

PRINCÍPIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS COM RECURSO A FERRAMENTAS BIM

Avaliação de melhores práticas e proposta de
regras de modelação para projetos de
estruturas

JORGE MIGUEL SANTOS SILVA

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

Orientador: Professor Doutor João Pedro da Silva Poças Martins

Coorientador: Engenheiro João Luís Lima Cabral Tavares de Lima

JANEIRO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-5081446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-5081440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

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

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

Aos meus Pais e família,
à Ângela

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, o Professor João Poças Martins, um agradecimento pela disponibilidade sempre demonstrada, pelo interesse e motivação no tema e o apoio que sempre manifestou ao longo destes meses.

Ao meu coorientador, o Engenheiro João Lima da empresa bimTEC, um sincero agradecimento por todo o apoio, tanto ao nível logístico, disponibilizando as ferramentas essenciais ao desenvolvimento do caso de estudo, mas também pelo acompanhamento do desenvolvimento do relatório, pelas discussões e conversas, pelas opiniões diferentes e ideias a desenvolver e sobretudo pelo entusiasmo pelo tema abordado, que foi um incentivo para explorar sempre um pouco mais.

Aos meus amigos e colegas de curso, em particular ao André, Filipe, Joca e Xano, à carinhosamente apelidada “malta do ISEP”, que nos últimos anos deste percurso que agora termina foram um apoio essencial.

Aos meus amigos de infância da minha Vila que continuam a ouvir os meus desabafos sempre com paciência, amizade e companheirismo há 20 anos.

Em especial aos meus amigos Bruno, Gilberto e Tiago pelos anos de grande amizade e com quem partilhei momentos únicos.

À Ângela por todo o apoio incondicional e compreensão nos momentos mais difíceis deste percurso. Pelo amor e amizade, pelas palavras de motivação e pela paciência que sempre demonstrou.

Por fim, à minha família, em especial aos meus pais, por me terem proporcionado a minha formação académica e pelo que contribuíram na minha formação enquanto pessoa ajudando-me em todas as fases menos boas.

RESUMO

A utilização de metodologias e ferramentas BIM tem vindo a ganhar importância na indústria da arquitetura, engenharia e construção. Este conceito começa a ser bastante difundido no seio desta indústria com as vantagens que lhe são reconhecidas na área da gestão e organização da informação. No entanto, apesar da emergente utilização destes processos, não existem neste momento normas ou regras de boas práticas para a sua implementação em Portugal.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho pretende abordar uma questão particular necessária à utilização de ferramentas BIM-compatíveis. Assim, foram explorados os conceitos de critérios de modelação e dos níveis de desenvolvimento necessários a uma correta definição de um empreendimento na fase de projeto. Começou-se por efetuar uma análise de documentos de diversos países sobre requisitos que entidades governamentais impõem nos seus projetos, e adaptou-se os conceitos referidos à realidade portuguesa.

A experiência adquirida com a modelação do caso de estudo do presente trabalho permitiu identificar algumas lacunas existentes ao nível da falta de recomendações práticas que sirvam de orientação da modelação recorrendo a ferramentas informáticas BIM-compatíveis. Assim, a base deste trabalho consiste na criação de uma série de recomendações ou de um roteiro de modelação em específico para a disciplina de estruturas enquanto área de aplicação concreta do estudo efetuado.

Nesse sentido, a proposta deste trabalho apresenta um conjunto de critérios de modelação onde são definidos os elementos a modelar em cada fase do projeto, fases essas que foram unificadas no sentido de corresponderem à legislação nacional.

PALAVRAS-CHAVE: BIM, Modelação, Informação, LOD, Níveis de Desenvolvimento.

ABSTRACT

The use of BIM tools and methodologies has been gaining importance in the architectural, engineering and construction industry. This concept is getting widespread within the industry with the advantages which are recognized in the management and organization of information. However, despite the emerging use of these processes, there are currently no standards or rules of practice to implement it.

The objective of this dissertation intends to address a particular issue required for the use of BIM capable tools. Modeling criteria and levels of development concepts were explored since they are required for a correct definition of a project in the design phase, beginning with an analysis of the government entities imposed requirements in various countries on their projects, and adapting these concepts to the Portuguese reality.

The experience gained from the modeling case of study allowed the identification of some gaps in modeling rules that guide modeling using computer BIM capable tools. So the basis of this work is to create a series of recommendations and a roadmap for modeling, specific to the study conducted in structures discipline

Accordingly, the purpose of this paper presents a set of criteria which are defined modeling elements to model in each phase of the project, phases that were joined in order to correspond to the national legislation.

KEYWORDS: BIM, Modeling, Information, LOD, Level of Development

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1 INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2

2 ESTADO DA ARTE

2.1.BIM	5
2.1.1. PERSPETIVA HISTÓRICA	5
2.1.2. ASPETOS GERAIS	5
2.1.2. INTEROPERABILIDADE	7
2.1.2.1. <i>Industry Foundation Classes (IFC)</i>	8
2.2. NORMAS PARA A UTILIZAÇÃO DE BIM	9
2.2.1. NORMAS BIM NO MUNDO	9
2.2.2. NORMAS BIM NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA)	10
2.2.2.1. <i>General Services Administration (GSA) Building Information Modeling Guide</i>	11
2.2.2.2. <i>National Building Information Modeling Standard (NBIMS)</i>	13
2.2.3. NORMA BIM NA FINLÂNDIA	16
2.2.3.1. <i>Common BIM Requirements (COBIM)</i>	16
2.2.4. NORMA BIM NO REINO UNIDO	21
2.2.4.1. <i>AEC (UK) BIM Protocol</i>	21
2.2.5. O BIM EM PORTUGAL	23
2.2.5.1. Projeto SIGABIM	23
2.2.5.2. BIMFórum Portugal	23

2.2.5.3. Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção, PTPC	25
2.3. O BIM NOS PROJETOS DE ESTRUTURAS	25
2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A IMPORTÂNCIA DE BIM	27

3 PROPOSTA DE REGRAS DE MODELAÇÃO

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	31
3.2. REGRAS DE MODELAÇÃO EXISTENTES	31
3.2.1. NORMA GSA BIM <i>GUIDE</i>	31
3.2.2. NORMA NBIMS	32
3.2.3. NORMA COBIM	33
3.2.4. NORMA AEC (UK) <i>BIM PROTOCOL</i>	33
3.3. REGRAS DE MODELAÇÃO PROPOSTAS	34
3.3.1. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO	36
3.3.2. ARTICULAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL	37
3.3.3. DIVISÃO POR TIPO DE ELEMENTOS	37
3.3.4. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO PROPOSTOS: DESCRIÇÃO GENÉRICA	39
3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

4 CASO DE ESTUDO

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	43
4.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE	43
4.3. ELABORAÇÃO DOS MODELOS	43
4.3.1. LOD 100	44
4.3.2. LOD 200	47
4.3.3. LOD 300	51
4.3.4. LOD 400	54
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56

5 CONCLUSÕES	57
5.1. RESULTADOS DO TRABALHO DESENVOLVIDO	57
5.2. PERSPETIVAS FUTURAS	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	65
ANEXO 1 – DEFINIÇÕES	67
ANEXO 2 – TABELA DE REGRAS DE MODELAÇÃO COBIM	69
ANEXO 3 – TABELA DE REGRAS DE MODELAÇÃO PROPOSTAS	79
ANEXO 4 – ALÇADO OESTE EM LOD 200	103
ANEXO 5 – PLANTA DE PISO TIPO EM LOD 200	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo virtual de um avião (site evekyor).	6
Figura 2 - Modelo virtual de AldarHeadquarters, Abu Dhabi (constructionweek online)	6
Figura 3 – BIM no ciclo de vida de um edifício (Autodesk).	7
Figura 4 – BIM no mundo (Brewer, G. [et al.], 2012).	9
Figura 5 – Adoção de BIM na América do Norte (McGraw_Hill, 2010).	11
Figura 6 – Vetores estratégicos da iniciativa BIMFórum (BIMFórum, 2012).	24
Figura 7 – Evolução do nível de desenvolvimento na modelação (AEC_(UK), 2012).	34
Figura 8 – Exemplo de uma evolução possível do nível de desenvolvimento (Meireles, A.R., 2012).	35
Figura 9 – Exemplo de diferenças da informação de dois modelos BIM visualmente idênticos.	35
Figura 10 – Pormenor sem armaduras e ligações metálicas.	41
Figura 11 – Pormenor com armaduras e ligações metálicas.	41
Figura 12 – Pormenor da definição dos pisos.	44
Figura 13 – Pormenor da definição da malha estrutural.	44
Figura 14 – Elementos laje, pilar e viga utilizados na modelação em LOD 100.	45
Figura 15 – Visualização 3D de um piso da estrutura em LOD 100.	46
Figura 16 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 100.	46
Figura 17 – Quantidades de Lajes, Pilares e Vigas em LOD100.	47
Figura 18 – Corte tridimensional do piso da cave em LOD 200.	48
Figura 19 – Quantidades de Pilares e Vigas em LOD 200.	49
Figura 20 – Visualização 3D do núcleo central em estrutura metálica, LOD200.	50
Figura 21 – Pormenor da sobreposição de elementos em LOD 200.	50
Figura 22 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 200.	50
Figura 23 – Pormenor da cave 3D. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.	51
Figura 24 – Pormenor da disposição de pilares e referências. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.	52
Figura 25 – Pormenor da sobreposição dos elementos metálicos. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.	53
Figura 26 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 300 e pormenor da rampa de acesso à cave.	53
Figura 27 – Armaduras em maciços de estacas.	54
Figura 28 – Correção do encontro entre duas vigas.	55
Figura 29 – Pormenor de ligação da base de um pilar metálico.	55

