o modelo.

Todo o processo desenvolvido com vista à produção do presente trabalho, foi efetuado tendo na sua génese bases que permitem a sua continuação, com a vista à maturação do mesmo, particularmente através da realização de novas iterações no processo de discussão pública junto dos profissionais do setor.

Em síntese, o trabalho que agora se apresenta permitiu retirar as seguintes conclusões:

- O *Building Information Modelling*, fruto das suas potencialidades como ferramenta comunicativa e interoperável, afigura-se como principal meio para a modernização do setor com vista a aumentos de produtividade e sustentabilidade do mesmo.
- As medidas de fomento à utilização de tecnologias BIM, designadamente a nível governamental (iniciativas *Top-Down*), assumem-se cruciais na agilização da evolução da sua implementação e consequente desenvolvimento.
- A normalização, através da uniformização de processos, assume protagonismo na elevação do nível de maturidade da tecnologia BIM.
- A criação de instrumentos padronizados que permitam a caracterização das exigências pretendidas para o modelo, possibilita não só a clarificação das necessidades do requerente como igualmente o seu emprego na referenciação e proteção legal. Estes documentos apresentam-se essenciais à garantia da completa integração de todos os agentes envolvidos em processos de construção e operação de empreendimentos, de modo a que a introdução de uma nova tecnologia não culmine na marginalização dos mesmos, tal como enunciado na diretiva 2014/24/EU relativa aos Contratos Públicos (PE, 2014).
- O sucesso de iniciativas no âmbito da normalização encontra-se subordinado ao nível de aceitação por parte da comunidade técnica envolvida, consequência da congruência com os costumes correntes e estratégias definidas para o setor. Com efeito, a adoção de processos de desenvolvimento que englobam contributos dos diversos agentes de construção, apresenta-se favorável a este tipo de iniciativas.
- Os agentes do setor AEC nacional apresentam abertura perante a ideia de que o BIM dispõe das características necessárias para o aumento de eficiência do setor. Como tal, manifestam vontade de participação na produção de documentos que regulamentem a sua utilização.
- Por oposição aos dois pontos anteriores, o principal entrave ao desenvolvimento de iniciativas de carácter colaborativo, do tipo *Bottom-Up* ou *Middle-Out* prende-se com os problemas de cooperação inerentes ao setor AEC que se traduzem em taxas de participação efetiva reduzidas.
- Contudo, o número de participantes ativos no desenvolvimento de processos colaborativos tende a aumentar proporcionalmente ao nível de compreensão dos objetivos pretendidos. Como tal, espera-se que a adesão dos agentes envolvidos sofrerá um previsível aumento aquando da publicação da primeira versão da Matriz de Definição BIM PT.

- Apesar da ambição, por parte da buildingSMART, em tornar o IFC um formato completo e abrangente de todo o ciclo de vida dos empreendimentos, as variáveis definidas são até ao momento insuficientes para o alojamento de todas as propriedades necessárias aos elementos construtivos.

5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Em primeiro lugar, importa encarar o produto final da presente dissertação como uma primeira versão de uma ferramenta com elevado potencial de desenvolvimento que lhe permitirá elevar o seu nível de maturidade. Como tal, é possível vislumbrar uma série de campos de investigação com possibilidade de desenvolvimento futuro, desde logo:

