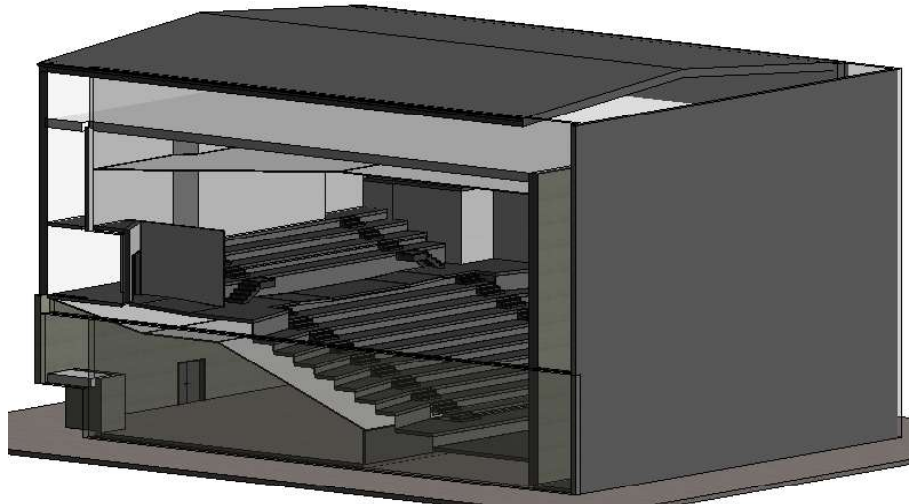




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil



Requisitos para Níveis de Desenvolvimento em modelos BIM

LORENA LUEDY REIS
(Bacharel em Engenharia Civil)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Civil na Área de Especialização de Edificações

Orientador (es):

Especialista João António Antunes Hormigo, ISEL
Doutora Paula Margarida Carvalho Marques Couto, LNEC
Doutora Maria João Serpa da Lança Falcão Silva, LNEC

Júri:

Presidente: Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto de Almeida Vasques
Vogais:
Doutor Paulo Jorge Henriques Mendes
Especialista João António Antunes Hormigo

Setembro de 2019

Requisitos para Níveis de Desenvolvimento em modelos BIM

Resumo

O *Building Information Modelling* (BIM) surge como um vetor de inovação na construção promovendo uma revolução operada ao nível da Engenharia Civil moderna, que deverá conseguir adaptar-se de forma rápida e eficiente a esta nova metodologia de trabalho.

Uma das adaptações da maior relevância na mudança operada pela implementação do BIM é a definição dos requisitos de informação nos modelos para cada fase do projeto. Atualmente, orçamentar através de plantas desenhadas deixa de fazer sentido, sendo necessária a definição do grau de detalhe e da quantidade de informação que cada elemento vai exigir, para que determinada tarefa seja adequadamente executada tendo por base o modelo BIM.

Este trabalho pretende enquadrar o estado da arte da metodologia BIM, as suas potencialidades e aprofundar o conceito dos Requisitos de Informação para modelos BIM. Normas e guias de relevância internacional são analisados e comparados em relação a esta temática. Além disto, é estabelecido um paralelo entre as fases de projeto em Portugal e no Brasil para que os resultados do trabalho de investigação desenvolvido sejam aplicáveis aos dois países.

A partir das análises efetuadas, é proposta uma estrutura generalista com indicação de quais os requisitos de informação necessários em modelos BIM para as diferentes fases de projeto e pós-obra. Todos os guias de referência, parâmetros e métodos utilizados para definir estes requisitos são explicitados para orientar a aplicabilidade futura do trabalho a distintas realidades de empreendimentos e áreas.

Esta estrutura é aplicada e validada através de um Caso de Estudo no qual é efetuada, para as diferentes fases de projeto, a modelação de um espaço de lazer (sala de cinema IMAX) numa grande superfície comercial localizada em Lisboa. Os resultados do Caso de Estudo são apresentados através das metodologias de modelação aplicadas, das funcionalidades dos *softwares* utilizadas e da identificação das vantagens da modelação em BIM em relação ao processo tradicional.

Palavras-chave: *Building Information Modelling* (BIM), Nível de Desenvolvimento (LOD), Nível de Informação Necessário, Requisitos de informação, Modelos 3D.

Level of Development's Requirements to BIM models

Abstract

Building Information Modelling (BIM) stands out as an innovation vector in construction encouraging a revolution in modern Civil Engineering, that needs to adapt itself quickly and efficiently to this new work methodology.

One of the biggest challenges of BIM implementation is the definition of model's information requirements to each phase of the project. Nowadays, develop a budget based on plants designed does not make sense anymore, therefore it is necessary to align the requirements for the amount of information and detail to be included in the BIM models to have all the tasks done properly.

Given the above, the work under development aims to present the state-of-the-art about BIM methodology, its potential and deepen the concept of Information Requirements for BIM models. The analyzes and comparison of several global standards and guides of this theme is developed. Furthermore, a parallel of the project phases in Brazil and Portugal is established to the results of this work become applicable to the both countries.

From these analyzes, a general structure of the information requirements for BIM models are essential for each project and post-construction phase. All relevant guides, parameters and methods used to define the requirements are presented to orientate the future applicability of this project to different reality of business and areas.

This structure is applied and validated through a Case Study in which is modeled, for different project phases, a leisure space (cinema room IMAX) in a large commercial area located in Lisbon. The Case Study's results are presented by the model methodologies applied, by the software's' functionalities used and by the identification of the BIM modelling advantages comparing to the traditional process.

Key words: Building Information Modelling (BIM), Level of Development (LOD), Level Information Need, Information Requirements, 3D models.

Agradecimentos

Embora o presente Trabalho Final de Mestrado seja um trabalho individual, muitas pessoas contribuíram para que se tornasse realidade. Essa é uma etapa fundamental da minha formação académica, profissional e pessoal, e, portanto, pretendo agradecer a todos que me apoiaram nesse processo.

Agradeço especialmente às orientadoras Eng.^a Paula Couto e Eng.^a Maria João Falcão Silva por toda a atenção, apoio e disponibilidade no acompanhamento de alta qualidade neste trabalho. Agradeço, adicionalmente, pela paciência na tradução constante do Português do Brasil para o Português de Portugal. Em extensão, não posso deixar de agradecer ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) por todo o apoio e espaço disponibilizado para as inúmeras horas de estudo e escrita.

Ao orientador Eng.^o João Hormigo, gostaria de agradecer por ter confiado em mim e por ter me ajudado a compreender os melhores caminhos para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Paulo Mendes, agradeço todo o apoio, ajuda e conselhos dados em todo o período do mestrado. Ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), agradeço a oportunidade de realizar o mestrado e todo o conhecimento partilhado.

Agradecimento especial à Sonae SIERRA, na pessoa do Eng.^o Bruno Pacheco, que disponibilizou os seus projetos, informações e o seu tempo para acompanhamento de visitas ao local que se veio a concretizar como Caso de Estudo.

Aos meus pais, Almerinda Luedy Reis e Eivaldo Barreto dos Reis, agradeço por terem-me proporcionado as melhores condições para que chegasse aqui, motivando, dando suporte e me aconselhando em todos os momentos. Estendo esse agradecimento aos familiares, namorado, amigos e colegas que compreenderam e apoiaram essa etapa da minha vida.

Índice

1. Introdução	5
1.1. Enquadramento	5
1.2. Objetivos	6
1.3. Metodologia	7
1.4. Estrutura e Organização	9
2. Metodologia BIM	10
2.1. Considerações iniciais	10
2.2. Conceito e potencialidades	10
2.3. Histórico e situação atual em Portugal e no Brasil	15
2.4. Usos do Modelo BIM	18
2.5. Nível de Desenvolvimento	21
2.5.1. Importância e aplicabilidade	22
2.5.2. Nível de detalhe e de informação	23
2.6. Considerações finais	23
3. Requisitos de informação da metodologia BIM	25
3.1. Considerações iniciais	25
3.2. Cenário normativo no mundo	25
3.2.1. ISO 12006-2:2015	26
3.2.2. ISO 19650-1:2018	27
3.2.3. ISO 19650-2:2018	29
3.2.4. BS 1192-4:2014	30

3.3. Guias de referência no mundo	31
3.3.1. BIM FORUM 2018	32
3.3.2. Caderno BIM de Santa Catarina	34
3.4. Análise comparativa dos requisitos	38
3.5. Níveis de Desenvolvimento versus Fase de Projeto	39
3.6. Considerações finais	43
4. Estrutura generalista de informações para cada fase de projeto em modelos BIM	44
4.1. Considerações iniciais	44
4.2. Relato de experiência	44
4.3. Definição das fases de projeto	45
4.4. Definição das Especialidades e suas categorias principais	47
4.5. Definição da lista de requisitos de informação	51
4.6. Proposta de Estrutura generalista de Requisitos de Informação para cada fase de projeto em modelos BIM	55
4.7. Considerações finais	64
5. Caso de Estudo	66
5.1. Considerações iniciais	66
5.2. Objeto de estudo	66
5.3. Metodologia aplicada	68
5.4. Estudo Prévio	73
5.5. Projeto de Execução	77
5.6. Modelo de Exploração	88

5.7. Análise de resultados	91
5.8. Considerações finais	92
6. Conclusões e desenvolvimentos futuros	94
6.1. Conclusões	94
6.2. Desenvolvimentos futuros	96
Referências Bibliográficas	97
ANEXO A	101

Lista de Figuras

Figura 1: Impacto, maior que 25%, do BIM em Projetos Complexos de obras de infraestrutura e empreendimentos identificado junto de proprietários, arquitetos, engenheiros e contratantes dos Estados Unidos (Dodge Data & Analytics, 2015).	12
Figura 2: Impacto, maior que 5%, do BIM em Projetos Complexos de obras de infraestrutura e empreendimentos identificado junto de proprietários, arquitetos, engenheiros e contratantes dos Estados Unidos (Dodge Data & Analytics, 2015).	13
Figura 3: Esforço-Efeito nas fases de Desenvolvimento do Projeto (CBIC – Parte 1, 2016).	14
Figura 4: Fase do empreendimento em que as empresas usam o BIM (Adaptado de IBRE FGV, 2018 [2]).	17
Figura 5: Impacto da adoção do BIM no PIB da Construção Civil em milhões de BRL (Adaptado de BR BIM, 2018; Trading Economics, 2019).	18
Figura 6: Utilização das Dimensões BIM (Adaptado de Charef, R. et al., 2018).	19
Figura 7: Conceito das Dimensões BIM (Adaptado de Cadbimoz, 2018; Charef, R. et al., 2018; Kamardeen, I., 2010).	20
Figura 8: Classificação de elementos construtivos pela função (ISO 12006-2, 2015).	26
Figura 9: Classificação das propriedades construtivas pelo tipo de propriedade física (ISO 12006-2, 2015).	27
Figura 10: Hierarquia dos requisitos de informação, adaptado de (ISO 19650-1, 2018).	28
Figura 11: Etapas do ciclo de entrega da informação num ambiente digital partilhado, adaptado de ISO 19650-1, 2018.	29
Figura 12: Níveis de Desenvolvimento de uma parede interior de <i>drywall</i> , adaptado de (BIM Forum, 2018).	33
Figura 13: Componentes de cada fase de projeto (adaptado de Portaria n.º 701-H/2008, 2008).	41
Figura 14: Especialidades presentes na interface do Revit.	48
Figura 15: Parâmetros para personalização dos requisitos de informação para cada modelo BIM (ISO 19650-1, 2018; ISO 19650-2, 2018).	64
Figura 16: Localização do caso estudo (acedido no <i>Google Maps</i> em 02/04/2019).	67
Figura 17: Detalhe da localização do caso estudo (acedido no <i>Google Maps</i> em 02/04/2019).	67
Figura 18: Dimensões e localização da parede no Estudo Prévio (Caso de Estudo).	74
Figura 19: Definição do material unificado do Estudo Prévio (Caso de Estudo).	74
Figura 20: Etapas de realização da modelação do Estudo Prévio.	75
Figura 21: Modelação do Estudo Prévio - Vista exterior.	76
Figura 22: Modelação do Estudo Prévio - Vista interior.	76
Figura 23: Detalhe em planta baixa e corte de incoerência na escada.	77
Figura 24: Pormenorização inicial da parede no <i>Revit</i>	78
Figura 25: Informações da parede no <i>Revit</i>	79

Figura 26: Recorte do detalhe da parede em ficheiro anexo.	79
Figura 27: Planta de identificação das paredes.	80
Figura 28: Vedação da arquibancada.	80
Figura 29: Limitação de apenas um material de composição da rampa do <i>software</i> Revit.	81
Figura 30: Etapas para a realização da modelação do Projeto de Execução de Arquitetura e Condicionamento Acústico.	81
Figura 31: Projeto de Execução de Arquitetura e Condicionamento Acústico.	82
Figura 32: Projeto de Execução de Estruturas, disponibilizado em formato IFC.	82
Figura 33: Propriedades de um pilar contidas na <i>Tags</i> de dados do utilizador nomeada Elemento (<i>Element</i>).	83
Figura 34: Localização cartesiana do centro dos elementos.	84
Figura 35: Metodologia de realização da modelação do Projeto de Estruturas.	85
Figura 36: Localização cartesiana do centro dos elementos.	85
Figura 37: Detalhe dos ralos e tubagem de drenagem.	86
Figura 38: Ferramenta de Solução automática de roteiros apresentando a solução 8 das 12 possibilidades sugeridas ao projetista.	86
Figura 39: Metodologia para a realização da modelação do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas.	87
Figura 40: Modelo do Projeto de Execução no <i>Navisworks</i>	88
Figura 41: Inserção dos “Dados para operação e manutenção” como parâmetro no <i>Revit</i>	89
Figura 42: Inserção do requisito de informação “Dados para operação e manutenção” como propriedade no <i>Navisworks</i>	89
Figura 43: Modelo de Exploração da especialidade Arquitetura.	90
Figura 44: Detalhe do modelo de Exploração do armazém.	90
Figura 45: Metodologia usada na realização do modelo de Exploração.	91
Figura 46: Planta baixa do piso 2 do Projeto de Arquitetura disponibilizado.	101
Figura 47: Pormenor da envolvente exterior do Projeto de Condicionamento Acústico disponibilizado.	102
Figura 48: Planta baixa da arquibancada do Projeto de Estrutura disponibilizado.	103
Figura 49: Modelo 3D do Projeto de Estrutura disponibilizado em formato IFC.	104
Figura 50: Pormenor de ligação do Projeto de Estrutura disponibilizado em formato IFC.	104
Figura 51: Planta baixa da drenagem de águas pluviais do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos.	105

Lista de Quadros

Quadro 1: Conceito de Níveis de Desenvolvimento para diferentes estudos (Bolpagni, M., Cibrini, A., 2015).....	22
Quadro 2: LOD 100 a 500 – aspetos geométricos e de informação, adaptado de (BIM Forum, 2018).....	32
Quadro 3: Fases, Etapas e Nível de Desenvolvimento de Projetos e Representação Gráfica (Governo de Santa Catarina, 2014).	36
Quadro 4: Informações de paredes exteriores e interiores em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).....	37
Quadro 5: Informações de portas em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).	37
Quadro 6: Informações de itens do projeto de arquitetura e complementares em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).	38
Quadro 7: Comparação entre os conceitos de Níveis de Desenvolvimento (adaptado de BIM Forum, 2018; Governo de Santa Catarina, 2014).....	39
Quadro 8: Níveis de Desenvolvimento para cada fase do projeto, adaptado de (Governo de Santa Catarina, 2014).	42
Quadro 9: Paralelo entre as fases de projeto adotadas em Portugal e no Brasil (Caderno de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).	43
Quadro 10: Requisitos de informação de itens do projeto de arquitetura e complementares para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).	52
Quadro 11: Requisitos de informação de portas para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).....	53
Quadro 12: Requisitos de informação de paredes para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).....	54
Quadro 13: Requisitos de informação para especialidade de Arquitetura.....	57
Quadro 14: Requisitos de informação para especialidade de Estrutura.....	59
Quadro 15: Requisitos de informação para especialidade de Instalações, Equipamentos e Sistemas	61
Quadro 16: Requisitos de informação para Projetos de Arquitetura.	69
Quadro 17: Requisitos de informação para Projetos de Estrutura.	71
Quadro 18: Requisitos de informação para Projetos de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos.	73
Quadro 19: Relação entre os Requisitos de Informação e as Propriedades dos Elementos no modelo em BIM.	84

Lista de siglas

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
4D	Tempo
5D	Custo
6D	Sustentabilidade
7D	Gestão de ativos
8D	Segurança
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
COBie	<i>Construction Operations Building information exchange</i>
CT-197	Comissão Técnica de Normalização BIM
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISO	Organização Internacional de Normalização
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LOD	<i>Level of Development</i>
LOG	<i>Level of Geometry</i>
LOI	Level of Information
ND	Nível de Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto

1. Introdução

1.1. Enquadramento

O *Building Information Modelling* (BIM) é uma metodologia que se tem vindo a expandir muito ao longo dos últimos anos, sendo uma marca da inovação digital operada na Indústria da Construção atual. Esta metodologia reúne tecnologias, processos e políticas que permitem um trabalho colaborativo na construção de empreendimentos no espaço virtual. A implementação do BIM nas obras de edifícios, infraestrutura e reformas tem sido vantajosa quando comparada com o modelo tradicional por reduzir erro e retrabalho e por melhorar o controle e previsibilidade dos custos.

Portugal e Brasil são países que já começaram a implementação do BIM, apesar de ainda estarem a dar os primeiros passos, existindo uma forte expectativa de evolução nos próximos anos. Ambos os países já têm Comissões Técnicas de normalização na área, muito embora não possuam ainda muitas normas, nem um uso difundido da metodologia no setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO). É previsto que esta nova metodologia promova uma poupança nas obras em Portugal, já no Brasil pretende-se economizar em gastos com projetos e aumentar a produtividade da construção civil.

A mudança de projetos tradicionais bidimensionais para modelos BIM traduz uma série de alterações nos processos já utilizados no setor da AECO. Uma das principais alterações concretiza-se na contratação de serviços, dado que nos projetos em BIM existem muitos fatores a serem discutidos quanto ao volume de informações para definição do âmbito do projeto propriamente dito.

O principal recurso utilizado para estabelecer os parâmetros de contratação são os requisitos de informação. Atualmente um meio bem utilizado para descrever esses requisitos de informação dos modelos BIM é o Nível de Desenvolvimento, que ficou conhecido pelo termo LOD (*Level of Development*). LOD é, segundo o *American Institute of Architects* (AIA), o grau de detalhe na modelação de um elemento do projeto, tanto no que diz respeito ao aspeto geométrico quanto ao de informação.

De acordo com a AIA são definidos 6 níveis de desenvolvimento: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 e LOD 500. Muito embora ainda não existam normas que definam os requisitos de cada Nível de Desenvolvimento, alguns documentos com carácter oficial (BIM Forum, 2018), têm vindo a servir como base para as empresas e profissionais que atuam com alguma expressão na área.

O estudo realizado por Bolpagni e Ciribrini (2015) alerta que os requisitos e definições de cada Nível de Desenvolvimento variam de um país para outro não havendo um conceito único para gestão do conteúdo de modelos BIM. Diante deste cenário de conceitos múltiplos e inexistência de norma de referência, torna-se urgente o desenvolvimento de estudos sobre os Requisitos de Informação para modelos BIM com vista à obtenção de uma proposta para a sua uniformização.

Na prática, muitos profissionais envolvidos com o BIM criticam o conceito dos LOD por ter requisitos rígidos e bem limitados. Neste cenário, surgiu o termo Nível de Informação Necessário (*Level of Information Need*) que, segundo a ISO 19650-1 2018¹, é a estrutura que define a extensão e nível de detalhe da informação. O Nível de Informação Necessário é mais específico, flexível e digital e tem como objetivo gerar apenas a informação que é realmente necessária para realizar o projeto e garantir uma boa comunicação e acesso à informação pelos envolvidos. Está prevista a publicação, em 2019, de uma norma europeia, pelo Comité Europeu de Normalização, a prEN 17412, para padronização deste conceito.

Este estudo surge num cenário de ligação entre Portugal e o Brasil, com vista à implementação generalizada do BIM, alinhado a uma necessidade de aprofundamento de estudos sobre a temática dos Requisitos de Informação para Nível de Desenvolvimento em modelos BIM. Pretende-se comparar os principais conceitos de Níveis de Desenvolvimento e Nível de Informação Necessário utilizados no mundo para trabalhar os requisitos de informação, propor uma estrutura desses requisitos para modelos BIM implementável em Portugal e no Brasil e avaliar a sua aplicabilidade em um Caso de Estudo.

1.2. Objetivos

O presente trabalho pretende descrever os requisitos normativos e de outras fontes necessários para o desenvolvimento de modelos BIM a partir de Requisitos de Informação. O estudo será aplicado ao caso particular de modelação de um edifício comercial, procurando relacionar os Requisitos de informação com as Fases de Projeto

¹ ISO 19650-1:2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling - Part 1: Concepts and principles.

regulamentares. Há também o objetivo de auxiliar no alinhamento de expectativas quanto aos Requisitos de Informação para modelos BIM para concursos, contratações e desenvolvimento dos projetos entre órgãos públicos, gabinetes de projeto e empresas de construção. Com vista a atingir esta finalidade, torna-se necessário desenvolver um conjunto de etapas, que a seguir se identificam:

- i. Estudar o conceito BIM e as suas potencialidades;
- ii. Descrever os Níveis de Desenvolvimento (LOD) e o Nível de Informação Necessário aplicados aos requisitos de informação para modelos BIM;
- iii. Analisar os requisitos normativos e técnicos quanto aos Níveis de Desenvolvimento e Nível de Informação Necessário;
- iv. Investigar os parâmetros das Fases de Projetos, em Portugal e no Brasil, e respetiva relação com os requisitos de informação em modelos BIM
- v. Propor uma estrutura para cada fase de projeto, passível de aplicação em Portugal e no Brasil;
- vi. Aplicar a análise a um Caso de Estudo de um edifício comercial.

1.3. Metodologia

Para a realização deste estudo, começou-se por efetuar uma revisão de literatura em livros, teses, revistas técnicas e científicas e sites, como o *google* acadêmico e os das organizações de BIM.

Além da revisão de literatura, foi apresentado um caso de estudo de planeamento e modelação da arquitetura, estrutura e instalações, equipamentos e sistemas de um espaço de lazer (sala de cinema IMAX) numa grande superfície comercial localizada em Lisboa, sendo um caso de estudo, segundo Yin (2005) *“uma investigação empírica que permite o estudo de um fenómeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenómeno e o contexto não estão claramente definidos”* (Yin, R. K., 2005).

Gil (2009) acrescenta alguns propósitos dos casos de estudo, a citar: *preservar o carácter unitário do objeto estudado e descrever a situação do contexto em que está sendo feita uma determinada investigação* (Gil, A. C, 2009).

A dissertação foi desenvolvida sob orientação e apoio do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). O LNEC possui um protocolo de colaboração com a SONAE Sierra e esta empresa disponibilizou o projeto da sala IMAX dos Cinemas NOS do Centro Comercial Colombo e os dados necessários para o desenvolvimento do Caso de

Estudo. No fim do desenvolvimento deste trabalho, os modelos serão fornecidos à SONAE Sierra para exploração e futuras intervenções no espaço.

Para a realização deste trabalho foram realizadas as etapas, a serem detalhadas a seguir:

- i. Solicitação à alta administração da construtora do cinema para disponibilização de projetos, visita técnica e utilização das informações no referido estudo;
- ii. Definição dos requisitos de informação para a modelação a partir da análise dos projetos do Caso de Estudo;
- iii. Modelação dos projetos de arquitetura, estrutura e instalações, equipamentos e sistemas em plataformas BIM;
- iv. Análise dos resultados da modelação;
- v. Análise do planeado versus executado da modelação.

Assim, após a revisão da literatura, foram realizadas, pela autora, modelação em BIM e visitas técnicas ao espaço de lazer para compreender o projeto e construção já na fase de Exploração.

O projeto utilizado no caso de estudo refere-se à sala IMAX do Cinema NOS do Centro Comercial Colombo, localizado em Lisboa, Portugal. Os dados foram analisados à luz da ISO 19650-1 (2018) e ISO 19650-2 (2018).

Enquanto não há normalização oficial sobre a temática do Nível de Desenvolvimento, os guias técnicos de cada país são a base mais fiável para definição de parâmetros na realização de projetos. Dentre estes, salientam-se:

- i. ISO 29481-1:2016 – *Building information modelling – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format*.
- ii. *Level of Development Specification*. BIM Forum, 2018.
- iii. *BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0. Computer Integrated Construction Research Program, The Pennsylvania State University, University Park, United States*, 2010.
- iv. Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Câmara Brasileira da Indústria da Construção, Brasil, 2016.
- v. Guia da Contratação BIM. Comissão Técnica de Normalização BIM, CT-197-BIM, Portugal, 2017.
- vi. Caderno BIM - Apresentação de Projetos de Edificações em BIM. Governo de Santa Catarina, Brasil, 2014.

1.4. Estrutura e Organização

A dissertação encontra-se organizada e estruturada em 6 capítulos nos quais os capítulos 2 e 3 são de estudo teórico e os capítulos 4 e 5 são de aplicação prática do tema.

Capítulo 1: No primeiro capítulo, é efetuado um enquadramento geral em que a temática abordada na presente dissertação se insere, e de seguida define-se os principais objetivos e metodologia aplicada, bem como a sua estrutura organizacional.

Capítulo 2: O capítulo 2 é dedicado ao estudo da metodologia BIM. Um panorama histórico e da situação atual do BIM em Portugal e no Brasil é apresentado, assim como as suas potencialidades e usos. O conceito de Nível de Desenvolvimento, de grande importância para modelos BIM, é introduzido ao final.

Capítulo 3: Os Requisitos de Informação para os Níveis de Desenvolvimento e Nível de Informação Necessário é o tema explorado no Capítulo 3. Após uma apresentação do cenário normativo no mundo, é desenvolvido um resumo das informações relevantes sobre o tema em normas e guias de referência mundial. Além disso, é analisada a relação entre as fases de projeto e os requisitos de informação em modelos BIM.

Capítulo 4: Corresponde à construção de uma estrutura generalista de como os requisitos de informação se adequam a cada fase de projeto em modelos BIM. Todos os parâmetros adotados para ser desenvolvida a estrutura são explicitados no texto. O resultado e uma indicação de como utilizá-lo é exposta ao final do capítulo

Capítulo 5: Este capítulo é dedicado ao caso de estudo. O objeto de estudo é detalhadamente descrito, assim como a metodologia aplicada no seu planeamento e modelação. Os resultados do processo são discutidos ao fim, principalmente sobre a relação do planeamento e modelação.

Capítulo 6: As conclusões do trabalho, análise dos resultados alcançados com a pesquisa teórica e caso de estudo e perspetivas de futuros estudos nesta temática de investigação são apresentados neste capítulo.

2. Metodologia BIM

2.1. Considerações iniciais

O *Building Information Modelling* (BIM) é uma representação digital parametrizada e partilhada da construção que, por meio de tecnologias, processos e políticas, viabiliza o projeto, a construção e a operação do empreendimento em ambiente virtual. O BIM tem crescido amplamente como conceito ao longo dos anos e hoje é considerado um ícone da inovação digital na indústria da construção em todo o mundo (BIM Dictionary, 2019; ISO 19650-1, 2018).

A expansão global do BIM tem vindo a influenciar muito diretamente Portugal e o Brasil também, países que já se encontram a dar os seus primeiros passos na implementação do BIM. A regularização e normalização será uma evolução neste panorama, estando prevista para os próximos anos, o que terá um alto impacto nas economias nacionais destes países. No entanto, o BIM ainda não é uma metodologia amplamente difundida existindo ainda muitas barreiras à sua implementação pelos profissionais da área (Hore Alan, et al., 2017).

O BIM apresenta uma elevada capacidade de aplicação em ambientes da construção, mesmo em requisitos como segurança e sustentabilidade, mas a maior parte dos profissionais da área trabalham até à dimensão vinculada ao custo do empreendimento. Alguns autores acreditam que se torna necessário reajustar o conceito de dimensões BIM à complexidade dos empreendimentos e que os mesmos devem ser substituídos por usos gerais, usos dominantes e usos personalizados de modelos BIM (Succar, B., 2015; Cadbimoz, 2018; Charef, R. et al, 2018; Kamardeen, I., 2010).

Os Níveis de Desenvolvimento do modelo surgem como um artifício estratégico para definição dos elementos a serem entregues no âmbito dos contratos de serviços BIM, tendo a função de evitar o excesso de informação e trabalho. A sua aplicabilidade é na fase de elaboração de propostas, contratação, planeamento de atividades e comunicação entre os envolvidos no empreendimento (CBIC – Parte 5, 2016; BIM Forum, 2018).

2.2. Conceito e potencialidades

Em 1975, o PhD Charles Eastman desenvolveu um protótipo de trabalho intitulado *Building Description System* que consistia em noções como a definição de elementos de forma interativa na qual as mudanças só necessitavam ser realizadas num desenho,

e da composição de uma base de dados integrado para análises quantitativas e visuais e para extração de informações pela descrição do elemento. De 1970 a 1980 surgiram na Europa e Estados Unidos tentativas de comercialização desta tecnologia que ficou conhecida como *Building Product Models* e *Product Information Models*. A partir deste contexto, em 1986, foi documentado o termo *Building Modelling* que se assemelha à aplicabilidade contemporânea do *Building Information Modelling* (BIM) por trazer, além das noções de Eastman da década anterior, questões como a modelação 3D, a extração de desenhos automática e componentes paramétricas inteligentes. (Eastman, C. et al., 2014).

O BIM apresentou-se como a grande solução de modernização e reestruturação da indústria da construção por viabilizar a digitalização, simulação e otimização de processos em todo o ciclo de vida do empreendimento. O impacto desta solução é traduzido em relatórios recentes pela previsão de que a metodologia irá viabilizar a poupança de 15 a 25% no mercado mundial das infraestruturas até 2025 (CT197-BIM, 2017).

O BIM *Dictionary*, dicionário global gratuito *online*, voltado para a temática, descreve a Modelação da Informação da Construção (BIM) como um conjunto de tecnologias, processos e políticas que viabilizam o projetar colaborativo por meio dos envolvidos no empreendimento, assim como a construção e operação em espaço virtual. A Organização Internacional de Normalização (ISO) reforça este conceito ao descrever que o termo consiste na utilização da representação digital partilhada de um edifício ou infraestrutura (BIM Dictionary, 2019; ISO 19650-1, 2018).

Apesar de ser identificada como tecnologia, a modelação da informação da construção transcende isso, apresentando-se como uma nova metodologia de trabalho. Trata-se da possibilidade de construir virtualmente o edifício ou infraestrutura por meio de um trabalho colaborativo que permite a implementação de processos de forma ágil e efetiva (CT197-BIM, 2017).

Um estudo sobre o valor da implementação do BIM na construção, na perspetiva de negócio, indica que os maiores benefícios identificados, por mais de 20% das organizações entrevistadas em 2013, foram: i) redução nos erros e omissões; ii) trabalho colaborativo com donos de obra e gabinetes de projeto; iii) melhoria na imagem organizacional; iv) redução do retrabalho; v) melhor previsibilidade e controle de custo. Como vantagens secundárias foram citadas a redução no prazo total do projeto, a possibilidade de novos negócios e serviços, o aumento nos lucros, segurança e ciclos de aprovação. Para empresas brasileiras, as maiores vantagens quanto ao BIM foram

a melhoria da imagem organizacional e a redução e melhor controle no custo da construção. Tendo por base os dados consultados não se identificou o posicionamento de Portugal na investigação (Mc Graw Hill Construction, 2014).

O resultado da implementação destes processos são edifícios e infraestruturas de melhor qualidade, menor custo e menor prazo. O BIM trata-se de uma modelação paramétrica baseada em objetos na qual o projetista define famílias de objetos ou classes de elementos, em vez de desenhar cada linha dos elementos de construção como era no modelo tradicional em bidimensional (2D). A colaboração antecipada entre as múltiplas disciplinas de projeto alinhada com a deteção de interferências nesta modelação paramétrica são importantes diferenciais do uso da metodologia BIM (Eastman, C. et al., 2014).

Outra pesquisa feita em 2015 com proprietários, arquitetos, engenheiros e contratantes dos Estados Unidos questionou o impacto do BIM em Projetos Complexos de obras de infraestrutura e empreendimentos. Mais de 13% dos entrevistados identificaram resultados maiores que 25% (Figura 1) na melhoria da produtividade laboral e na redução de mão-de-obra local devido ao aumento da fabricação externa. Além disso, foi apontado por mais de 32% dos entrevistados a obtenção de resultados maiores que 5% (Figura 2) na: i) redução do custo final da construção; ii) aceleração do cronograma do projeto; iii) diminuição na quantidade de requisições de informação (Dodge Data & Analytics, 2015).

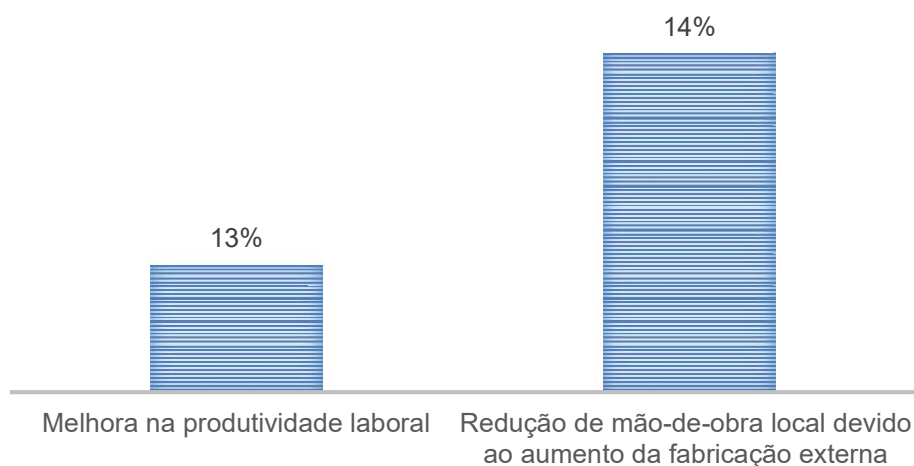


Figura 1: Impacto, maior que 25%, do BIM em Projetos Complexos de obras de infraestrutura e empreendimentos identificado junto de proprietários, arquitetos, engenheiros e contratantes dos Estados Unidos (Dodge Data & Analytics, 2015).