Figura 30 – Corte parcial da caixa de escadas.	56
Figura 31 – Relação entre o Nível de Desenvolvimento de um modelo e o esforço de modelação requerido.	58

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Alguns países com normas ou diretrizes BIM (AIA, 2012).	10
Quadro 2 – Elementos requeridos para validação dos espaços pela GSA.	32
Quadro 3 – Elementos do domínio das estruturas considerados na proposta do trabalho.	38

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção.
AIA – The American Institute of Architects
BCA – Building Construction Authority
BIM – Building Information Modeling.
BPM – Building Product Model
bSa – buildingSMART alliance
CAD – Computer Aided Design
CCP – Código dos Contratos Públicos
COBie – Construction Operations Building Information Exchange
COBIM – Common BIM Requirements
EUA – Estados Unidos da América
GSA – General Services Administration
IDM – Information Delivery Manuals
IFC – Industry Foundation Classes
LOD – Level of Development
MDV – Model View Definitions
MEP – Mechanical, Electrical and Plumbing
MIC – Modelação da Informação na Construção.
NBIMS – National BIM Standard
NIBS – National Institute of Building Sciences.
PBS – Public Buildings Service
SPV – Spatial Program Validation
UK – United Kingdom

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A engenharia esteve desde sempre ligada a importantes avanços tecnológicos que tiveram um impacto profundíssimo na forma como hoje vivemos e interagimos com o mundo que nos rodeia. Alguns desses avanços são, hoje em dia, considerados uma realidade adquirida pela generalidade da sociedade.

Sem ser necessário recuar à época da “invenção da roda”, recordamos apenas que no início da década de 90, ou seja, há cerca de 20 anos atrás, a internet conforme a conhecemos hoje, pura e simplesmente não existia, os telefones ainda estavam ligados com fios e pensar em enviar um SMS era algo que seria inimaginável para a grande maioria das pessoas.

Estes avanços tecnológicos antes de serem do conhecimento e do uso público generalizado passaram por intensos processos de desenvolvimento e amadurecimento. Esses processos são usuais na indústria e têm como principal objetivo garantir que a utilização massificada de uma nova tecnologia ou produto possa ocorrer de uma forma eficaz e robusta.

O BIM (*Building Information Modeling*) está numa fase de implementação alargada. Os âmbitos e as possibilidades oferecidas por esta tecnologia aumentam todos os dias, tornando-se assim imperativo identificar possibilidades e criar as condições necessárias para as tornar uma realidade.

A normalização dos processos de trabalho com BIM é uma condição, que não sendo suficiente, é absolutamente necessária para uma eficaz implementação desta tecnologia, uma vez que um processo normalizado e estabilizado tendencialmente favorece a adesão de mais intervenientes.

1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

A presente dissertação pretende explorar o conceito de regras de modelação e níveis de desenvolvimento quando é proposta a execução de um projeto em BIM.

Acompanhando a tendência observada em diversos países relativamente à produção de documentos normativos e orientações de modelação BIM, e tendo conhecimento que em Portugal estão a surgir iniciativas no âmbito da produção de uma Norma BIM, o presente trabalho procura contribuir com linhas orientadoras para uma futura norma BIM no âmbito da elaboração dos projetos de estruturas.

A consulta de profissionais da engenharia civil permitiu perceber que neste momento os clientes têm, de uma forma geral, mostrado algum interesse no BIM. Este interesse faz com que os projetistas se sintam tentados a evoluir das tradicionais metodologias de elaboração de projetos para novas práticas baseadas em metodologias BIM. Surge então o problema de definir “o que é um projeto em BIM?” uma vez que numa definição abrangente poderá levar a classificar um projeto como BIM apenas por ter sido desenvolvido num programa cujas características se inserem na tecnologia BIM.

No seguimento desta ideia, a revisão do estado da arte revela que internacionalmente estão a surgir iniciativas no sentido de organizar as informações que um modelo deve conter e em que fases se pretendem determinadas características dos objetos modelados. Para tal, diversas organizações governamentais criaram grupos de trabalho que incluem os profissionais da engenharia no sentido de criarem regras para a utilização de BIM na realização de projetos de obras públicas.

É fundamental que as normas para a criação de projetos em BIM sejam definidas antes do desenvolvimento do projeto, pois é essencial que o modelador tenha à disposição um “roteiro” que possa seguir. Como princípio geral, qualquer trabalho de modelação deverá ser desenvolvido de forma a garantir que se cumpram as expectativas do cliente, indo de encontro com o fim para qual o modelo se destina, de forma eficiente, sem investir um esforço excessivo na modelação de pormenores que não são relevantes num caso específico, e excluir atributos que o cliente espera obter do modelo. As potencialidades da utilização de um modelo BIM só podem ser aproveitadas na sua plenitude se previamente se definir o intuito do modelo e a informação que se espera retirar do mesmo.

Deste conceito surge a necessidade deste trabalho. Até à data da presente dissertação não é possível encontrar um documento nacional de acesso público que defina princípios ou regras para a modelação. Assim pretende-se apresentar uma proposta de regras ou recomendações de modelação que sejam adequadas à realidade nacional.

O objetivo do trabalho passou por recolher, unificar e adaptar as melhores práticas internacionais no que diz respeito aos roteiros de modelação, resultando deste processo a proposta do autor de regras de modelação para a disciplina de estruturas.

No âmbito do presente trabalho foi adotada a disciplina de estruturas como exemplo de estudo no sentido de reduzir a complexidade que a modelação de todas as especialidades acarretaria. A opção pela área das estruturas resulta do facto de a dissertação ter sido desenvolvida com o acompanhamento da empresa bimTEC. Esta empresa tem o seu núcleo de negócios principalmente na área dos projetos de estruturas, o que proporcionou o acompanhamento da realização de projetos pelo processo tradicional e o início da utilização de ferramentas BIM, bem como a disponibilização de projetos reais para consulta, criando um ecossistema favorável para o desenvolvimento do estudo pretendido.

Este trabalho pretende ser uma contribuição para o desenvolvimento de um potencial documento, porventura semelhante aos que já se encontram redigidos noutros países, onde se incluem regras de modelação para todas as disciplinas.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação desenvolve-se em cinco capítulos, dos quais o primeiro é a presente introdução onde se pretende fazer um enquadramento geral do tema a desenvolver e onde são referidos os objetivos a atingir.

No segundo capítulo apresenta-se o estudo do estado da arte onde são apresentadas, primeiro, uma breve exposição sobre os BIM e o conceito de partilha de informação, enaltecendo a necessidade de

normalização deste processo. Seguidamente, foi efetuada uma abordagem dos desenvolvimentos que têm sido levados a cabo em diversos países para a implementação de processos BIM no setor a arquitetura, engenharia e construção sendo, apresentadas uma série de normas ou diretrizes que têm por objetivo introduzir alguma coerência no setor quando os seus intervenientes decidam realizar os seus projetos utilizando processos BIM.

O terceiro capítulo trata da proposta de regras de modelação para o desenvolvimento de projetos de estruturas. No sentido de apresentar estas regras ou recomendações começa-se por analisar as iniciativas internacionais, no que diz respeito ao assunto em questão, e fez-se uma unificação e adaptação à realidade nacional apresentando de seguida as regras propostas pelo autor deste trabalho.

No quarto capítulo pretende-se demonstrar a aplicação das regras propostas. Para tal procedeu-se à modelação de um edifício baseado num projeto real, recorrendo a um programa BIM-compatível. Procurou-se por um lado testar a aplicabilidade da proposta, evidenciar as diferenças descritas nas mesmas e referir eventuais dificuldades encontradas na modelação.

O quinto capítulo é o último da presente dissertação onde se apresenta uma síntese do trabalho desenvolvido, referindo as principais conclusões e possíveis desenvolvimentos futuros a realizar como forma de continuação do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

2

ESTADO DA ARTE

2.1.BIM

2.1.1. PERSPETIVA HISTÓRICA

Desde a sua introdução que o CAD (*Computer Aided Design*) e os computadores têm desempenhado um papel fundamental na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Atualmente os computadores e as tecnologias de informação têm constituído a principal plataforma de comunicação entre as partes envolvidas na indústria.

O conceito de utilização de modelos de informação para a construção foi inicialmente desenvolvida na década de 70 por académicos do *Georgia Institute of Technology*, destacando-se o Prof. Charles M. Eastman, que publicou uma série de artigos sobre *Building Product Model* (BPM). Desde então o interesse nesta tecnologia foi aumentando rapidamente (Harris, J., 2010).

O acrónimo BIM (*Building Information Modeling*) foi usado pela primeira vez em 2002 para descrever um desenho virtual, gestão da construção e instalações. Os processos BIM centram-se em torno de modelos virtuais que permitem a partilha de informação entre os intervenientes da indústria da construção (Jernigan, F.E. and Onuma, K.G., 2008).

2.1.2. ASPETOS GERAIS

A indústria da construção está a vivenciar mudanças significativas promovidas pelas mesmas tecnologias de modelação virtual, e utilização de objetos inteligentes que já são práticas comuns na indústria aeronáutica e automóvel. Assim como estas indústrias utilizam sofisticados programas para modelar e simular virtualmente os seus produtos antes de os fabricarem, será lícito admitir que no futuro a indústria da AEC irá simular virtualmente os seus edifícios num computador antes de os tentar construir fisicamente (GSA, 2007a).