- Assegurar a dinamização de novas iterações da discussão pública incluída no processo de desenvolvimento colaborativo. A continuidade deste processo permitirá beneficiar da crítica efetuada aos documentos resultantes da fase precedente, bem como o contributo de outras áreas de especialidade com vista à completa cobertura de todos os processos de construção e operação de empreendimentos.
- Procurar introduzir, logo que possível, a definição da evolução das exigências segundo as fases de ciclo de vida de empreendimentos proposta neste trabalho (ver 4.3.5.), quer ao nível de geometria quer ao nível de informação. Este aspeto apresentar-se à fundamental na crescente maturação da informação ao longo do ciclo de vida do empreendimento.
- Acompanhar os trabalhos da Subcomissão 2 para as Trocas e Requisitos de Informação da CT 197, nomeadamente no que concerne à análise de sistemas de classificação a fim de perceber a viabilidade da adoção do Pronic como sistema de classificação estruturador em futuras edições.
- Seguir a evolução de standards internacionais em torno da normalização de objetos com vista ao estabelecimento de analogias, contribuindo para a internacionalização desta ferramenta. Com efeito, considera-se essencial o acompanhamento dos trabalhos efetuados no seio da CEN/TC 442, a fim de garantir a coerência com iniciativas europeias semelhantes e a contribuição para criação de um possível standard europeu.
- Conceber uma proposta estruturada, a enviar à buildingSMART, contendo as propriedades propostas no âmbito do desenvolvimento colaborativo desta ferramenta cuja correspondência perante as variáveis IFC existentes não é garantida.
- Analisar a possibilidade de desenvolvimento de extensões para os softwares de modelação que permitam ao utilizador o acesso em tempo real, às exigências especificadas através da Matriz de Definição BIM PT, para o elemento que se encontra a modelar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Architects, American Institute of - E203-2013 Building Information Modeling and Digital Exhibit. American Institute of Architects, 2013a. Disponível em WWW: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099084.pdf>>.
- Architects, American Institute of - G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form. American Institute of Architects, 2013b. Disponível em WWW: <<http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aiab099086.pdf>>.
- Architects, American Institute of - E-Series: Exhibits. American Institute of Architects, 2016. Disponível em WWW: <<http://aia.org/contractdocs/AIAS076751>>.
- Baldwin, Mark; Sharif, Tahir - BIM Implementation and Execution Plans 2015. Disponível em WWW: <<https://thebimhub.com/2015/08/04/bim-implementation-and-execution-plans/#.VufZhJyLTIV>>.
- Bilal, Succar - Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. Hershey, PA, USA: IGI Global, 2010. Disponível em WWW: <<http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-60566-928-1.ch004>>.Cap. - Building Information Modelling Maturity Matrix. 9781605669281
- BIMForum - Level of Development Specification 2015. BIMForum, 2015a. Disponível em WWW: <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2015/11/Files-1.zip>>.
- BIMForum - LOD - Mentions of the LOD Specification. BIMForum, 2015b. Disponível em WWW: <<https://bimforum.org/lof/>>.
- BIMForum - Mission. BIMForum, 2016. Disponível em WWW: <<http://bimforum.org/about/>>.
- Buildings, Designing - BIM execution plan BEP. Designing Buildings WIKI: Designing Buildings, 2016a. Disponível em WWW: <http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_execution_plan_BEP>.
- Buildings, Designing - PAS 1192-2. Designing Buildings WIKI: Designing Buildings, 2016b. Disponível em WWW: <http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/PAS_1192-2>.
- buildingSMART - Industry Foundation Classes, Version 4 - Addendum 1. buildingSMART, 2015. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add1/html/>>.
- buildingSMART - History. About buildingSMART: buildingSMART, 2016a. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/>>.
- buildingSMART - IFC4 Design Transfer View. MVD Releases: buildingSMART, 2016b. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition/ifc4-design-transfer-view/ifc4-design-transfer-view>>.
- buildingSMART - IFC4 Reference View. MVD Releases: buildingSMART, 2016c. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition/ifc4-reference-view/ifc4-reference-view>>.
- buildingSMART - IFC Overview Summary. Specifications: buildingSMART, 2016d. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>>.
- buildingSMART - Model View Definition Summary. Specifications: buildingSMART, 2016e. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-view-definition>>.