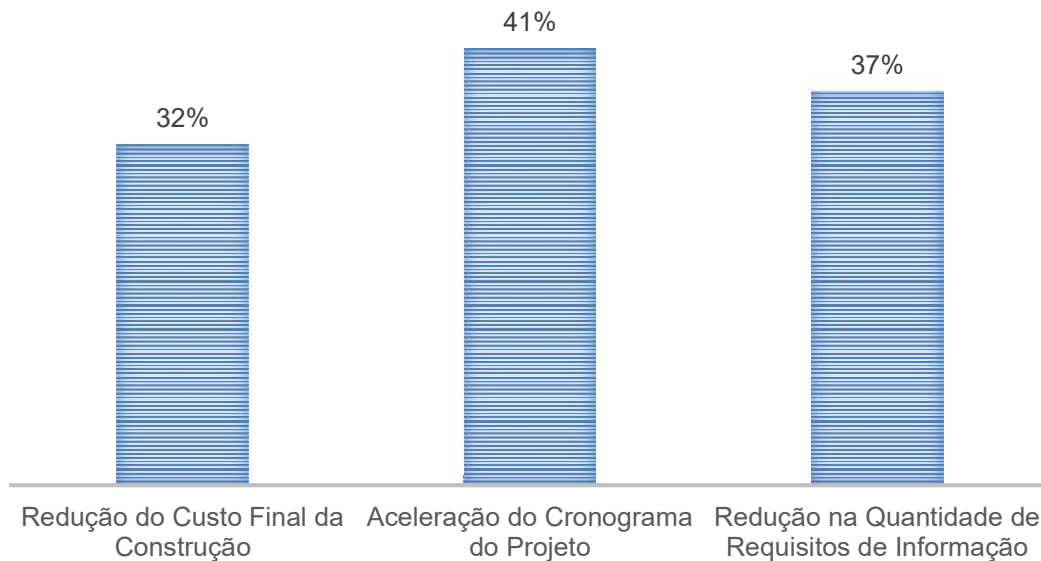


Figura 2: Impacto, maior que 5%, do BIM em Projetos Complexos de obras de infraestrutura e empreendimentos identificado junto de proprietários, arquitetos, engenheiros e contratantes dos Estados Unidos (Dodge Data & Analytics, 2015).

A norma ISO 19650-1, publicada em 2018, sobre os conceitos e princípios do BIM corrobora o identificado no estudo da Mc Graw Hill Construction ao indicar que a inserção da metodologia BIM nos processos dos negócios que envolvem o ambiente da construção podem gerar benefícios administrativos para todos os envolvidos no processo construtivo, seja o dono de obra, o projetista, o empreiteiro, o técnico de operação e o cliente. Estes benefícios incluem: i) aumento de oportunidades; ii) redução do risco; iii) redução do custo de produção (ISO 19650-1, 2018).

A procura por mais altos níveis de qualidade e melhor utilização do conhecimento e experiência já obtidos levam as organizações a trabalhar de forma mais colaborativa, nomeadamente entre os envolvidos nos projetos de construção e gestão de ativos. Estes ambientes colaborativos, que são um requisito da metodologia BIM, produzem uma melhor comunicação, uma partilha de informações mais eficiente e uma redução do risco de má interpretação, perdas e contradições no projeto (ISO 19650-1, 2018).

O processo BIM, quando comparado com o processo tradicional, em *AutoCAD* 2D por exemplo, tem as suas alterações mais concentradas nas fases iniciais do projeto, onde traduz um maior impacto nos custos de obra e características do empreendimento, apresentando um menor custo vinculado a estas alterações. A Figura 3, relaciona o esforço e o efeito de uma alteração ao longo das fases do projeto para o processo tradicional e para o processo em BIM apresentando este benefício por meio do gráfico (CBIC – Parte 1, 2016).

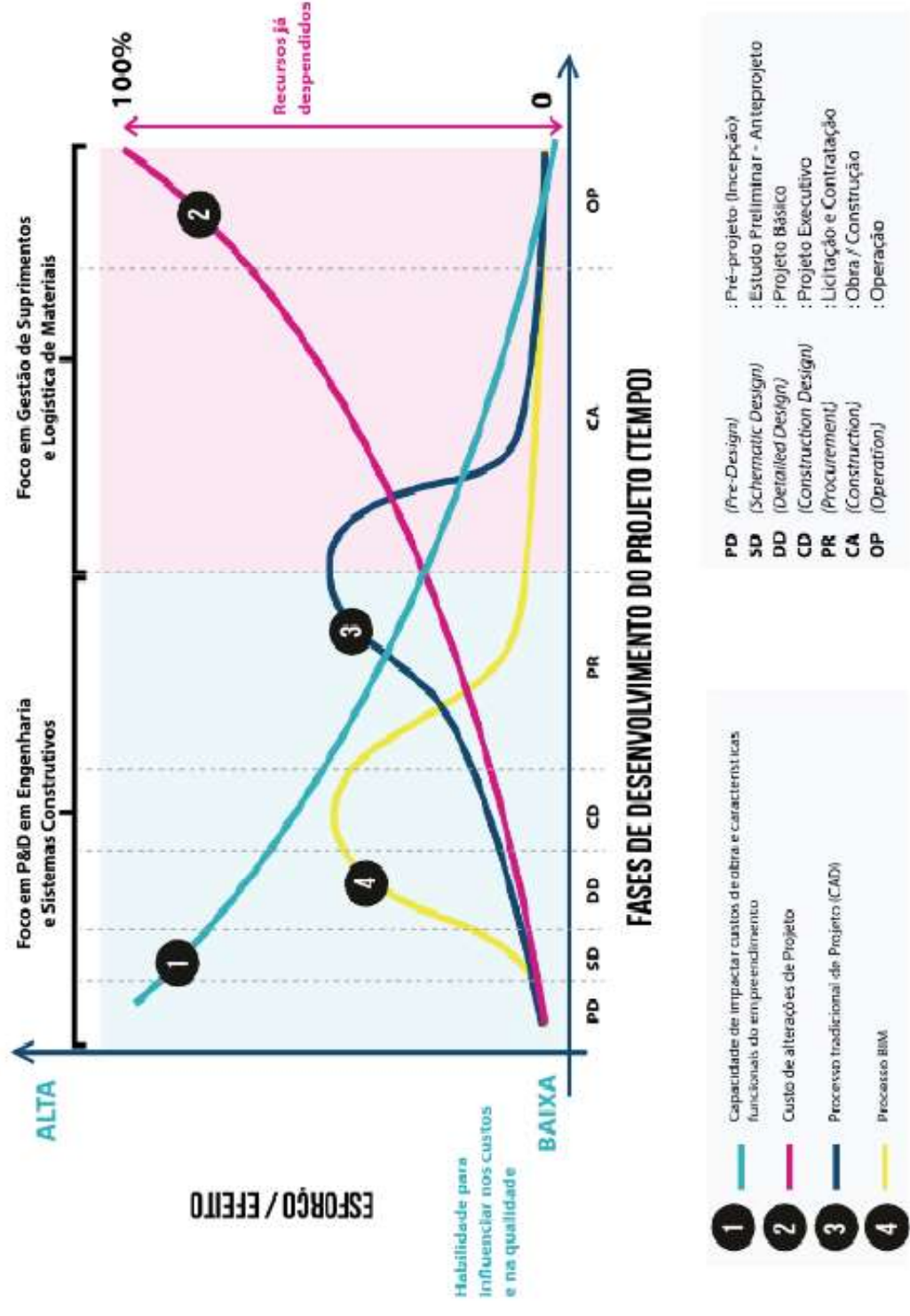


Figura 3: Esforço-Efeito nas fases de Desenvolvimento do Projeto (CBIC – Parte 1, 2016).

2.3. Histórico e situação atual em Portugal e no Brasil

Portugal e Brasil são países que já começaram a implementação do BIM, mas ainda se encontram na etapa inicial deste processo. Ambos já têm Comissões Técnicas de Normalização na área, não possuindo ainda normas técnicas nem um uso difundido da tecnologia no setor AECO. Contudo, prevê-se a médio prazo uma evolução muito intensa do uso de BIM nos dois países e impactos positivos relacionados com esta medida (Hore Alan, et al., 2017).

Portugal

O Guia de Contratação BIM de Portugal, publicado em 2017, relata que o BIM surgiu no setor AECO como solução de modernização e reestruturação, e alerta que o mercado de construção portuguesa pode alcançar até 2025, 10% em poupanças com o BIM, correspondendo a um valor de 1.700 milhões de euros. Este montante pode ser considerado realista já que, conforme citado na introdução deste documento, prevê-se entre 15 a 25% de poupança, ao nível global, pela implementação do BIM, até 2025. Além disso, há um forte impacto ambiental pela diminuição de desperdícios na adoção destas medidas (CT197-BIM, 2017).

O BIM está a alterar a mentalidade da indústria da construção portuguesa, já se prevendo uma forte integração e avanço tecnológico até 2020. Acrescido a isso, iniciativas como o BIMCLUB *Universities* promovem maior discussão e contato em projetos relacionados com a metodologia BIM envolvendo professores e alunos lusitanos (Hore Alan, et al., 2017).

A Comissão Técnica de Normalização BIM (CT-197), foi criada em Portugal para definir uma proposta de desenvolvimento de normalização da modelação da informação da construção, sistemas de classificação e processos a serem utilizados em todo o ciclo de vida do empreendimento, para garantir coerência e qualidade dos objetos e modelos. Como objetivo final, a comissão quer potencializar a sinergia entre os envolvidos no projeto e abrir espaço para a inovação, aumentando a competitividade no mercado global. Além disso, a CT-197, através do Instituto Português de Qualidade, atua no grupo de trabalho do Comité Europeu de Normalização para garantir a convergência de esforços nacionais e europeus (CT197-BIM, 2017).

O *Building SMART* é uma instituição internacional sem fins lucrativos que atua por meio de capítulos nacionais dos países em protocolos de padronização na troca de informações como o *Industry Foundation Classes* (IFC) e certificação de competências

em interoperabilidade do BIM. Portugal foi participante do capítulo ibérico, mas o mesmo foi suspenso da instituição em 2009. Em 2019, procura-se reativar o Building SMART Portugal através da recolha de manifestações de interesse e de diligências junto à direção internacional para oficialização deste capítulo em assembleia constituinte (*Building SMART Portugal*, 2019).

Brasil

Em 2010 foi publicada a primeira norma envolvendo o BIM no Brasil: ABNT NBR ISO 12006-2: Construção de edificação — Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação. Desde então, têm sido publicadas normas técnicas e traduções das ISO direcionadas para o desenvolvimento de um sistema de classificação para a Construção e de diretrizes para criação de componentes BIM (Concreto & Construção, 2016; ABNT, 2019).

Uma pesquisa feita por um grupo de profissionais e académicos de referência, que tem trabalhado sistematicamente com o BIM no Brasil, levantou as principais questões que retardam a adoção da metodologia neste país. Foi identificada a questão humana de resistência a mudanças, a dificuldade em entender e compreender as complexidades do BIM e aspetos intrínsecos da adoção BIM que requer esforço, estudo e investimento. Além disso, foram sinalizadas barreiras culturais e particulares brasileiras, como a não valorização da fase de planeamento, os poucos profissionais capacitados no mercado e a procura baseada em soluções rápidas e baratas (CBIC – Parte 2, 2016).

Concomitantemente, o Governo Federal do Brasil lançou em 2018 a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM através do Decreto n.º 9.377, com o objetivo de promover o desenvolvimento do setor de construção, potenciar a transparência e economia em obras públicas e aperfeiçoar a gestão de ativos e manutenção dos empreendimentos públicos. O Decreto n.º 9.983 foi publicado em agosto de 2019 com pequenos ajustes a nova estrutura de governo e revogou o decreto anterior. Esta estratégia prevê, até 2021, a exigência em obras públicas de uso do BIM na modelação de arquitetura, estruturas e instalações, extração de quantitativos e deteção de colisões. Em 2024, expandir-se-á para orçamentação e planeamento de obras, assim como para as telas finais e compilação técnica. Mais tarde, em 2028, a implementação estará completa incluindo todo o ciclo de vida da construção, incrementando a gestão e manutenção dos empreendimentos (BIM BR, 2018; Decreto n.º 9.983, 2019).

A Fundação Getúlio Vargas realizou, em março de 2018, uma sondagem que revelou que cerca 73% das empresas brasileiras de construção não utilizam o BIM, sendo que,

de entre os 9,2% que utilizam a metodologia, ela é mais difundida nas empresas de Edificações Residenciais (13,9%). Apesar da publicação do primeiro Decreto BIM BR em maio de 2018, uma nova sondagem realizada em setembro identificou que não ocorreram mudanças significativas no cenário. Esta última pesquisa (Figura 4) apresentou que, dentre os adeptos do BIM, 47% usa a metodologia na fase inicial de análise de projetos, 28% adota-o no orçamento e 25% no planejamento (gestão) da obra (IBRE FGV, 2018 [1]; IBRE FGV, 2018 [2]).



Figura 4: Fase do empreendimento em que as empresas usam o BIM (Adaptado de IBRE FGV, 2018 [2]).

O Decreto n.º 9.983 (2019) apresenta os objetivos específicos da Estratégia BIM BR e as atribuições, funcionamento e formação do Comitê Gestor da área. Foi instituído um Comitê Gestor da Estratégia BIM BR que abarca sete órgãos do governo, entre eles o Ministério da Economia, Ministério da Infraestrutura, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações e a Secretaria-Geral da Presidência da República. No artigo 2.º decreta-se que os objetivos específicos são: *“i) difundir o BIM e os seus benefícios; ii) coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; iii) criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM; iv) estimular a capacitação em BIM; v) propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM; vi) desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM; vii) desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM; viii) estimular o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; ix) incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.”* (Decreto n.º 9.983, 2019).

Apesar dos obstáculos e do cenário de baixa adoção do BIM pelo mercado atualmente, prevê-se que a utilização do BIM no Brasil promoverá 20% de economia em gastos com projetos e 10% de aumento na produção da construção civil. Esta perspectiva potencializará um crescimento da procura por obras em BIM e consequentemente por profissionais capacitados na área (BIM Community, 2019).

Além destas expectativas positivas, o Comitê Estratégico de Implementação do BIM prevê que as empresas de 50% do Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil tenham adotado a metodologia até 2024, o que representa um aumento em 10 vezes da porcentagem deste PIB composto por empresas que utilizam BIM. Foi traçado como meta também, a redução dos custos de produção das empresas em 9,7% e aumento em 28,9% do PIB da Construção Civil de 2018 a 2028. Ao cruzar estas projeções com os valores absolutos divulgados pela *Trading Economics*, é possível visualizar (Figura 5) o impacto do aumento do uso do BIM pelas empresas no PIB da Construção Civil de 2018 a 2028 (BIM BR, 2018; *Trading Economics*, 2019).

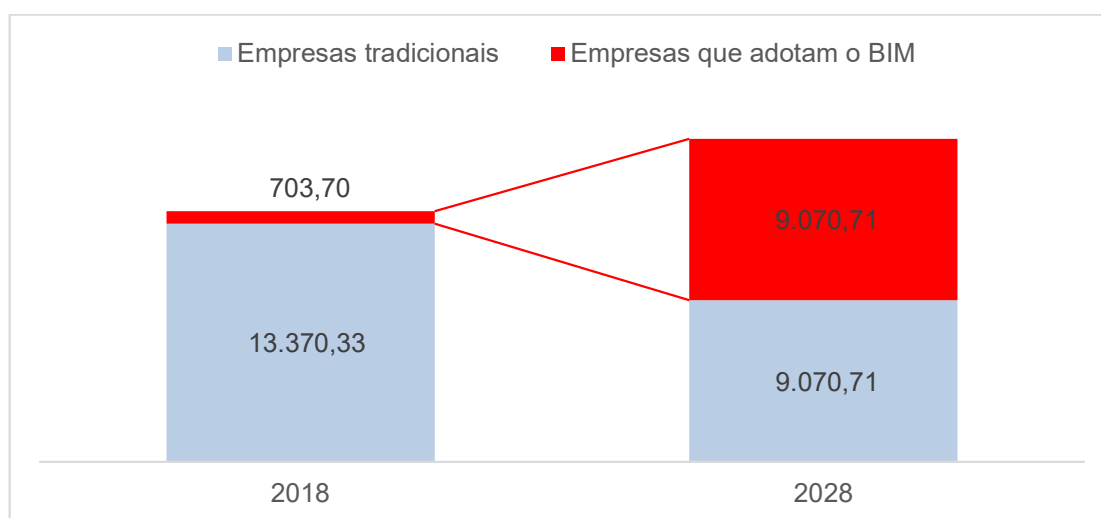


Figura 5: Impacto da adoção do BIM no PIB da Construção Civil em milhões de BRL (Adaptado de BR BIM, 2018; *Trading Economics*, 2019).

2.4. Usos do Modelo BIM

O Modelo tridimensional (3D) é a representação visual que expressa os conceitos do desenho nas dimensões primárias: largura, altura e profundidade. O BIM 3D tem-se expandido rapidamente no século XXI por proporcionar controle visual no projeto e construção de empreendimentos, detecção de interferências e melhor colaboração entre os profissionais envolvidos no projeto. O uso do BIM por todo o mundo tem ultrapassado o conceito tridimensional e servido de suporte para muitas outras disciplinas e serviços da Engenharia. Charef, Rabia et al., em 2018, analisaram o nível de clareza e

uniformidade sobre o significado das dimensões BIM para arquitetos, engenheiros e *stakeholders* da construção de 28 países da União Europeia. As dimensões analisadas foram: i) 4D – tempo; ii) 5D – custo; iii) 6D – sustentabilidade; iv) 7D – gestão de ativos. O resultado da pesquisa demonstrou um consenso quanto aos conceitos 4D e 5D e uma concordância de aproximadamente 85% sobre as dimensões 6D e 7D. Esta situação é explicada pela menor utilização, traduzida pelos 6% de frequentes utilizadores, da sexta e sétima dimensão (Figura 6) e conseqüentemente, menor contato com os seus benefícios e resultados (Charef, R. et al., 2018).

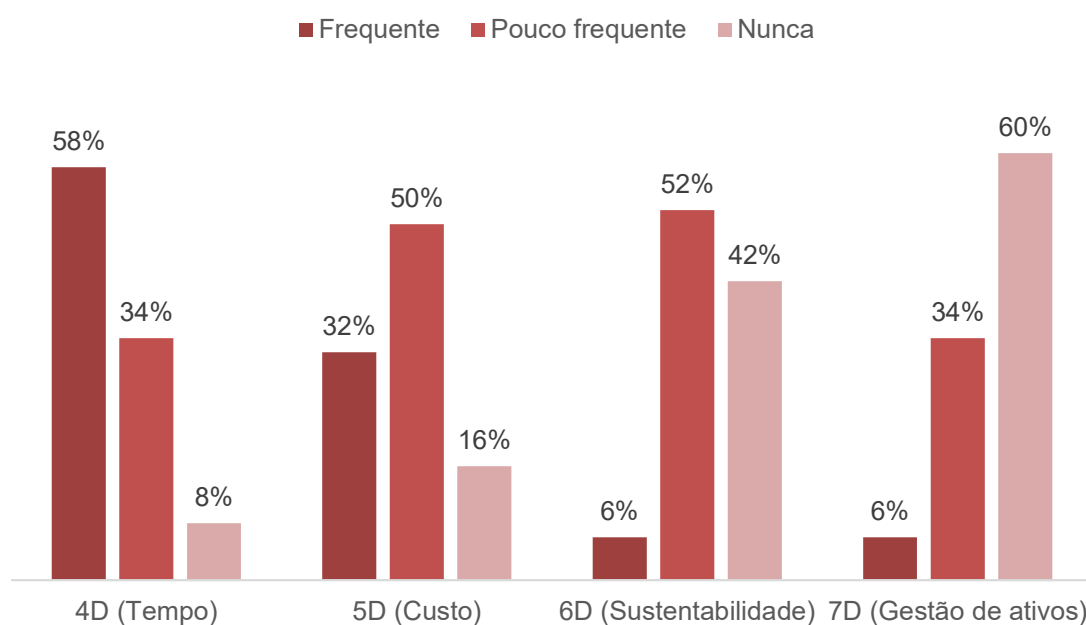


Figura 6: Utilização das Dimensões BIM (Adaptado de Charef, R. et al., 2018).

Outros estudos confirmam as dimensões identificadas por Rafia Charef e a sua equipa. Os modelos em 6D têm uma forte ligação com a questão energética, por possibilitarem a estimativa e avaliação do desempenho energético de empreendimentos. Adicionalmente, o BIM 7D propicia que os gestores possam extrair dados de ativos relevantes para atividades como manutenção e operação (Cadbimoz, 2018).

Além do 7D, Kamardeen (2010) acrescenta que é necessária uma oitava dimensão direcionada para o uso da metodologia no que se refere à higiene, saúde e segurança no estaleiro de obras. A aplicação do 8D está baseada na definição dos perfis e níveis de risco de elementos de construção, na redefinição do modelo para um desenho mais seguro e, quando necessário, a definição de como será o controle de risco no local. Apresenta-se de seguida um resumo reunindo o conceito de cada dimensão para diferentes autores (Figura 7) (Karmadeen, I., 2010).

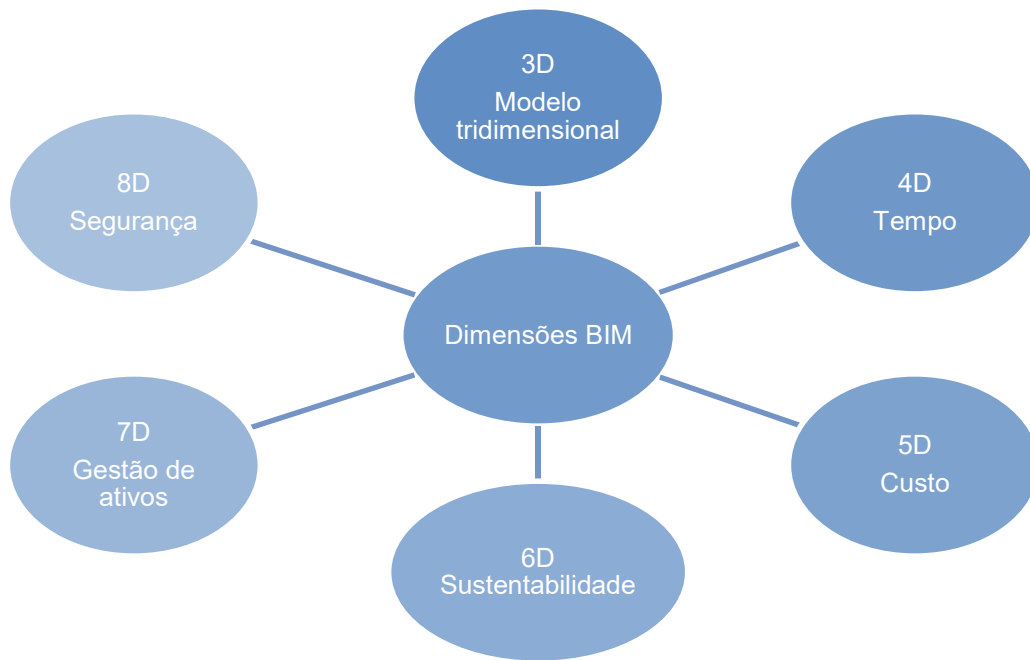


Figura 7: Conceito das Dimensões BIM (Adaptado de Cadbimoz, 2018; Charef, R. et al., 2018; Kamardeen, I., 2010).

Um artigo publicado no *BIM ThinkSpace*, página da internet que aborda a temática BIM desde 2005 e agrupa referências internacionais na área, indica a adoção de um conceito mais amplo: *Model Uses*, em Português “Usos do Modelo”. O Uso do Modelo está relacionado com a produção de elementos a serem entregues no âmbito dos contratos de serviços BIM e está ligado à criação dos modelos de forma colaborativa e integrada com bases de dados externas. Isto traduz o resultado das ligações entre os agentes do empreendimento e o sistema de modelação (Succar, B., 2015; BIM Dictionary, 2019).

Os Usos do Modelo são agrupados em três categorias: i) geral; ii) dominante; iii) personalizado. O Uso Geral do Modelo é aplicável transversalmente a indústrias, sistemas de informação e domínios de conhecimento e tem como exemplos o sistema de modelação audiovisual, a modelação da estrutura temporária e a modelação urbana. Já o Uso Dominante do Modelo é direcionado a indústrias específicas, conhecimentos relevantes e sistemas de informação e tem como séries: i) captura e representação; ii) planeamento e desenho; iii) simulação e quantificação; iv) construção e fabricação; v) operação e manutenção; vi) monitorização e controle e vii) ligação e extensão. Levantamento a laser, planeamento urbano e automação predial são exemplos desta categoria de uso. Por fim, há também o Uso Personalizado do Modelo que é vinculado a requisitos específicos do projeto, cliente ou procura do mercado, um exemplo deste uso é a modelação de uma escultura flutuante com um sinalizador movido a ondas (Succar, B., 2015).

É importante salientar que um único modelo BIM pode ter mais de um uso que agregue valor à edificação ou infraestrutura durante o seu ciclo de vida. A CT-197 de Portugal está a desenvolver uma lista de usos BIM aplicáveis às construções (CT197-BIM, 2017).

2.5. Nível de Desenvolvimento

O *American Institute of Architects* (AIA) dos Estados Unidos definiu em 2009, pela primeira vez, o Nível de Desenvolvimento (LOD) como o nível de detalhe no desenvolvimento de um elemento do Modelo BIM. O Nível de Desenvolvimento estabelece os requisitos de dados, localização, dimensão, qualidade e quantidade que um elemento tem para garantia de informações oficiais a ele atribuídas. O guia de 2018 apresenta 6 níveis: i) LOD 100; ii) LOD 200; iii) LOD 300; iv) LOD 350; v) LOD 400; vi) LOD 500. O objetivo destes graus de detalhe e informação é não haver excesso de conteúdo nem de volume de trabalho que não seja adequado ao contexto do projeto (Gomes, A., 2018; BIM Forum, 2018).

Enquanto cada LOD é vinculado a um elemento pela AIA, o Caderno BIM de Santa Catarina (Brasil), indica uma relação direta entre os Níveis de Desenvolvimento (ND) e as fases do projeto. Além dos 6 níveis padrão, é acrescentado o ND 0 que corresponde ao levantamento de dados, programa de necessidades e estudo de viabilidade. Na evolução das fases de projeto são incrementados atributos geométricos e não geométricos a cada elemento. O caderno sugere um âmbito de atividades esperado para cada fase de projeto e o seu ND (Governo de Santa Catarina, 2014).

Em 2018, a ISO 19650-1, trouxe um conceito considerado a evolução do LOD: o Nível de Informação Necessário. O Nível de Informação Necessário consiste na estrutura que define a extensão e detalhe da informação, com o objetivo de que seja fornecido o mínimo de informação necessária para responder aos requisitos de execução, controle e verificação da mesma. Ainda não há uma norma direcionada para este conceito (ISO 19650-1, 2018).

O artigo "*The Information Modeling and the Progression of Data-Driven Projects*" apresenta uma pesquisa sobre o uso do BIM em diversos países, principalmente acerca do tema do Nível de Desenvolvimento (Quadro 1). O estudo indicou que não existe um conceito único para definir e gerir o conteúdo de um modelo BIM em todo o mundo, apesar de serem encontradas semelhanças entre diferentes termos. Além disso, foi sugerido que o *Model Checking* seja incluído no processo e que haja uma abordagem mais flexível e dinâmica quanto a estes conceitos. (Bolpagni, M., Cibrimi, A., 2015).

Quadro 1: Conceito de Níveis de Desenvolvimento para diferentes estudos (Bolpagni, M., Cibrini, A., 2015).

Source	Name	Authorship	Definition	Level								
				0	1	2	3	4	5	6		
Denmark: BIPS	3D Working method	Parties' Responsibility	Information Level									
Australia: CRC	Object data levels	Responsibility	Level of Detail	-	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	-	<i>D</i>	<i>E</i>		
Vico Software	Model Progression Specification	-	Target Level of Detail/ Level of Detail	-	100	200	300	-	400	500		
US: Department of VA	BIM Object/Element Matrix	Model Element Author	Level of Development (LoD/LOD)	-	100	200	300	-	400	500		
Australia: NATSPEC	NATSPEC BIM Object/Element Matrix (BOEM)	Model Element Author (MEA)	Level of Development (LOD)	-	100	200	300	-	400	500		
US: NYC DDC	Object Requirements	-	-Model Level of Development/ Level of Development (LOD) -Model Granularity	-	100	200	300	-	400	500 (?)		
US: Pennsylvania State University	BIM Information Exchange – Level of Detail Matrix	Model Element Author (MEA)	Level of Development (LOD)	-	100	200	300	-	400	500 *		
US: US Army Corps of Engineers	USACE BIM Minimum Modeling Matrix (M3)	-	-Level of Development (LOD) -(Element Grade/Grade (A, B, C, +))	-	100	200	300	-	-	-		
Netherlands	Matrix and Project Template	Aspect-model	Information Level	0	1	2	3	4	5	6		
US: AIA E203™-2013	Model Element Table	Model Element Author (MEA)	Level of Development (LOD)	-	100	200	300	-	400	500		
France: Le Monieur	-	-	Level of Development (LOD)	-	100	200	300	-	400	500		
US: BIMForum 2015	LOD 2015 Element Attributes Tables	Model Element Author (MEA)	-Level of Development (LOD) -Level of Detail -Element Geometry -Associated Attribute Information	-	100	200	300	350	400	500		
Canada: AEC (CAN) 2014	Information exchange worksheet or modelling matrix	Responsibility	Level of Development (LOD)	-	100	200	300	350	400	500		
UK: PAS 1192-2:2013	-	-	-Level of model Definition -Level of model Detail (LOD) -Level of model Information (LOI)	1	2	3	4	5	6	7		
UK: CIC	Model Production and Delivery Table (MPDT)	Model Originator	Level of Detail (LOD)	1	2	3	4	5	6	7		
UK: NBS BIM Toolkit	NBS BIM Toolkit	Responsibility	-Level of Detail (LOD) -Level of Information (LOI)	1	2	3	4	5	6	7		
UK: AEC (UK) 2015	-	-	-(Level of Definition) -(Level of Information (LOI)) -Grade/Level of Detail (LOD)	1	2	3	4	5	6	-		

2.5.1. Importância e aplicabilidade

O Nível de Desenvolvimento é uma referência importante para a especificação e articulação entre os agentes atuantes no projeto em relação a conteúdo e níveis de confiabilidade de modelos BIM. Na fase de projeto, por exemplo, não há uma necessidade de um grau elevado de detalhes e informações, mas na fase de operação e manutenção do edifício isso já pode ser essencial (CBIC – Parte 1, 2016; BIM Forum, 2018).

A definição dos documentos a entregar para contratação de serviços BIM é muitas vezes baseada no Nível de Desenvolvimento, inclusive ele pode servir de padrão para referência em contratos e planejamento de atividades. Permite também que os envolvidos no empreendimento tenham uma percepção clara do que deve ser incluído em cada modelo e que os profissionais atuantes a jusante no fluxo de trabalho de modelos BIM, saibam quais as informações contidas no modelo que são confiáveis (CBIC – Parte 5, 2016).

O grau de informação dos projetos precisa ser pormenorizado no Plano de Execução BIM (PEB) de pré-contratação. Este documento descreve o que deve ser produzido por cada membro do projeto e informa os moldes de informação integrada a serem seguidos. Estas informações são atualizadas no PEB de pós-contrato que incrementa pontos de alinhamento entre o prestador de serviços e a entidade contratante (CT197-BIM, 2017).

2.5.2. Nível de detalhe e de informação

Cada Nível de Desenvolvimento (LOD) pode ser descrito pelo seu detalhe geométrico através do *Level of Geometry* (LOG) ou pela sua informação detalhada através do *Level of Information* (LOI). A *NBS Toolkit* possui uma biblioteca que correlaciona os LOG e LOI esperados em cada Nível de Desenvolvimento (Kell, A., Mordue, S., 2015).

O LOG está vinculado aos espaços fechados, que são unidades funcionais primárias geradas nas construções, provenientes dos vazios entre os objetos sólidos. O requisito visual do empreendimento tem como aspetos mais críticos o seu tamanho, área, volume, forma e densidade. Os atributos geométricos são o ponto principal do LOG. Por outro lado, o LOI relaciona-se com as propriedades do elemento ou objeto. Os atributos não-geométricos incluem especificações de material, custo, cor, desempenho térmico e acústico, propriedades para montagem e até questões para análise energética, mas não se limita a isso. A aplicação das propriedades é usualmente relacionada com a ligação entre informações diferentes do mesmo elemento, como por exemplo o coeficiente de reflexão com a textura do material (Eastman, C. et al, 2014; Governo de Santa Catarina, 2014).