Building Information Modeling (BIM), ou em português Modelação da Informação na Construção (MIC), é um dos desenvolvimentos mais promissores na AEC. Permitindo que um ou mais modelos virtuais de um edifício e seus componentes sejam construídos digitalmente com grande precisão.

O termo BIM é frequentemente confundido com as ferramentas de modelação comercializadas por empresas de *software*, salientando-se no entanto que BIM não é um *software*, mas sim um processo baseado num sistema base de informações que cria valor e inovação a longo prazo. O processo

baseado em BIM melhora a forma como os projetos são executados e construídos (Jernigan, F.E. and Onuma, K.G., 2008).

De forma análoga, a designação BIM é, por vezes também erradamente utilizada para caracterizar modelos tridimensionais que não são mais do que linhas para a representação de um dado objeto. Este equívoco deve-se, provavelmente, ao aspeto gráfico das aplicações que recorrem a este tipo de tecnologia. Em alguns casos, esta nova geração de aplicações é incorretamente entendida como uma nova versão dos produtos CAD mais utilizados (Martins, J.P.d.S.P., 2009).

Num modelo BIM a informação encontra-se interligada por via de relações paramétricas, o que significa que as alterações são processadas em tempo real em todo o modelo, evitando a propagação de erros e dinamizando os processos de atualização. A automatização da produção das peças automáticas de um projeto é uma das grandes mais-valias da modelação BIM, com a geração de peças desenhadas a serem obtidas automaticamente a partir do modelo do edifício. Esta funcionalidade tira partido das relações paramétricas entre os elementos do modelo na medida em que permite trabalhar em qualquer uma das vistas sem a preocupação de ajustar as restantes, cabendo ao programa utilizado executar as alterações automaticamente (Gequaltec, 2011).

O BIM é muito mais do que a representação virtual dos objetos com intuito da geração de vistas automáticas. A visão do *National Institute of Building Sciences* (NIBS) sobre a tecnologia BIM é que este é um processo melhorado de planejar, projetar, construir, usar e manter uma instalação, nova ou velha, usando um modelo de informação normalizado que contém toda a informação apropriada num formato que possa ser usado durante todo o seu ciclo de vida (NIBS, 2008).

Para além da definição da geometria e dos materiais, os modelos BIM têm a capacidade de suportar a análise estrutural e energética, o planeamento do processo construtivo, análise de custos, entre outros, assim, o projeto e a construção de um edifício são um trabalho de equipa que envolve diversas especialidades.

De uma forma geral, cada uma dessas especialidades tem a sua forma muito particular de trabalhar, usando os seus próprios programas informáticos e procedimentos. Para que o fluxo de informação entre especialidades seja possível é necessário existir interoperabilidade. O conceito de Interoperabilidade é definido no ponto 2.1.2. Mas no mínimo este conceito permite eliminar a necessidade de copiar manualmente informação já gerada por outra aplicação (Eastman, C. [et al.], 2011).

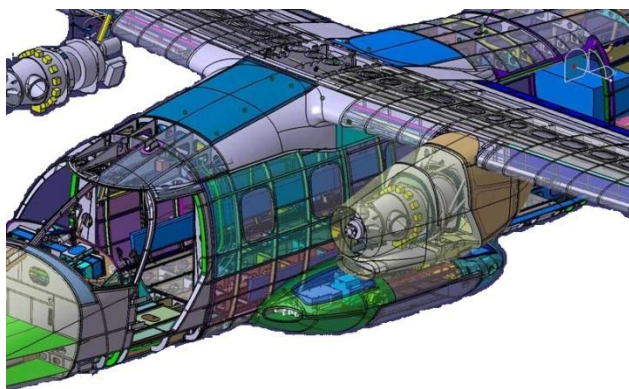


Figura 1 - Modelo virtual de um avião (site evekyor).



Figura 2 - Modelo virtual de AldarHeadquarters, Abu Dhabi (constructionweek online)

Os BIM permitem a partilha de informação entre especialidades de uma forma muito eficaz. Se a informação estiver alojada num servidor central e for constantemente atualizada o processo de construção vai ser significativamente melhorado, pois todos os intervenientes têm acesso à versão mais recente do projeto imediatamente após esta ser disponibilizada. Esta vantagem implica que existam procedimentos bem definidos entre as partes intervenientes, que poderão ser normas institucionais, que definam as regras de partilha de informação bem como a normalização dos modelos virtuais gerados com recurso a ferramentas BIM.

2.1.2. INTEROPERABILIDADE

O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação ao longo das diferentes fases do ciclo de vida de um edifício, nomeadamente entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital multidimensional (Lino, J.C. [et al.], 2012).

O sucesso potencial dos BIM na indústria da AEC depende em parte da capacidade de se retirar informação relevante dos modelos BIM, e da capacidade de a partilhar, com sucesso, com diversos intervenientes do processo (projeto, construção e exploração). Um dos meios de fazer esta partilha de informação é através da normalização dos formatos de partilha de dados (Nawari, N.O., 2012). A Figura 3 ilustra um fluxo de informação possível com utilização de BIM, em que os dados introduzidos em cada fase podem ser partilhados pelas restantes fases e especialidades.

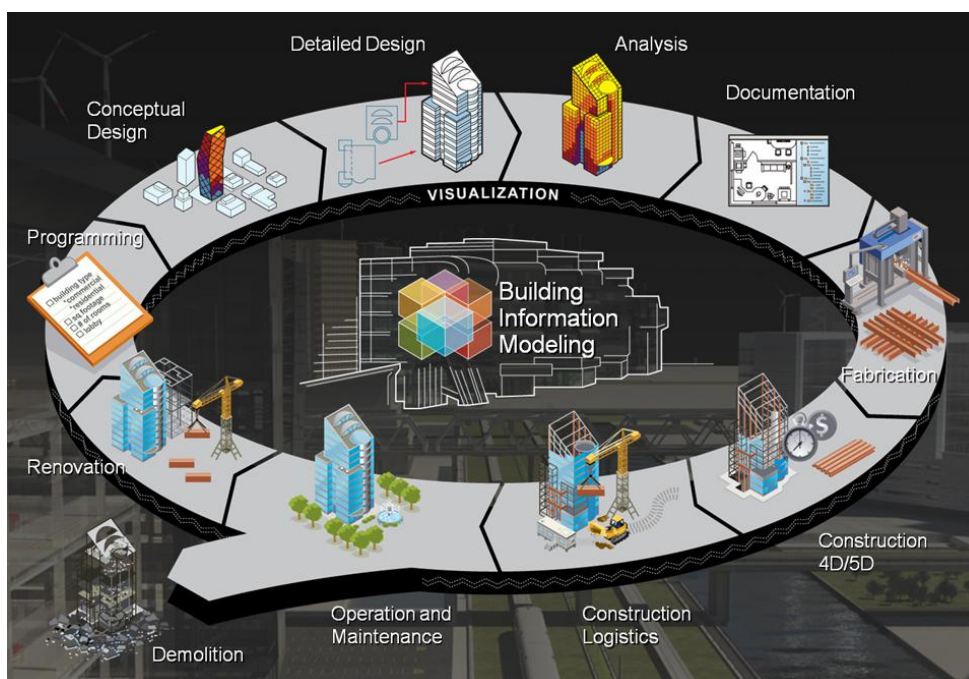


Figura 3 – BIM no ciclo de vida de um edifício (Autodesk).

Do ponto de vista meramente tecnológico a interoperabilidade é a capacidade de gerir e comunicar produtos eletrónicos e dados do projeto entre as diferentes entidades colaboradoras (McGraw_Hill, 2007).

Múltiplas aplicações com requisitos de sobreposição de dados suportam várias tarefas de concepção e construção. A interoperabilidade é a capacidade de partilhar dados entre aplicações de modo a que o fluxo decorra sem erros e que permita a sua automatização (Eastman, C. [et al.], 2011).

Os problemas de interoperabilidade entre os softwares de engenharia existem desde a introdução dos CAD nos anos 70 (Pratt, M., 1993). Os mesmos problemas tornaram-se críticos na indústria da AEC com a grande difusão de tecnologias de informação e ferramentas de cálculo automático e com o início de adoção dos BIM nos anos 2000 (Eastman, C.M. [et al.], 2010).

Nem todos os intervenientes na indústria da AEC usam os mesmos programas nos seus trabalhos, nem têm que o fazer, uma vez que cada um deve usar a ferramenta que melhor se adequa ao seu trabalho particular. No entanto, os intervenientes da indústria não trabalham sozinhos, tendo sistematicamente que partilhar informação de modo a completar os seus projetos, sendo que a quantidade de informação que tem vindo a ser partilhada tem aumentado a um ritmo acelerado.

Segundo o relatório do McGraw Hill SmartMarket 2007 a falta de interoperabilidade entre ferramentas distintas leva a custos elevados para a indústria. Em média, cerca de 3,1% dos custos de projeto estão associados à falta de interoperabilidade entre as aplicações utilizadas. O tempo despendido a tentar ultrapassar a não interoperabilidade são a primeira causa desses custos (McGraw_Hill, 2007).

O *American Institute of Architects* (AIA) acredita que todas as empresas que produzem *software* de suporte à AEC devem fornecer programas com *standards* abertos não proprietários capazes de partilhar informação e que permitam que a partilha de informação entre aplicações e através do tempo seja de confiança, ou seja, que nenhum tipo de dados se perca durante as trocas entre as ferramentas (AIA, 2009). Este tipo de interoperabilidade tem vindo a ser baseado no formato IFC, a apresentar adiante, mas a qualidade dos dados de importação/exportação ficam frequentemente aquém do desejado.