- buildingSMART - MVD Overview Summary. Specifications: buildingSMART, 2016f. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/mvd-overview>>.
- buildingSMART - What's New? About: buildingSMART, 2016g. Disponível em WWW: <<http://www.buildingsmart.org/about/whats-new/>>.
- C., McGraw Hill - The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets. McGraw Hill Construction, 2014.
- Chapman, Ian - An Introduction to Uniclass 2 2013. Disponível em WWW: <<https://www.thenbs.com/knowledge/an-introduction-to-uniclass-2>>.
- Chapman, Ian - Uniclass 2: A brief introduction 2015. Disponível em WWW: <https://thebimhub.com/2015/02/28/uniclass-2-a-brief-introduction/#.Vt_wCJyLTIV>.
- CIC - BIM Project Execution Planning Guide. Version 2.1. Pennsylvania: The Pennsylvania State University, 2011.
- Committee, Construction Project Information - About Us. Construction Project Information Committee, 2016. Disponível em WWW: <<http://www.cpic.org.uk/>>.
- Costa, António Aguiar - PTPC na CT 197: A indústria do lado da Normalização BIM 2015. Disponível em WWW: <<http://www.ptpc.pt/index.php/pt/400-ptpc-na-ct-197-a-industria-do-lado-da-normalizacao-bim>>.
- Costa, António Aguiar; Santos, Rúben - CT 197 - Building Information Modelling. Porto: BIM International Conference 2015, 2015.
- Delany, Sarah - CPIC and Uniclass - who, what and why? 2008. Disponível em WWW: <<https://www.thenbs.com/knowledge/cpic-and-uniclass-who-what-and-why#table>>.
- Delany, Sarah - Classification 2015. Disponível em WWW: <<https://toolkit.thenbs.com/articles/classification>>.
- Eastman, C. M. - Building product modles: computer supporting design and construction. USA: CRC Press LLC, 1999. 0-8493-0259-5
- Eastman, Chuck; Teicholz, Paul; Sacks, Rafael; Liston, Kathleen - BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley Publishing, 2008. 0470185287, 9780470185285
- Europeia, Comissão - Communication from the Commission to the European Parliament ante the Council: Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises. Brussels: 2012.
- Europeu, Parlamento - Directiva 2014/24/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de Fevereiro de 2014 relativa aos contratos públicos e que revoga a Directiva 2004/18/CE. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2014. Disponível em WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0024&from=PT>>. 1977-0774
- Gelder, J. E. - Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations. Southampton: WIT Press, 2015. Disponível em WWW: <<http://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/BIM15/BIM15039FU1.pdf>>.Cap. - The Design and Development of a Classification System for BIM. 978-1-84564-914-2

- Gelder, John - OmniClass: a critique. RIBA Enterprises, 2013. Disponível em WWW:
<<https://www.thenbs.com/knowledge/omniclass-a-critique>>.
- Geroski, P. A. - Models of technology diffusion. *Research Policy*. Vol. 29. n.º 4–5 (2000). p. 603-625. Disponível em WWW:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004873339900092X>>. 0048-7333
- Gielingh, Wim - General AEC Reference Model (GARM). Proceedings CIB Conference on The Conceptual Modeling of Buildings: Lund Sweden, 1988.
- Government, HM - Building Information Modeling Industrial Strategy - Government and Industry in Partnership. London: The National Archives, 2012. Disponível em WWW:
<https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf>.
- Government, HM - Construction 2025 - Industrial Strategy: government and Industry in partnership. London: The National Archives, 2013. Disponível em WWW:
<https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/210099/bis-13-955-construction-2025-industrial-strategy.pdf>.
- Graham, L. - Finland, Norway, Singapore, USA Lead Progress in Construction. BIMsight, Insight Building Information Modeling: 2011.
- Graphisoft - Model View Definitions. Help Center: Graphisoft, 2016. Disponível em WWW:
<<http://helpcenter.graphisoft.com/guides/archicad-18-int-reference-guide/interoperability/file-handling-and-exchange/working-with-ifc/model-view-definitions/>>.
- Grilo, António; Jardim-Goncalves, Ricardo - Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*. Vol. 19. n.º 5 (2010). p. 522-530. Disponível em WWW:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580509001733>>. 0926-5805
- Institution, British Standard - PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. London: British Standard Institution, 2013.
- IPQ - CT 197 - Building Information Modelling (BIM). www.ipq.pt: Instituto Português da Qualidade, 2015. Disponível em WWW:
<<http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/ComissoesTecnicas/Pages/CT/CT197.aspx>>.
- Kassem, M.; Succar, B.; Dawood, N. N. - A Proposed Approach To Comparing the BIM Maturity of Countries. 2013. Consult. em 09/06/2016. Disponível em WWW:
<<http://hdl.handle.net/10149/323596>>. 9787302339946
- Kell, Alistair; Mordue, Stefan - Levels of Definitions 2015. Disponível em WWW:
<<https://toolkit.thenbs.com/articles/levels-of-definition>>.
- Lee, Ghang; Sacks, Rafael; Eastman, Charles M. - Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*. Vol. 15. n.º 6 (2006). p. 758-776. Disponível em WWW:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580505001445>>. 0926-5805
- Martins, João P. - Modelação do Fluxo de Informação no Processo de Construção - Aplicação ao Licenciamento Automático de Projectos. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