2.6. Considerações finais

O BIM apresenta-se de facto com um grande potencial em Portugal e no Brasil que irá impactar substancialmente as respetivas economias nacionais. Este facto é comprovado pela previsão de aumento de representatividade das empresas que utilizam BIM no PIB da construção civil brasileira para o horizonte temporal entre 2018 a 2028 (BR BIM, 2018; Trading Economics, 2019).

Foi identificada também uma relação direta entre a frequência de uso das dimensões BIM e o consenso em relação ao conceito delas. Contudo, parte dos especialistas na área sugerem que os usos dos modelos BIM sejam explicados de uma forma mais ampla, porque há muito mais dos que as 8 dimensões conhecidas atualmente. Agregar

valor ao empreendimento através do uso dos modelos BIM generalistas, dominantes e personalizados é a grande tendência atual (Succar, B., 2015).

Para além do referido, regista-se que a AIA definiu pela primeira vez em 2009, e tem vindo a atualizar anualmente, o conceito de Nível de Desenvolvimento. O Nível de Desenvolvimento reúne atributos geométricos e informações como propriedades do objeto ou elemento a ser utilizado. Contudo este termo tem adquirido diferentes definições e parâmetros ao longo do tempo e por diferentes autores; ainda não há um consenso a nível global (BIM Forum, 2018; Bolpagni, M., Cibrini, A., 2015).

3. Requisitos de informação da metodologia BIM

3.1. Considerações iniciais

A eficácia e eficiência da partilha de informações nos processos BIM depende intrinsecamente da especificação dos requisitos de informação entre as entidades envolvidas no processo. Os atores do processo, assim como as fases e detalhes do projeto em questão precisam de ser considerados na definição destes requisitos (ISO 19650-1, 2018).

Como não há muitas normas BIM universais, principalmente sobre o tema dos requisitos dos níveis de desenvolvimento, torna-se necessário fazer um levantamento de diversas normas e guias para que possa ser efetuado um estudo aprofundado sobre a temática. Para cada norma e guia analisados será apresentado um resumo do texto, o objetivo e o que há de relevante quanto aos requisitos dos Níveis de Desenvolvimento (Camilo, C., 2018).

3.2. Cenário normativo no mundo

Até um passado recente não existia nenhuma norma BIM universal, mas alguns países, principalmente europeus e os Estados Unidos já tinham lançado as suas próprias normas e guias nacionais. Em 2015, foi publicada a ISO 12006-2 que estabelece uma estrutura de classificação dos processos construtivos e traz muitos exemplos práticos. O trabalho colaborativo é uma das bases da metodologia BIM, como tal esta norma tem muita importância por organizar, como deve ser partilhada a informação na construção de edifícios (Camilo, C., 2018; ISO 12006-2, 2015).

No entanto, em dezembro de 2018, para colmatar esta ausência de normas de âmbito mais alargado, foram lançadas as normas ISO 19650-1 e ISO 19650-2. Contudo, estas duas normas ainda não abarcam todos os conceitos e necessidades do BIM, e por isso as demais normas locais ainda são muito utilizadas (Camilo, C., 2018; ISO 19650-1, 2018; ISO 19650-2, 2018).

No Reino Unido, grande referência de BIM, uma pesquisa recente identificou o comportamento, padrão de uso e impacto do uso do BIM em organizações britânicas da área. A representatividade de uso da norma britânica BS 1992-4 (2014), situada nos 25%, ainda é maior que os 16% de uso da norma ISO 19650-1 (2018), questão justificada pela recente publicação desta última (NBS, 2019).

3.2.1. ISO 12006-2:2015

A norma ISO 12006-2 (2015), Construção de edifícios – Organização da informação sobre os trabalhos de construção – Parte 2: Estrutura para classificação, é iniciada por uma introdução, definição do âmbito do trabalho e declaração das normas de referência. Os termos e definições são explorados de forma geral e também direcionados aos recursos, processos, resultados e propriedades construtivas. A partir destes capítulos de base, são apresentados os princípios básicos da classificação. Por fim, a norma recomenda algumas tabelas de classificação. O objetivo desta padronização é definir uma estrutura para o desenvolvimento dum sistema de classificação do ambiente construtivo. As tabelas de classificação servem de exemplo para que cada organização construa seu próprio sistema de classificação adequado às necessidades locais. As recomendações são aplicáveis a todo o ciclo de vida da construção para empreendimentos e infraestruturas (ISO 12006-2, 2015).

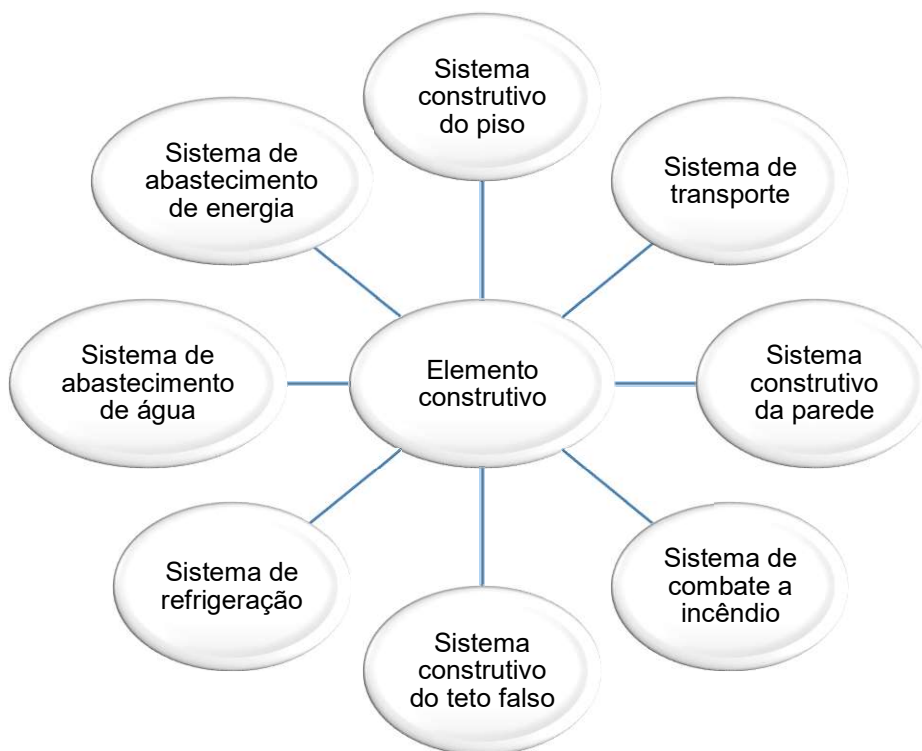


Figura 8: Classificação de elementos construtivos pela função (ISO 12006-2, 2015).

Em cada tabela existem classes de classificação que são definidas pelos aspetos representativos que permitem distinguir objetos a partir das suas propriedades de interesse. Destaca-se para o presente estudo a classificação dos elementos construtivos de acordo com a sua função (Figura 8) e das propriedades construtivas de

acordo com o tipo de propriedade (Figura 9). A classificação pode ser subdividida do nível generalizado ao específico por especialização - classes e subclasses - ou por estrutura de composição. As diferentes classes são interligadas a processos básicos do modelo que se baseiam nos processos construtivos com uso de recursos para atingir os resultados do empreendimento. Os princípios utilizados para especificação das classes dos objetos podem ser classificados pelo conteúdo, função, material, forma, tipos de propriedade, disciplina, atividade, fase do processo ou qualquer combinação entre eles. (ISO 12006-2, 2015).

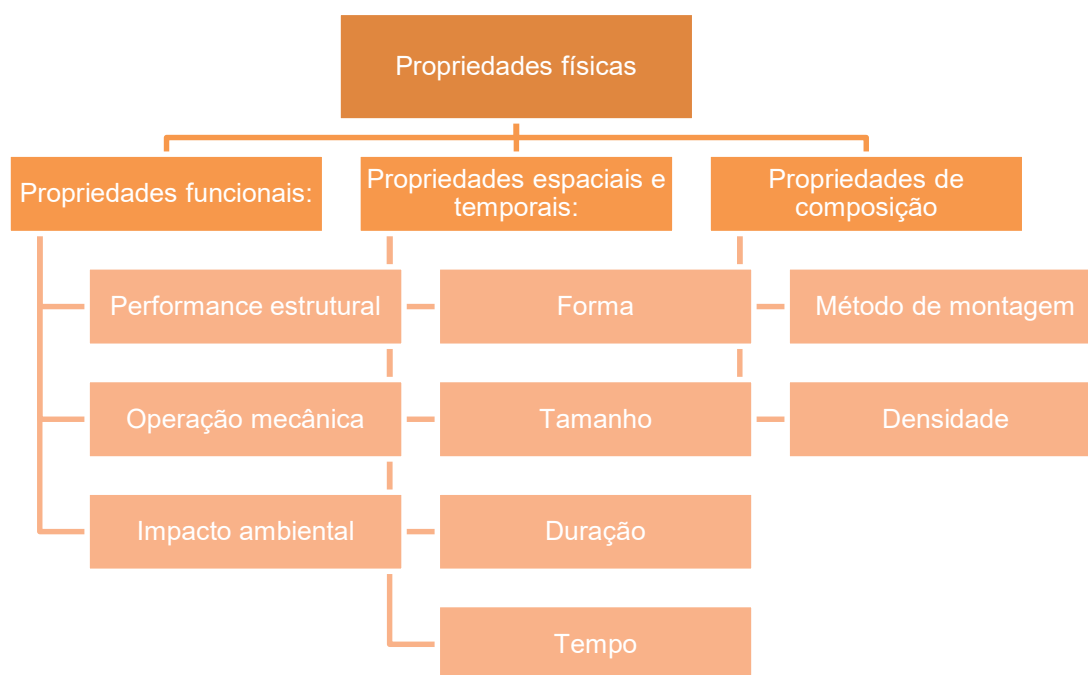


Figura 9: Classificação das propriedades construtivas pelo tipo de propriedade física (ISO 12006-2, 2015).

3.2.2. ISO 19650-1:2018

A ISO 19650-1 (2018), *Organização e digitalização da informação sobre edifícios e trabalhos de engenharia civil, incluindo modelação da informação da construção (BIM) - Gestão da informação. Parte 1: Conceitos e princípios*, recomenda os conceitos e princípios envolvidos em todo o ciclo de vida dos ativos da construção, tanto nos requisitos de gestão como na produção da informação. A norma é destinada aos envolvidos na incorporação, projeto, construção e administração dos ativos, assim como para os envolvidos na entrega, operação e manutenção das atividades de gestão. O documento em questão apresenta as normas de referência, os termos e definições

utilizados, as informações dos ativos e dos projetos, as perspectivas de trabalho colaborativo, a definição dos requisitos de informação e os resultados das informações dos modelos. Além disso, é descrito para a gestão da informação do projeto e ativos: o ciclo de entrega, as funções de gestão, o modelo de estrutura base e o planeamento, gestão e trabalho colaborativo. Por fim, o ambiente de dados comum é explicado e relacionado com o fluxo de trabalho (ISO 19650-1, 2018).

As organizações que procuram uma maior qualidade e reutilização do conhecimento e experiência já obtidos, têm trabalhado cada vez mais em ambientes colaborativos. O trabalho colaborativo provoca uma maior eficiência nos processos construtivos por melhorar a comunicação, a partilha de informações e a redução dos riscos por erros ou más interpretações. Contudo, este novo meio de trabalho exige entendimento mútuo, requisitos de informação e padronização nos processos. Os requisitos de informação dos ativos do projeto são definidos sob um regime hierárquico em que as partes interessadas da organização proporcionam as entradas para os compromissos de gestão de informação que em sequência definem o conteúdo, estrutura e metodologia das informações entregáveis do modelo (Figura 10) (ISO 19650-1, 2018).

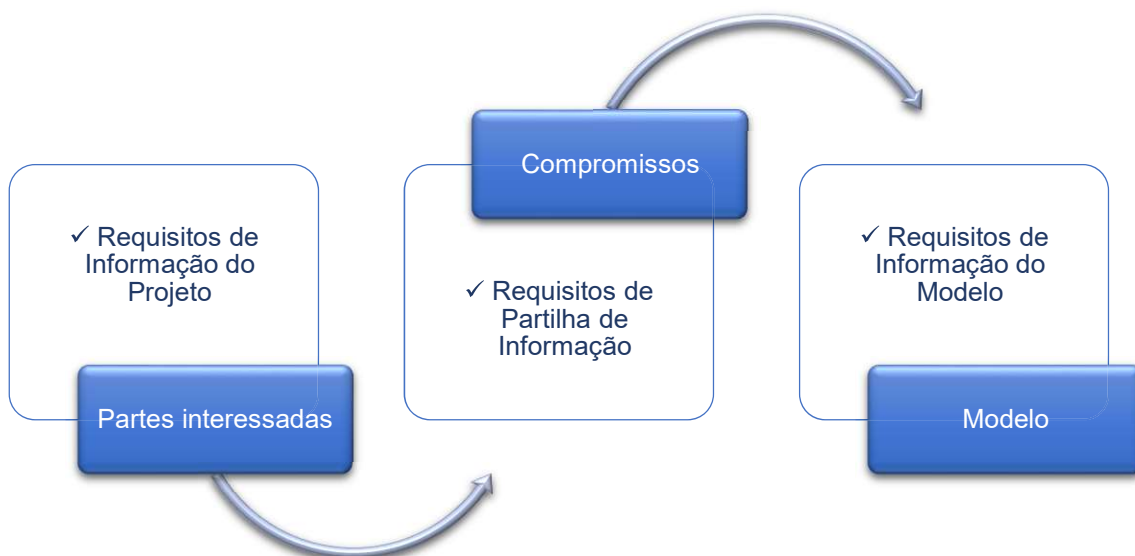


Figura 10: Hierarquia dos requisitos de informação, adaptado de (ISO 19650-1, 2018).

O desencadear das relações dá-se pelos Requisitos de Informação de um Modelo serem especificados pelos Requisitos de Partilha de Informação que, por sua vez, resultam de uma contribuição dos Requisitos de Informação do Projeto. O conceito *Level of Information Need*, em português traduzido como “Nível de Informação Necessário”, é descrito como uma estrutura que define a extensão e detalhe da informação. Este tipo de nível corresponde ao mínimo de informação necessária para responder aos

requisitos de execução, controle e verificação da informação, o que for além disso, é considerado desperdício. Para a definição do Nível de Informação Necessário de cada informação são considerados: i) o seu propósito, ii) os princípios, iii) a sua qualidade, quantidade e granularidade; iv) os seus requisitos geométricos e alfanuméricos (complementares, mas independentes); v) o ciclo de entrega da informação (Figura 11) (ISO 19650-1, 2018).

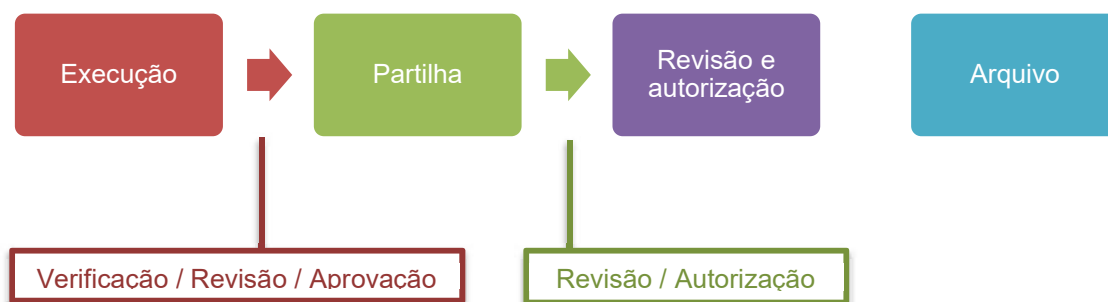


Figura 11: Etapas do ciclo de entrega da informação num ambiente digital partilhado, adaptado de ISO 19650-1, 2018.

O ciclo de entrega da informação consiste na sequência de execução, de partilha, de revisão e autorização e de arquivo, sendo que na primeira transição realizam-se atividades de verificação, revisão e aprovação e na segunda de revisão e autorização (ISO 19650-1, 2018).

3.2.3. ISO 19650-2:2018

A ISO 19650-2 (2018), *Organização e digitalização da informação sobre edifícios e trabalhos de engenharia civil, incluindo modelação da informação da construção (BIM) - Gestão da informação. Parte 2: Fase de entrega dos ativos*, habilita os envolvidos no empreendimento a estabelecerem os requisitos para gestão da informação usando a metodologia BIM. O processo de definição dos requisitos, aceitação e partilha de informação são bastante explorados na norma. Conforme o modelo da Organização Internacional de Normas, este documento inicia-se com uma introdução, definição do seu âmbito, normativa de referência e termos, definições e símbolos utilizados. Posteriormente, é explicitada a gestão da informação na fase de entrega dos ativos e intensamente trabalhada cada etapa ou condição deste processo que precisa ser aplicado transversalmente a todos os envolvidos no empreendimento. Neste sentido, quem for trabalhar com a informação, na prática é responsável por definir os requisitos de informação do projeto através de questões chaves que precisam ser respondidas

pelo projetista. Neste processo devem ser considerados o âmbito do projeto, o propósito de uso desta informação, o plano de trabalho do projeto e as decisões que precisam ser tomadas pelos envolvidos em cada ponto importante (ISO 19650-2, 2018).

A padronização das informações do projeto é um mecanismo utilizado pelo cliente ou recetor da informação, para estabelecer quaisquer especificações ou requisitos de sua necessidade. O método de atribuição do nível de informação necessário, os envolvidos na partilha de informação, os meios de estruturação e classificação da informação e como será usada na fase de operação do ativo são pontos a serem considerados nesta padronização. Outro ponto explorado nesta norma, é como os requisitos de partilha de informação são estabelecidos entre as partes interessadas. O recetor das informações, entre outros fatores, precisa estabelecer o Nível de Informação Necessário que esteja alinhada com cada requisito de informação e seus critérios de aceitação. É acrescentada uma nota indicativa que, quando apropriado, pode-se acrescentar outras métricas como nível de detalhe. Além disso, é necessário determinar o suporte, para entendimento e avaliação de cada requisito de informação como normas, guias ou documentos de apoio (ISO 19650-2, 2018).

Mais se adianta que devem ser tomados cuidados quanto aos referenciais de informação e recursos de partilha, em especial nos momentos de passagem de fase do projeto e mudança nos envolvidos no processo. No caso de concorrência, o responsável pela prospeção deve estabelecer previamente o Plano de Execução BIM (*BIM Execution Plan*) para as equipas de projeto. A metodologia BIM requer uma produção colaborativa de informação, e por isso, requer cuidados, para que não seja gerada informação que exceda o requisito do nível de informação necessário, que contenha detalhes superficiais nem informações duplicadas. Cada tarefa das equipas de projeto precisa estar acompanhada de um protocolo de revisão e partilha da informação, considerando também os requisitos de informação das partes envolvidas, o Nível de Informação Necessário e as informações necessárias para coordenação de outras tarefas (ISO 19650-2, 2018).

3.2.4. BS 1192-4:2014

A BS 1992-4 (2014), *Produção colaborativa de informações. Parte 4: Cumprimento dos requisitos de intercâmbio de informação dos clientes usando COBie – Código de prática*, é uma norma britânica que apresenta como produzir informação de forma colaborativa atendendo aos requisitos do COBie. O conteúdo da norma é introduzido pela

apresentação do âmbito de trabalho, normas utilizadas como referência e descrição dos termos e definições. Há um aprofundamento nos requisitos de processos de negócio pelas perspectivas de diferentes atores do empreendimento, propósitos, critérios de gestão e qualidade e implementação do conteúdo apresentado. Por fim, há um conjunto extenso de anexos com exemplos e diagramas do *Construction Operations Building information exchange* (COBie). O COBie promove uma estrutura comum para partilha de informação que é aplicável tanto a edifícios existentes como a novas construções. O conceito de cliente, trazido para o título da norma, refere-se a qualquer pessoa que atue como cliente da cadeia de fornecimentos, podendo ser o cliente para o contratante principal ou o contratante principal para o fornecedor (BS 1992-4, 2014).

A necessidade de consistência quanto às unidades utilizadas é um ponto destacado nesta norma, seja para sistemas de referência linear ou de coordenadas geográficas. Outro ponto importante é adaptar os conceitos de localização ao tipo de obra a ser tratado; em obras de edifícios, por exemplo, adequa-se mais o conceito de andares do que de zonas. Na partilha de informações, é essencial que os requisitos e a estrutura da informação sejam desenhados levando em conta os papéis de cliente, projetista, contratante, produtor e fornecedor. O cliente estabelece os seus propósitos para a estrutura das informações partilhadas com base em questões de registo da informação, de decisões do negócio, de responsabilidades regulatórias, de gestão da capacidade e de utilização, segurança, operação e impactos (BS 1992-4, 2014).

3.3. Guias de referência no mundo

A ausência de normas específicas sobre os Níveis de Desenvolvimento, gera uma grande lacuna na padronização deste conceito. Para sanar esta questão, a comunidade BIM atualmente utiliza frequentemente o documento *Level of Development Specification* lançado anualmente pelo BIM Forum. Na elaboração de documentos legais, em que são exigidos Níveis de Desenvolvimento específicos para cada elemento, é indicada a citação de qual a versão do BIM Forum que está a ser usada como referência (BIM Forum, 2018).

Muitos países têm hoje um Guia Oficial de implementação ou contratação em BIM, já que as primeiras normas de alcance global foram lançadas em dezembro de 2018. Destaca-se para o desenvolvimento do trabalho de investigação em curso, o Caderno BIM de Santa Catarina (2014), publicado para promover um suporte informativo para a realização de modelos BIM em obras públicas no Brasil (Camilo, C., 2018; Governo de Santa Catarina, 2014).

3.3.1. BIM FORUM 2018

O documento “*Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary*” publicado pelo BIM Forum em 2018 indica que existem 6 Níveis de Desenvolvimento: i) LOD 100; ii) LOD 200; iii) LOD 300; iv) LOD 350; v) LOD 400; vi) LOD 500 (Quadro 2). Estes Níveis de Desenvolvimento são definidos através dos seus aspetos geométricos (LOG) e de informação (LOI). O Guia de Contratação BIM de Portugal, o Caderno BIM de Santa Catarina – Brasil e o Guia CBIC do Brasil fazem referência a este documento (BIM Forum, 2018; CBIC – Parte 1, 2016; CT197-BIM, 2017; Governo de Santa Catarina, 2014).

Quadro 2: LOD 100 a 500 – aspetos geométricos e de informação, adaptado de (BIM Forum, 2018).

Nível de Desenvolvimento	LOG	LOI
LOD 100	Símbolo ou representação genérica. Características geométricas aproximadas.	Informações podem ser derivadas de outros modelos de elementos.
LOD 200	Objeto, montagem ou sistema genérico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Características geométricas aproximadas.	Algumas informações não gráficas podem ser incluídas.
LOD 300	Objeto, montagem ou sistema específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Características geométricas confiáveis.	Algumas informações não gráficas podem ser incluídas.
LOD 350	LOD 300 com inclusão da interface com outros sistemas da construção.	Algumas informações não gráficas podem ser incluídas.
LOD 400	LOD 350 com inclusão de detalhes de fabricação, montagem e instalação.	Informações sobre marca e modelo dos objetos são incluídas.
LOD 500	Verificação em campo da geometria, localização, quantidade e orientação	Informações não gráficas são incluídas.

O BIM Forum 2018 alerta que os LOD não estão vinculados diretamente para diferentes fases do processo construtivo, sendo que isso deve ser feito por cada equipa de projeto. A disponibilidade de informações mais precisas tende a reduzir os riscos de falhas na comunicação entre os envolvidos no projeto, quando as expectativas para diferentes fases de projeto são estabelecidas previamente. É importante definir o que se espera que cada membro do projeto entregue e qual o volume de trabalho é necessário para cada entrega. O conteúdo desta especificação inicia-se com uma declaração do que é a Especificação LOD e como utilizá-la, o esclarecimento das mudanças realizadas a partir da versão anterior e as novidades do documento. A partir disso, são apresentados exemplos descritivos e gráficos de uso do LOD para: i) espaços; ii) estruturas; iii) subestruturas; iv) vãos; v) revestimentos; vi) sistemas de instalações; vii) equipamentos; viii) mobiliário; ix) entre outros. O BIM Forum não trabalha com escala gráfica, mas sim com aspetos gráficos importantes para cada LOD. Um dos exemplos desenvolvidos no BIM Forum 2018 é o de uma parede interior de *drywall* (Figura 12) de uma edificação (BIM Forum, 2018).

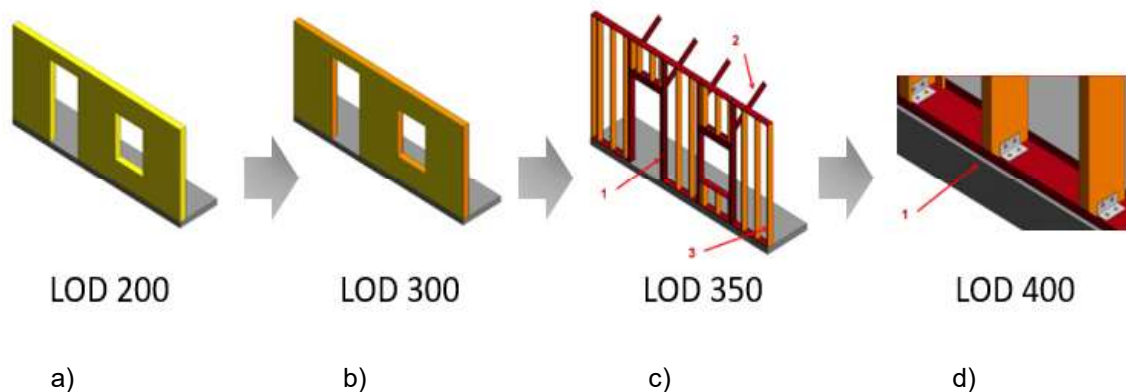


Figura 12: Níveis de Desenvolvimento de uma parede interior de *drywall*, adaptado de (BIM Forum, 2018).

No LOD 100, esta parede não existe nem tem informação. Já no LOD 200 (Figura 12a) ela é modelada como uma parede maciça qualquer com os vazios dos vãos. No LOD 300 (Figura 12b) tem a classificação como uma parede interna do tipo *drywall* e a localização é específica. A estrutura interna da parede (perfis metálicos) é inserida no LOD 350 (Figura 12c) para promover uma interação com o projeto de instalações. Por fim, no LOD 400 (Figura 12d) são adicionados os detalhes de ligação e fabricação dos perfis e placas da parede. O LOD 500 consiste numa verificação em campo de questões gráficas e não gráficas dos elementos após a construção. O BIM Forum 2018 alega não o especificar ou ilustrar por não ser uma indicação de progresso no grau de detalhe geométrico ou de informações não gráficas (BIM Forum, 2018).

O Guia CBIC (2016) aprofunda mais o conceito do LOD 500 relacionando-o com as telas finais e compilação técnica de uma edificação ou instalação. Este nível de desenvolvimento é o grau final de representação de um projeto como de facto ele foi construído. Um modelo em LOD 500 está autorizado a ser utilizado para manutenção e gestão de ativos (CBIC – Parte 1, 2016).

3.3.2. Caderno BIM de Santa Catarina

O Caderno BIM de Santa Catarina é um documento oficial publicado pelo Governo de Santa Catarina, do Brasil, com o objetivo de ser utilizado como base pelos prestadores de serviços e atores públicos envolvidos nos processos licitatórios com projetos em BIM. Há também a procura por simplificar a análise e interpretação de informações dos projetos e construções, facilitar a documentação dos projetos e agilizar os processos de comunicação. O documento é iniciado pela conceptualização do BIM, da gestão das fases de projeto de edificações e dos Níveis de Desenvolvimento. Posteriormente são apresentados os requisitos para o BIM, as condições para o desenvolvimento de projetos de edificações em BIM, as nomenclaturas e os elementos do projeto. Em complemento, há recomendações quanto à gestão do plano de execução BIM, documentos anexos ao projeto e planeamento preliminar de execução da obra. O conteúdo dos Níveis de Desenvolvimento deste Caderno é inspirado no BIM Forum de 2014, tendo sido realizadas algumas adaptações à realidade brasileira. Os Níveis de Desenvolvimento (ND) têm uma relação direta com as fases do projeto e a escala de visualização, e possuem 7 níveis: i) ND 0; ii) ND 100; iii) ND 200; iv) ND 300; v) ND 350; vi) ND 400; vii) ND 500 (Governo de Santa Catarina, 2014).



Os elementos do ND 0 são utilizados na fase de Conceção do Projeto quando são feitos o levantamento de dados, a vistoria ao local proposto, o programa de necessidades e o estudo de viabilidade. Os dados incluídos ao ND 0 são de informação financeira, urbanística, do meio ambiente e fundiária, assim como o esboço do projeto em escala livre. Na fase de estudo preliminar utiliza-se o ND 100 relacionado com o estudo de massa, isto é, projeto com apresentação volumétrica em escala 1:100. Aqui os elementos são incluídos no projeto como objetos tridimensionais representados graficamente de forma genérica ou por símbolos. A definição do cronograma de projetos e as reuniões de discussão das diretrizes e soluções do empreendimento são atividades realizadas nesta fase. O ND 200 corresponde ao anteprojecto no qual são desenvolvidos e compatibilizados os Projetos Básicos Arquitetónico, Estrutural e Complementares em escala de 1:100. Neste Nível de Desenvolvimento os elementos passam a ser objetos

genéricos com dimensões básicas também genéricas e já há informações necessárias para verificação da viabilidade econômica e técnica. As informações do ND 200 servem como base para a execução do Projeto Legal com ND 300. Os Projetos Legais de Arquitetura, Estrutura e Complementares são utilizados no processo de aprovação e acompanhamento da obra no Órgão Público responsável pela região. A representação gráfica agora é como um sistema específico, objeto ou conjunto, com informações como quantidade, localização, orientação, forma e tamanho (Governo de Santa Catarina, 2014).

Somente no ND 350, o projeto passa a ficar mais detalhado com uma escala de 1:50. O Projeto Básico evolui para um trabalho de interfaces entre especialidades onde são solucionados os conflitos entre os sistemas. Os Memoriais Descritivos e de Cálculo são elaborados nesta fase. Os elementos genéricos, no ND 350, chegam ao seu modelo final com uma consolidação dos ambientes e articulações em geral da obra. Com o objetivo de suprir todas as informações necessárias para a produção e execução da obra, o desenvolvimento final e a pormenorização de todos os elementos do empreendimento em ND 400 ocorrem na fase do Projeto Executivo. Informações completas e alta precisão caracterizam o estado dos elementos dos Modelos BIM Finais, e também o Orçamento, Cronograma Físico-financeiro e Cadernos de Encargos são realizados nesta fase (Governo de Santa Catarina, 2014).

Por fim, após a conclusão da obra, os elementos são verificados e classificados como ND 500 e todos os projetos são registrados e documentados. O projeto de telas finais e compilação técnica são então elaborados nesta fase final. Os elementos em ND 500 têm as informações para servir como base para os serviços de manutenção e operação do empreendimento. Este documento apresenta um resumo geral das relações entre os Níveis de Desenvolvimento, as fases da construção e as fases do projeto (ver Quadro 3). São incluídos também exemplos (Quadro 4, Quadro 5, Quadro 6) de informações necessárias para determinados elementos em cada Nível de Desenvolvimento (Governo de Santa Catarina, 2014).

Quadro 3: Fases, Etapas e Nível de Desenvolvimento de Projetos e Representação Gráfica (Governo de Santa Catarina, 2014).

Quadro 1 - Fases, Etapas e Nível de Desenvolvimento (BIM) de Projetos e Representação Gráfica							
REPRESENTAÇÃO							
DESCRIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento de informações (Urbanísticas, ambientais, fundiárias e econômicas); - Identificação das necessidades; e Esboço 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos esquemáticos; - Volumetria geral edifício; - Análise do pédo interno (volumes, orientação, os custos de metragem quadrada). 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento do desenho e do modelo; - Sistemas/conjuntos genéricos (quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização, orientação); - Análise de desempenho do sistema selecionado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento da modelagem da construção; - Criação da documentação pela geração de desenhos tradicionais; - Análise dos elementos/sistemas; - Inclusão de atributos e parâmetros definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Finalização da modelagem da construção; - Construção da documentação; - Modelos finais sem as informações e detalhes de especificações com os correspondentes desenhos; - Análise detalhada de elementos/sistemas; - Inclusão de atributos e parâmetros definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento e administração da construção; - Modelos finais com as informações, detalhes de montagens e suas especificações com os correspondentes desenhos; - Tabelas de quantitativos precisas, que incluem, tamanhos, formas, localização e orientação dos elementos e objetos do projeto; - Representações virtuais dos elementos propostos, adequados para construção, fabricação e montagem. 	
NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO	ND 0	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400	
ETAPAS	Levantamento de Dados (LV) Programa de Necessidades (PN) Estudo de Viabilidade (EV)	Estudo Preliminar (EP)	Anteprojeto (AP)	Projeto Legal (PL)	Projeto Básico (PB)	Projeto Executivo (PE)	Licitação da Obra Contratação da Obra Obra Concluída
FASES	Concepção do Produto	Definição do Produto	Identificação e Solução de Interfaces			Projeto de Detalhamento de Especialidades	Pós-Entrega do Projeto

Quadro 4: Informações de paredes exteriores e interiores em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).

Paredes externas e internas					
Informações	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400
Tipo e espessura	x	x	x	x	x
Restrição da base	x	x	x	x	x
Deslocamento da base	x	x	x	x	x
Deslocamento do topo	x	x	x	x	x
Restrição do topo	x	x	x	x	x
Altura	x	x	x	x	x
Delimitador de cômodo	x	x	x	x	x
Função		x	x	x	x
Material do núcleo		x	x	x	x
Materiais das faces			x	x	x
Fabricante					x
Classificação DEINFRA			x	x	x
Classificação SINAPI			x	x	x
Classificação Omniclass			x	x	x
Classificação Unifomat			x	x	x
Resistência acústica					x
Resistência ao fogo					x
Custo por m ²					x
Fase construtiva	x	x	x	x	x

Quadro 5: Informações de portas em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).