2.1.2.1. Industry Foundation Classes (IFC)

Enquanto as aplicações baseadas em modelos geométricos já estão bastante difundidas na indústria da AEC, dificultando assim a entrada de novas aplicações com consequente limitação à inovação, a necessidade de um modelo de dados específico para a construção constitui uma nova realidade. As aplicações no mercado, fornecidas por exemplo pela generalidade das empresas (Graphisoft, Autodesk, entre outras), têm modelos de dados internos proprietários. Por esta razão as aplicações não podem partilhar as suas ricas bases de dados diretamente a não ser com o uso de tradutores específicos para o efeito (Khemlani, L., 2004).

A *buildingSMART Alliance* (bSa), fundada em 2006 como uma expansão da *Internacional Alliance for Interoperability*, tem trabalhado com o objetivo de definir um formato padrão para a interoperabilidade dos dados. Dos seus esforços, o grupo ajudou a estabelecer o IFC, que define eletronicamente os elementos de um edifício num formato que possa ser partilhado entre aplicações. Para além desta missão, a *buildingSMART Alliance*, em parceria com o *National Institute of Building Sciences*, está a implementar o uso de *standards* abertos que representam um ambiente neutro onde todos os intervenientes se podem juntar para desenvolver o nível de cadeia de valor da indústria (McGraw_Hill, 2007).

O IFC é um modelo de dados não proprietário baseado nos componentes da construção que pretende suportar a interoperabilidade entre as aplicações específicas adotadas para conceber projetos, construir e operar os edifícios através do armazenamento da informação sobre todos os aspetos de um edifício ao longo do seu ciclo de vida (Khemlani, L., 2004).

O *Industry Foundation Classes* designa assim um formato universal para representação dos produtos da construção e troca de dados entre sistemas. Não sendo ainda um formato de interoperabilidade *standard* (a última versão, IFC 2x4, está em processo de aguardar certificação total da *International Organization for Standardization*), é já recorrente a utilização das especificações IFC nas aplicações BIM mais correntes (Sousa, H.d. [et al.], 2011).

2.2. NORMAS PARA A UTILIZAÇÃO DE BIM

2.2.1. NORMAS BIM NO MUNDO

A adoção de BIM na indústria da AEC tem vindo a percorrer um longo caminho desde a introdução do termo em 2002. Um número considerável das grandes empresas estão a usar BIM em vários projetos e este termo começa a fazer parte do jargão da indústria (Khemlani, L., 2012a).

Um relatório da Universidade de Newcastle na Austrália refere que a maioria dos países industrializados estão bem informados sobre as tecnologias e processos BIM e têm vindo a promover o seu uso. Contudo, são os países com uma indústria da construção mais pequena que lideram a adoção de BIM como apresentado na Figura 4 (Brewer, G. [et al.], 2012).



Figura 4 – BIM no mundo (Brewer, G. [et al.], 2012).

O conhecimento no domínio da tecnologia BIM está a expandir-se com a sua implementação em vários países nas fases de conceção, projeto, construção e exploração de edifícios.

Em diversos países existem organizações que desenvolveram normas ou diretrizes para o uso desta tecnologia. A *American Institute of Architects* (AIA) uniu numa tabela a maioria das iniciativas implementadas em todo mundo com o objetivo de apresentar normas ou diretrizes para o uso de BIM. O Quadro 1 é uma adaptação dessa tabela, onde se encontram listados os países e as organizações que têm feito um esforço para regulamentar os processos de modelação.

Quadro 1 – Alguns países com normas ou diretrizes BIM (AIA, 2012).

País	Organização	Nome da Norma/Diretriz/Requisito	Data de Publicação
Austrália	NATSPEC	<i>NATSPEC National BIM Guide</i> <i>NATSPEC BIM Object/Element Matrix</i>	19-Set-2011
Dinamarca	<i>Erhvervsstyrelsen (National Agency for Enterprise and Construction)</i>	<i>Det Digitale Byggeri (Digital Construction)</i>	01-Jan-2007
Finlândia	<i>buildingSMART Finland</i>	<i>Common BIM Requirement 2012 (COBIM)</i>	27-Mar-2012
Reino Unido	AEC (UK)	AEC (UK) BIM Protocols	07-Set-2012
Noruega	Statsbygg	<i>Statsbygg Building Information Modeling Manual</i>	24-Nov-2011
Singapura	<i>Building and Construction Authority</i>	<i>Singapore BIM Guide</i>	15-Mai-2012
	<i>CORENET e-submission System (ESS)</i>	<i>CORENET BIM e-submission Guidelines</i>	25-Jan-2010
Estados Unidos da América	<i>National Institute of Building Science (NIBS) - buildingSMART alliance (bSa)</i>	<i>National BIM Standard (NBIMS)</i>	04-Mai-2012
	<i>American Institute of Architects (AIA) Contract Documents</i>	<i>E202-2008 BIM Protocol Exhibit</i>	2008
	<i>New York City Department of Design + Construction</i>	<i>BIM Guidelines</i>	01-Jul-2012
	<i>United States Department of Veterans Affairs (VA)</i>	<i>The VA BIM Guide</i>	02-Abr-2010
	<i>Indiana University Architect's Office and Engineering Services</i>	<i>IU BIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors</i>	02-Jul-2012
	<i>buildLACCD (Los Angeles Community College District)</i>	<i>BIM Design-Bid-Build Standards</i>	29-Jun-2011
		<i>BIM Design-Build Standards</i> <i>LACCD BIM Standard</i>	02-Jun-2010
	<i>United States General Services Administration (GSA)</i>	<i>National 3D-4D Building Information Modeling Program</i>	15-Mai-2007

O conjunto de países referidos no Quadro 1 ilustra que a adoção da tecnologia BIM está a ser feita um pouco por todo o mundo, sendo que esta lista não é exaustiva, servindo apenas para ilustrar que estão a ser desenvolvidos esforços importantes para a sua proliferação. Os Estados Unidos são uma grande potência económica e existem diversas organizações e universidades que têm publicado normas ou diretrizes, sendo que algumas delas não se encontram aqui listadas. Na Europa, a região escandinava, nomeadamente a Finlândia e a Noruega, têm mostrado grande interesse em tornar padrão o uso de BIM, assim como o Reino Unido. Na Ásia a iniciativa mais relevante vem de Singapura, que já tem regras para a utilização de BIM no sector público (Wong, A.K.D. [et al.], 2010).

2.2.2. NORMAS BIM NOS ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA (EUA)

Tem havido uma rápida adoção de BIM nos últimos anos sendo expectável que assim continue nos próximos. Em alguns estudos é referido que em 2009 cerca de metade da indústria estaria a usar BIM ou ferramentas relacionadas com BIM (Wong, A.K.D. [et al.], 2010). Isto representa um aumento de

cerca de 75% no uso desta tecnologia em relação ao nível de 2007. A percentagem de utilizadores BIM que se encontra num nível avançado é de 49%, o que é três vezes mais do que registado em 2007. Sendo estes dados de 2009, é expectável que os indicadores relativos à adoção de BIM sejam superiores neste momento. De qualquer forma, os dados de 2009 são reveladores do esforço feito pelas diversas entidades mostrando que há cada vez mais interesse nesta tecnologia (McGraw_Hill, 2010).

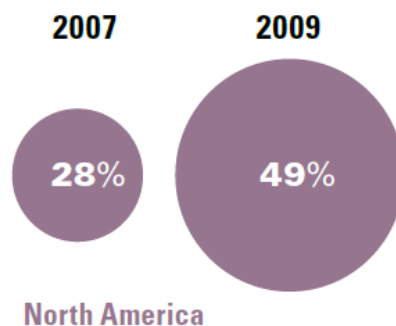


Figura 5 – Adoção de BIM na América do Norte (McGraw_Hill, 2010).

Num inquérito publicado nos EUA em 2008, 64,4% dos engenheiros de estruturas afirmam estar a usar BIM, 74% disseram que iriam usar BIM no ano seguinte para corresponder às necessidades dos clientes e 90% acham que iriam usar BIM em 2010 (Post, N.M., 2008).

2.2.2.1. General Services Administration (GSA) Building Information Modeling Guide

Nos EUA o uso oficial de BIM está fortemente associado às iniciativas da GSA (Khemlani, L., 2012a). A GSA é responsável pela construção e manutenção de todos os edifícios federais nos Estados Unidos, e em 2003, estabeleceu como meta imediata o programa *National 3D-4D-BIM*. Assim a GSA não só apoiou a implementação de BIM em geral, mas também a aplicação de tecnologias 3D e 4D como transição das tecnologias 2D. Reconhece que uma representação geométrica 3D é apenas uma parte do conceito BIM e que nem todos os modelos 3D podem ser qualificados como modelos BIM. No entanto, os modelos 3D são uma forma muito melhor de comunicar os conceitos de um projeto do que os desenhos 2D, então se os BIM não podem ser implementados num projeto, pelo menos tecnologias de modelação 3D devem ser usadas. O 4D é a adição da dimensão tempo ao modelo 3D, esta dimensão tem uma maior utilidade no que diz respeito à sequência de construção e planeamento da obra. Um modelo 4D pode ser criado a partir de um modelo 3D, mesmo que este não seja um modelo BIM. Portanto, a GSA tem uma abordagem pragmática nos seus projetos de construção, reconhecendo que poderia não ser capaz de contratar empresas especialistas em BIM para todos eles, por isso está a encorajar o uso de tecnologias 3D e 4D que são, pelo menos, mais avançadas que as tecnologias baseadas em desenhos 2D.