- McArthur, Jenn - Best practices for BIM Execution Plan development for a Public-Private Partnership Design-Build-Finance-Operate-Maintain Project. Bristol, UK: Research Gate, 2015. Disponível em WWW: https://www.researchgate.net/publication/282290677_Best_practices_for_BIM_Execution_Plan_development_for_a_Public-Private_Partnership_Design-Build-Finance-Operate-Maintain_Project.
- Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações - Portaria nº 701-H/2008. Lisboa: Diário da República, 2008.
- Monteiro, André; Martins, João P. - Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. Covilhã, Portugal: 2011. Disponível em WWW: <http://hdl.handle.net/10216/69849>.
- NATSPEC - BIM Object/Element Matrix. NATSPEC, 2011a. Disponível em WWW: http://bim.natspec.org/images/NATSPEC_Documents/NATSPEC_BIM_Object-Element_Matrix_v1.0_Sep_2011.xls.
- NATSPEC - NATSPEC National BIM Guide. Australia: Construction Information Systems Limited, 2011b.
- NATSPEC - About. NATSPEC, 2013a. Disponível em WWW: <http://bim.natspec.org/index.php/home/about>.
- NATSPEC - National BIM Guide. NATSPEC, 2013b. Disponível em WWW: <http://bim.natspec.org/index.php/natspec-bim-documents/national-bim-guide>.
- NATSPEC - About NATSPEC. NATSPEC, 2016. Disponível em WWW: <http://www.natspec.com.au/index.php/about-us/about-natspec1>.
- Neuman, Lawrence W. - Social Research Methods: Qualitative and Quantitative Approaches. Seventh Edition. USA: Pearson Education Limited, 2014. Disponível em WWW: https://www.academia.edu/19603275/W._Lawrence_Neuman-Social_Research_Methods_Qualitative_and_Quantitative_Approaches-Pearson_Education_Limited_2013_.
- NIBS - United States National Building Information Modeling Standard. National Institute of Building Sciences, 2007. Disponível em WWW: http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSv1_p1.pdf.
- Oh, Minho; Lee, Jaewook; Hong, Seung Wan; Jeong, Yongwook - Integrated system for BIM-based collaborative design. *Automation in Construction*. Vol. 58. (2015). p. 196-206. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001582>. 0926-5805
- PADSUN - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia. Brasília: Projeto de Apoio aos Diálogos Setoriais União Europeia-Brasil, 2015. Disponível em WWW: <http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>.
- Presidência do Conselho de Ministros e Ministérios da Economia e do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia - Portaria n.º 113/2015. Lisboa: Diário da República, 2015.
- Renehan, Bryan - A Review - BIMForum LOD Specification-2015. 2015. Disponível em WWW: <http://bimfix.blogspot.pt/2015/08/a-review-bimforum-lod-specification-2015.html>.
- Secretariat, OCCS Development Committee - OmniClass. Construction Specifications Institute, 2016. Disponível em WWW: <http://www.omniclass.org/index.asp>.
- Secretariat, Omniclass - OmniClass - Introduction and User's Guide. USA: Construction Specifications Institute, 2006.