Portas					
Informações	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400
Tipo e dimensões da folha (dimensão da alvenaria e dimensão de acesso)	x	x	x	x	x
Nível do pavimento	x	x	x	x	x
Material da folha			x	x	x
Tipo e dimensões dos batentes			x	x	x
Material dos batentes			x	x	x
Tipo e dimensões das guarnições			x	x	x
Acabamento da folha					x
Acabamento dos batentes					x
Acabamento das guarnições					x
Fabricante					x
Classificação DEINFRA			x	x	x
Classificação SINAPI			x	x	x
Classificação Omniclass			x	x	x
Classificação Unifomat			x	x	x
Representação de solução				x	x
Resistência acústica					x
Resistência ao fogo					x
Custo por unidade					x
Fase construtiva	x	x	x	x	x

Quadro 6: Informações de itens do projeto de arquitetura e complementares em função do ND (Governo de Santa Catarina, 2014).

Demais itens do projeto Arquitetônico e complementares					
Informações	ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400
Tipo e dimensões	x	x	x	x	x
Função		x	x	x	x
Material			x	x	x
Fabricante			x	x	x
Classificação DEINFRA			x	x	x
Classificação SINAPI			x	x	x
Classificação Omniclass			x	x	x
Classificação Unifomat			x	x	x
Representação de solução				x	x
Resistência ao fogo					x
Custo por unidade					x
Fase construtiva	x	x	x	x	x

3.4. Análise comparativa dos requisitos

O BIM Forum 2018 e o Caderno de Santa Catarina (2014) são documentos que apresentam muitas semelhanças quando comparados por LOD e ND (ver Quadro 7). Os conteúdos desde o LOD 100 até ao LOD 500 encontram-se bastante alinhados, tanto nos aspetos gráficos como nos não gráficos. Um dos principais pontos de similaridade consiste em que os dois guias utilizam os termos de representação genérica e representação específica para os mesmos Níveis de Desenvolvimento. O Caderno extrapola o BIM Forum na apresentação do ND 0 e na relação bem direta feita entre os ND e as fases e escalas do projeto (BIM Forum, 2018; Caderno de Santa Catarina, 2014).

A ISO 19650-1 (2018) demonstra uma tendência da comunidade europeia para lidar com os Níveis de Desenvolvimento de uma forma mais flexível e adaptável a diferentes projetos. O conceito de Nível de Informação Necessário e alguns detalhes de requisitos de informação são apresentados nesta norma ISO, apesar de ainda não ter sido lançada uma norma específica sobre o Nível de Informação Necessário (ISO 19650-1, 2018).

As normas ISO 19650-1 e ISO 19650-2 (2018) englobam a BS 1992-4 (2014) em certos pontos, apesar desta última ter uma maior pormenorização quanto ao trabalho com o COBie. Relativamente aos Níveis de Desenvolvimento, identifica-se serem bem divididos e apresentam uma linguagem comum para descrição dos seus requisitos (NBS, 2014; BS 1992-4, 2014).

Quadro 7: Comparação entre os conceitos de Níveis de Desenvolvimento (adaptado de BIM Forum, 2018; Governo de Santa Catarina, 2014).

Nível de Desenvolvimento	BIM Forum - LOD	Caderno de Santa Catarina - ND
0	Não se aplica	Esboço + informações para análise de viabilidade
100	Representação genérica aproximada com informações derivadas de outros modelos.	Estudo de massa, Representação genérica + propostas de soluções
200	Representação genérica aproximada em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. + informações não gráficas	Representação genérica com dimensões básicas, Modelos BIM de partida compatibilizados
300	Representação específica confiável em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. + informações não gráficas	Representação específica em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação.
350	+ interface entre os sistemas construtivos + informações não gráficas	+ interface entre os sistemas construtivos
400	+ informações de montagem e instalação + informações sobre marca e modelo dos objetos	+ detalhamento de especialidades + informações para produção e execução da obra + alta precisão
500	Verificação em campo do tamanho, forma, localização, quantidade e orientação dos elementos + informações não gráficas	Verificação em campo + manuais

3.5. Níveis de Desenvolvimento versus Fase de Projeto

O desenvolvimento do projeto na construção de edifícios é composto por muitas especialidades como arquitetura, estrutura e instalações e tem o seu processo marcado

pela sucessão de diferentes etapas com soluções progressivas. Assim, o processo de projeto é dividido em fases, onde as decisões são tomadas entre propostas alternativas, propostas estas que vão sendo substituídas por soluções construtivas mais amadurecidas e desenvolvidas ao longo do tempo (Fabrício, M. et al, 1998).

Quando a indústria da construção contratava apenas modelos 2D, o valor dos projetos estava vinculado às peças de desenhos entregues. Com a implementação de modelos BIM, as informações agora são baseadas nos modelos digitais e estão vinculadas a um nível de maturidade em termos de concepção, discussão e coordenação do projeto. Uma contratação que abarca várias fases de desenvolvimento de um empreendimento como o programa base, o anteprojeto ou o Projeto de Execução precisa de ter como base os critérios de avaliação da progressão e da evolução dos modelos BIM. Esta análise pode ser baseada nos Níveis de Desenvolvimento das disciplinas de projetos. O Guia CBIC (2016) relata ainda que, a padronização de Nível de Desenvolvimento aumenta a compreensão da relação entre as fases de desenvolvimento tipicamente utilizadas no Brasil, apesar de ainda não ser possível estabelecer uma correlação exata (CBIC – Parte 3, 2016).

A Portaria n.º 701-H/2008 de Portugal indica que os projetos de obras públicas são desenvolvidos em 4 fases: i) Programa base, ii) Estudo Prévio, iii) Anteprojeto e iv) Projeto de Execução e assistência técnica (Figura 13). No caso de obras de reforma, ampliação ou reabilitação pode haver ajuste nesta estrutura. Apesar de neste documento serem detalhados os resultados esperados para cada fase, não é apresentada uma relação com os Níveis de Desenvolvimento BIM. O Programa Base apresenta as soluções adotadas pelo projetista para compreensão do Dono da obra (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

O Estudo Prévio já desenvolve projetos iniciais e pormenorização de informações, para melhor alinhamento quanto às soluções do projeto. Após aprovado o Estudo Prévio, é realizado o Anteprojeto com projetos detalhados e outros elementos informativos, nos quais consegue-se esclarecer o modelo de execução da obra. Por fim, o Projeto de Execução consiste num conjunto coordenado de informações gráficas e não gráficas claras e compatibilizadas para execução da obra (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Concluída a execução da obra, a assistência técnica tem como atribuição elaborar as telas finais com base no Projeto de Execução e nas eventuais alterações em campo fornecidas pelo Dono da Obra. Apesar de não ser considerada uma fase de projeto, as Telas finais são definidas na Portaria portuguesa como o conjunto de desenhos finais

do projeto que integra as alterações realizadas no decorrer da obra e indica o que de facto foi construído. (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

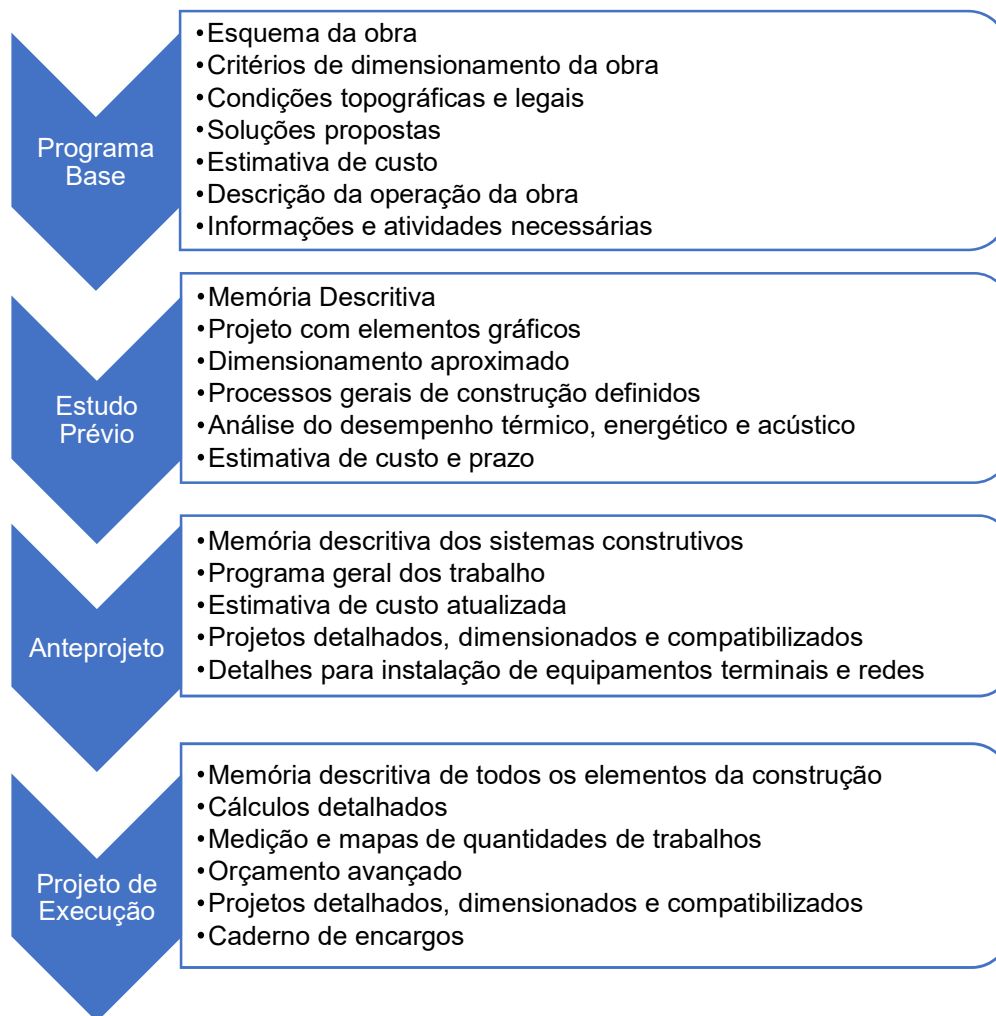


Figura 13: Componentes de cada fase de projeto (adaptado de Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

No final da construção, informações valiosas podem ser utilizadas para gestão de ativos, operação e manutenção do empreendimento para promover um melhor desempenho do ativo. A exploração é a fase do ciclo de vida do empreendimento na qual o modelo de monitorização e manutenção é elaborado pela assistência técnica especial após as telas finais (Computer Integrated Construction Research Program, 2010; CT197-BIM, 2017; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

O Caderno BIM de Santa Catarina (2014) estabelece uma relação direta entre o Nível de Desenvolvimento e a fase de projeto (item 3.3.2). O Quadro 8 apresenta esta relação vinculada à descrição dos elementos entregues em cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014).

Quadro 8: Níveis de Desenvolvimento para cada fase do projeto, adaptado de (Governo de Santa Catarina, 2014).

Nível de Desenvolvimento	Fase de Projeto	Descrição da Fase de Projeto
ND 0	Conceção	Levantamento de dados, Programa de necessidades, Estudo de Viabilidade, Escopo
ND 100	Estudo Preliminar	Modelos BIM com Estudo de massa (volumétrico), Vistoria no local, Cronograma de projetos
ND 200	Anteprojeto	Modelos BIM genéricos de arquitetura, estrutura e instalações compatibilizados e com dimensões básicas
ND 300	Projeto Legal	Modelos BIM específicos de arquitetura, estrutura e instalações compatibilizados e com dimensões básicas, Documentação para legalização nos órgãos da região
ND 350	Projeto Básico	Modelos BIM compatibilizados pela interação entre interfaces com soluções consolidadas, Memoriais Descritivos e de Cálculo
ND 400	Projeto Executivo	Modelos BIM finais com detalhamento das especialidades para realização da obra, Cronograma físico-financeiro, Orçamento, Caderno de encargos, Planeamento de execução da obra
ND 500	<i>As built</i> ²	Verificação dos elementos em campo, Manuais do proprietário, Conteúdo para operação e manutenção do empreendimento

Apesar de não serem semelhantes, é possível estabelecer um paralelo entre as fases de projeto atribuídas em Portugal e no Brasil (Quadro 9). Apesar de não serem consideradas fases de projeto em Portugal, as telas finais e a exploração são estágios

² *As built* é a nomenclatura utilizado no Brasil para as Telas Finais e Compilação Técnica.

pós-obra que podem ser comparadas com algumas fases brasileiras (Caderno de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Quadro 9: Paralelo entre as fases de projeto adotadas em Portugal e no Brasil (Caderno de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Portugal	Brasil
Programa Base	Conceção
Estudo Prévio	Estudo Preliminar
Anteprojeto	Projeto Legal
Projeto de Execução	Projeto Executivo
Telas Finais	<i>As Built</i>
Exploração	Operação e Manutenção

3.6. Considerações finais

As normas, apesar de trazerem alguns exemplos, ainda não são suficientes para trazer a questão dos requisitos dos Níveis de Desenvolvimento para a prática da modelação em BIM. Desta forma, os guias apresentaram-se como um bom suporte para os profissionais da área.

Ao comparar o conteúdo das normas apresentadas é possível identificar que elas se complementam mais do que convergem ou divergem, por cada uma trazer especificações do seu foco. Já os guias BIM estudados têm muita similaridade, mas o Caderno de Santa Catarina extrapola e faz ligações a mais que o BIM Forum 2018.

As fases de projeto podem-se alterar de acordo com o local de estudo e a fonte pesquisada, tanto na nomenclatura como na segmentação interna das mesmas. Entretanto, é possível estabelecer um paralelo claro entre as fases adotadas em Portugal e no Brasil.

4. Estrutura generalista de informações para cada fase de projeto em modelos BIM

4.1. Considerações iniciais

O Nível de Desenvolvimento baseado no LOD do BIM Forum 2018 traduz um modelo que, apesar de ser muito utilizado a nível mundial, se mostra rígido e tem recebido críticas de especialistas e utilizadores. Neste contexto surge o Nível de Informação Necessário, baseado na definição de requisitos de informação para a modelação em BIM. Apesar deste conceito ter sido exposto nas normas ISO 19650-1 (2018) e ISO 19650-2 (2018), até ao momento de apresentação do presente trabalho não há registo de guias oficiais que tornem tangível a sua utilização.

Neste contexto, identifica-se a necessidade de uma estrutura generalista, de como os requisitos de informação podem ser definidos para cada fase de projeto, em modelos BIM e que pretende ser o ponto de partida para estabelecimento de um parâmetro generalista, no qual os arquitetos e engenheiros se apoiem para adaptar a realidade de cada projeto.

O presente capítulo procura apresentar, além dessa estrutura, qual foi a metodologia utilizada para na sua realização. Os materiais de referência, as ligações utilizadas, as restrições e considerações adotadas para chegar a essa estrutura são pormenorizados adicionalmente.

4.2. Relato de experiência

A Conie Empreendimentos é uma construtora que utiliza o BIM em obras de edifícios residenciais e comerciais desde o ano de 2013. A empresa, localizada no município de Salvador, do estado da Bahia, no Brasil, partilhou um relato da sua experiência através do arquiteto Alexandre Landim numa entrevista online no dia 09 de julho de 2019. Atualmente, a Conie utiliza a metodologia BIM para planeamento, modelação, compatibilização e extração de quantidades.

O procedimento padrão da empresa consiste na contratação dos projetos de arquitetura bidimensionais, em molde tradicional, do projeto de estruturas também em 2D e em *Industry Foundation Classes* (IFC) e do projeto de instalações elétricas e de sistemas de águas e esgotos bidimensional tradicional. Excecionalmente para o projeto de arquitetura, a empresa optou por modelar em BIM o projeto contratado em 2D, de acordo com as suas necessidades internas para a fase de construção, e, segundo o entrevistado, afirma ter apresentado resultados mais práticos com este procedimento.

O requisito de informação estabelecido pela Conie ao contratar estes gabinetes de projeto é que as quantidades possam ser extraídas automaticamente dos projetos, por meio de *softwares* que utilizam a metodologia BIM.

O LOD é um ponto de discussão constante na empresa por apresentar um excesso de informação ao ser executado rigidamente de acordo com o BIM Fórum. Perante isso, a empresa precisou de fazer adaptações ao conceito apresentado pelo BIM Fórum para a sua realidade, tendo, por exemplo, retirado os acessórios das caixilharias para tornar os ficheiros mais leves, mesmo que o LOD utilizado indicasse incluir estes acessórios. O grau de detalhe geométrico e de informações tem como premissa inicial a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) definida pelo gestor de cada obra.

O arquiteto relata que o BIM elimina incertezas, aumenta a qualidade visual, permite a extração de quantidades de forma mais precisa e que as informações sejam partilhadas com mais detalhes. Além disso, o facto de realizar projetos em BIM, promoveu oportunidades de contratos para a empresa, apesar de reconhecer o alto volume de trabalho necessário para aplicar a referida metodologia.

4.3. Definição das fases de projeto

A sucessão de diferentes etapas com soluções progressivas dentro de um projeto é definida como fase de projeto. Para o presente estudo foi utilizado o padrão de fases de projeto de Portugal, definido na Portaria n.º 701-H/2008, devido ao local onde foi desenvolvido o estudo. O termo e a descrição de cada fase tende a alterar-se dependendo do local e fonte de estudo, mas é possível identificar no Quadro 9, do capítulo anterior, um paralelo entre as fases de projeto adotadas em Portugal e no Brasil (Caderno de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

O Programa Base consiste numa fase em que apenas é definido se será utilizada a metodologia BIM, mas não há nenhuma relação clara com os requisitos de informação. Por não ser um aspeto de relevância para o objetivo do estudo, esta fase não será desconsiderada na análise. O Estudo Prévio consiste na fase de análise volumétrica com dimensionamento aproximado e definição dos processos gerais da edificação. O BIM tem potencial para impactar na melhoria das tomadas de decisão devido ao seu rápido *feedback*. Diante da aplicabilidade e benefícios do BIM para esta fase do projeto, o Estudo Prévio será analisado no presente estudo. A fase do projeto compreendida como Anteprojeto tem como produto os projetos de arquitetura, estrutura e instalações detalhados, dimensionados e compatibilizados. A metodologia BIM está pautada num trabalho colaborativo intenso, o que permite uma compatibilização mais assertiva. Além

disso, os *softwares* disponíveis no mercado atual permitem a realização e análise destes projetos. Desta forma, o Anteprojeto também fará parte da análise dos requisitos de informação. A integração entre projeto e construção é um ponto em que a metodologia BIM tem um grande impacto por promover a partilha de informações de forma prática e assertiva. A fase do Projeto de Execução está incluída na análise do presente estudo por necessitar desta integração e de um elevado nível de informações (Portaria n.º 701-H/2008, 2008; Eastman, C. et al., 2014).

As telas finais são relacionadas no BIM Forum 2018 com o LOD 500 que consiste na verificação em campo do tamanho, forma, localização, quantidade e orientação dos elementos. O Caderno de Santa Catarina também tem esta relação direta entre o LOD 500 e as telas finais. Na Portaria n.º 701-H/2008, apesar de não ser caracterizada como fases de projeto, as telas finais são destacadas como procedimento fundamental a ser realizado logo após a obra. Diante do cenário de importância das telas finais para os modelos BIM, estas serão consideradas no presente estudo (Caderno de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008; BIM Forum, 2018).

Além dos benefícios do BIM para as fases de projeto, construção e elaboração de telas finais, modelos BIM podem ser desenvolvidos para a fase de exploração do empreendimento. Estes modelos têm como objetivo servir de referência e base de dados para os processos de gestão, operação e manutenção do edifício. Neste caso, os objetos BIM devem ser bem específicos e correspondentes aos sistemas reais que integram a edificação. Cabe destacar que os modelos de Exploração podem ser mais simples do que os modelos do Projeto de Execução, caso sejam eliminadas e eliminadas informações que já não são necessárias para essa fase pós-obra. Mas também é necessário incluir outras informações como identificação dos equipamentos e zoneamentos para fornecer a base de dados necessária para a gestão da operação e manutenção. A alta aplicabilidade no ramo da engenharia e certas peculiaridades quando comparado às fases anteriores são os pontos que justificam a inclusão da exploração nesta análise (CBIC – Parte 1, 2016; Governo de Santa Catarina, 2014; CT197-BIM, 2017).

Uma das principais barreiras em relação aos modelos de exploração, está na atualização fiel às alterações realizadas no empreendimento, identifica-se a necessidade inclusive de contratação de profissionais para a referida atualização em grandes empreendimentos. Além disso, é essencial a definição de quais são as informações úteis para os serviços de operação e manutenção e a participação da

equipa de gestão de ativos desde a conceção e modelação em BIM do projeto (Ashworth, S., Tucker, M., 2017).

Face ao exposto, a análise dos requisitos de informação dos modelos BIM para cada fase de projeto será desenvolvida nas seguintes fases: i) Estudo Prévio; ii) Anteprojeto; iii) Projeto de Execução; iv) Telas Finais; v) Exploração. Vale a pena ressaltar que as adequações feitas ao padrão português foram no sentido de explorar ao máximo os potenciais e as demandas da metodologia BIM com a temática.

4.4. Definição das Especialidades e suas categorias principais

A Portaria n.º 701-H/2008 apresenta seu Anexo II a classificação das obras por categorias, onde as obras de edifícios são divididas por especialidades como: i) arquitetura; ii) instalações, equipamentos e sistemas; iii) cada segmento da área de infraestrutura. Dado que a área de infraestrutura não faz parte do objetivo do estudo, ela não será desconsiderada nesta análise. De forma mais detalhada, considera-se que a lista de Especialidades de edifícios e instalações, equipamentos e sistemas consiste em:

- i. Edifícios
 - a. Arquitetura
 - b. Fundações e Estruturas
 - c. Obras de escavação e contenção
- ii. Instalações, equipamentos e sistemas
 - a. De água e esgoto
 - b. Elétricos
 - c. De comunicação
 - d. De aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC)
 - e. De gás
 - f. De transporte de pessoas e cargas
 - g. Segurança integrada
 - h. Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Com o objetivo de simplificar a estrutura de requisitos de informação, serão adotadas como especialidades a Arquitetura, Estruturas e Instalações, equipamentos e sistemas. A especialidade de estrutura contempla também as Fundações, sendo que a especialidade de instalações, equipamentos e sistemas representa todas as

especialidades secundárias apresentadas na lista anterior: i) água e esgoto; ii) eletricidade; iii) comunicação; iv) AVAC; v) de gás; vi) de transporte de pessoas e cargas; vii) segurança integrada; viii) sistemas de gestão técnica centralizada (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Um estudo feito na Irlanda indicou que 70% da comunidade que utiliza BIM no país é utilizador da *Autodesk*, e apesar de não existirem estudos do gênero em Portugal ou no Brasil, pode-se inferir que será expectável tendência semelhante. Devido à massiva utilização da *Autodesk*, as especialidades analisadas no âmbito do presente trabalho são comparadas às especialidades exibidas pelo *software Revit* da *Autodesk* (NBS, 2019).

As especialidades exibidas no *Revit* (Figura 14) são Arquitetura, Estrutura, Aço e Sistemas. A Arquitetura assemelha-se à descrição desta especialidade na Portaria n.º 701-H, assim como os Sistemas se assemelham com a descrição desta Portaria da especialidade de Instalações, equipamentos e sistemas. Como Aço está bastante vinculado a estruturas é possível entendê-las em uma única especialidade nomeada Estrutura, também coincidente com a descrição de Fundação e Estruturas da Portaria. Diante disto é possível validar que os conceitos provenientes da Portaria são aplicados pelo *software Revit* (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

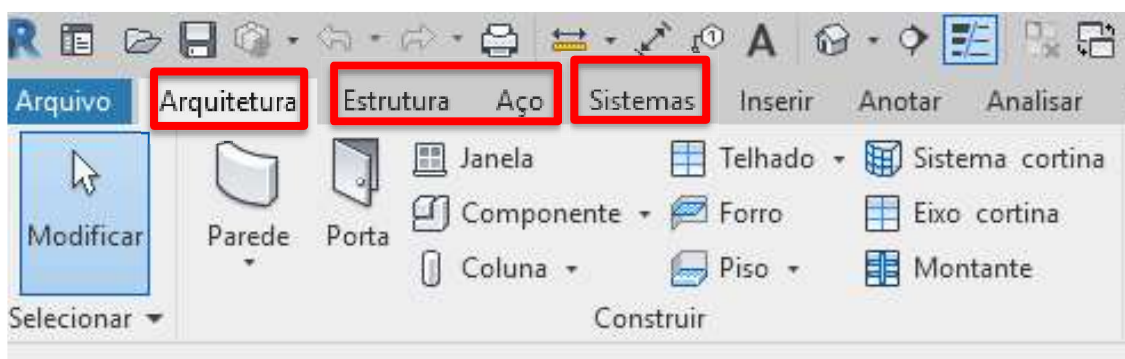


Figura 14: Especialidades presentes na interface do Revit.

A secção I, do Capítulo II, da Portaria n.º 701-H/2008, apresenta os elementos essenciais de cada fase de projeto para edifícios. As categorias comuns a serem trabalhadas são: i) piso; ii) caixilharia; iii) paredes; iv) mobiliário; v) tetos. A cobertura não é um ponto descrito na Portaria, mas será adicionada devido a sua importância em todas as fases do empreendimento (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

A descrição destas categorias de elementos foi pesquisada num Dicionário Português (EngenhariaCivil.com) e num Dicionário Brasileiro (Dicionário E-Civil) com o objetivo de trazer descrições tangíveis para os dois países. Neste sentido, Piso é considerado como

a base de qualquer construção em que se apoia o contrapiso. Também descrito como pavimento ou chão revestido. A caixilharia é a designação dada ao conjunto de caixilhos, caixilhos estes considerados tanto em Portugal como no Brasil, como suporte que recebe os vidros de portas e janelas. Com o objetivo de simplificar a estrutura proposta no presente trabalho, a nomenclatura de caixilharia englobará tanto os caixilhos como as próprias janelas e portas também e todos os seus acessórios constituintes (EngenhariaCivil.com, 2019; Dicionário E-Civil, 2019; 360 Arquitetura, 2019).

O Teto consiste na zona superior situada no interior de edifícios que é usualmente descrito em Portugal como Teto falso e que se distancia da estrutura resistente, como por exemplo uma laje. O termo brasileiro, no caso de teto corresponde a forro, considerado como o material que reveste o teto promovendo um isolamento térmico entre o telhado e o piso. Os elementos usados para delimitar, vedar e/ou separar espaços e ambientes são designados, nos dois países de língua portuguesa estudados, como parede, podendo assumir uma função estrutural ou não. Esta categoria de elemento é usualmente constituída de alvenaria, madeira, betão ou vidro. Todas as camadas como pintura e isolamento acústico são considerados como parte constituinte das paredes. Mobiliário, um conceito apresentado na Portaria n.º 701-H/2008, consiste no conjunto de móveis, peças ou equipamentos de uma divisão ou espaço. O mobiliário possui características e um uso específico, sendo como exemplo dessa categoria bancos, cama ou mesa. Um consenso entre Portugal e Brasil, refere-se à Cobertura, que consiste no conjunto de madeiramento e telhas que permite a proteção ao empreendimento. Telhado e terraço de um edifício são tipos de cobertura (EngenhariaCivil.com, 2019; Dicionário E-Civil, 2019; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Em relação às Estruturas são destacadas, na Portaria n.º 701-H/2008, as categorias de fundações, vigas, pilares e lajes. A fundação é o alicerce da construção composto por um conjunto de elementos estruturais responsáveis pelo sustentamento da construção. As fundações superficiais ou profundas têm a função de distribuir as cargas da edificação no terreno. O elemento vertical que compõe a estrutura de uma construção é denominado de pilar. Ele geralmente é composto por betão armado, concreto armado no Brasil, mas também pode ser de madeira, aço, pedra ou alvenaria. Se tiver formato circular é descrito como coluna. Uma viga é um elemento linear estrutural sujeita principalmente a esforços de flexão. O seu papel numa estrutura é transferir a carga das lajes e demais elementos para os pilares. A laje, por outro lado, é uma estrutura plana horizontal que atua como divisória e base aos níveis da construção. Os materiais das

vigas e lajes podem variar assim como descrito para pilares (EngenhariaCivil.com, 2019; Dicionário E-Civil, 2019; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Já as instalações, equipamentos e sistemas possuem como principais componentes as tubagens e equipamentos. Os equipamentos desta especialidade, no presente trabalho, são exemplificados por elementos como as louças sanitárias, caixas de inspeção, quadros de distribuição e luminárias. A nomenclatura tubagem da Portaria n.º 701-H/2008, designada no Brasil como tubulação, é o conjunto ou reunião de tubos, conexões, registos e ligações interligados entre si para proporcionar a distribuição e o transporte de fluidos (Portaria n.º 701-H/2008, 2008; Dicionário E-Civil, 2019; Dicionário Priberam, 2019).

Considerando o exposto, a lista de especialidades e suas subcategorias apresenta-se como:

- i. Arquitetura: Parede; Piso; Tetos; Cobertura; Caixilharia; Mobiliário;
- ii. Estrutura: Fundação; Pilar; Viga; Laje;
- iii. Sistemas: Equipamentos; Tubagem.

Após a definição das especialidades e suas categorias de elementos, é essencial para cada fase do projeto, a análise de qual o objetivo a ser atingido pelos projetos a serem executados, quais as especialidades envolvidas e quais são os profissionais envolvidos neste processo. Este é um exercício que necessita ser realizada desde o Estudo Prévio até à Exploração.

Na fase de projeto do Estudo Prévio apresentam-se as soluções iniciais a nível volumétrico para o empreendimento por meio de peças escritas e desenhadas. O objetivo desta fase consiste em permitir a análise destas soluções por parte do dono da obra. Neste sentido, a especialidade de Arquitetura é a única envolvida nesta etapa e os aspetos geométricos têm elevada importância. O dono da obra e o arquiteto são os principais agentes desta fase. Seguidamente, no Anteprojeto, as soluções aprovadas pelo dono da obra são desenvolvidas e pormenorizadas. Com o objetivo de dimensionar a obra, os projetos das especialidades de Arquitetura, Estrutura e Sistemas são elaborados e compatibilizados nesta fase. Além disso, os profissionais destas áreas, assim como o dono da obra, são agentes de forte atuação nesse momento (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

O Projeto de Execução é a fase seguinte em que todos os projetos são pormenorizados e compatibilizados novamente, para entregar todas as informações necessárias para a

execução da obra. As especialidades e profissionais envolvidos são os mesmos da fase anterior, mas dependendo do tipo de contratação e da dimensão da obra, a empresa construtora pode ter participação ativa. Concluída a execução da obra, os projetistas de todas as especialidades realizadas elaboram as Telas Finais que traduzem o que de facto foi construído. Estas informações são fornecidas pelo Dono da obra, mas são executadas pelos projetistas (Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

As informações sobre manutenção, são progressivamente apresentadas nas fases de projeto conforme apresentado na Portaria n.º 701-H (2008). Contudo, um modelo de exploração deve ser elaborado no pós-obra para orientar os processos de gestão, verificação e revisão do empreendimento por parte do gestor do ativo. Todas as especialidades executadas podem estar envolvidas, mas é analisado para cada caso o que é de facto necessário estar incluído nesse modelo (Portaria n.º 701-H/2008, 2008; Ashworth, S., Tucker, M., 2017).

Assim, torna-se possível identificar que cada fase do projeto tem os seus objetivos específicos, especialidades envolvidas e profissionais que atuam nela. Além disto, cada especialidade tem suas categorias de elementos em sequência também.

4.5. Definição da lista de requisitos de informação

Os requisitos de informação apresentam-se como um ponto essencial para a partilha de informações e trabalho colaborativo que marca a metodologia BIM, sendo preciso compreender o fluxo de informação e estabelecer quais as informações que são necessárias para contratar, modelar, partilhar projetos e executar o projeto em obra. Neste cenário, o conceito de Nível de Informação Necessário apresenta-se como uma estrutura estratégica para a definição dos requisitos básicos de informação (ISO 19650-1, 2018).

O Caderno BIM de Santa Catarina (2014) apresenta uma lista de informações que são necessárias para os LOD relativos a paredes exteriores e interiores, portas e itens do projeto de arquitetura e complementares (Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5). Como o mesmo documento apresenta uma relação direta entre os LOD e as fases do projeto (Quadro 6), é possível ligar as informações com as fases de projeto portuguesas e brasileiras (Quadro 9) (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Como tal, pode-se inferir que o Estudo Prévio (Portugal) corresponde ao Estudo Preliminar (Brasil) que é indicado como LOD 100, o Anteprojeto corresponde ao Projeto

Legal que é indicado como LOD 300 e o Projeto de Execução corresponde ao Projeto Executivo que é indicado como LOD 400 (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

A relação entre as listas de informações e as fases de projeto de Portugal pode ser identificada no Quadro 10, no Quadro 11 e no Quadro 12.

Quadro 10: Requisitos de informação de itens do projeto de arquitetura e complementares para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Informações	Fases de Projeto		
	Estudo Prévio	Anteprojeto	Projeto de Execução
Tipo e dimensões	x	x	x
Função		x	x
Material		x	x
Fabricante		x	x
Classificação DEINFRA		x	x
Classificação SINAPI		x	x
Classificação Ominiclass		x	x
Classificação Unifomat		x	x
Representação de solução			x
Resistência ao fogo			x
Custo por unidade			x
Fase construtiva	x	x	x

O Quadro 10 e o Quadro 11 explicitam que os requisitos de informação vão-se intensificando a partir do avanço das fases de projeto. Além disso, as questões de acabamento e resistência são pontos que, para as portas e itens do Projeto de Arquitetura, só são tratados no Projeto de Execução.