A GSA, contudo, determinou que para todos os seus projetos iniciados a partir de 2007 é obrigatório o uso de BIM para o programa de validação dos espaços (*Spatial Program Validation* ou SPV) antes da apresentação do conceito final. Isto permite que as equipas de projeto da GSA validem os requisitos do SPV, como os espaços necessários, áreas, rácios de eficiência, e de modo mais rápido e preciso do que a abordagem tradicional em 2D. Como possui mais de 27 milhões de metros quadrados de espaço, este conceito de validação em fase de projeto ajuda a GSA a geri-lo melhor a longo prazo.

Desde 2007, a GSA tem vindo a publicar uma série de guias para a utilização BIM, sendo que neste momento já estão publicadas as seguintes cinco séries:

- *GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview;*
- *GSA Building Information Modeling Guide Series: 02 – GSA BIM Guide for Spatial Program Validation;*
- *GSA Building Information Modeling Guide Series: 03 – GSA BIM Guide for 3D Imaging;*
- *GSA Building Information Modeling Guide Series 04 – 4D Phasing;*
- *GSA Building Information Modeling Guide Series 05 – Energy Performance.*

A **série 01** é um texto introdutório que serve de base e ponto de partida comum para suportar a tecnologia BIM em aplicações gerais. Esta série é um texto abrangente para ser usado como guia de referência para os membros e associados da GSA ao determinar que aplicações BIM seriam adequadas para o seu projeto específico e em toda a aprovação e aplicação da tecnologia selecionada. Este guia será também do interesse geral para outros membros das equipas de projeto, incluindo o pessoal da PBS (*Public Buildings Service*), arquitetos e engenheiros, gestores de projeto, empreiteiros e consultores que querem melhor entender a tecnologia BIM e as suas potenciais aplicações. Além disso, os fornecedores de *software* específico para a AEC vão encontrar neste guia o interesse em prestar esclarecimentos preliminares e promover a discussão em torno do desenvolvimento e adoção de várias tecnologias.

Esta série fornece informação sobre o programa *National 3D-4D-BIM* lançado em 2003 como já referido. As bases deste programa definem o que é o 3D, 4D e o BIM, mostrando a necessidade de fazer a transição dos processos tradicionais 2D para as novas tecnologias, apresentando os benefícios inerentes. No âmbito deste programa, a GSA conseguiu um desenvolvimento sem precedentes de normas abertas na indústria da construção dos EUA, envolvendo fornecedores de aplicações informáticas concorrentes a incorporar voluntariamente funcionalidades BIM importantes para a GSA e para a indústria em geral.

Define que a troca de informação deve ser feita através do uso de normas abertas referindo o modelo de dados IFC. Não exige o uso de um de um programa, mas sim o uso de ferramentas capazes de assegurar a interoperabilidade dos modelos e ficheiros (GSA, 2007a).

A **série 02** resulta do trabalho que a equipa BIM da GSA fez para assegurar que os modelos submetidos à análise espacial são de grande qualidade. A GSA tem trabalhado com vários fornecedores de *software* para assegurar que os arquitetos e os engenheiros são capazes de cumprir com os requisitos espaciais da GSA, usando o software disponível através do standard aberto IFC. O objetivo de usar BIM na validação espacial é o de analisar com eficiência se os requisitos do programa da GSA são cumpridos. No passado, a validação deste programa era feita usando polígonos 2D criados manualmente nos desenhos em planta para verificar se os requisitos eram cumpridos. Com o uso de modelos BIM a GSA consegue automatizar este processo com vantagens no tempo despendido na análise dos desenhos e com o aumento da precisão das geometrias reportadas do modelo, implementando assim um processo de validação automática.

Esta série encontra-se dividida em quatro secções. A secção 1 descreve os objetivos gerais, a história e o processo para a submissão do programa espacial BIM. Descreve os requisitos de modelação para a criação de modelos BIM e para a sua submissão ao IFC-BIM. A secção 2 descreve os requisitos do programa de validação dos espaços BIM para os espaços e zonas. Descreve, também, como e onde os espaços devem ser criados e a informação que cada espaço deve conter.

A secção 3 descreve os elementos a serem modelados para a submissão ao programa. Define regras gerais de modelação, como por exemplo, um pilar deve ser modelado com a ferramenta nativa do programa que permite criar pilares, no caso de existir algum elemento que não conste nas ferramentas nativas devem ser criados os elementos como um objeto genérico e atribuir o tipo de elemento de construção correto. A secção 4 descreve as regras usadas para a análise do programa espacial BIM submetido pelos arquitetos e engenheiros. Esta secção pode ser útil para ajudar a esclarecer casos de modelação especiais (GSA, 2007b).

A **série 03** é destinada a definir os requisitos para a criação de documentos que representem a obra construída (*as built document*), ou seja, define que documentos devem ser criados e de que forma após a conclusão da construção ou da modernização de edifícios. Este guia foi criado para auxiliar as equipas de projeto a assegurar a qualidade das imagens 3D contratadas. Fornece diretrizes para a solicitação de serviços de imagem 3D e critérios de avaliação para assegurar que os requisitos especificados para as entregas são cumpridos (GSA, 2009b).

A **série 04** foi desenvolvida para assistir os associados da GSA e consultores técnicos a desenvolverem modelos de planeamento 4D para os principais projetos da GSA. Esta série descreve como é que os aspetos relacionados com o planeamento de um projeto, desde o estudo de viabilidade à construção, podem ser integrados num modelo 4D. O objetivo desta série não é o de cobrir todos os detalhes de diferentes projetos e de como é que as ferramentas BIM podem ser aplicadas a um projeto específico, mas sim o de fornecer requisitos gerais para a implementação de 3D-4D-BIM na construção de projetos.

Esta série está dividida em três secções. A primeira define o que é o planeamento 4D. Descreve situações em que os modelos 4D podem assistir a equipa de projeto e que fatores devem ser considerados antes de contratar um serviço de modelação 4D. A segunda secção define o âmbito do planeamento 4D e analisa as questões de viabilidade de implementação do planeamento 4D. A última secção é um guia técnico para o planeamento 4D. Informa os modeladores e os consultores 4D sobre as melhores práticas para criar e manter modelos 4D (GSA, 2009a).

A **série 05** destina-se aos associados da GSA e consultores interessados em utilizar BIM para melhorar o desempenho térmico em novas construções ou em grandes projetos de modernização. O objetivo principal desta série é o de destacar as oportunidades e fornecer um guia de boas práticas para as equipas de projeto melhorarem o conforto térmico e o desempenho energético dos atuais e futuros edifícios da GSA através do uso de tecnologias de modelação energética com base em BIM. A intenção é aumentar a usabilidade e acessibilidade de tecnologias de modelação energética baseadas em BIM para as equipas de projeto da GSA durante o ciclo de vida do edifício, com o objetivo de melhorar a precisão e a consistência das estimativas energéticas e eficiência do desempenho do edifício durante o projeto, construção, exploração e manutenção.

Esta série está dividida em três secções. A primeira discute os fatores que uma equipa de projeto deve considerar quando está a avaliar ou implementar a modelação energética baseada em BIM durante o projeto, construção, exploração e manutenção de um edifício. A segunda secção detalha o papel do BIM nos processos de modelação energética e as questões que devem ser consideradas quando se realiza uma análise energética baseada em BIM (GSA, 2012).

2.2.2.2. National Building Information Modeling Standard (NBIMS)

A *National Building Information Model Standard Project Committee - United States* (NBIM-US) é desenvolvida e mantida pela *buildingSMART alliance* (bSa) que é uma secção da organização

BuildingSmart internacional. A bSa opera com a supervisão do *National Institute of Building Sciences* (NIBS), a principal organização dos EUA orientada para os edifícios. A NIBS é uma organização sem fins lucrativos e não-governamental criada em 1974. A sua principal missão é apoiar os avanços na ciência e tecnologia dos edifícios que possam melhorar o desempenho destes nos Estados Unidos enquanto se reduzem os desperdícios e se poupam energia e recursos (Khemlani, L., 2012b).

Os atuais signatários da NBIMS representam a maioria das associações profissionais. Várias organizações têm iniciativas em curso para desenvolver tecnologia de dados, ou seja, interfaces ou esquemas que permitam que diferentes tecnologias interajam. Uma das tarefas mais importantes para a NBIMS é a coordenação desses esforços e a harmonização do trabalho entre todas as organizações com produtos e interesses comuns. Diversas organizações profissionais estão a apoiar a NBIMS, estando a fornecer conhecimento sobre a matéria e recursos importantes para o seu desenvolvimento. Além disso, mais de 300 aplicações já suportam IFC e a maioria dos fornecedores de aplicativos BIM manifestaram o seu apoio às normas e estão a participar no comité como consultores e como participantes nos testes de usabilidade (NIBS, 2012c).

A norma BIM dos EUA tem vindo a ser criada através da compilação das várias regras/requerimentos/guias para a implementação de BIM que vão sendo lançadas por diferentes entidades. A sua fonte de informação é vasta, tanto recebe contributos de entidades privadas, empresas de construção ou de projeto que criam as suas próprias metodologias para o uso de BIM, como de universidades e instituições estatais que publicam os seus guias.

A abordagem para a publicação da norma tem sido *bottom-up*, ou seja, são estabelecidos prazos para lançamento de novas versões e é lançado o melhor que se fez até ao momento. A partir do momento em que a indústria absorveu essa publicação vão começar a surgir críticas, recomendações de alteração e novas inclusões a serem lançadas numa nova versão. Assim, a equipa da *buildingSMART alliance* consegue informação oriunda das mais diversas fontes e tem a capacidade de a cada lançamento se ir aproximando de uma versão cada vez mais refinada que agrade à maioria dos intervenientes na indústria da AEC.