- Secretariat, Omniclass - Table 21 - Elements. USA: Construction Specifications Institute, 2012.
- Smith, Peter - BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*. Vol. 85. (2014). p. 482-492. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814019419>. 1877-7058
- Solibri - About BIM and IFC. Support: Nemetschek, 2016. Disponível em WWW: <http://www.solibri.com/support/bim-ifc/>.
- Specification, National Building - NBS BIM Object Standard. RIBA Enterprises, 2014. Disponível em WWW: <http://www.nationalbimlibrary.com/nbs-bim-object-standard>. 1.2/1114
- Specification, National Building - Uniclass 2015 - a universal classification system for the construction industry. NBS News: RIBA Enterprises, 2015. Disponível em WWW: <https://www.thenbs.com/about-nbs/news/uniclass-2015-a-universal-classification-system-for-the-construction-industry>.
- Specification, National Building - Introducing NBS. RIBA Enterprises, 2016a. Disponível em WWW: <https://www.thenbs.com/about-nbs/introducing-nbs>.
- Specification, National Building - NBS BIM Toolkit. RIBA Enterprises, 2016b. Disponível em WWW: <https://toolkit.thenbs.com/>.
- Standardization, International Organization for - ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Geneva: International Organization for Standardization, 2013. Disponível em WWW: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622.
- Standardization, International Organization for - ISO 12006-2:2015 Building Construction - Organization of Information about Construction Works. Geneva: International Organization for Standardization, 2015. Disponível em WWW: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=61753.
- Standardization, International Organization for - About Us. Geneva: International Organization for Standardization, 2016. Disponível em WWW: <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>.
- Stasiak-Betlejewska, Renata; Potkány, Marek - Construction Costs Analysis and its Importance to the Economy. *Procedia Economics and Finance*. Vol. 34. (2015). p. 35-42. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115015981>. 2212-5671
- Succar, Bilal; Kassem, Mohamad - Macro-BIM adoption: Conceptual structures. *Automation in Construction*. Vol. 57. (2015). p. 64-79. Disponível em WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001028>. 0926-5805
- TC442 - Business Plan. CEN, 2015. Disponível em WWW: <http://standards.cen.eu/BP/1991542.pdf>.
- Venâncio, Maria - Avaliação da Implementação de BIM - Building Information Modeling em Portugal. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2015. Disponível em WWW: https://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/images/Dissertacao_VersaoFinal.pdf.
- Venceslau, Maria João - BIM - Building Information Modeling: Normalização no Sector da Construção e a Era da Digitalização. *Construção Magazine*. Vol. 69. (2015). p. 26-29. 1645-1767

Wong, AKD; Wong, FRANCIS KW; Nadeem, A - Comparative roles of major stakeholders for the implementation of BIM in various countries. *Hong Kong Polytechnic University*. Vol. 134. (2009). Disponível em WWW:
<[https://www.academia.edu/671734/Comparative Roles of Major Stakeholders for the Implementation of BIM in Various Countries](https://www.academia.edu/671734/Comparative_Roles_of_Major_Stakeholders_for_the_Implementation_of_BIM_in_Various_Countries)>.

Yalcinkaya, Mehmet; Singh, Vishal - Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: A Latent Semantic Analysis. *Automation in Construction*. Vol. 59. (2015). p. 68-80. Disponível em WWW:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580515001557>>. 0926-5805

A

Anexos

A1. SESSÃO DE ESCLARECIMENTO: APRESENTAÇÃO DO PROJETO

- LISBOA, 4 DE MAIO DE 2016; PEQUENO AUDITÓRIO DO LNEC
- PORTO, 5 DE MAIO DE 2016; AUDITÓRIO DA FUNDAÇÃO MANUEL ANTÓNIO MOTA

A

Anexos

A2. DISCUSSÃO PÚBLICA - FASE 01 | RESULTADOS

- LISTA DE ESPECIALIDADES
- LISTA DE OBJETIVOS POR ESPECIALIDADE
- LISTA DE ELEMENTOS/SISTEMAS CONSTRUTIVOS POR ESPECIALIDADE
- LISTA DE OBJETIVOS (AGRUPADOS)

A

Anexos

A3. DISCUSSÃO PÚBLICA - FASE 02 | RESULTADOS

- CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA POR OBJETIVO
- CARACTERIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO POR OBJETIVO