Quadro 11: Requisitos de informação de portas para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Informações	Fases de Projeto		
	Estudo Prévio	Anteprojeto	Projeto de Execução
Tipo e dimensão da folha	x	x	x
Nível do pavimento	x	x	x
Material da folha		x	x
Tipo e dimensões dos batentes		x	x
Tipo de dimensões de guarnições		x	x
Acabamento da folha			x
Acabamento dos batentes			x
Acabamento das guarnições			x
Fabricante			x
Classificação DEINFRA		x	x
Classificação SINAPI		x	x
Classificação Ominiclass		x	x
Classificação Unifomat		x	x
Representação de solução			x
Resistência acústica			x
Resistência ao fogo			x
Custo por unidade			x
Fase construtiva	x	x	x

A título de exemplo, o Quadro 12 explicita que, no caso das paredes, as dimensões são propriedades que já deverão ser requisitadas desde o Estudo Prévio. Mas que as propriedades referentes ao material e sua classificação só são desenvolvidas no

Anteprojeto. Os três quadros demonstram que o Projeto de Execução é o mais pormenorizado e completo, quando comparado ao Estudo Prévio e Anteprojeto.

Quadro 12: Requisitos de informação de paredes para cada fase de projeto (Governo de Santa Catarina, 2014; Portaria n.º 701-H/2008, 2008).

Informações	Fases de Projeto		
	Estudo Prévio	Anteprojeto	Projeto de Execução
Tipo e espessura	x	x	x
Restrição de base	x	x	x
Deslocamento da base	x	x	x
Deslocamento do topo	x	x	x
Restrição do topo	x	x	x
Altura	x	x	x
Delimitador de cômodo	x	x	x
Função		x	x
Material do núcleo		x	x
Material das faces		x	x
Fabricante			x
Classificação DEINFRA		x	x
Classificação SINAPI		x	x
Classificação Ominiclass		x	x
Classificação Unifomat		x	x
Resistência acústica			x
Resistência ao fogo			x
Custo por m ²			x
Fase construtiva	x	x	x

Com o objetivo de tornar a estrutura mais funcional e flexível, é necessário realizar algumas adaptações à nomenclatura e organização utilizada no Caderno BIM de Santa Catarina. O termo “Tipo” é fundamental para modelos BIM e pode ser relacionado com as famílias do *software Revit*. Informações como “Restrição da base”, “Deslocamento

do topo”, “Dimensões” e “Nível do pavimento”, podem ser simplificadas a duas informações: “Dimensões” e “Localização”. O “Material” pode congrega todos as composições de materiais trabalhados e apresentados nos quadros acima e o “Fabricante” continua a ser uma informação essencial para o projeto. A fase construtiva vai ser indicada pela relação com as fases de projeto. Na fase de projeto nomeada Programa Base é definido se será utilizada metodologia BIM e qual o sistema de classificação como DEINFRA, SINAPI, Ominiclass e Unifomat serão adotados no desenvolvimento do projeto. Devido ao Programa Base não estar incluído na análise deste trabalho, os sistemas de classificação não serão consequentemente considerados na estrutura das necessidades de informação (Governo de Santa Catarina, 2014).

Conforme descrito no capítulo 2, o planejamento do custo por unidade ou m² é um tipo de uso da metodologia BIM, também conhecido como quinta dimensão. Por constituir um uso e não ser considerado uma propriedade, o custo por m² também não faz parte da análise. A resistência acústica e ao fogo podem ser resumidas no conceito de “Resistividade”, que pode ser aplicado para distintos casos.

Durante a modelação do Estudo Prévio do Caso de Estudo no capítulo seguinte foi identificada a necessidade de inserir a informação sobre a “Categoria” do elemento, porque no estudo volumétrico ainda não há necessidade de definir o “Tipo”, mas a categoria já se mostra como fundamental. Com o objetivo de atender à exploração, foi adicionada a informação de “Dados para operação e manutenção” que compreende em *tags* de identificação dos principais equipamentos, sistemas específicos e zonas que potencializam a análise e ocupação do empreendimento, assim como orientações de procedimentos para conservação dos elementos (CBIC – Parte 1, 2016).

Considerando o exposto, as necessidades de informações generalistas apresentam-se como: i) Categoria; ii) Tipo; iii) Dimensões; iv) Localização; v) Material; vi) Fabricante; vii) Resistividade e viii) Dados para operação e manutenção. Vale a pena ressaltar que para cada projeto deve ser analisado se essas propriedades são adequadas e suficientes para a realidade em questão.

4.6. Proposta de Estrutura generalista de Requisitos de Informação para cada fase de projeto em modelos BIM

A Estrutura generalista de Requisitos de Informação proposta para cada fase de Projeto em modelos BIM, é apresentada nas especialidades de Arquitetura (Quadro 13), de Estrutura (Quadro 14) e de Instalações, equipamentos e sistemas (Quadro 15). Essa

estrutura foi desenvolvida de acordo com as considerações e metodologia discutida dos subcapítulos 4.3, 4.4 e 4.5.

A presente estrutura é referente a um modelo generalista e por isso deve ser usada apenas como ponto de partida. Os engenheiros e arquitetos devem adaptar o conteúdo apresentado às necessidades do cliente e às particularidades de cada obra. Este processo deve estar vinculado à etapa de elaboração do Plano de Execução BIM de cada projeto.

O Estudo Prévio, por representar um estudo volumétrico, deve considerar apenas as informações referentes à especialidade de Arquitetura. O teto falso, a caixilharia e o mobiliário são categorias dispensáveis para esta fase de projeto. O Projeto de Execução pode, ocasionalmente, incluir indicações do fabricante, mas esta informação só é de facto agregada às Telas finais. A inserção dos dados para operação e manutenção só é realizada na fase pós-obra de exploração. A Caixilharia não tem nenhuma representação no Estudo Prévio, mas as dimensões dos vãos nas paredes para posicionamento das caixilharias já fazem parte desta fase do projeto. O Mobiliário não está considerado nos modelos de Exploração, por não ter uma funcionalidade útil nesta fase pós-obra. Não há necessidade de informações sobre a resistividade de componentes do Mobiliário.

O material, ligações e resistividade da Estrutura são informações que só são vinculadas ao projeto na fase de Projeto de Execução, em que os dimensionamentos são específicos e detalhados. O material e a resistividade nos elementos da especialidade de Sistemas também podem ser analisados pela mesma linha. No desenvolvimento dessa estrutura foi validada a expectativa de alinhamento com o Caderno de Santa Catarina de que os requisitos de informação são intensificados à medida que as fases de projeto prosseguem. Além disso, a Arquitetura apresenta-se como eixo de discussão e orientação dos projetos desde o Estudo Prévio (Governo de Santa Catarina, 2014).

A especialidade Arquitetura (Quadro 13) tem como categorias de elementos fundamentais para o estudo volumétrico no Estudo Prévio as paredes, pisos e cobertura. Os tetos e as caixilharias são apresentados no Anteprojeto, mas não contém pormenores sobre o seu material, fabricante, resistividade e dados para operação e manutenção. O Projeto de Execução já apresenta todas as informações exceto o fabricante e os dados para operação e manutenção, sendo que o fabricante é referido nas Telas Finais e as informações de operação e manutenção no modelo de Exploração.

Quadro 13: Requisitos de informação para especialidade de Arquitetura.

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de Projeto			Pós-obra	
	Estudo Prévio	Ante- projeto	Projeto de Execução	Telas Finais	Explora- ção
1. Arquitetura					
1.1. Parede					
Categoria	X	X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões	X	X	X	X	X
Localização	X	X	X	X	X
Material			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
1.2. Piso					
Categoria	X	X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões	X	X	X	X	X
Localização	X	X	X	X	X
Material			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
1.3. Tetos					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X

Quadro 13: Requisitos de informação para especialidade de Arquitetura (continuação).

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de Projeto			Pós-obra	
	Estudo Prévio	Ante- projeto	Projeto de Execução	Telas Finais	Explora- ção
1. Arquitetura					
1.4. Cobertura					
Categoria	X	X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões	X	X	X	X	X
Localização	X	X	X	X	X
Material			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
1.5. Caixilharias					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
1.6. Mobiliário					
Categoria			X	X	
Tipo			X	X	
Dimensões			X	X	
Localização			X	X	
Material			X	X	
Fabricante			X	X	
Resistividade					
Dados para operação e manutenção					

A especialidade Estrutura (Quadro 14) só é analisada e desenvolvida a partir do Anteprojeto, no qual determina-se a categoria, o tipo, dimensões e localização das fundações, pilares, vigas e lajes. O Projeto de Execução já se apresenta mais completo adicionando ao Anteprojeto informações como material, conexões e resistividade.

Quadro 14: Requisitos de informação para especialidade de Estrutura.

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de Projeto			Pós-obra	
	Estudo Prévio	Ante- projeto	Projeto de Execução	Telas Finais	Explora- ção
2. Estruturas					
2.1. Fundação					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Conexões			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
2.2. Pilar					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Conexões			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X

Quadro 14: Requisitos de informação para especialidade de Estrutura (continuação).

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de Projeto			Pós-obra	
	Estudo Prévio	Ante- projeto	Projeto de Execução	Telas Finais	Explora- ção
2. Estruturas					
2.3. Viga					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Conexões			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X
2.4 Laje					
Categoria		X	X	X	X
Tipo		X	X	X	X
Dimensões		X	X	X	X
Localização		X	X	X	X
Material			X	X	X
Conexões			X	X	X
Fabricante				X	X
Resistividade			X	X	X
Dados para operação e manutenção					X

As ligações, no Projeto de Execução, representam um alto volume de dados, detalhes e trabalho, caso seja pormenorizado cada parafuso, soldagem ou armação. Nesse sentido, em muitos casos, pode-se realizar a modelação BIM apenas dos macro elementos nomeados de fundação, pilares, vigas e lajes e esses pormenores são descritos em arquivos anexos ao projeto, assim como, todos os cálculos e descritivos. Outro ponto de destaque do Projeto de Execução de Estruturas é que o mercado usualmente desenvolve os seus projetos e cálculos em *softwares* específicos da área. Perante o atrás mencionado, o processo em BIM de compatibilização e verificação de ficheiros desta especialidade baseia-se em formatos IFC. Nas Telas Finais é adicionada

a informação do fabricante dos elementos utilizados em obra. No modelo de Exploração é adicionado o conjunto de dados que permite os processos de utilização, verificação e manutenção, sendo, como tal, necessário para o bom desempenho do empreendimento ao longo do seu ciclo de vida.

A especialidade de Sistemas tem um comportamento similar à Estrutura quanto aos requisitos de informação ao longo das fases de projeto e pós-obra. As informações de categoria, tipo, dimensões e localização dos equipamentos e tubagens são incorporadas ao projeto apenas na fase de Anteprojeto. O Projeto de Execução adiciona ainda o material e a resistividade, que neste caso pode estar vinculado aos cálculos de demanda e distribuição do sistema em questão.

Quadro 15: Requisitos de informação para especialidade Sistemas.

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de Projeto			Pós-obra	
	Estudo Prévio	Ante- projeto	Projeto de Execução	Telas Finais	Explora- ção
3. Sistemas					
3.1. Equipamentos					
Categoria		x	x	x	x
Tipo		x	x	x	x
Dimensões		x	x	x	x
Localização		x	x	x	x
Material			x	x	x
Fabricante				x	x
Resistividade			x	x	x
Dados para operação e manutenção					x
3.2. Tubagem					
Categoria		x	x	x	x
Tipo		x	x	x	x
Dimensões		x	x	x	x
Localização		x	x	x	x
Material			x	x	x
Fabricante				x	x
Resistividade			x	x	x
Dados para operação e manutenção					x

As Telas Finais acrescentam a informação do Fabricante e o modelo de Exploração, contendo ainda os pormenores para que a operação e manutenção seja feita adequadamente. Os Projetos desta especialidade são usualmente realizados em *softwares* BIM, não existindo exigência para com a consideração do formato IFC como sucede na especialidade de Estruturas.

A partir da estrutura generalista apresentada, é indicado, para cada informação que se faça, uma análise que seja adaptada à realidade do projeto em causa. As normas europeias ISO 19650-1 (2018) e ISO 19650-2 (2018) descrevem detalhadamente os pontos a serem considerados nesta análise dos requisitos de informação em modelos BIM.

Toda informação precisa de ter um propósito que está vinculado à sua função e a que serviço ou produto esta informação vai servir. Este é o ponto de partida para análise da informação e pode ser analisado a partir dos usos BIM que o projeto vai utilizar. Os propósitos podem incluir, por exemplo, de registo, regulamentação de responsabilidades, gestão de riscos, apoio para questões do negócio, construção do empreendimento, manutenção, operação e descarte do material. Os requisitos de qualidade da informação precisam de ser conhecidos e compreendidos por todos os envolvidos na partilha da informação. O formato da informação, os padrões de entrega, a estrutura e classificação de informação do modelo e a nomenclatura padronizada para a base de dados de propriedades, são pontos que são considerados na definição destes requisitos de qualidade. Nos casos em que seja feita uma validação automática do projeto deve-se ter uma atenção a estes padrões (ISO 19650-1, 2018).

Os níveis de informação necessários têm como premissa a definição do mínimo de informação necessária para que as respostas relevantes sejam atendidas e para que a atividade a que ela está vinculada seja executada. Consequentemente, é necessária uma atenção à quantidade de informação necessária para que não ocorram desperdícios de trabalho e de dados. Um risco ligado a esta questão é identificável quando se carrega um objeto ou família da internet e ela engloba uma quantidade de informações além do requisitado. O grau de detalhe da informação é um outro ponto a ser analisado ao definir os requisitos de informação. O quanto uma informação deve ser detalhada é um conceito vinculado a este parâmetro (ISO 19650-1, 2018).

Os requisitos geométricos são cada vez mais detalhados ao longo das fases de projeto e estão intrinsecamente vinculados aos aspetos visuais e dimensionais do elemento. A visualização em 3D proporcionada pela metodologia BIM permite a identificação de conflitos geométricos na relação entre os elementos. Quanto mais precisos são os

aspectos geométricos, maior precisão pode ser obtida nesta análise de conflitos geométricos (ISO 19650-1, 2018; Computer Integrated Construction Research Program, 2010).

O grau de detalhe dos requisitos alfanuméricos deve ser tão importante quanto os geométricos; estes dois tipos de informação são complementares, mas independentes. As informações alfanuméricas combinam letras e números na sua composição. A informação em ambientes digitais partilhados como o BIM, passa por um ciclo de entrega de informações (Figura 11) marcado por 4 etapas: i) Execução; ii) Partilha; iii) Revisão e autorização; iv) Arquivo. A passagem da primeira para a segunda etapa é compreendida por processos de verificação, revisão e aprovação. Já da segunda para a terceira é feita uma revisão e autorização. A definição dos requisitos de informação precisa de analisar todo o ciclo e as ações envolvidas entre na transição de etapas (ISO 19650-1, 2018; Dicionário Priberiam, 2019).

A ISO 19650-2 (2018) fornece orientação às partes interessadas envolvidas neste processo de execução, partilha e avaliação das informações do projeto. Com isso, é importante analisar também, para cada fase de projeto e para cada informação, quais são os *stakeholders* envolvidos e qual a necessidade deles para esta informação. Dentro destes *stakeholders* destaca-se o cliente, que precisa de uma atenção especial ao entendimento de quais são as suas necessidades para o projeto (ISO 19650-2, 2018).

Além desta questão das necessidades, vale a pena analisar também quais são as decisões a serem tomadas a partir da informação. O uso BIM é um ponto que interfere nestas decisões, já que, se o modelo BIM será utilizado para a estimativa de custos, por exemplo, deve-se adicionar uma informação de custo aos elementos e ela precisa de ter uma alta qualidade e padronização para balizar as decisões a serem tomadas nesse projeto. O plano de trabalho do projeto ainda precisa de ser analisado não somente em relação as fases de projeto. O Plano de Execução BIM mostra-se como um documento orientador para que seja compreendido o papel de cada informação e como ela atua no planeamento de todo o ciclo de vida do empreendimento (ISO 19650-2, 2018).

Como tal, toda a informação precisa de ser analisada de acordo com o seu propósito, qualidade, quantidade, granularidade, requisitos geométricos e alfanuméricos, ciclos de partilha da informação e *stakeholders*. O plano de trabalho do projeto e as decisões que precisam de ser tomadas pelos envolvidos em cada ponto (Figura 15) também são aspectos importantes na personalização dos requisitos de informação para cada modelo BIM (ISO 19650-2, 2018).

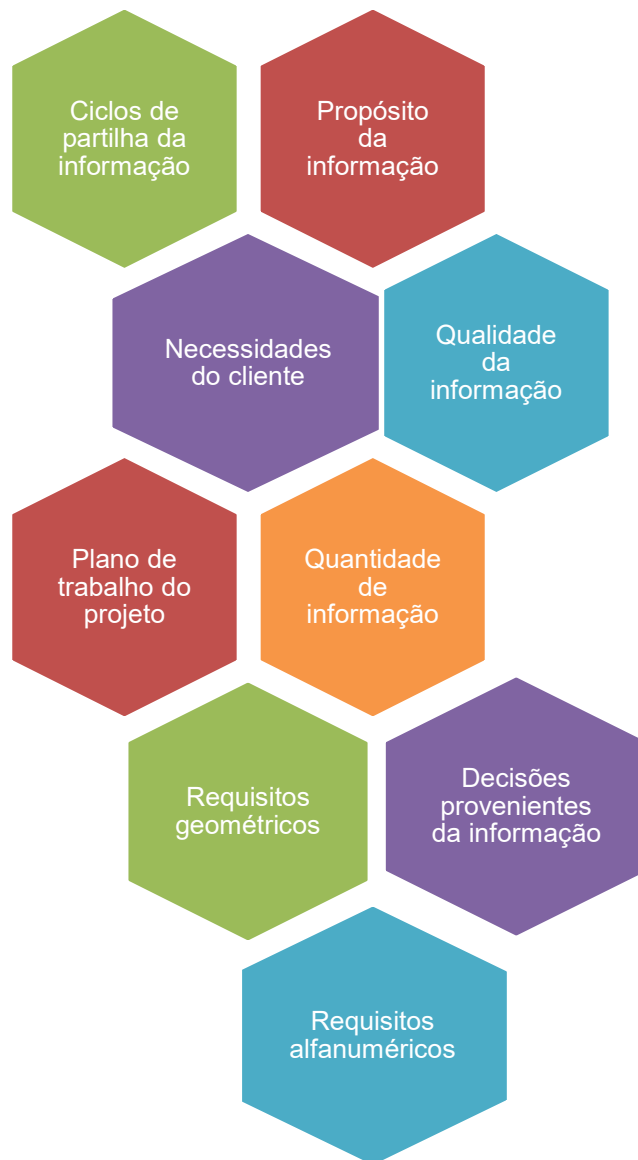


Figura 15: Parâmetros para personalização dos requisitos de informação para cada modelo BIM (ISO 19650-1, 2018; ISO 19650-2, 2018).

4.7. Considerações finais

Durante o desenvolvimento deste capítulo foi necessário reunir diversas informações de fontes distintas para a produção da Estrutura de Requisitos de Informação para Modelos BIM. Isso evidencia que não há fontes de estudo disponíveis e voltadas, especificamente, para esta temática e validam as motivações de produção do presente estudo.

Segundo as normas ISO 19650-1 (2018) e ISO 19650-2 (2018) o processo de definição dos requisitos de informação necessita de análises profundas sobre o cliente, a empresa, o projeto e os processos de partilha de informação. Levando isso em

consideração, a presente estrutura pretende servir como modelo inicial para os engenheiros e arquitetos, sem dispensar a necessidade de adaptação para cada caso.

Foi necessário adaptar as fases de projeto analisadas para a atual realidade de necessidade de informação para o uso do modelo BIM na modelação de projetos. O processo de modelação a partir desta estrutura apresentada é fundamental para validar as suposições e ligações estabelecidas para o desenvolvimento da mesma.

5. Caso de Estudo

5.1. Considerações iniciais

O trabalho proposto tem como finalidade aplicar os conceitos e parâmetros discutidos no capítulo 4 a um projeto de um edifício comercial. A relação entre os Requisitos de Informação de cada elemento para cada fase de projeto será objetivada no Caso de Estudo, desenvolvendo-se a modelação em BIM do espaço, considerando diferentes fases de projeto, como o Estudo Prévio, o Projeto de Execução e a Exploração.

O *software Revit* foi utilizado para desenvolvimento dos modelos e o *software Navisworks*, ambos da *Autodesk*, para verificação das incompatibilidades de cada modelo e comparação entre os modelos executados. O presente capítulo procura apresentar as metodologias de realização dos modelos utilizados para as especialidades, em cada fase de projeto. Além disto, identifica-se a necessidade de expor as funcionalidades dos *softwares* utilizados com o objetivo de ampliar o entendimento da prática da modelação a partir de requisitos de informação.

5.2. Objeto de estudo

O projeto em causa diz respeito à sala IMAX dos Cinemas NOS do Centro Comercial Colombo, localizado na Avenida Lusíada, 1500-392 Lisboa, Portugal (Figura 16 e Figura 17). O Centro Comercial Colombo tem 115000 m² de área e foi construído em 1997. Em 2013 teve lugar uma expansão, com repercussão nacional, de uma sala de cinema corrente para uma sala do tipo IMAX. A sala apresenta um sistema de som e um ecrã ligeiramente curvo de 300m² de área, que permitem uma imersão mais real por parte do espectador. Possui capacidade para 400 lugares distribuídos em 800m² de sala (HD Magazine, 2013).

A sala IMAX foi construída em estrutura metálica, com fachada de painéis pré-fabricados de betão. O isolamento acústico foi projetado para cada parede, piso e teto falso da envolvente e das áreas auxiliares. A SONAE Sierra disponibilizou para o desenvolvimento deste trabalho os projetos da estrutura metálica, de arquitetura, de instalações elétricas, de drenagem, de acústica, de Sistema de Proteção a Descargas Atmosféricas e de Rede de Terras.

Os Projetos de Execução de arquitetura, instalações elétricas, drenagem, acústica, Sistema de Proteção a Descargas Atmosféricas e Rede de Terras foram desenvolvidos tradicionalmente no *software* AutoCAD 2D. O projeto da estrutura metálica foi

desenvolvido em formato IFC, contém uma parte gráfica em LOD 500, de acordo com o BIM Fórum 2018, mas as informações não-gráficas são pouco detalhadas.

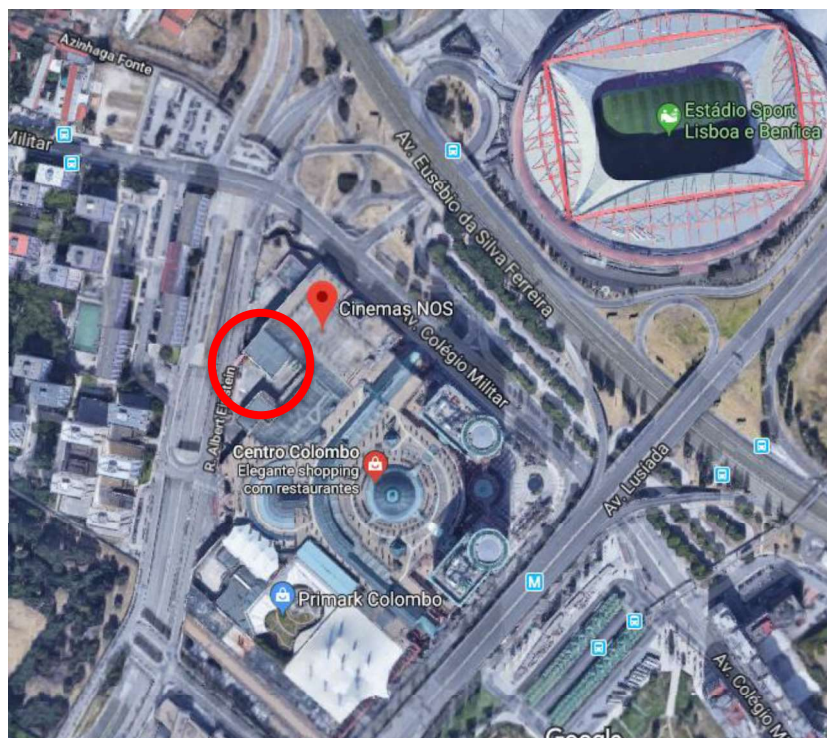


Figura 16: Localização do caso estudo (acedido no *Google Maps* em 02/04/2019).



Figura 17: Detalhe da localização do caso estudo (acedido no *Google Maps* em 02/04/2019).

5.3. Metodologia aplicada

A etapa inicial consistiu na definição das especialidades e fases de projeto a serem analisadas no Caso de Estudo. A motivação da escolha consiste em avaliar em detalhe a estrutura apresentada no capítulo anterior, de acordo com o material disponibilizado, e apresentar uma contribuição para as necessidades especificadas pela SONAE Sierra.

Com o objetivo de desenvolver modelos de diferentes especialidades e de analisar um volume de informações que seja adequado para a presente dissertação, foram utilizados para o caso de estudo os projetos da estrutura metálica, da arquitetura, do condicionamento acústico e das instalações, equipamentos e sistemas. O condicionamento acústico foi trabalhado como parte integrante dos elementos de arquitetura como as paredes, os pisos e os tetos falsos. No presente trabalho, foram utilizadas as Especialidades de Projeto identificadas por: i) Arquitetura e Condicionamento Acústico; ii) Estruturas; iii) Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos. A informação detalhada dos ficheiros utilizados como referência e seu conteúdo está listada por especialidade no Anexo A.

As fases de projeto foram definidas para transmitir momentos bem distintos do ciclo de vida do empreendimento e apresentar uma avaliação bem consistente da estrutura do capítulo anterior. O BIM tem alta potencialidade desde o momento inicial de estudo volumétrico e é necessária uma maior compreensão de quais são as informações essenciais para esta etapa. Na procura de apresentar um exemplo prático deste uso e pela escassez de material referente ao estudo volumétrico, a fase de Estudo Prévio foi incluída no caso de estudo. Por ser uma fase em que o BIM é bastante utilizado e acumular um grande número de informações, o Projeto de Execução também fará parte deste caso de estudo.

A necessidade da SONAE Sierra em utilizar o modelo para atividades de operação e manutenção e ser uma fase do ciclo de vida do empreendimento em que pode ser analisada melhor as necessidades do cliente, foram as motivações para inclusão da Fase Pós-Obra de Exploração no Caso de Estudo. Tendo em vista as necessidades relativas ao cinema, a empresa indicou interesse em ter um modelo de exploração simples com as informações reais do empreendimento e a potencialidade de inclusão futura do modelo de combate ao incêndio. A área de interesse da SONAE Sierra para a Exploração é a zona abaixo da arquibancada que é utilizada como Armazém.

Cabe destacar que a questão da resistividade não apresenta grande relevância para a fase pós-obra, sendo, como tal, eliminada do projeto. Neste sentido, os requisitos de

informação orientadores para a modelação são os apresentados do Quadro 16 ao Quadro 18.

Quadro 16: Requisitos de informação para Projetos de Arquitetura.

Especialidade - Categoria – Informação	Fases de projeto		Pós-obra
	Estudo Prévio	Projeto de Execução	Exploração
1. Arquitetura			
1.1. Parede			
Categoria	x	x	x
Tipo		x	x
Dimensões	x	x	x
Localização	x	x	x
Material		x	x
Fabricante			x
Resistividade		x	
Dados para operação e manutenção			x
1.2. Piso			
Categoria	x	x	x
Tipo		x	x
Dimensões	x	x	x
Localização	x	x	x
Material		x	x
Fabricante			x
Resistividade		x	
Dados para operação e manutenção			x
1.3. Tetos			
Categoria		x	x
Tipo		x	x
Dimensões		x	x
Localização		x	x
Material		x	x
Fabricante			x
Resistividade		x	
Dados para operação e manutenção			x

Quadro 16: Requisitos de informação para Projetos de Arquitetura (continuação).

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de projeto		Pós-obra
	Estudo Prévio	Projeto de Execução	Exploração
1. Arquitetura			
1.4. Cobertura			
Categoria	x	x	x
Tipo		x	x
Dimensões	x	x	x
Localização	x	x	x
Material		x	x
Fabricante			x
Resistividade		x	
Dados para operação e manutenção			x
1.5. Caixilharias			
Categoria		x	x
Tipo		x	x
Dimensões		x	x
Localização		x	x
Material		x	x
Fabricante			x
Resistividade		x	
Dados para operação e manutenção			x
1.6. Mobiliário			
Categoria			
Tipo			
Dimensões			
Localização			
Material			
Fabricante			
Resistividade			
Dados para operação e manutenção			

Conforme apresentado no capítulo anterior, os requisitos de informação dos modelos BIM são incrementados ao longo das fases de projeto. No caso de estudo apresentado, o mobiliário também não se apresenta como relevante para as fases de projeto e fase pós-obra de Exploração do empreendimento.

Quadro 17: Requisitos de informação para Projetos de Estrutura.

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de projeto		Pós-obra
	Estudo Prévio	Projeto de Execução	Exploração
2. Estruturas			
2.1. Fundação			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Conexões		X	
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X
2.2. Pilar			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Conexões		X	
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X
2.3. Viga			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Conexões		X	
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X

Quadro 17: Requisitos de informação para Projetos de Estrutura (continuação).

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de projeto		Pós-obra
	Estudo Prévio	Projeto de Execução	Exploração
2. Estruturas			
2.4 Laje			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Conexões		X	
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X

No que se refere ao Projeto de Estrutura identifica-se uma necessidade de informações idênticas para as diferentes categorias de elementos (fundação, pilar, viga e laje) por se tratar uma análise para momentos bem separados do ciclo de vida do empreendimento.

A resistividade é eliminada na fase pós-obra de exploração por não ser uma informação que irá ser utilizada para a operação e manutenção do espaço do cinema. Mais se adianta que as conexões são detalhes e informações, excluídas do modelo de Exploração, com o objetivo de simplificar e diminuir a quantidade de dados no arquivo, conforme solicitado pela Sonae SIERRA.

Em relação à especialidade dos Projetos de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos, tem-se o desempenho esperado de acordo com a estrutura também proposta no capítulo anterior. Não há nenhuma informação apresentada no Estudo Prévio, mas a categoria, tipo, dimensões, localização, material e resistividade são definidos para o Projeto de Execução.

No modelo de Exploração, são adicionados o fabricante e os dados para operação e manutenção. Esta informação do fabricante apresenta-se como bastante útil para os processos de manutenção e restauro do empreendimento. O Quadro 18 apresenta estes pormenores para a especialidade de Projetos de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos.

Quadro 18: Requisitos de informação para Projetos de instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos.

Especialidade - Categoria - Informação	Fases de projeto		Pós-obra
	Estudo Prévio	Projeto de Execução	Exploração
3. Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos			
3.1. Equipamentos			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X
3.2. Tubagem			
Categoria		X	X
Tipo		X	X
Dimensões		X	X
Localização		X	X
Material		X	X
Fabricante			X
Resistividade		X	
Dados para operação e manutenção			X

5.4. Estudo Prévio

Na fase de projeto do Estudo Prévio, o modelo deve apresentar, segundo os requisitos de informação, as informações sobre i) categoria; ii) dimensões; iii) localização dos pisos, das paredes e da cobertura. A categoria do elemento e a localização do mesmo, podem ser identificados no exemplo do modelo da Figura 18, onde a dimensão é entendida a partir da espessura, comprimento, restrição de base e de topo. Vale a pena ressaltar que no estudo volumétrico, os elementos gráficos possuem dimensionamento aproximado. Durante a modelação foi identificado que a propriedade “categoria” precisava de ser incluída nos requisitos de informação, porque usar a propriedade tipo, neste caso, apresentaria um excesso de informação para o Estudo Prévio.