Atualmente, segundo a apresentação disponível no sítio da NIBS, como a *buildingSMART alliance* faz parte da *BuildingSmart* internacional, a norma é rapidamente difundida por todo mundo, sendo que diversos países a tomam por base para criarem as suas próprias normas ou guias. Por sua vez esses guias podem ser incorporados na nova versão da NBIMS (NIBS, 2012a).

Neste momento a última versão disponível para consulta da NBIMS é a versão 2 e foi concebida para dois públicos específicos: a) os vendedores e produtores de software; b) os atores da indústria que projetam, constroem, possuem e operam o ambiente construído. Esta norma está dividida em cinco capítulos:

- 1. Âmbito;
- 2. Normas de referência;
- 3. Termos e definições;
- 4. Normas de troca de informação;
- 5. Documentos práticos;
- Anexo. Versão 1 da NBIMS lançada em 2007.

No capítulo 1 é definido o âmbito da norma, nomeadamente a quem é direcionada, como já referido.

No capítulo 2 são apresentados documentos sobre as normas de referência citados na NBIMS e necessários à sua aplicação. Essas normas estão divididas em três categorias genéricas: a) normas de modelo e dicionário; b) normas troca de informação; c) normas de estrutura de dados e de

identificação. Estas três categorias de referência fornecem aos produtores de *software* a norma primária necessária para o desenvolvimento de códigos para programas interoperáveis, o que permite que os profissionais da indústria troquem dados e informações de forma transparente.

Este capítulo está subdividido em 9 secções, cada uma apresentando uma norma de referência. As normas apresentadas são o IFC, *World Wide Web Consortium Extensible Markup Language (W3C XML) Specification and Validation 1.0*, várias tabelas *OmniClass™* e *International Framework for Dictionaries Library/buildingSMART Data Dictionary* (NIBS, 2012b). (ver definições no Anexo 1)

O capítulo 3 apresenta os termos e as definições usados em toda a norma. É descrito, sumariamente, a definição dos termos usados segundo o ponto de vista dos autores da norma, para evitar, dentro do possível, duplas interpretações na leitura. Alguns dos termos não são explorados exhaustivamente, pelo que o leitor é obrigado a explorar por sua iniciativa os tópicos e definições fora da NBIMS.

O capítulo 4 inclui documentos que expõem as normas de partilha de informação através dos processos de modelação, *Information Delivery Manuals (IDM)*, e da sua correlação com as *Model View Definitions (MVD)* desenvolvidos para orientar a os protocolos de partilha de informação que foram testados e documentados para as seguintes aplicações: a) *Construction Operations Building Information Exchange (COBie)*; b) projetar para o programa de validação dos espaços, SPV; c) projetar para a análise energética dos edifícios (*Building Energy Analysis, BEA*); d) projetar para extração de quantidades para estimar custos (*Quantity Takeoff for Cost Estimating, QTO*) (NIBS, 2012b). (ver definições no Anexo 1)

As regras de projetar para SPV (*Spatial Program Validation*), BEA (*Building Energy Analysis*), QTO (*Quantity Takeoff for Cost Estimating*) são as presentes nas séries do guia BIM da GSA, sendo que, apesar de a NBIMS fazer referência, a série 07 referente à extração de quantidades e estimativa de custos não se encontra, até à data, publicada no sítio da internet da GSA.

Este capítulo foca-se nas regras de troca de informação, remetendo a explicação dos conceitos referidos para as instituições que os criaram. Apresenta quais são os processos para troca de informação através do cumprimento dos requerimentos de submissão IDM e MVD.

O capítulo 5 apresenta documentos práticos que são uma compilação de vários recursos que os profissionais podem usar como guia nos seus negócios e que o dono de obra pode usar para descrever o que quer e precisa em BIM. Um dos documentos é o *BIM Project Execution Plan* que apresenta processos para os intervenientes definirem os objetivos de um modelo BIM e os seus usos, o processo de execução de um projeto em BIM, o desenvolvimento de trocas de informação e as estruturas de suporte para a implementação de BIM. Numa das secções desse documento é definido o âmbito da definição de um BIM onde o leitor é remetido para o protocolo *AIA Document E202*. Este documento tem por objetivo definir, em contrato, as necessidades específicas de cada projeto no que diz respeito aos elementos a modelar em cada disciplina, o nível de desenvolvimento em cada fase e os atributos da modelação.

A norma não é de fácil compreensão, pois o seu conteúdo é uma agregação de documentos publicados por outras entidades, como normas, melhores práticas e guias, que diferem entre si. Apresenta uma variedade de conceitos que têm que ser previamente assimilados. Depois de análise e exploração da mesma é possível perceber o que o grande objetivo é a normalização da maneira como os intervenientes na indústria da construção passam informação de uma fase do processo de construção para outro. Outro aspeto focado é que toda a informação de uma instalação deve ser gerada ou adicionada de maneira a que esteja acessível num formato que possa ser usado em todo ciclo de vida assim que for necessário. É objetivo da NBIMS que diferentes aplicações consigam estabelecer

ligações entre si, apesar de serem obrigatoriamente diferentes pois são concebidas para propósitos distintos.

2.2.3. NORMA BIM NA FINLÂNDIA

Os BIM têm um papel central na investigação e desenvolvimento da construção na Finlândia há mais de 30 anos. Os primeiros passos foram dados nos anos 80 com o *RATAS-project* que introduziu conceitos como objetos, atributos, relações e modelos conhecidos para o sector da construção. A este projeto sucederam vários programas tecnológicos criados pela *Finnish Funding Agency for Technology and Innovation (TEKES)* durante os anos 90 e a primeira década de 2000. Os projetos realizados durante este período colocaram a Finlândia num dos precursores dos BIM. O *Senate Properties (Senaatti)*, responsável por gerir uma parte substancial dos bens de propriedade da Finlândia, percebeu o potencial da adoção dos BIM nos seus projetos e lançou em 2007 as diretrizes BIM.

Atualmente o uso de BIM está muito difundido e é uma ferramenta de uso diário para muitos. Existem diversas diretrizes BIM desde o lançamento por parte do *Senaatti*, permitindo que uma abundância de consultores seja capaz de entregar BIMs. Contudo os modelos criados têm uma qualidade muito variável, utilizando processos de modelação diferentes tornando difícil distinguir boas e más competências BIM. Uma modelação medíocre resulta em incompatibilidades entre os diversos intervenientes da construção.

2.2.3.1. Common BIM Requirements (COBIM)

Em 2010 surge uma iniciativa para a atualização e expansão das diretrizes BIM do *Senaatti* (2007) com o objetivo de definir requisitos nacionais, a *Common BIM Requirements (COBIM)*. A *Building Information Foundation (RTS)* ficou responsável por conduzir este projeto. A ideia foi de produzir uma série de documentos que possam ser usados como apêndices para os documentos de adjudicação e contrato dirigidos a todos os envolvidos na cadeia de valor da construção, desde o projeto à gestão e manutenção de edifícios. Esses requisitos têm por objetivo apenas lidar com as qualidades técnicas do modelo. Questões mais complicadas, como a titularidade do modelo e os honorários foram postos de lado devido ao receio que estes possam atrasar o processo (Finne, C., 2012).

O projeto foi apoiado por diversas entidades desde empresas de consultoria, cidades, universidades, organizações governamentais, produtores de aplicações informáticas (representando a Autodesk, Bentley e Archicad), empresas de construção, entre outros.

A COBIM é constituída, nesta fase, por treze partes:

- 1. Requisitos gerais BIM;
- 2. Modelar de uma situação inicial;
- 3. Projeto de arquitetura;
- 4. Projeto de MEP;
- 5. Projeto de estruturas;
- 6. Garantia de qualidade;
- 7. Extração de quantidades;
- 8. Uso de modelos para a visualização;
- 9. Uso de modelos para a análise MEP;
- 10. Análise energética;

- 11. Gestão de um projeto BIM;
- 12. Uso de modelos na gestão de edifícios;
- 13. Uso de modelos na construção;

A **parte 1** descreve os requisitos e conceitos básicos para o uso de BIM em projetos. A modelação faz parte do processo de projeto paralelo a outros métodos, como desenhos de pormenor, planeamento e processos de construção. Os requisitos da parte 1 apenas se referem aos processos associados com BIM. Esta parte trata dos mesmos assuntos referidos nas partes específicas de cada disciplina, mas num nível mais geral. Engoba a definição das coordenadas e unidades, dos pisos a que os objetos devem estar associados, do modo de publicação do modelo, entre outros.

A COBIM define que cada especialidade tem que criar e manter um documento de descrição do modelo. Este documento é uma descrição do conteúdo de cada modelo e explica o propósito para que foi publicado e o seu grau de precisão. Contém informação sobre o *software* de modelação usado, as diferentes versões criadas do modelo original e as exceções desses requisitos. Deve conter a descrição de todas as convenções de nomenclatura, maturidade do conteúdo e as restrições. Este documento deve ser emitido em simultâneo com o modelo BIM propriamente dito e deve ser atualizado sempre que existam alterações que afetem o seu conteúdo.

A **parte 2** aborda a modelação de uma situação inicial, os correspondentes levantamentos de inventários e outras análises e documentos produzidos destes e os seus requisitos de conteúdo de informação.

Define os requisitos relativos aos dados de origem. O método de aquisição de dados de origem, o seu nível de precisão, processamento e divisão de tarefas são acordados em detalhe nas especificações do projeto base entre o dono de obra, e se possível em cooperação com a equipa de projeto, de modo a que o modelo de implantação e de inventário cumpram o melhor possível os objetivos do projeto.

São apresentados os requisitos de modelação a partir de uma situação inicial. Os requisitos essenciais referem-se à modelação da implantação e de possíveis edifícios e estruturas existentes. O BIM do local de implantação de uma nova construção é chamado de “modelo de implantação” e o de um edifício existente “modelo de inventário”. É referido que para projetos de renovação são necessários os dois modelos, já para novas construções só é necessário o “modelo de implantação”. Nesta parte são definidos os vários níveis de precisão destes modelos (COBIM, 2012).

Em suma, esta parte trata dos edifícios existentes e do modelo de implantação do edifício como uma fonte de informação para o projeto e necessidades de construção. Descreve os requisitos para medição e outras informações necessárias para criar modelos de inventário e telas finais. Com dados de origem de confiança é mais fácil implementar novos projetos a um edifício existente e assegurar que todos os novos sistemas e aplicações podem ser instalados e mantidos (Finne, C., 2012).

A **parte 3** especifica os requisitos para o modelo BIM do arquiteto em diversas fases do projeto. São definidos os princípios de modelação do projeto de arquitetura, sendo estes uma especificação dos gerais apresentados na parte 1, aplicados à arquitetura.

Uma secção desta parte refere os princípios gerais BIM a ter em conta em projetos de renovação. Explica a necessidade do uso de IFC como norma de partilha de informação e a importância do modelo de inventário, descrito na parte 2.

Os requisitos estão divididos em três níveis, o projeto conceptual, o projeto geral e o projeto de pormenor, mas os detalhes podem ser ajustados de acordo com o propósito do modelo. Nesta secção são apresentadas as regras gerais de modelação para cada fase enunciada. Na primeira fase o objetivo é a modelação dos espaços de modo a que o modelo permita a perceção dos volumes e espaços do

edifício. Na fase de projeto geral os requisitos de modelação são mais específicos, como por exemplo, os componentes devem ser modelados com dimensões nominais aproximadas. Na fase do projeto de pormenor os requisitos são mais elevados, os elementos devem ser modelados com precisão usando a ferramenta proprietária adequada do programa. Esta secção da parte 3 descreve os requisitos elemento a elemento (paredes, lajes, escadas, entre outros).

A **parte 4** é dirigida para a modelação MEP e define a informação contida nos seus projetos. Indica que o modelo publicado dos MEP não deve incluir os modelos dos outros projetistas, mesmo que esses modelos tenham sido usados como referência no projeto, e só deve incluir os objetos que fazem parte do projeto MEP.

Esta parte especifica o conteúdo das tarefas do projeto de MEP que são realizadas com base em BIM. A modelação MEP está dividida em duas subáreas diferentes que definem as fases de projeto. A primeira subárea inclui as fases de projeto esquemático e o projeto de desenvolvimento. Nesta fase o projeto serve de suporte para os desenvolvimentos das outras especialidades. O objetivo é o de produzir dados suficientes para a realização do modelo de arquitetura e estruturas. Assim o projeto MEP não deve incluir o modelo dos sistemas mas apenas deve focar-se na escolha do sistema, indicando as áreas técnicas necessárias e os espaços necessários a reservar para condutas, por exemplo.

A segunda subárea inclui a fase de projeto de pormenor onde todos os sistemas de todo o edifício devem ser modelados. A parte 4 apresenta os requisitos necessários para esta modelação, desde os aspetos de transferência de ficheiros aos componentes a serem modelados (COBIM, 2012).

Quando o projeto for executado de acordo com os requisitos apresentados na parte 4, o modelo dos sistemas MEP contém os pré-requisitos para a sua utilização na manutenção durante todo o ciclo de vida do edifício (Finne, C., 2012).

A **parte 5** apresenta os requisitos para a modelação estrutural em BIM e define o conteúdo da informação dos modelos produzidos pelo engenheiro de estruturas. Os requisitos estão divididos em fases de projeto, em que cada fase consiste numa lista de tarefas BIM e uma lista da extensão e precisão do esforço de modelação.

A secção com as definições gerais refere que tipo de estruturas devem ser consideradas no modelo estrutural, a definição das secções e dos pisos, a identificação dos elementos, entre outros. Esta secção é a aplicação dos requisitos gerais à modelação para as estruturas.

Nesta parte são especificadas as fases de projeto a considerar e os requisitos associados a cada uma delas. A COBIM define três fases de projeto. A primeira é a fase de projeto geral, que visa atestar a sua viabilidade. A segunda é a fase de projeto de concurso onde o modelo é desenvolvido para um nível requerido pelas entidades adjudicantes. Nesta fase todas as estruturas de betão são modeladas com a forma correta na localização exata. O modelo publicado serve também para o projetista MEP avaliar o espaço disponível para as suas instalações e comunicar eventuais incompatibilidades. A terceira fase é a de projeto de execução que tem por objetivo fornecer telas para a montagem ou execução das estruturas.

Esta parte inclui um anexo onde são definidos com algum detalhe os elementos a serem modelados, desde as fundações à cobertura, e qual a precisão requerida em cada fase. Na proposta deste trabalho serão explorados com maior detalhe estas regras definidas para a modelação na disciplina de estruturas.

A **parte 6** apresenta os requisitos a serem cumpridos para a garantia de qualidade. Os grandes objetivos da Garantia de Qualidade são dois: o primeiro é melhorar a qualidade do projeto de cada

especialidade e em segundo garantir a eficiência da partilha de informação entre os intervenientes de modo a tornar o processo de projeto mais eficiente.

A Garantia de Qualidade de um BIM melhora a qualidade dos documentos produzidos. Este documento descreve os tipos de problemas que tipicamente os BIM envolvem, como podem ser detetados e corrigidos da maneira mais conveniente (COBIM, 2012).

Esta parte consiste numa autoavaliação feita pelos projetistas antes de entregarem as suas informações a terceiros para fins de informação de base, coordenação da informação durante o projeto e verificação final do BIM em certas fases. Contém orientações práticas sobre como evitar problemas, bem como a verificação das listas de cada interveniente para uma avaliação mais detalhada (Finne, C., 2012).

São apresentadas as recomendações a seguir para que o fluxo de informação seja de qualidade e sem ruído, ou seja, expõe procedimentos comuns a todas as especialidades permitindo que estas trabalhem e partilhem a informação de forma semelhante.

A **parte 7** apresenta alguns requisitos de modelação para a extração de quantidades. Um BIM não resolve exhaustivamente os assuntos relacionados com a extração de quantidades e nem todas as quantidades necessárias durante um projeto podem ser retiradas deste. Este documento não contém instruções sobre a maneira como as quantidades devem ser extraídas. O âmbito deste guia é fornecer uma leitura sobre o que é um BIM baseado em extração de quantidades. Foca-se apenas na extração de quantidades de um BIM e não, por exemplo, na sua utilização para investimentos e contabilização de custos durante o ciclo de vida, avaliação dos efeitos ambientais e as atividades dos diferentes operadores na indústria da construção.

Nos requisitos são definidos processos para a consistência do modelo, o nível de desenvolvimento (*Level of Development*, LOD) de cada fase para a extração de quantidades, sendo que estas fases e requisitos de desenvolvimento são definidos nos documentos específicos de cada disciplina. Apresenta as convenções essenciais para propósito de medições, de áreas e volumes por exemplo. São apresentados ainda o processo a seguir para a extração de quantidades e os problemas típicos encontrados num BIM baseado em extração de quantidades.

A extração de quantidades deve ser feita de acordo com os requisitos de cada disciplina, de uma maneira lógica e consistente para um dado LOD para que a identificação dos elementos de um edifício seja possível.

A **parte 8** refere-se ao uso de modelos para a visualização. Este documento refere os dois tipos de visualização a considerar. O primeiro é a execução de imagens 3D tipo fotografia que descreve a visão do projetista no que diz respeito às soluções apresentadas. A segunda é a ilustração técnica que serve como ferramenta de comunicação para a equipa de projeto, cliente, gestor de projeto e empreiteiro.

Esta parte define as aplicações das visualizações e os seus objetivos. A execução de imagens 3D tipo fotografia pode ser usada para a decisão fundamentada e eficiente de qual alternativa de projeto irá avançar, e para objetivos de marketing. A ilustração técnica permite uma compatibilização entre especialidades muito mais eficiente sendo um processo de garantia de qualidade.

A **parte 9** descreve as possibilidades que a modelação traz à análise MEP. Este documento apresenta as potencialidades do uso de BIM para a simulação da circulação do ar nos espaços, a análise dos custos no ciclo de vida do edifício relativamente ao consumo de energia, a análise do impacto ambiental do edifício e para a simulação da iluminação e o seu cálculo.

A **parte 10** aborda as tarefas essenciais durante o projeto e a construção do ponto de vista da manutenção da eficiência energética e do clima interior, bem como em funcionamento e as fases que

são relevantes do ponto de vista da verificação dos resultados. Esta perspetiva destaca a melhor gestão virtual possível da eficiência energética e requisitos logo durante o projeto e a construção com a utilização de modelos de informação de múltiplas maneiras. Um objetivo importante é assegurar que a verificação energética de um edifício pode ser feita numa fase o suficientemente precoce dentro do período de garantia.

Este documento define os requisitos de como a informação dos modelos é usada na análise energética durante o projeto, construção e operação. A análise energética é uma ferramenta importante para definir o projeto em termos de eficiência energética e o uso de modelos de informação torna este processo mais sistemático, transparente e em muitos casos mais eficiente em comparação com os métodos tradicionais.

Esta parte divide os requisitos da análise energética por fases. Uma vez que a análise energética está condicionada pelas escolhas das especialidades envolvidas num projeto, a cooperação torna-se essencial para encontrar uma solução ótima. Assim o documento define que tipo de análise deve ser feito em cada fase e que fatores devem ser considerados na mesma.