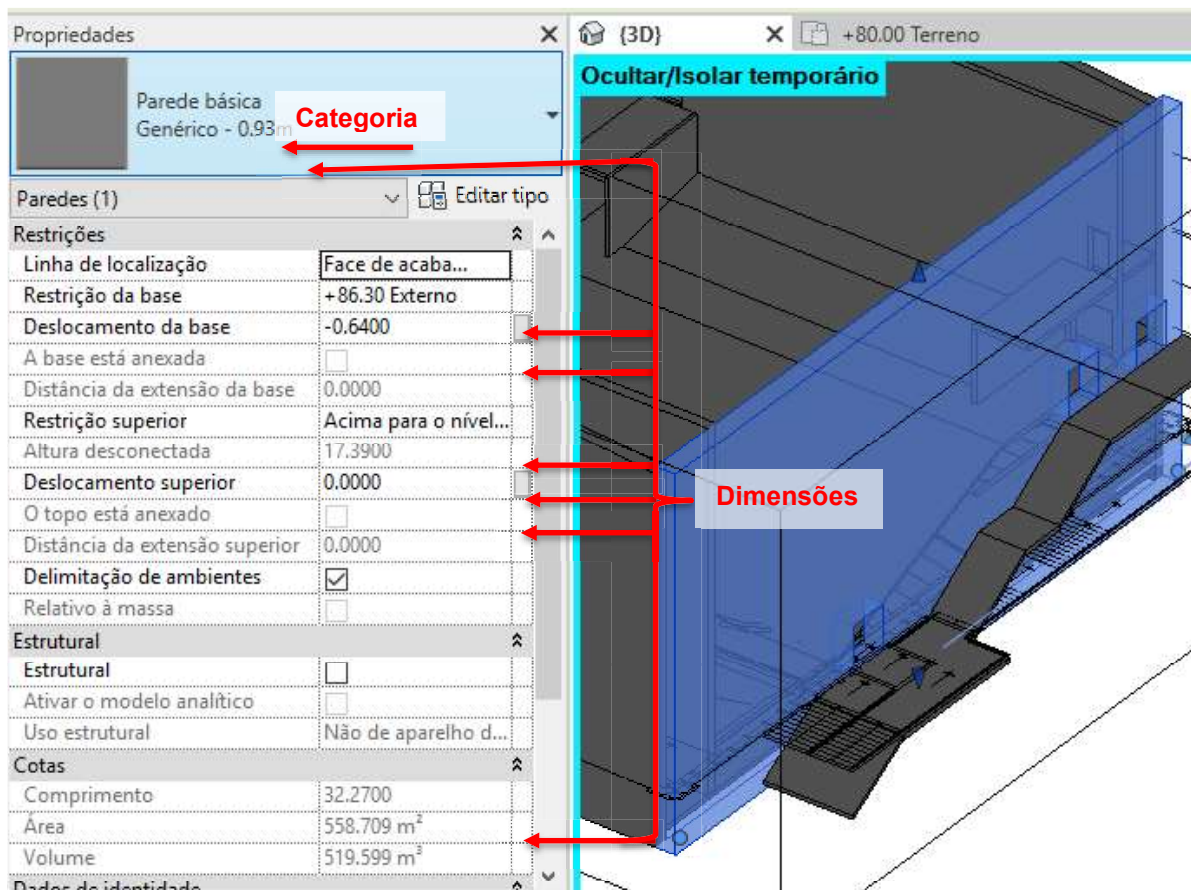


Figura 18: Dimensões e localização da parede no Estudo Prévio (Caso de Estudo).

O planeamento para esta fase do projeto não inclui a pormenorização dos materiais, por isso não é necessário vincular qualquer volume de trabalho ou informação para este fim. Devido a isso, todos os elementos inseridos têm um material único, neutro (Figura 19).



Figura 19: Definição do material unificado do Estudo Prévio (Caso de Estudo).

A metodologia usada para a realização desta fase foi dividida em 5 etapas (Figura 20). Inicialmente foi configurado o ficheiro do modelo BIM e adicionada a planta

bidimensional. Seguidamente foram definidos os níveis, etapa de extrema importância por se tratar de um cinema com muitos níveis distintos e foi criado um modelo de massa volumétrica das paredes externas e da cobertura. Uma vez tendo o volume externo, foram adicionadas e configuradas as paredes e os pisos tendo como “Tipo” do elemento a nomenclatura de Genérico acoplada a espessura adotada para facilitar as etapas posteriores.

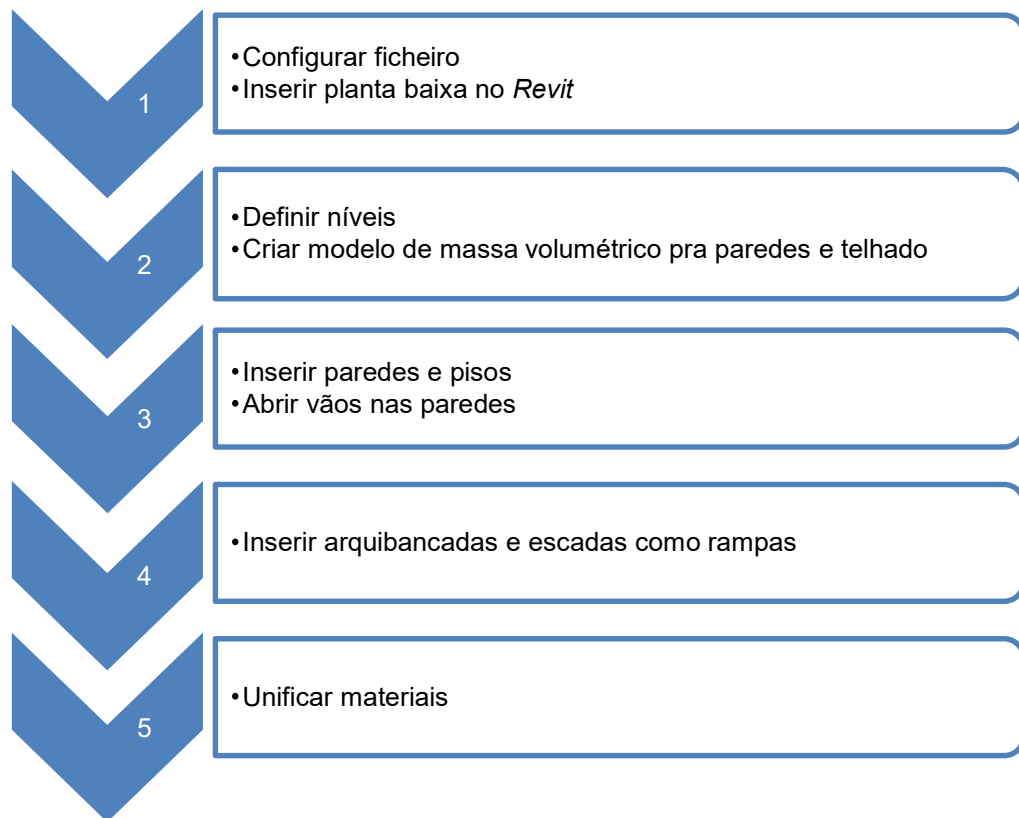


Figura 20: Etapas de realização da modelação do Estudo Prévio.

A arquibancada e as escadas foram incluídas como rampas para dar a noção volumétrica sem precisar entrar nos pormenores de medidas e condições. Por fim, com o objetivo de garantir uma visualização uniforme de todo o projeto foi adotado um material único para todos elementos. O resultado da modelação pode ser visualizado na Figura 21 e na Figura 22.

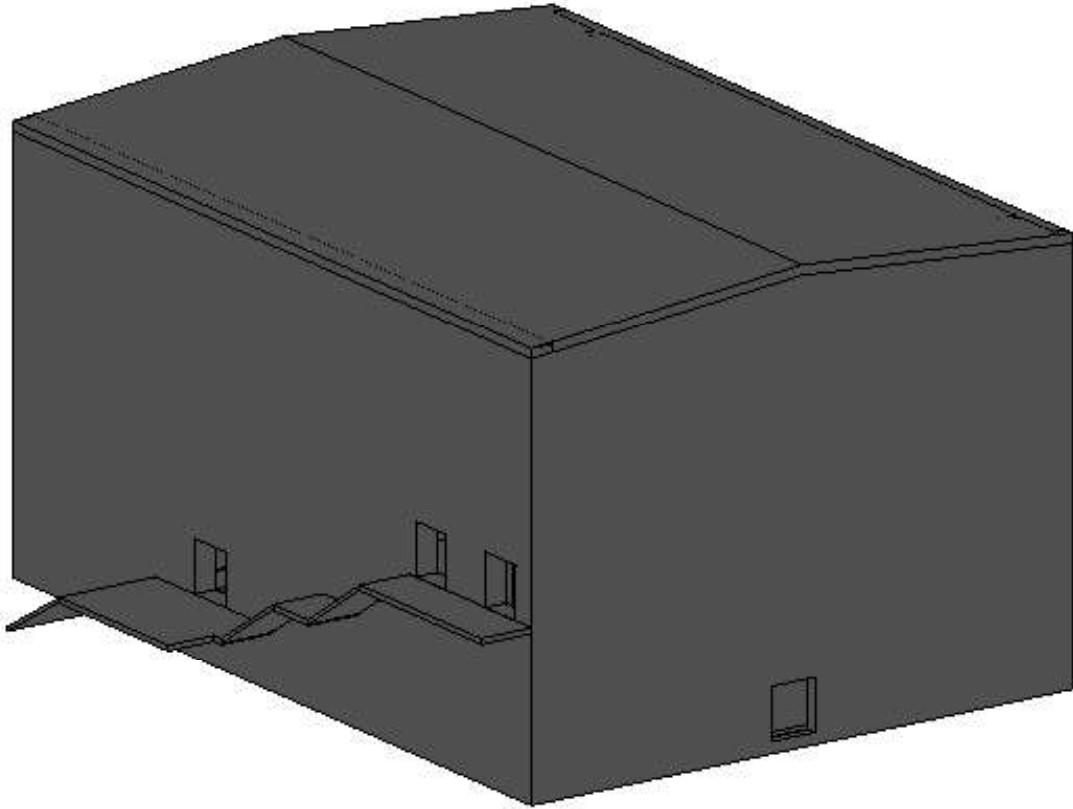


Figura 21: Modelação do Estudo Prévio - Vista exterior.

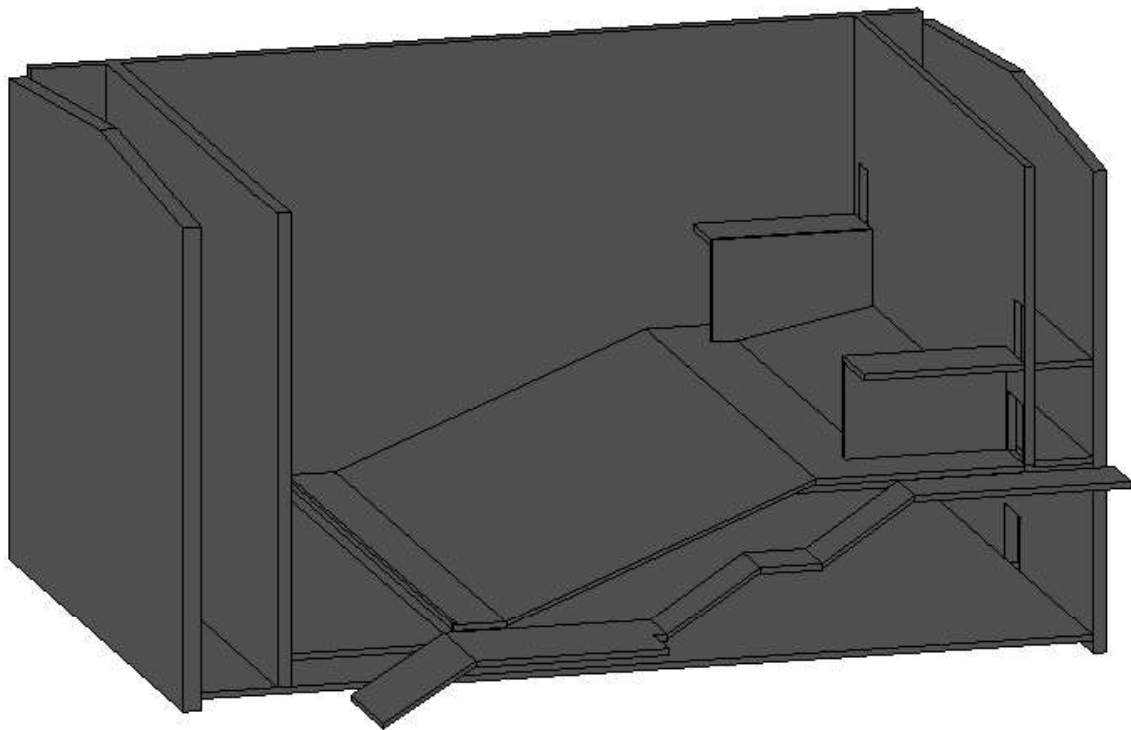


Figura 22: Modelação do Estudo Prévio - Vista interior.

5.5. Projeto de Execução

O Projeto de Execução corresponde à fase mais completa do caso de estudo com todas as disciplinas modeladas, detalhadas e compatibilizadas com as informações necessárias para a execução da obra. Em relação às propriedades são acrescentados: i) o tipo do elemento; ii) o material utilizado; iii) a resistência acústica prevista; iv) as ligações entre os elementos.

A modelação do Projeto de Arquitetura e Condicionamento Acústico a partir de um projeto tradicional em 2D foi um processo marcado pela dificuldade em interpretar e ligar informações. Um exemplo desta barreira no entendimento do projeto é a situação da escada que avança do Nível +88,10 para o nível seguinte da arquibancada. Na planta baixa esta escada é representada com três degraus e no corte com dois (Figura 23). A modelação em BIM proporciona a identificação e solução destas incoerências antes de iniciar a construção.

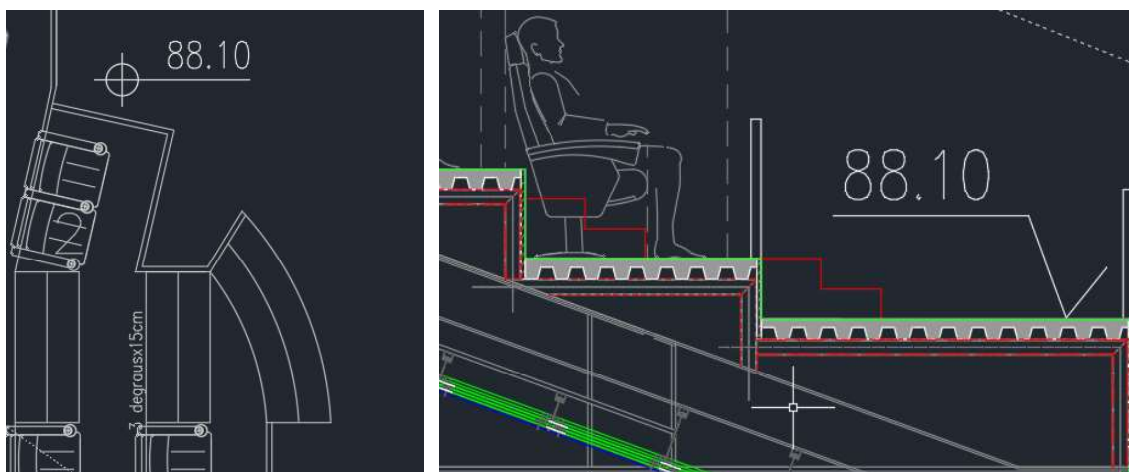


Figura 23: Detalhe em planta baixa e corte de incoerência na escada.

Os projetos de execução disponibilizados são direcionados para os aspetos construídos e controlados pela SONAE Sierra. Desta forma, as informações direcionadas a acabamento de parede, piso e arquibancada não são apresentadas neste modelo porque são serviços executados pelo lojista. Inicialmente foram inseridos o Estudo Prévio modelado em BIM e a planta baixa projetada tradicionalmente em 2D, esta última necessária por possuir mais detalhes sobre o projeto.

O cinema possui uma particularidade em relação a outros tipos de edifícios, que é a sua arquibancada com escadas e pisos em níveis distintos. Com o objetivo de viabilizar a alocação destes elementos da arquibancada, a segunda etapa consistiu na criação de níveis no modelo, correspondentes a cada nível da arquibancada, e posterior alocação

de pisos e escadas com base nestes níveis. Esta estratégia facilitou bastante a montagem das escadas que sempre são modeladas com a referência do piso base e o piso final do deslocamento.

Durante o posicionamento e modelação das paredes, houve bastante dificuldade quanto à identificação do nível de início e nível final de cada parede. A informação, muitas vezes, era encontrada nos cortes, mas a respetiva interpretação não se apresenta como de fácil consulta e conferência com exatidão no projeto tradicional 2D.

No processo de modelação das paredes, a estratégia inicial consistiu na inserção de cada camada de estrutura e isolamento da parede, conforme indica a teoria do LOD. Contudo, como é apresentado na Figura 24, as paredes desta sala de cinema possuem uma grande quantidade de camadas com espessuras muito pequenas e alta repetibilidade. Perante a análise dessa situação, identificou-se um excesso de informação, de trabalho e de nível de granularidade na informação a trabalhar.

LADO EXTERNO		
Função	Material	Espessura
1	Camadas acima da virada do revesti	0.0000
2	Estrutura [1]	Unidades de alvenaria de concreto
3	Substrato [2]	.Lã mineral em placas semi-rígidas
4	Camada térmica/ar [3]	Ar
5	Estrutura [1]	Unidades de alvenaria de concreto
6	Substrato [2]	.Lã mineral em placas semi-rígidas
7	Camada térmica/ar [3]	Ar
8	Acabamento 1 [4]	Placa de gesso de parede
9	Acabamento 2 [5]	.Isolamento acústico - Tipo CDM
10	Acabamento 1 [4]	Placa de gesso de parede
11	Acabamento 2 [5]	.Isolamento acústico - Tipo CDM
12	Camadas abaixo da virada do revesti	0.0000
13	Acabamento 1 [4]	Placa de gesso de parede

Figura 24: Pormenorização inicial da parede no *Revit*.

No capítulo anterior foi apresentado que a Conie Empreendimentos identificou uma situação similar em relação às caixilharias e optou por diminuir o nível de detalhe a ser incluído no modelo BIM, para otimizar o trabalho e não sobrecarregar o ficheiro do projeto. A partir desta experiência e com o objetivo de utilizar o BIM de forma mais eficaz, foram inseridas no *Revit* apenas as camadas da superfície externa e da superfície interna, tendo sido inserida nos dados de identidade uma nota chave informando que os detalhes da composição da parede se encontram em um ficheiro anexo ao modelo BIM (Figura 25).

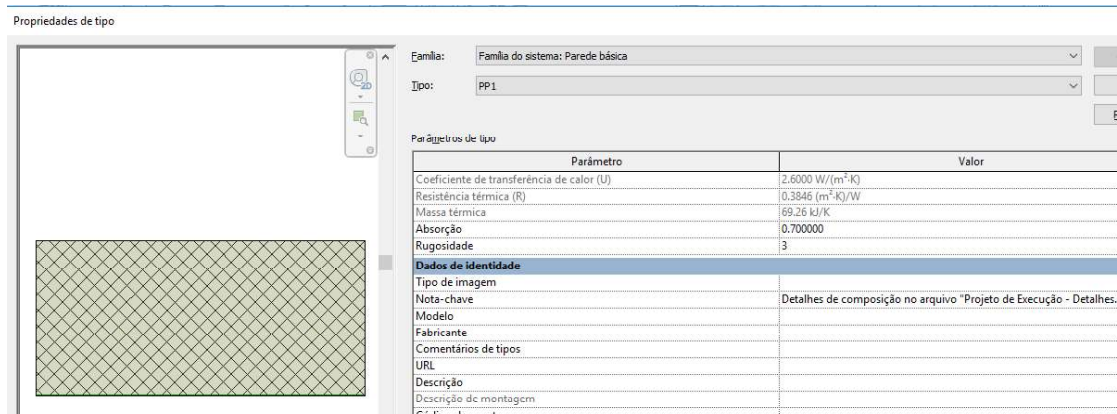
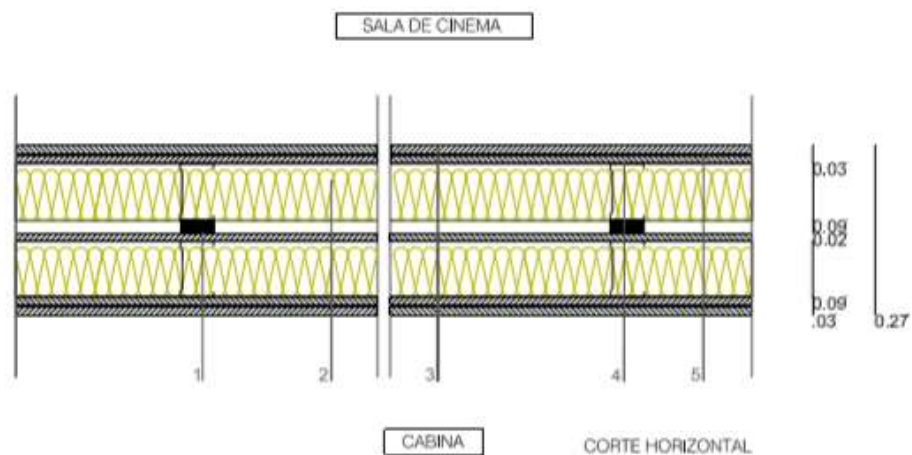


Figura 25: Informações da parede no Revit.

No ficheiro anexo (Figura 25), que faz parte do projeto de condicionamento acústico, são apresentados os pormenores para as paredes (Figura 26), e também para os pisos e os tetos falsos. Além disso, é indicado que seja adicionada uma planta de impressão no modelo BIM, que apresente os tipos de parede existentes em cada nível (Figura 27).



Legenda

- 1 Elemento resiliente tipo CDM 01.020
- 2 Lã mineral em placas semi-rígidas (espessura 8 cm, massa volumica 100 kg/m3)
- 3 Placas de gesso cartonado (espessura 1,3 cm)
- 4 Estrutura de fixação
- 5 Bandas de elementos resilientes Ref.ª CDM 25.003 (espessura 0,3 cm, largura 10 cm, espaçadas entre si 20 cm)

Figura 26: Recorte do detalhe da parede em ficheiro anexo.

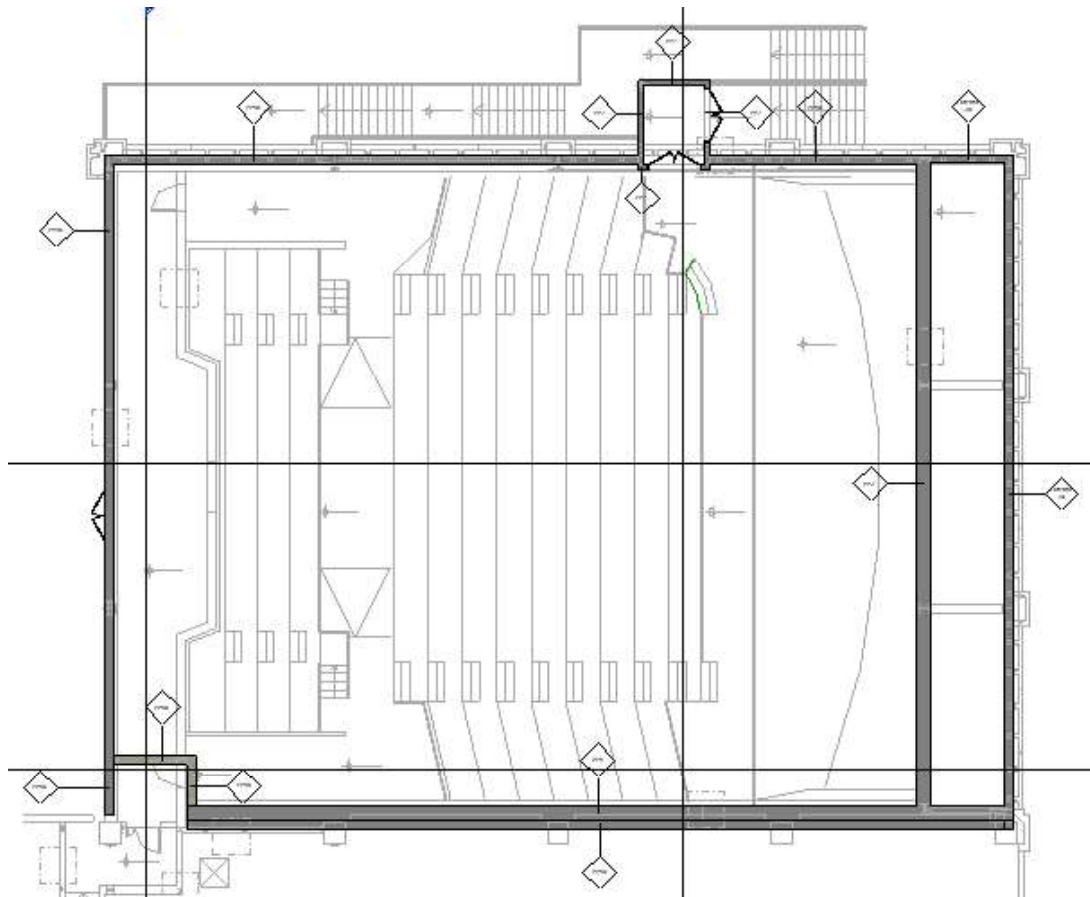


Figura 27: Planta de identificação das paredes.

A vedação da arquibancada (Figura 28) é composta por uma placa de VIROC de 22mm. A solução aplicada para esta vedação foi utilizar a categoria parede, pela necessidade de vinculação com os níveis de cada degrau de piso da arquibancada.

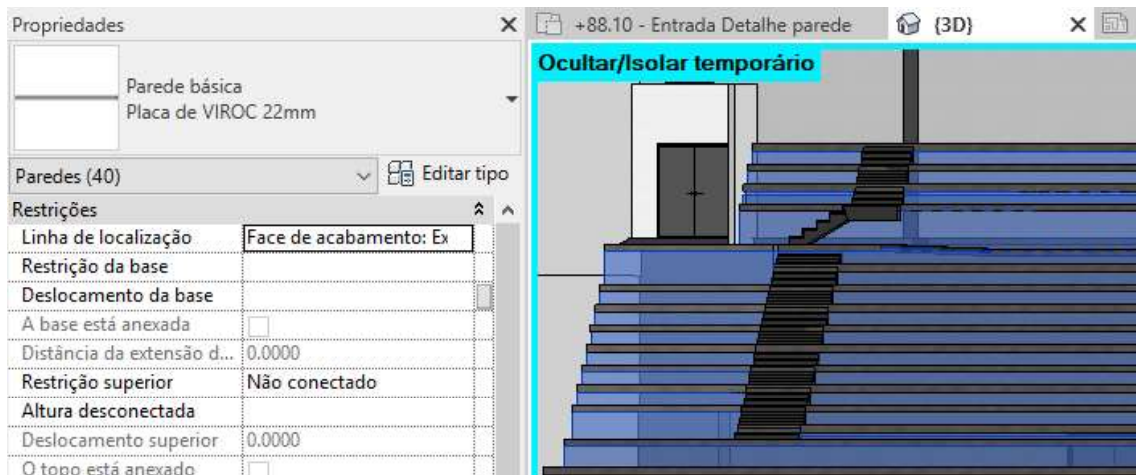


Figura 28: Vedação da arquibancada.

O mesmo processo das camadas das paredes aplicou-se para o piso e teto falso. As escadas e rampas, como norma no *software* Revit possuem apenas um material, como

estratégia para solução deste foi adotado apenas o material “Revestimento piso” para todas as rampas e escadas (Figura 29). Esta foi uma limitação do *software* que dificultou o desenvolvimento do trabalho. Além disso, estes elementos foram considerados comoocos e apenas com aspecto de revestimento porque estão apoiados na estrutura metálica da arquibancada.



Figura 29: Limitação de apenas um material de composição da rampa do *software* Revit.

Após a configuração das paredes e pisos, foi necessário incluir os tetos falsos e as portas do projeto, de acordo com as definições do Projeto de referência. A metodologia usada para realizar o modelo BIM da fase de Projeto de Execução de Arquitetura e Condicionamento Acústico está detalhada na Figura 30 e os resultados da modelação na Figura 31.

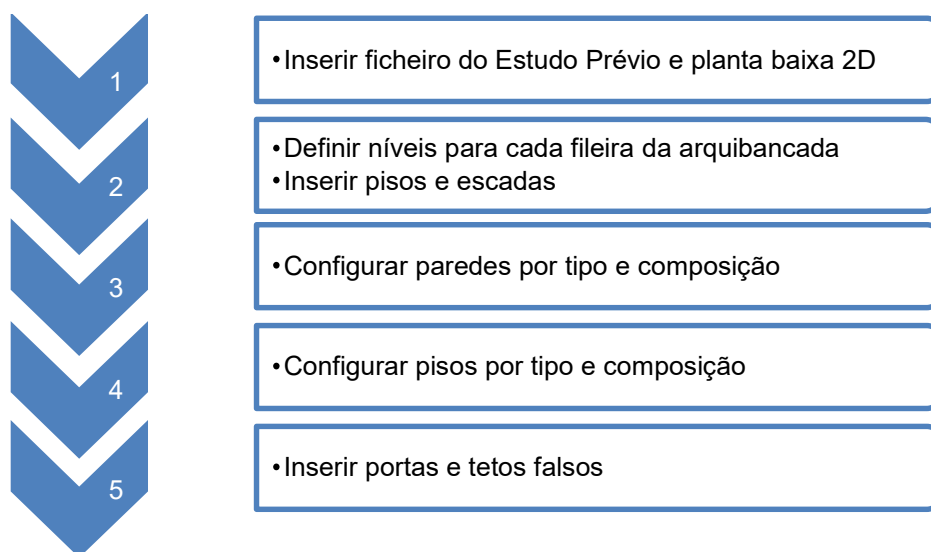


Figura 30: Etapas para a realização da modelação do Projeto de Execução de Arquitetura e Condicionamento Acústico.

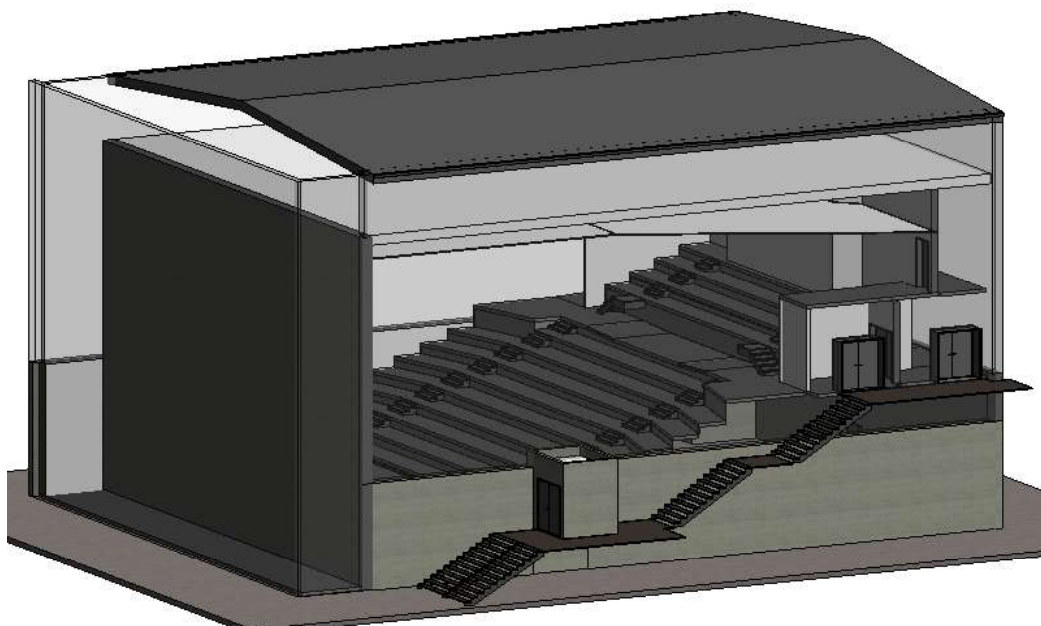


Figura 31: Projeto de Execução de Arquitetura e Condicionamento Acústico.

O Projeto de Estruturas foi disponibilizado em formato IFC, pela SONAE Sierra, com toda a geometria em 3D, incluindo as ligações e as propriedades dos elementos. O *Navisworks* é o *software* da *Autodesk* que suporta o formato IFC, por isso foi escolhido este programa para analisar o Projeto de Estruturas (Figura 32).

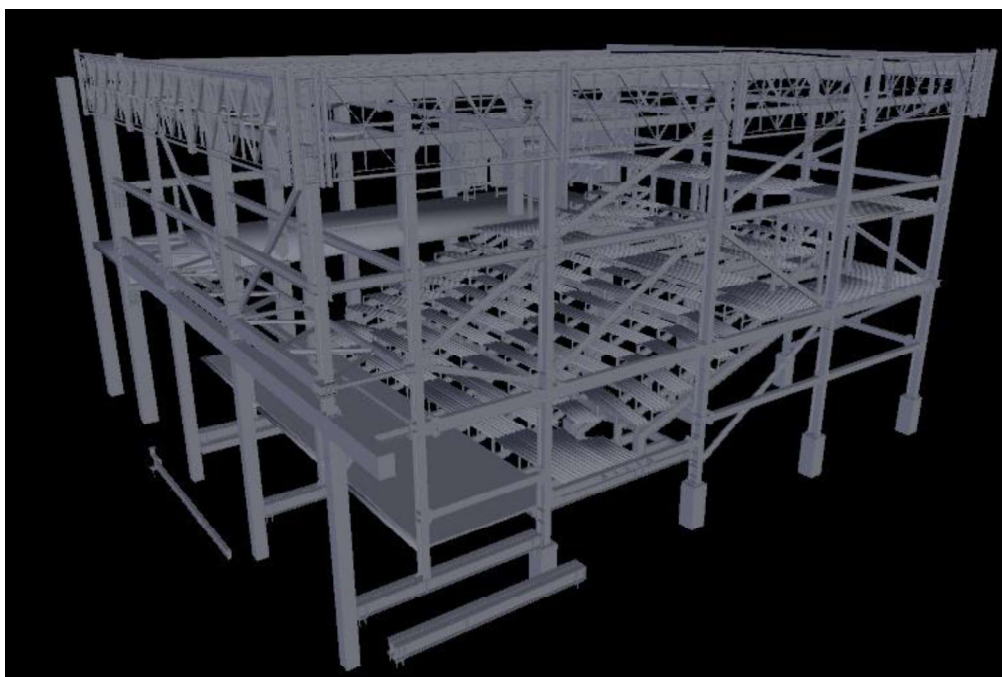


Figura 32: Projeto de Execução de Estruturas, disponibilizado em formato IFC.

Na procura de analisar a integração do modelo em IFC com os modelos desenvolvidos no *Revit*, não foi realizada a modelação do Projeto de Estruturas, em vez disso foi analisado o projeto tal como disponibilizado em IFC.

Os requisitos de informação são identificados no modelo em IFC através da ferramenta “Propriedades” que é dividida em *Tabs* de dados do utilizador, onde se encontram as propriedades de cada elemento (Figura 33). As ligações são detalhadas no modelo e cada peça da conexão tem as suas propriedades tal como igualmente acontece com os elementos.

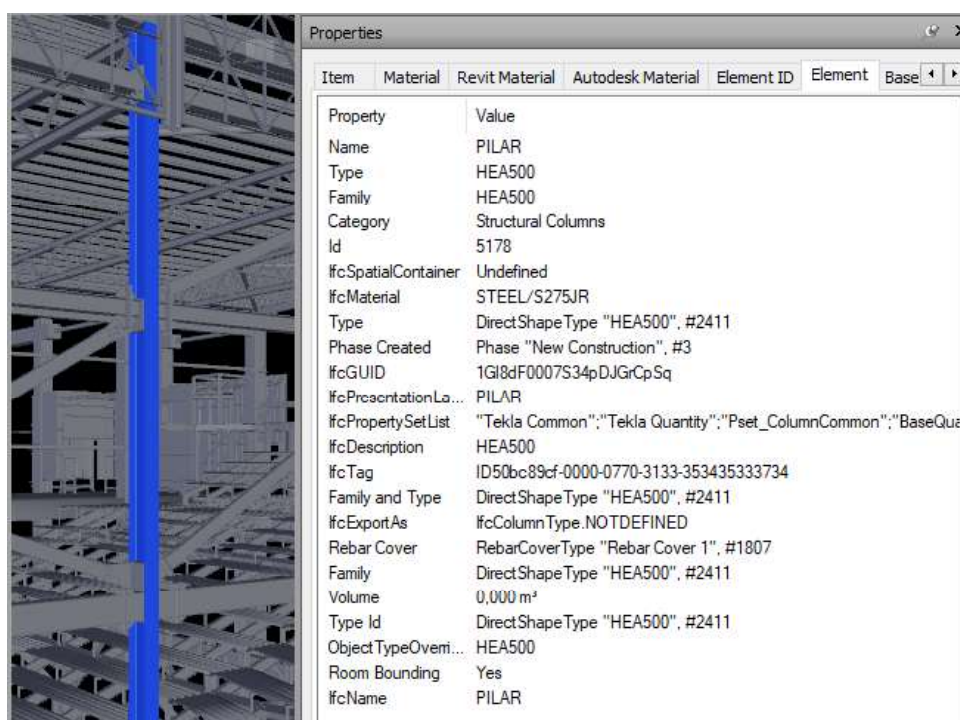


Figura 33: Propriedades de um pilar contidas na *Tabs* de dados do utilizador nomeada Elemento (*Element*).

A Categoria assim como o Tipo, são nomeados de forma similar no modelo. As informações geométricas nomeadas de Dimensões são apresentadas por meio de dados do comprimento, altura, área da superfície líquida, espessura e volume. A *Tab*s utilizada que contém essas informações é a Quantidades do Tekla.

A elevação da base e do topo indicam a localização do elemento e estão contidas na *Tab*s Tekla Comum. O material é identificado através da propriedade *IfcMaterial* do modelo e é encontrado na área de detalhe do elemento. O Quadro 19 contém a relação direta destes requisitos de informação com as propriedades do modelo e em qual *Tab*s de Dados do Utilizador é possível identificar essa informação.

Quadro 19: Relação entre os Requisitos de Informação e as Propriedades dos Elementos no modelo em BIM.

Requisito de Informação	Tags de Dados do Utilizador	Propriedade
Categoria	Elemento (<i>Element</i>)	Categoria (<i>Category</i>)
Tipo	Elemento (<i>Element</i>)	Tipo (<i>Type</i>)
Dimensões	Quantidades do Tekla (<i>Tekla Quantities</i>)	Comprimento (<i>Length</i>), Altura (<i>Height</i>), Área da superfície líquida (<i>Net surface area</i>), Espessura (<i>Width</i>), Volume (<i>Volume</i>)
Localização	Tekla Comum (<i>Tekla Common</i>)	Elevação da base (<i>Bottom elevation</i>), Elevação do Topo (<i>Top elevation</i>)
Material	Elemento (<i>Element</i>)	Ifc Material (<i>IfcMaterial</i>)

A localização cartesiana do centro de cada elemento pode ser obtida por meio da aba Ferramentas do Item (*Item Tools*), ao selecionar Mover (*Move*) e em seguida Transformar (*Transform*) (Figura 34). A Resistividade e todo o Memorial de Cálculo são apresentados em documento anexo ao modelo BIM.

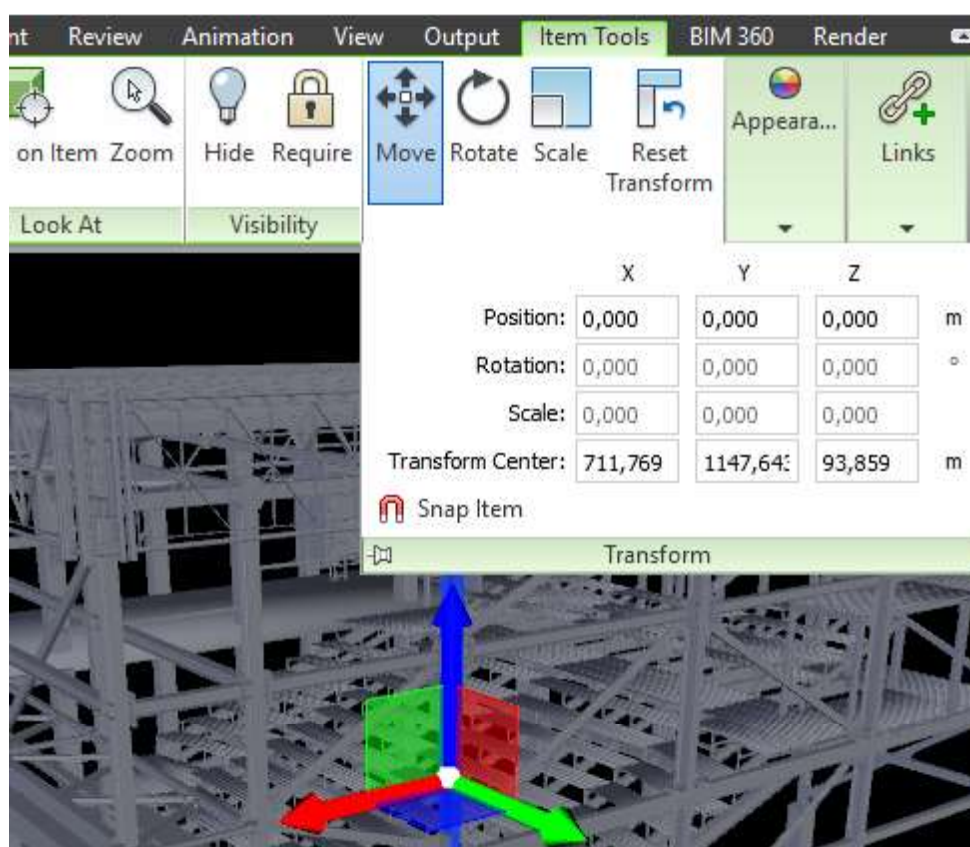


Figura 34: Localização cartesiana do centro dos elementos.

A metodologia para a realização do Projeto de Estruturas (Figura 35), neste Caso de Estudo, compreendeu apenas duas etapas. Inserção do ficheiro em IFC no *Navisworks* e conferência se todos os requisitos de informação estavam sendo atendidos.

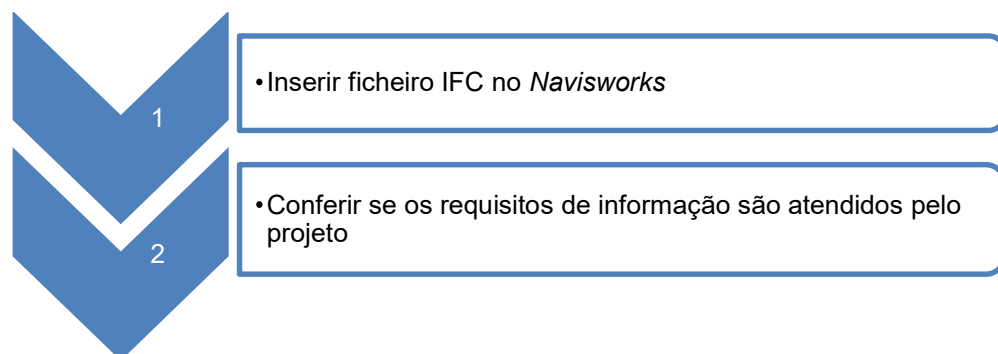


Figura 35: Metodologia de realização da modelação do Projeto de Estruturas.

O Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos (Figura 36) compreende apenas no sistema de água e esgoto, por se tratar de um Caso de Estudo de uma sala de cinema, considerada isolada, sem qualquer casa de banho ou área molhada. Os elementos deste sistema compreendem o ralo de pinha acoplado, as calhas, tubagem e suas ligações e caixa de inspeção. O ficheiro do Projeto de Arquitetura foi adicionado através da ferramenta *Revit Link* para viabilizar a ligação direta entre os dois projetos, não apresentar elementos duplicados e permitir atualizações automáticas entre os projetos.

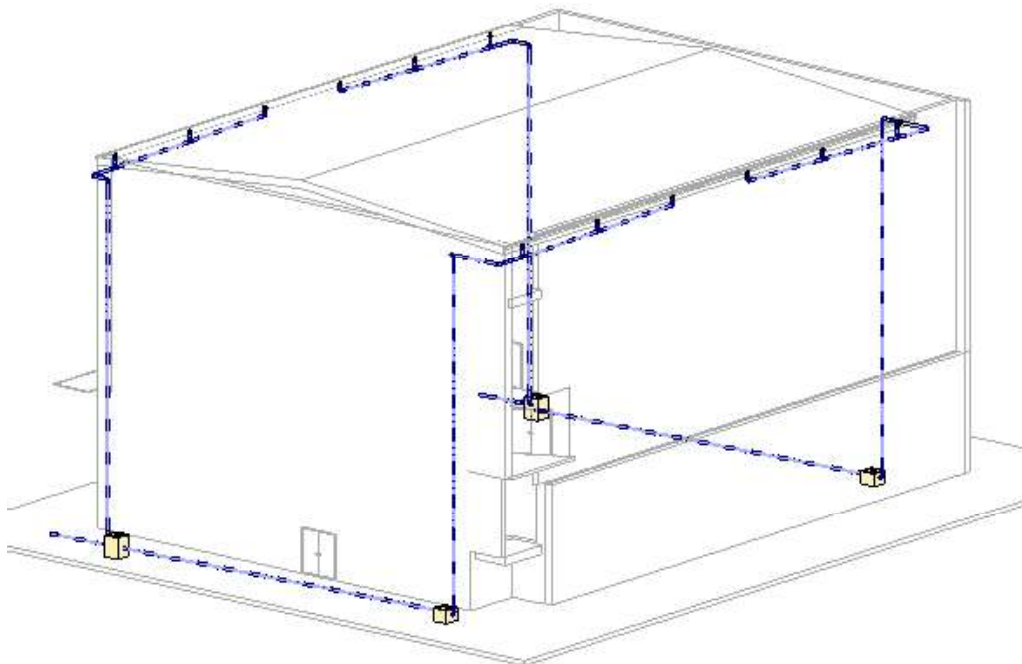


Figura 36: Localização cartesiana do centro dos elementos.

Inicialmente foram inseridos os ralos acoplados à calha e as caixas de inspeção. Depois as suas dimensões foram ajustadas para atender às necessidades do projeto disponibilizado em *AutoCAD*. Estes elementos foram reunidos em quatro distintos sistemas de tubagem com o objetivo de facilitar a ligação entre eles. Assim, foram adicionadas as tubagens e foram configuradas as mesmas com uma inclinação horizontal de 2% e um diâmetro de 150mm (Figura 37).

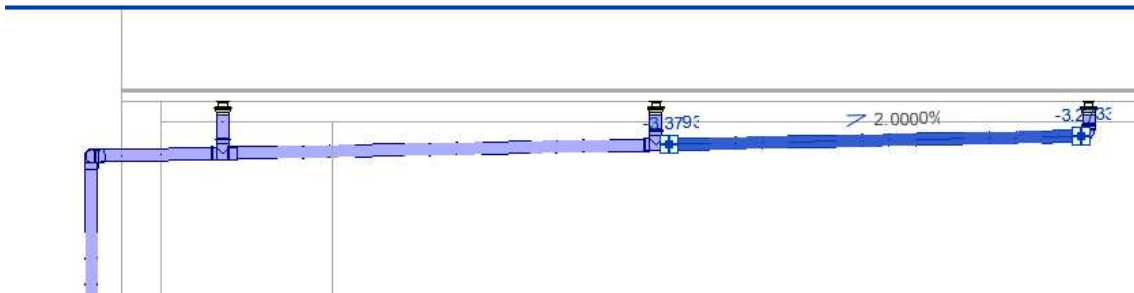


Figura 37: Detalhe dos ralos e tubagem de drenagem.

No procedimento do traçado da tubagem foram identificadas dificuldades e erros recorrentes na execução. A funcionalidade “Solução de roteiro” do *software Revit* propõe diversos roteiros automáticos que podem ser adotados pelo projetista e foi de grande valia para a realização do traçado da tubagem (Figura 38). A funcionalidade “conectar a” também foi estratégica para ligar os ralos à tubagem horizontal.

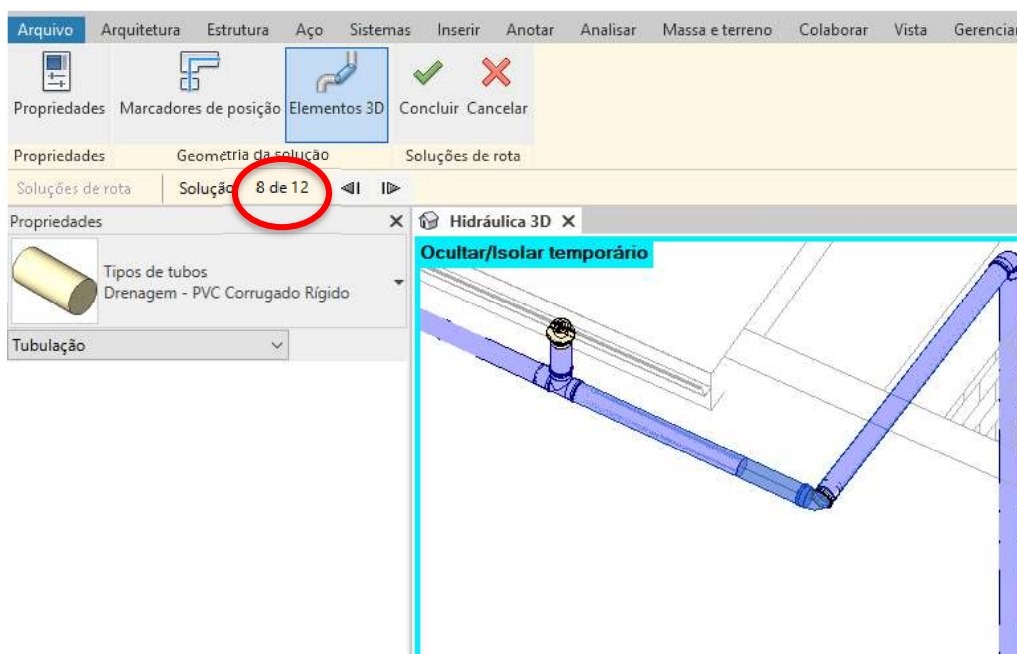


Figura 38: Ferramenta de Solução automática de roteiros apresentando a solução 8 das 12 possibilidades sugeridas ao projetista.

A ligação entre as caixas de inspeção pré-fabricadas de betão a partir de uma tubagem com inclinação de 2% ocasionou a necessidade de expansão da profundidade da caixa mais próxima da rede de drenagem. Apesar de não haver indicações sobre a situação no projeto bidimensional disponibilizado (que não possuía cortes nem detalhes das caixas), esta questão foi visualizada facilmente no modelo em BIM. A identificação desta alteração na etapa de projeto pode minimizar custos e retrabalho na etapa da obra.

A metodologia usada para modelação do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas compreendeu 4 etapas (Figura 39).

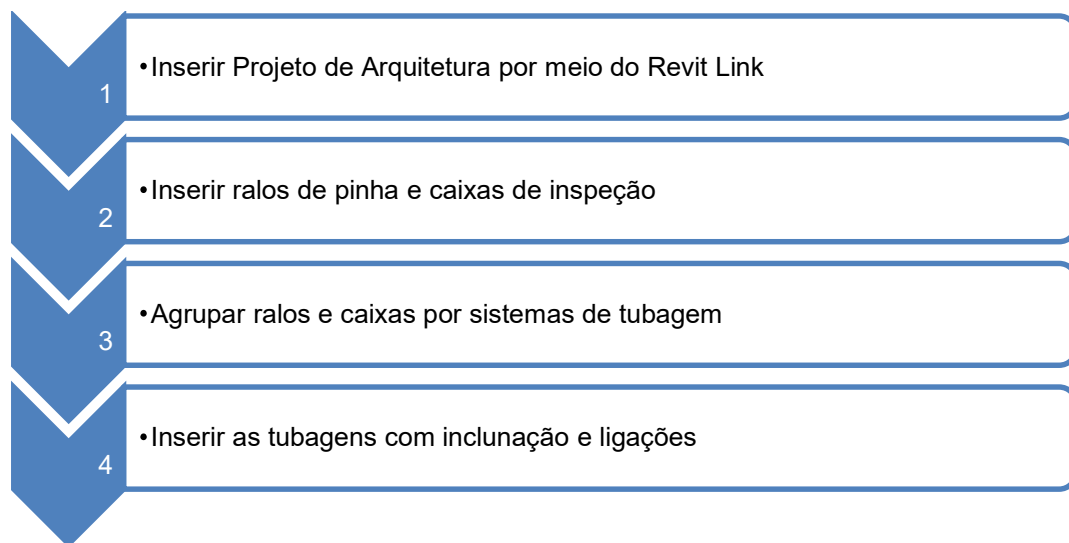


Figura 39: Metodologia para a realização da modelação do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas.

A primeira etapa foi a inserção do modelo em BIM do Projeto de Arquitetura através da ferramenta *Revit Link*. Em sequência, foram adicionados os ralos de pinha e as caixas de inspeção e o agrupamento deles em sistemas de tubagem. Por fim, foram inseridas as tubagens com as devidas inclinações e ligações.

No fim da modelação dos Projetos de Arquitetura e Condicionamento Acústico e do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas, assim como da análise do Projeto de Estruturas, todos estes ficheiros foram incluídos no *Navisworks* (Figura 40). Neste *software* é possível analisar como o conjunto se apresenta, navegar pela edificação, fazer deteção de interferências e planear a obra. Devido ao objetivo do trabalho, só foi visualizado o conjunto destes projetos, mas não foram feitas análises avançadas sobre a sua compatibilização.

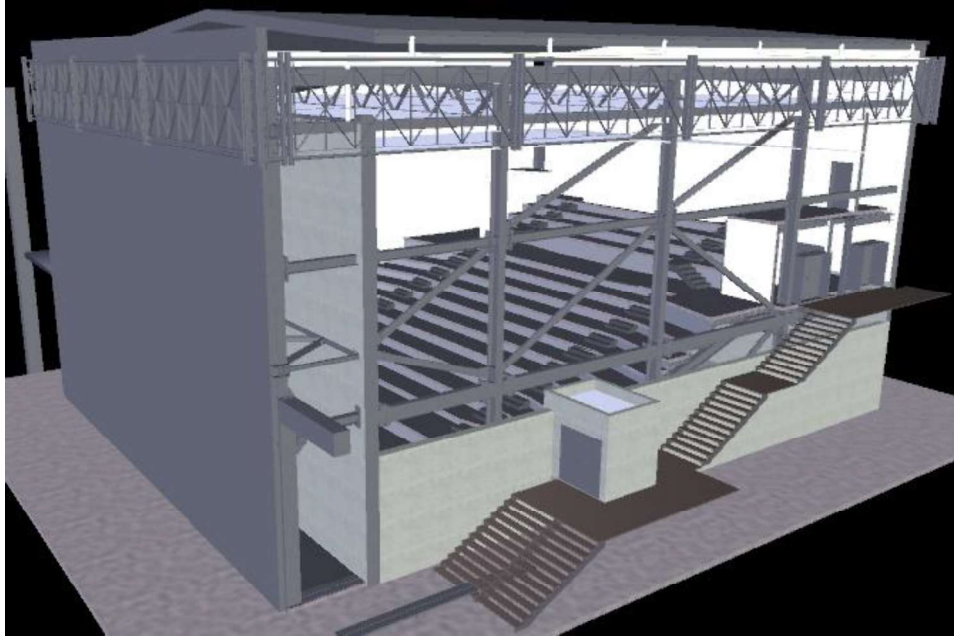


Figura 40: Modelo do Projeto de Execução no *Navisworks*.

5.6. Modelo de Exploração

O modelo de Exploração foi desenvolvido de acordo com as necessidades do cliente: projeto simples em conformidade com a realidade construída do cinema e potencial de inserção do Projeto de Combate à Incêndio. Conseqüentemente, foi utilizado como base o modelo BIM desenvolvido para o Projeto de Execução.

O fabricante e os dados para operação e manutenção deveriam ser incluídos no modelo Exploração, mas não foram disponibilizados em tempo útil para o desenvolvimento do estudo. A título orientativo, é apresentado como essas informações podem ser inseridas no modelo. Há dois meios para inserção dos dados para exploração e manutenção dos elementos: i) inserção da propriedade no tipo de elemento no *Revit*; ii) inserção de uma *Tags* nova no *Navisworks* nomeada de Exploração.

A inserção de uma nova propriedade em um tipo de elemento é nomeada no *Revit* de Adição de parâmetro do projeto. Seguindo o guia do site da *Autodesk*, foi identificado que o processo se dá pela seleção de “Gerenciar”, seguido de “Configurações” e posterior funcionalidade de “Parâmetros de Projeto”. Ao indicar adição de um parâmetro é visualizada uma caixa das propriedades de parâmetros (Figura 41) onde é possível inserir o nome do parâmetro, a disciplina que ele faz parte, o tipo e o grupo de parâmetros que ele está inserido, assim como a que categoria de elementos ele é aplicado (*Autodesk help*, 2019).

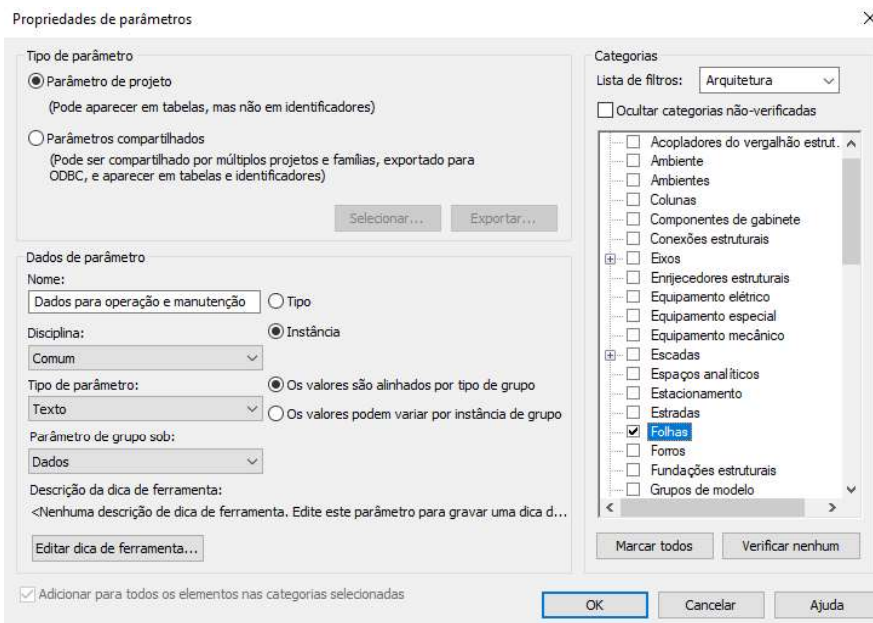


Figura 41: Inserção dos “Dados para operação e manutenção” como parâmetro no *Revit*.

A inserção da informação de que a revisão das placas deve ser feita em agosto de 2030, por exemplo, é realizada como foi indicado no subcapítulo anterior para inserção da nota chave da parede (Figura 25). Ao optar por esse meio de inserção dos dados é possível replicar o parâmetro facilmente para outras categorias de elementos, contudo esse procedimento não é possível ser adicionado no caso do projeto de Estruturas que já foi fornecido em formato IFC.

Caso seja de interesse alterar apenas o projeto no *Navisworks*, a inserção de informações como a data de revisão das placas ou fabricante pode ser feito pelo menu “Propriedades” (*Properties*). Adiciona-se uma nova *Tags* nomeada de “Dados para operação e manutenção” e dentro dela adicionam-se propriedades e suas informações (Figura 42). Esse processo de mostra ser mais aberto, possível de ser realizado para projetos disponibilizados em IFC, por exemplo, mas é preciso fazer isso para cada elemento, o que torna o processo menos prático quando comparado com a adição no *Revit*.

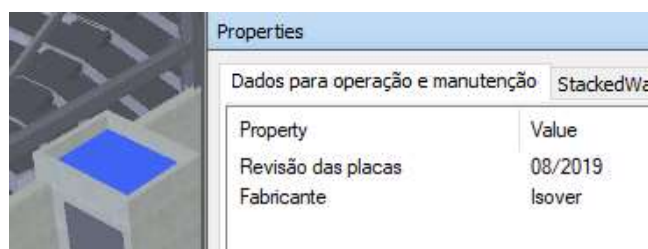


Figura 42: Inserção do requisito de informação “Dados para operação e manutenção” como propriedade no *Navisworks*.

Na visita técnica ao edifício foi identificado que a construção realizada teve algumas alterações quando comparada com o Projeto de Execução disponibilizado pela empresa, como por exemplo a exclusão de portas com vistas para a arquibancada ao nível da sala de projeção e a adição de parede limite do armazém. Outro ponto observado é que há um forro inclinado que limita o armazém à parte inferior da arquibancada que não é exibido no projeto de referência bidimensional. Todas essas alterações foram feitas no modelo de Exploração da especialidade Arquitetura (Figura 43) e posteriormente integrados no *Navisworks* aos Projetos de Execução de Estruturas e de Instalações, equipamentos e sistemas que não sofreu alterações para o modelo de Exploração.

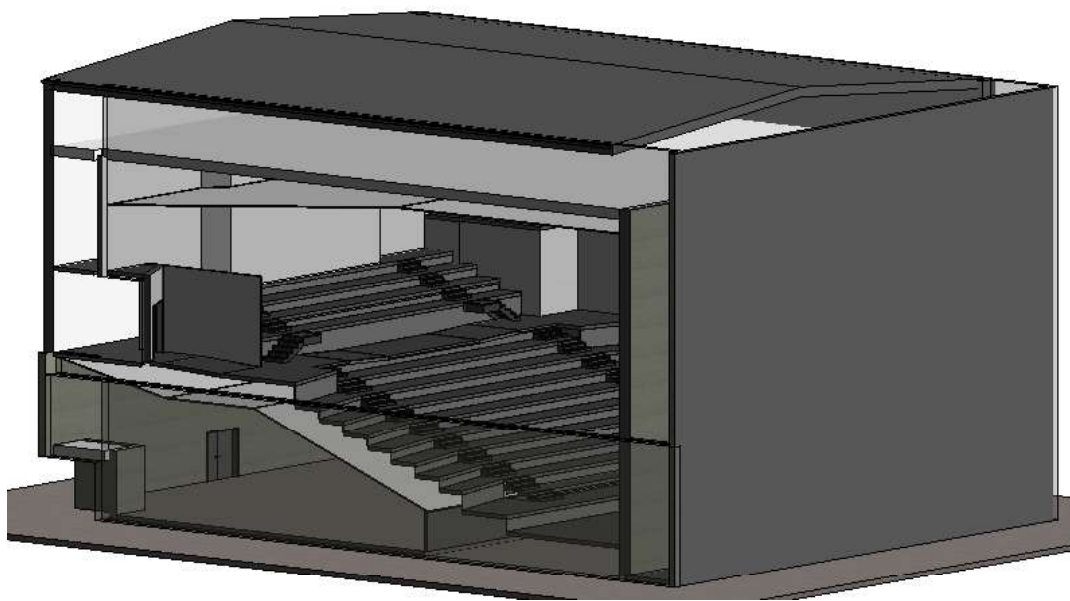


Figura 43: Modelo de Exploração da especialidade Arquitetura.

Como o armazém é a área de maior interesse para a Sonae SIERRA para a fase pós-obra de Exploração, essa zona foi detalhada em uma vista 3D (Figura 44).

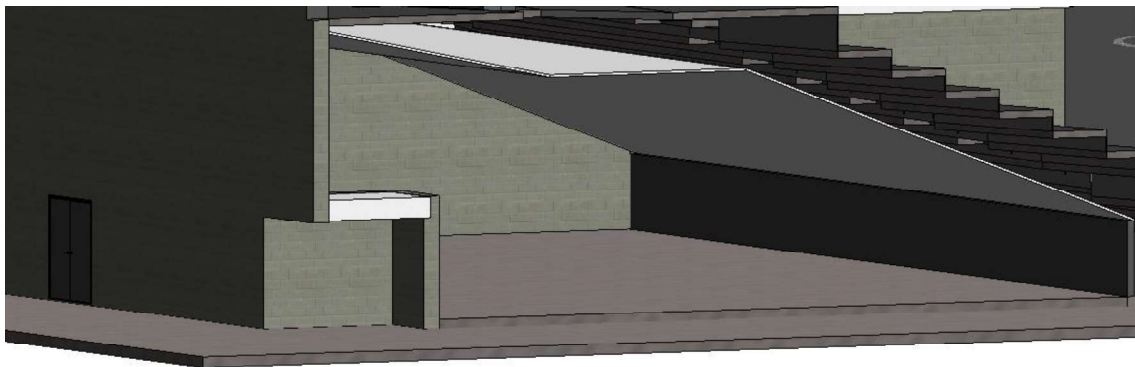


Figura 44: Detalhe do modelo de Exploração do armazém.

A metodologia usada para a realização do modelo de Exploração consistiu em 4 etapas (Figura 45).

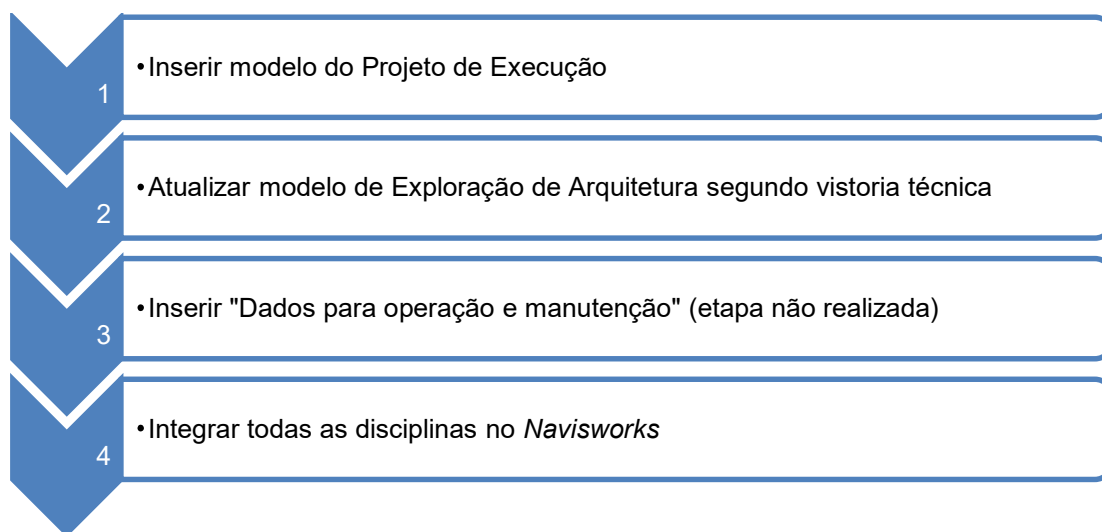


Figura 45: Metodologia usada na realização do modelo de Exploração.

A primeira etapa consiste na inserção do modelo em BIM do Projeto de Execução. Em sequência, o modelo de Exploração da Arquitetura foi atualizado segundo as observações de alterações identificadas na vistoria técnica. Há uma fase intermediária que seria a inserção dos “Dados para operação e manutenção”, mas essa etapa não foi realizada devido às informações não poderem ter sido obtidas a tempo para o desenvolvimento do presente estudo. Os modelos de Arquitetura, de Estrutura e de Instalações, equipamentos e sistemas foram integradas novamente no *Navisworks*.

A atenção às necessidades da empresa e a modelação de acordo com estas necessidades, sendo um ponto destacado na literatura sobre BIM, pode gerar resultados bem diferentes dependendo de cada caso. O modelo desenvolvido para a Exploração se apresenta com as informações básicas do projeto, sendo necessário ainda adicionar o fabricante e os “Dados para operação e manutenção” de cada elemento para que ele seja utilizado pela Sonae SIERRA.

5.7. Análise de resultados

O planeamento dos requisitos de informação foi orientador para a modelação da sala de Cinema IMAX e importante para o entendimento dos limites de informação e volume de trabalho para cada fase de projeto. As diferentes fases de projeto foram válidas para a compreensão de que as necessidades da empresa e dos demais envolvidos no empreendimento mudam no decorrer do seu ciclo de vida.

Durante a modelação houve bastante dificuldade em interpretar as informações provenientes dos projetos tradicionais em AutoCAD, principalmente em relação às alturas e detalhes disponíveis em peças desenhadas de cortes do projeto. Erros e incompatibilidades foram facilmente identificados durante a modelação através da metodologia BIM, o que valida a teoria apresentada no Capítulo 2 de que o BIM antecipa os problemas e os custos em obra. Outra questão de destaque é que no projeto tradicional as informações estão espalhadas em muitas peças desenhadas e escritas (plantas e documentos) diferentes, o que é solucionado quando na modelação em BIM.

Ao analisar as metodologias usadas para a realização dos modelos e os requisitos de informação para cada fase de projeto, é possível estabelecer uma relação entre eles. As categorias de elementos são, na maioria dos casos, pontos de trabalho de etapas distintas da metodologia.

O modelo em formato IFC foi facilmente acoplado ao modelo do Projeto de Execução. A qualidade na elaboração do projeto e principalmente em relação às propriedades dos elementos, permitiu que a interoperabilidade essencial no BIM ocorresse facilmente.

O modelo de Exploração foi desenvolvido com base no Projeto de Execução onde foram atualizadas as alterações identificadas na visita técnica. Apesar de não ser possível para o desenvolvimento do presente trabalho a inserção de todos os requisitos de informação planeados, foi apresentado o processo para realizar essa ação.

5.8. Considerações finais

O relato de experiência de uma empresa que já atua com o BIM foi de grande valia ao desenvolvimento do trabalho porque, em situações como a do nível de detalhe das camadas da parede, a aplicação da teoria a rigor pode gerar um modelo BIM sobrecarregado e com limitações na sua prática. Consequentemente, identifica-se a necessidade de mais estudos que façam este retorno da aprendizagem por experiência prática do BIM, para a teoria desenvolvida na academia.

Modelar a partir dos requisitos de informação, foi um exercício essencial para validar a expectativa de aplicabilidade da estrutura desenvolvida no Capítulo 4. O planeamento dos requisitos de informação mostrou-se essencial para orientar a modelação e limitar o nível de detalhe, de informação e de pormenorização, necessários para cada fase de projeto.

A inclusão de um ficheiro em IFC no Caso de Estudo foi interessante para validar que os requisitos de informação podem ser atendidos de acordo com o princípio da

interoperabilidade do BIM. Contudo, nestes casos, há uma necessidade de conferência, para verificar se o modelo atende aos requisitos de informação e onde localizá-la.

O modelo de Exploração foi essencial para o entendimento de que as necessidades do cliente mudam ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Apesar de na fase de Projeto de Execução os pormenores da sala de cinema serem fundamentais para a Sonae SIERRA, no pós-obra de Exploração o ponto de destaque foi o armazém, abaixo da arquibancada. Isso evidencia a necessidade referida no capítulo anterior de analisar, para cada informação, qual a necessidade do cliente e quais as decisões provenientes da informação.

6. Conclusões e desenvolvimentos futuros

6.1. Conclusões

A metodologia BIM representa uma grande revolução da Engenharia Civil moderna, que permite a construção colaborativa em ambiente virtual do empreendimento, unindo visualização tridimensional, acesso a informação e muitas potencialidades de uso. Benefícios do BIM como a antecipação de interferências e a identificação de erros, quando comparados a processos tradicionais, foram validados no Caso de Estudo desenvolvido. Identifica-se a necessidade de recolha de mais dados numéricos e tangíveis quanto a estas vantagens do BIM, pois atualmente a maior parte das informações a este nível são apenas qualitativas.

Portugal e Brasil são países que estão na etapa inicial de implementação do BIM. Atualmente existem muitas iniciativas que pretendem acelerar este processo, devido a razões económicas dos agentes e constroem e gerem ativos imobiliários. Há uma boa perspectiva de avanço nos próximos anos e os ganhos financeiros e tecnológicos para os dois países são promissores.

Por ser uma metodologia muito recente, cujo primeiro conceito foi publicado em 1986, ainda existe uma escassez de material relativo ao BIM. Na modelação do Caso de Estudo foi identificada também uma necessidade maior de integração entre a aprendizagem prática e o enriquecimento da teoria do BIM. A inclusão de um relato de experiência foi uma estratégia para permitir esta integração.

O conceito de LOD encontra-se bastante difundido no mundo, mas tem as suas limitações e tem recebido críticas da comunidade BIM. Neste sentido, surgiu o Nível de Informação Necessário que pretende dar resposta a uma exigência de maior flexibilidade, adaptabilidade e modelação para o uso. A questão do Nível de Informação Necessário é um ponto de discussão atual que foi abordado em norma em 2018 e tem uma lacuna ainda maior de materiais na área. A integração de conteúdos provenientes de diferentes normas e guias nacionais mostrou-se como uma estratégia de grande valia para dar contributos ao desenvolvimento do presente trabalho tendo em vista este cenário.

A estrutura proposta de informação para cada fase de projeto em modelos BIM foi um exercício importante para aplicar o conteúdo atingido na comparação das normas e guias e tornar este procedimento mais tangível para engenheiros e arquitetos. A metodologia utilizada consistiu na definição das fases de projeto a serem analisadas, as

especialidades e suas categorias. Numa fase posterior foi analisada a relação desses itens através do entendimento do objetivo e partes envolvidas em cada fase de projeto. A partir disso, o Caderno BIM de Santa Catarina foi o principal meio para identificação dos requisitos de informação para cada especialidade dentro de cada fase.

O facto de ser um estudo inédito criou uma necessidade de se fazer uma série de analogias, recolha de informações de diferentes fontes e ligações entre conteúdos. Consequentemente, a estrutura de informação proposta é constituída por um conjunto de conteúdos e experiência prática de muitos meios. Vale a pena realçar que todo o processo desenvolvido no Capítulo 4 deve ser feito no momento da elaboração do Plano de Execução BIM.

A partir da Estrutura de Requisitos de Informação para modelos BIM, torna-se essencial que os arquitetos e engenheiros adaptem essa estrutura segundo a realidade do projeto. Para cada informação é essencial que seja avaliada a qualidade e quantidade esperada, quais as decisões a serem tomadas a partir dela, quais as necessidades do cliente, o plano de trabalho em que está envolvido e mais alguns pontos descritos no Capítulo 4.

No Caso de Estudo ficou evidente a necessidade de adaptação dos requisitos de informação a cada caso, segundo a complexidade do projeto, atores envolvidos no empreendimento, funcionalidades, fase de projeto e principalmente necessidades do cliente. A estrutura de informação apresentada foi de grande valia para orientar e limitar o trabalho desenvolvido no Caso de Estudo.

A realização do modelo de Exploração desenvolvido para o cinema destacou o entendimento de que as necessidades do cliente e as decisões tomadas a partir de uma informação são alteradas ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Enquanto no Projeto de Execução todo o foco dos pormenores estava direcionado à sala de cinema, no modelo de Exploração a atenção da empresa estava voltada para o armazém. Outro ponto relevante desta fase pós-obra é que, no Caso de Estudo foi identificada a dificuldade em obter as informações reais e os detalhes de operação e manutenção do empreendimento, questão alertada na teoria, que acontece com frequência na Exploração.

Adicionalmente, foi observado que as ferramentas da *Autodesk* suprimam as necessidades da modelação e que estas possuem funcionalidades que auxiliam nesse processo. Um ponto interessante também foi a verificação dos requisitos de informação do Projeto de Execução de Estruturas do ficheiro em formato IFC, questão bem aplicável à realidade de empreendimentos reais que contratam diferentes escritórios de projetos.

6.2. Desenvolvimentos futuros

O presente estudo foi desenvolvido logo após a publicação das normas que citam o termo de Nível de Informação Necessário. Assim, será necessário a publicação de guias técnicos específicos que detalhem mais este termo, identificando-se uma potencialidade de estudo mais focado na aplicabilidade desta norma.

O Caso de Estudo desenvolvido foi de uma sala de cinema isolada devido ao objetivo do estudo e volume de trabalho disponibilizado para atender a este objetivo. Indica-se a extrapolação da forma de modelação, para outros tipos de estruturas, para além dos espaços para cinemas.

Adicionalmente, por questões de acesso à informação, o modelo de Exploração do Caso de Estudo não foi desenvolvido completamente em concordância com o planeado. Diante disto, identificou-se a necessidade de explorar mais essa fase pós-obra e sua potencialidade em trabalhos futuros.

O setor AECO identifica as vantagens da implementação do BIM nas suas atividades, mas os benefícios apresentados em estudos ainda são bastante qualitativos. Sugere-se o desenvolvimento de trabalhos futuros que produzam números que comprovem os benefícios do BIM para o setor.

Como nota final, salienta-se a possibilidade de aliar a modelação BIM das especialidades, a modelos de Exploração, utilizando a Realidade Aumentada. Esta potencialidade representa uma mais valia na fase de exploração, com redução de custos e incremento de eficiência e já é uma realidade em algumas organizações em Portugal. Poderá representar um aspeto a explorar em trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

- 360 Arquitetura [Em linha]. Brasil: Dicionário Técnico (2019). [Consult. 25 Ago.2019]. Disponível em WWW:<URL:<http://360arquitetura.arq.br/dicionario-tecnico/>>.
- ABNT [Em linha]. Brasil: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). [Consult. 25 Jul.2019]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.abnt.org.br/>>.
- ASHWORTH, S., TUCKER, M. - FM Awareness of Building Information Modelling (BIM). United Kingdom: Zurich University of Applied Sciences and Liverpool John Moores University, [2017].
- AUTODESK - Criar parâmetros do projeto. Autodesk Help [Em linha]. (2019). [Consult. 23 Ago.2019]. Disponível na Internet:<URL:<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Model/files/GUID-28CBBEC2-6262-42D3-AE41-B36166E8318F-htm.html>>.
- BIM BR - Construção Inteligente. Brasil: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, [2018].
- BIM COMMUNITY - Construção Civil em 2019: Maiores investimentos e projetos desafiadores. [Em linha]. (2019). [Consult. 20 Mar.2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.bimcommunity.com/news/load/1096/construction-in-2019-major-investments-and-challenging-projects>>.
- BIM DICTIONARY - BIM Dictionary platform. [Em linha]. (2019). [Consult. 18 Ago.2019]. Disponível na Internet:<URL:<https://bimdictionary.com/>>.
- BIM Forum: Level of Development Specification Part I & Commentary. United States: AIA, [2018].
- BOLPAGNI, Marzia, CIRIBRINI, Angelo - The Information Modeling and the Progression of Data-Driven Projects. Itália. (2015).
- BS 1192-4. 2014, **Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie – Code of practice**. United Kingdom.
- CADBIMMOZ - BIM e suas dimensões. [Em linha]. (2018). [Consult. 10 Abr.2019]. Disponível na Internet:<URL:<http://cadbimoz.com/bim-e-suas-dimensoes>>.
- CAMILO, Cristina - Qué normas y estándares BIM seguimos. MSI Studio. [Em linha]. (2018). [Consult. 03 Mai.2018]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.msistudio.com/que-normas-y-estandares-bim-seguimos/>>.

- Concreto & Construção: Normas brasileiras sobre BIM. Catelani, W.; Santos, E. Brasil: [2016].
- Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Fundamentos BIM. CBIC. Parte 1. Brasília: [2016].
- Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Implementação BIM. CBIC. Parte 2. Brasília [2016].
- Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Colaboração e integração BIM. CBIC. Parte 3. Brasília [2016].
- Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras: Formas de contratação BIM. CBIC. Parte 5. Brasília [2016].
- CHAREF, Rabia [et al.] - Beyond the Third Dimension of BIM: A Systematic Review of Literature and Assessment of Professional Views. United Kingdom. (2018).
- Computer Integrated Construction Research Program - **BIM Project Execution Planning Guide**. Version 2.0. United States: The Pennsylvania State University, 2010.
- CT197-BIM - **Guia da Contratação BIM**. Portugal: Comissão Técnica de Normalização BIM, 2017.
- DECRETO-LEI n.º 9.983/2019. Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR. Brasília: 2019.
- DICIONÁRIO E-CIVIL - Dicionário da Construção Civil. [Em linha]. (2019). [Consult. 24 Ago.2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.ecivilnet.com/dicionario/>.
- DICIONÁRIO PRIBERIAM - Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. [Em linha]. (2019). [Consult 25 Ago.2019]. Disponível na Internet:<URL: https://dicionario.priberam.org/>.
- DODGE DATA & ANALYTICS - Measuring the Impact of BIM on Complex Buildings. United States: SmartMarket Report, [2015].
- EASTMAN, C. [et al.] - **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- ENGENHARIACIVIL.COM - Dicionário online de Engenharia Civil e Construção Civil. [Em linha]. (2019). [Consult. 25 Ago.2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.engenhariacivil.com/dicionario/>.
- FABRÍCIO, M. [et al.] - Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas. São Paulo: Universidade de São Paulo, [1998].
- IBRE FGV - Blog do Instituto Brasileiro de Economia - A construção digital [1]. [Em

- linha]. (2018). [Consult. 29 Jun.2019]. Disponível na Internet:<URL:<https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital>>.
- IBRE FGV - Blog do Instituto Brasileiro de Economia - A construção digital [2]. [Em linha]. (2018). [Consult. 29 Jun.2019]. Disponível na Internet:<URL:<https://blogdoibre.fgv.br/posts/construcao-digital-parte-2>>.
- ISO 12006-2. 2015, **Building construction - Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification**. Switzerland.
- ISO 29481-1. 2016, **Building information modelling – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format**. Switzerland.
- ISO 19650-1. 2018, **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 1: Concepts and principles**. Switzerland.
- ISO 19650-2. 2018, **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 2: Delivery phase of assets**. Switzerland.
- GIL, A. C. - **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: 2009.
- Gomes, Ana - Contributos para o CICS Nacional: Tabelas de produtos de construção e de propriedades. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, [2018].
- Governo de Santa Catarina - **Caderno BIM - Apresentação de Projetos de Edificações em BIM**. Santa Catarina: 2014.
- GOOGLE MAPS - Google Maps Superfície. [Em linha]. (2019). [Consult. 12 Abr.2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.google.pt/maps>>.
- HD MAGAZINE - Inaugurada a nossa Primeira Sala de Cinema IMAX, no C.C. Colombo. [Em linha]. (2013). [Consult. 04 Abr.2019]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.magazine-hd.com/apps/wp/inaugurada-a-nossa-primeira-sala-de-cinema-imax-dmr-digital-no-c-c-colombo/>>.
- HORE, Alan [et al.] - Global BIM Study Lessons for Ireland’s BIM Programme. Dublin: Construction IT Alliance Limited, [2017].
- KAMARDEEN, Imriyas - 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. United Kingdom: Procs 26th Annual ARCOM Conference, [2010].
- KELL, A., MORDUE, S. - Levels of Definitions, Technical Support. NBS BIM Toolkit. [Em linha]. (2015). [Consult. 13 Mar.2019]. Disponível na Internet:<URL:<https://toolkit.thenbs.com/definitions/>>.
- MCGRAW HILL CONSTRUCTION - The Business Value of BIM for Construction in

Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Diving Innovation With Building Information Modeling. Massachusetts, [2014].

NBS - National BIM Report 2019: The definitive industry update. United Kingdom, [2019].

PORTARIA n.º 701-H/2008. Portugal: Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2008.

BUILDING SMART - Portugal. [Em linha]. (2019). [Consult. 30 Mai.2019]. Disponível na Internet:<URL:https://buildingsmart.pt/>.

SUCCAR, Bilal - BIM ThinkSpace: Episode 24 - Understanding Model Uses. [Em linha]. (2015). [Consult. 07 Mai.2019]. Disponível em WWW:<URL:https://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>.

TRADING ECONOMICS - Brazil GDP From Construction. [Em linha]. (2019). [Consult. 07 Mai.2019]. Disponível na Internet:<URL:https://tradingeconomics.com/brazil/gdp-from-construction>.

YIN, R. K. - **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: 2005.

ANEXO A

Lista de Especialidades do Projeto

Especialidade: Arquitetura

Ficheiro: COLOMBO - IMAX - MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES.xls

Estrutura que descreve as quantidades totais, parciais e medidas dos materiais e serviços a serem efetivados na obra. As categorias apresentadas são arquitetura, demolição, compartimentação, revestimentos, paredes de fachada, impermeabilização, serralharias, infraestruturas, diversos e limpeza.

Ficheiro: Imax - Colombo PEX.dwg

Plantas de localização da intervenção, projetos de execução do piso 1 e do piso 2 (Figura 46). As áreas submetidas a demolição/remoção e construção nova são destacadas nas plantas. O projeto também contém os cortes, fachada, detalhe das paredes, mapa de vãos e isolamentos.

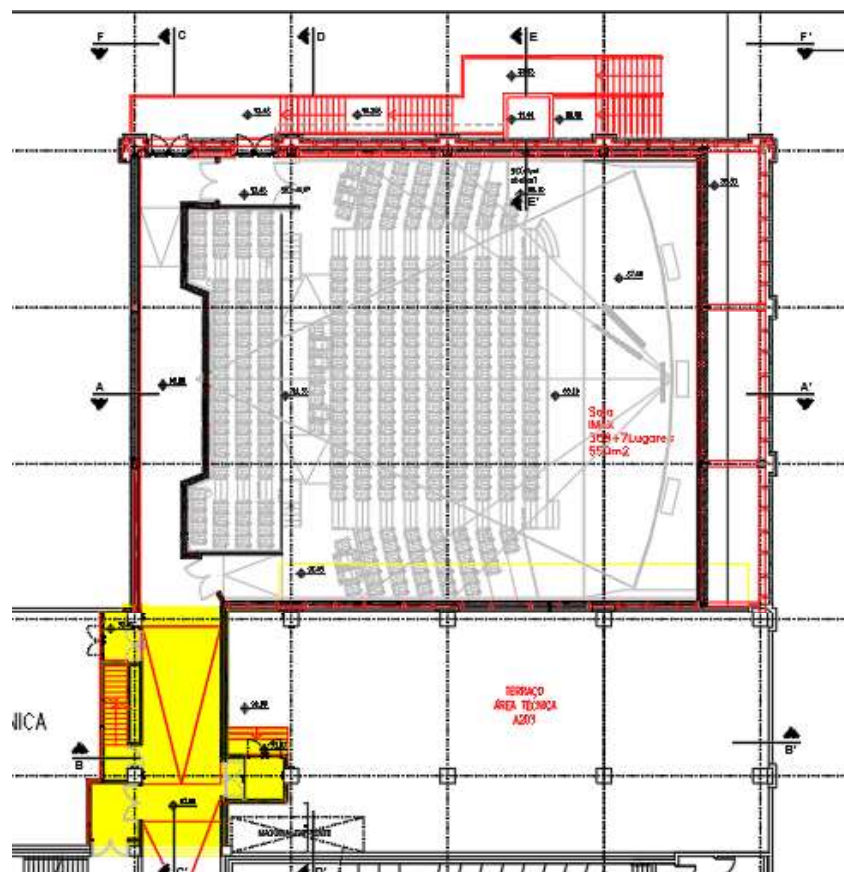


Figura 46: Planta baixa do piso 2 do Projeto de Arquitetura disponibilizado.

Especialidade: Condicionamento Acústico

Ficheiro: pormenores envolvente e corredor de acesso ... sala abril 2012.dwg

Pormenores do projeto acústico da envolvente exterior (Figura 47), salas auxiliares e corredor técnico.

Ficheiro: Isolamento acústico inferior ao anfit-teatro.pdf

Pormenores do projeto acústico da duplicação da plateia.

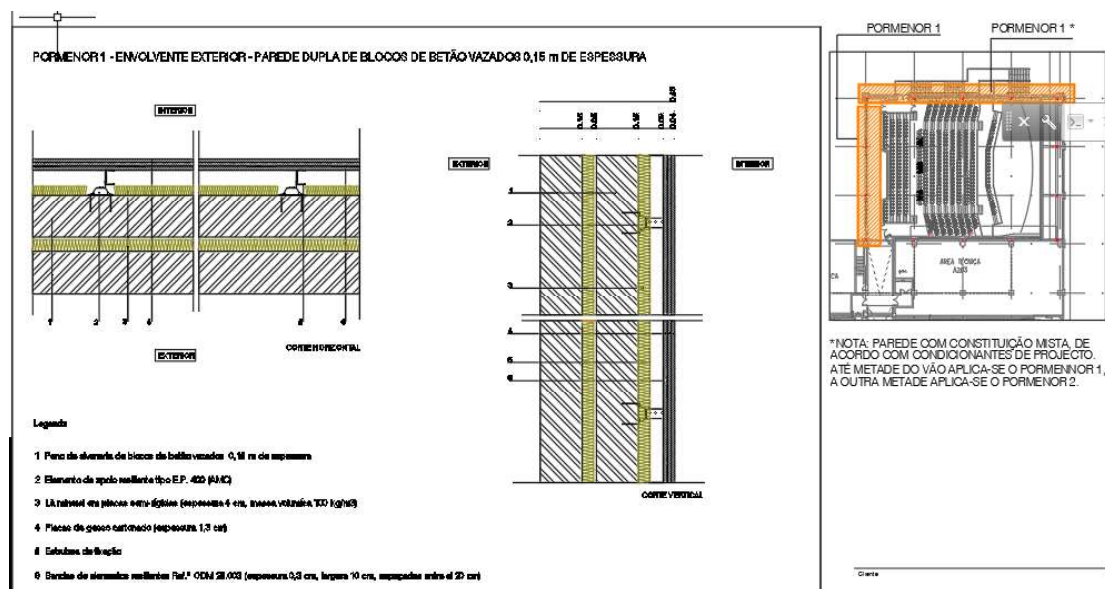


Figura 47: Pormenor da envolvente exterior do Projeto de Condicionamento Acústico disponibilizado.

Especialidade: Estruturas

Ficheiro: 2011-310-00-EST-EX-MQ-0.xls

Estrutura que descreve a unidade de medida e as quantidades totais dos materiais e serviços a serem efetivados na obra. As categorias apresentadas são estaleiro, demolições e trabalhos preparatórios, diversos e estrutura metálica.

Ficheiro: 2011-310-00-EST-EX-lmax.dwg

Projeto da estrutura metálica dos pisos 1 e 2, entrada, arquibancada (Figura 48), sala superior e cobertura. Os cortes e pormenores de ligação são apresentados adicionalmente.

Ficheiro: 2011-310-00-EST-EX-lmax_Escadas.dwg

Projeto com planta baixa e corte da estrutura metálica da escada exterior.

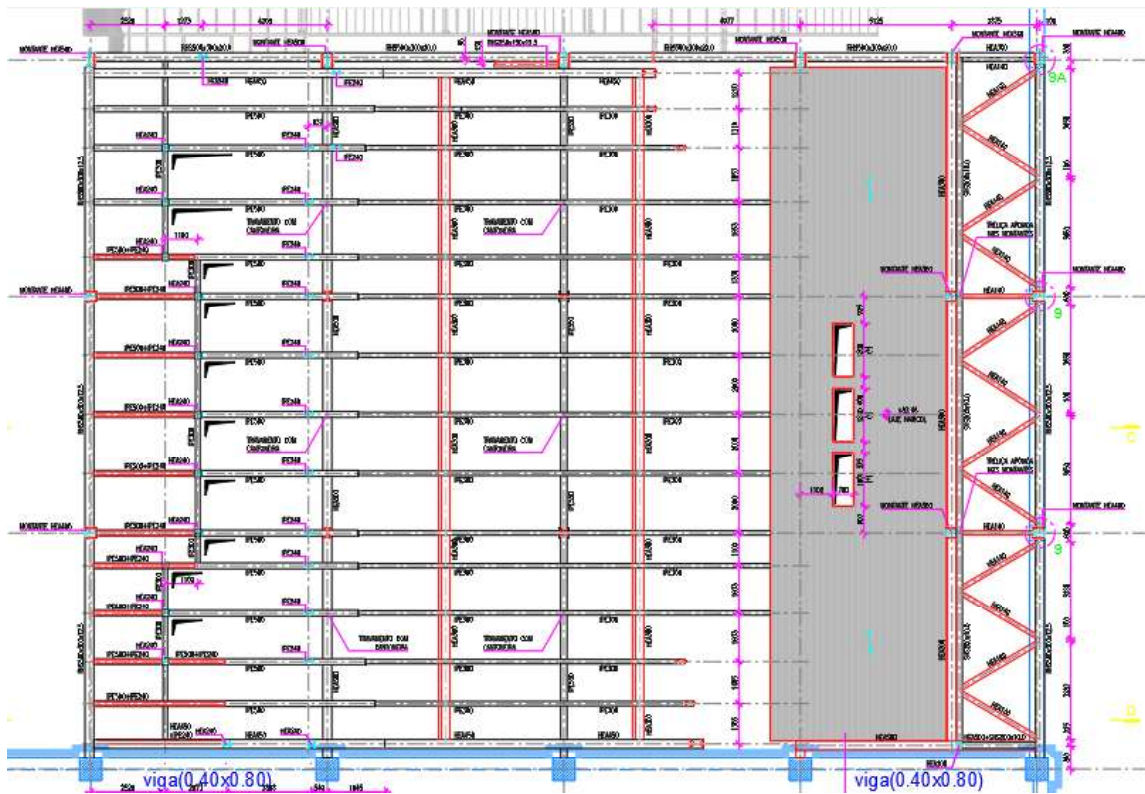


Figura 48: Planta baixa da arquibancada do Projeto de Estrutura disponibilizado.

Ficheiro: 2011-310-00-EST-EX-lmax_Interior.dwg

Projeto com planta baixa, cortes e pormenores da estrutura metálica da bancada do cinema, acesso das cabines de projeção e cobertura.

Ficheiro: 2011-310-00-EST-EX-Pormenores.dwg

Pormenores de ligação, reforço, montagem e construção. A ligação entre os elementos metálicos e a estrutura de betão existente são detalhadas neste projeto.

Ficheiro: 1747_IMAX - PM_Plano de Montagem.pdf

Procedimento de montagem da estrutura que descreve a obra, como deve ser a organização do estaleiro quanto a instalações temporárias, horário, mão-de-obra, equipamento e limpeza. É descrito também as fases do serviço desde a ordem de fornecimento e montagem ao acabamento.

Ficheiro: 1747-imax.ifc

Modelação em 3D com Nível de Detalhamento de alto nível (Figura 49). O modelo apresenta todos os elementos metálicos com suas propriedades de

formato IFC descritas e os pormenores de ligação (Figura 50) estão a nível dos parafusos.

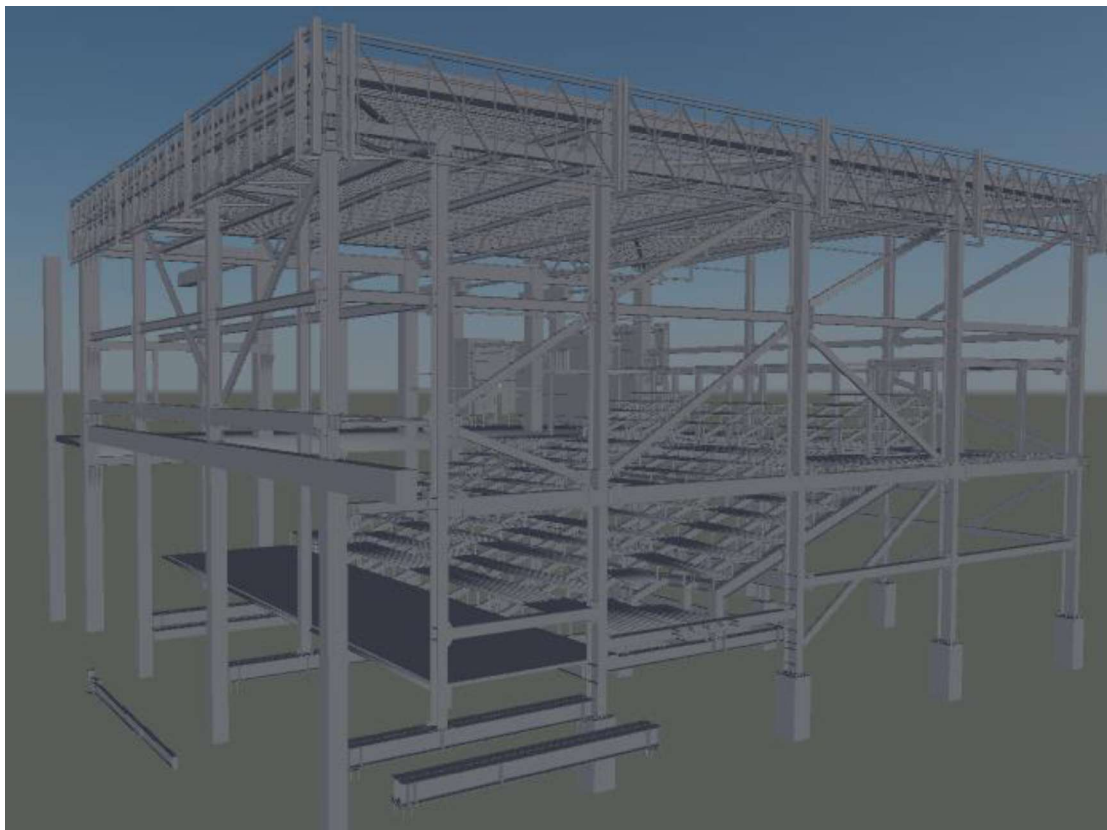


Figura 49: Modelo 3D do Projeto de Estrutura disponibilizado em formato IFC.

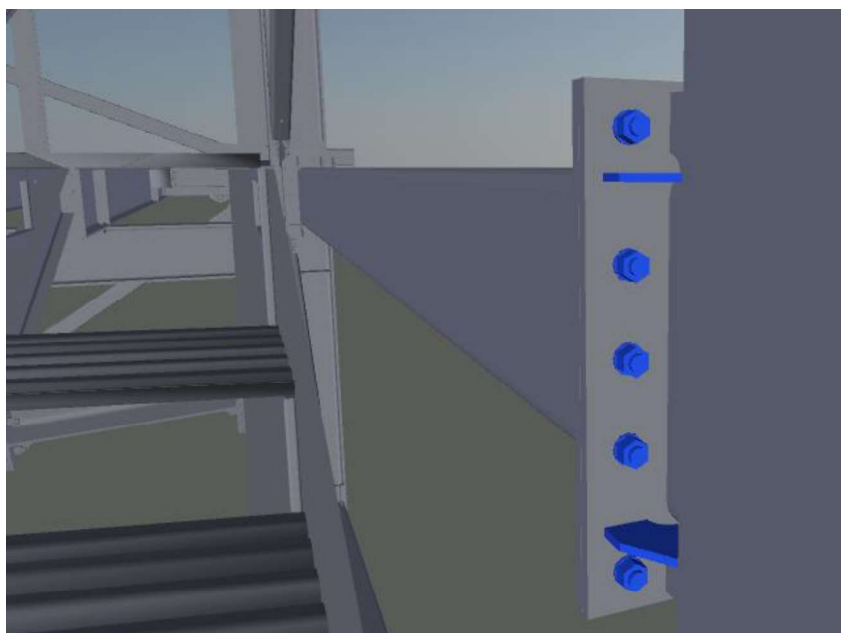


Figura 50: Pormenor de ligação do Projeto de Estrutura disponibilizado em formato IFC.

Especialidade: Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos

Ficheiro: 2012-03-28 PLV-PE-00.dwg

Projeto com planta baixa (Figura 51) e corte da Drenagem das águas pluviais.

Ficheiro: 2012-06-06_PE_SEG_MM_00.xls

Estrutura que descreve a unidade de medida e as quantidades totais dos materiais e serviços a serem efetivados na obra. As categorias apresentadas são rede de drenagem de águas pluviais e diversos.

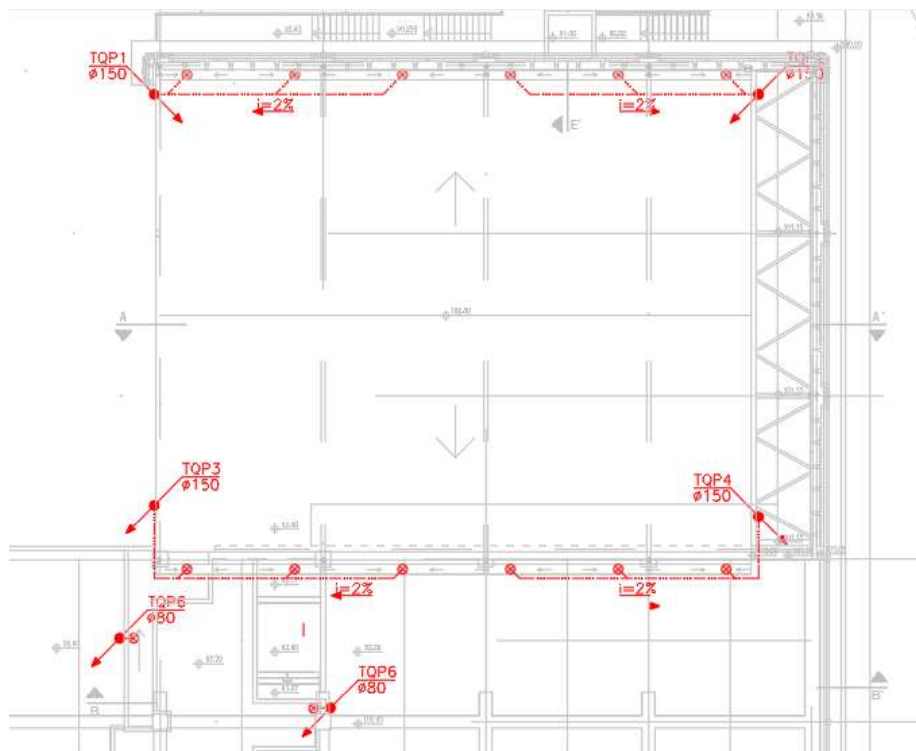


Figura 51: Planta baixa da drenagem de águas pluviais do Projeto de Instalações, equipamentos e sistemas de águas e esgotos.