A **Parte 11** refere-se à gestão do projeto e a utilização do BIM do ponto de vista do cliente. São descritos os processos das tarefas da modelação da informação na gestão de projetos. As tarefas de modelação da informação são divididas em fases de acordo com a lista de tarefas do gestor de projeto geral.

Nesta parte são definidos os princípios do BIM baseado na gestão de projetos, como os processos, a gestão das tarefas, execução e supervisão e coordenação de pessoas. São definidas também as tarefas do gestor de projeto BIM em cada fase desde o projeto conceptual ao período de garantia.

A **parte 12** descreve os requisitos e a potencialidade do uso de BIM durante a exploração e manutenção de um edifício, sendo que se foca na introdução das oportunidades que esta tecnologia traz à gestão de edifícios.

Nesta parte são apresentados os processos de gestão da informação através de toda a cadeia de valor da construção e define os requisitos mínimos para a atualização e métodos de avaliação da qualidade dos modelos BIM para a fase de exploração. Os requisitos incluem o uso da norma IFC para a transferência de dados e a norma COBie mais direcionada para a fase de exploração. Refere os *softwares* de projeto compatíveis com IFC e que os *softwares* de gestão de edifícios têm que ser compatíveis com as normas abertas de transferência de ficheiros.

A **parte 13** descreve os requisitos para a utilização de BIM na fase de construção e para as tarefas que o empreiteiro tem que cumprir no sentido de entregar um modelo que corresponda ao que está construído. Apresenta também as possibilidades do uso de BIM na construção, desde o planeamento à modelação das estruturas de apoio à obra, como gruas e andaimes por exemplo, assim como os dados e informações a entregar depois de a construção estar concluída.

Estes requisitos BIM Finlandeses permitem aos intervenientes da AEC terem um documento de consulta com informações importantes no que diz respeito à execução de projetos em BIM.

Este documento define conceitos importantes no que diz respeito à modelação. Existem diferentes interpretações para o conceito BIM e um modelo BIM pode exibir níveis de qualidade muito distintos, por isso pretende estabelecer recomendações para a modelação de modelos distintos num projeto, com níveis de desenvolvimento diferentes concordantes com diferentes fases do projeto, sendo que cada modelo deve responder a propósitos específicos.

2.2.4. NORMA BIM NO REINO UNIDO

Em contraste com a maioria dos países, o governo do Reino Unido, tem em curso um programa legislativo com o objetivo de tornar obrigatório a utilização de BIM nas obras públicas. Em maio de 2011, o *UK Cabinet Office* publicou a “*Government Construction Strategy*”, documento que tem uma secção inteira dedicada ao BIM dentro do qual especifica que o governo vai exigir BIM 3D totalmente colaborativo no mínimo até 2016 em obras com um custo superior a 5M£. O documento admite que a falta de compatibilidade entre sistemas, normas e protocolos, e os diferentes requisitos dos clientes e projetistas chefes, tem inibido a difusão da adoção de BIM. Contudo o governo vai focar-se no desenvolvimento de normas que permitam a todos os membros da cadeia de valor da construção trabalhar colaborativamente em BIM.

Esta exigência do governo é suportada pela *AEC (UK) BIM Standard Committee* que lançou até à data a norma *AEC (UK) BIM Protocol*, a *AEC (UK) BIM Protocol* para o Autodesk Revit e Bentley. Este comité tem trabalho no lançamento de normas semelhantes para outros programas e na atualização das existentes. Todas estas normas têm por objetivo fornecer protocolos e procedimentos práticos para que as empresas da AEC façam a transição do CAD para BIM (Khemlani, L., 2012a).

2.2.4.1. *AEC (UK) BIM Protocol*

A iniciativa AEC (UK) foi iniciada em 2000 para melhorar os processos de produção, gestão e partilha de informações de projeto, tendo como objetivo inicial a criação convenções para CAD. À medida que as necessidades e a tecnologia foram evoluindo a iniciativa expandiu-se de modo a cobrir os aspetos relacionados com a produção de dados de projeto e partilha de informação em geral.

Em 2009 o comité foi reorganizado e incluiu membros de empresas que eram especialistas em *software* BIM-compatível de modo a conceber e institucionalizar normas para a indústria capazes de cumprir as necessidades dos seus intervenientes.

O *AEC (UK) BIM Protocol* foi lançado em 2009 sendo que em setembro de 2012 foi publicada a versão 2. Esta versão encontra-se dividida nos seguintes 11 capítulos seguintes:

- 1. Introdução;
- 2. Melhores práticas;
- 3. Plano de execução do projeto BIM;
- 4. Trabalho colaborativo em BIM;
- 5. Interoperabilidade;
- 6. Segregação de dados;
- 7. Métodos de Modelação;
- 8. Estrutura das pastas e convenção de identificação;
- 9. Estilos de apresentação;
- 10. Recursos;
- 11. Anexos.

O **capítulo 1** apresenta uma nota histórica sobre o surgimento desta iniciativa, a composição do comité e o âmbito do documento. Os principais objetivos são maximizar a eficiência da produção através da adoção coordenada e consistente da abordagem ao trabalho em BIM, definir normas, definições e melhores práticas para garantir entrega de dados de grande qualidade bem como desenhos uniformes durante todo o projeto, assegurando que os ficheiros digitais em BIM estão estruturados corretamente permitindo uma partilha de dados eficiente num ambiente de trabalho colaborativo entre as diferentes especialidades.

O **capítulo 2** apresenta recomendações de práticas gerais a seguir na utilização de BIM e na produção de desenhos. Estes princípios têm por objetivo garantir entregas com elevada qualidade técnica e promover eficientemente uma elevada qualidade de trabalho.

O **capítulo 3** apresenta os papéis e responsabilidades num plano de execução do projeto em BIM. O plano de execução define como é que os aspetos de modelação de um projeto são realizados e como é que o modelo e os dados são formatados. Define uma lista mínima de itens a incluir no documento do plano de execução do projeto BIM. Nesse documento devem ser referidos os objetivos e uso do projeto, as normas usadas, as ferramentas informáticas utilizadas e a sua interoperabilidade, a frequência das reuniões, o formato e datas das entregas, as características do projeto, entre outros.

O **capítulo 4** refere-se ao trabalho colaborativo em BIM. Define o processo de trabalho colaborativo para uma eficiente partilha de dados e colaboração de projeto. Apresenta uma série de procedimentos a seguir para que o fluxo de informação ocorra sem interferências e sem propagação de erros.

O **capítulo 5** aborda a questão da interoperabilidade já referida e definida neste trabalho. Apresenta requisitos de preparação do modelo para a sua partilha entre diferentes programas e plataformas.

O **capítulo 6** trata dos princípios de divisão dos dados para três propósitos, o acesso de vários utilizadores, a eficiente operacionalidade em grandes projetos e a colaboração interdisciplinar, apresentando uma série de práticas gerais que devem ser seguidas. Refere que a divisão do modelo permite a vários utilizadores trabalharem em simultâneo gerando um aumento da eficiência definindo regras para a divisão dos modelos em várias partes.

O **capítulo 7** define as metodologias para o trabalho em BIM permitindo o uso e reuso eficiente dos dados BIM. É apresentado o conceito de metodologia de desenvolvimento do modelo. Esta metodologia deve ser usada para desenvolver projetos nas fases iniciais e permite um desenvolvimento rápido do modelo. Baseia-se na criação do modelo com objetos genéricos numa fase preliminar e ir substituindo esses componentes por objetos que representem a realidade à medida que o projeto vai avançando.

O **capítulo 8** define o armazenamento de dados BIM dentro do sistema de arquivo do projeto juntamente com as convenções de nomenclatura associados aos aspetos do trabalho em BIM.

O **capítulo 9** define os critérios que asseguram que as impressões dos desenhos são consistentes e de grande qualidade.

O **Capítulo 10** refere que para assegurar a consistência e a qualidade do modelo, a partilha dos conteúdos e recursos criados é um requisito fundamental. Apresenta algumas recomendações no que diz respeito aos programas e às bibliotecas de conteúdos.

Nos **Anexos** são apresentados os códigos a usar nos ficheiros e a estrutura da pasta de um projeto a seguir (AEC_(UK), 2012).

As normas específicas para um determinado programa têm por objetivo a interpretação e expansão dos conceitos apresentados na norma genérica. Fazem especial referência a aplicações particulares do BIM, por exemplo, ligação a modelos, famílias, parâmetros e outras específicas de cada ferramenta.

As empresas da AEC no Reino Unido encontram-se numa fase bastante avançada na implementação de BIM, pois empresas líderes no mundo têm escritório e sede em Londres e são conhecidas pela utilização da tecnologia de ponta da indústria da AEC. Neste meio, a exigência do governo sobre a utilização de BIM só pode prosperar e levar a que o resto das empresas no Reino Unido implementem esta nova tecnologia mais rapidamente do que se estivessem localizadas noutra parte do mundo (Khemlani, L., 2012a).

2.2.5. O BIM EM PORTUGAL

Em Portugal verifica-se a existência de três iniciativas formais que desenvolvem alguns esforços no âmbito da tentativa da implementação de processos BIM no setor da construção. O facto de existirem três iniciativas não permite afirmar que o país esteja avançado no que diz respeito à implementação de metodologias baseadas em BIM. As três iniciativas são as apresentadas de seguida:

- Projeto SIGABIM;
- BIMFórum Portugal;
- Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção (PTPC) e Grupo de Trabalho BIM.

2.2.5.1. Projeto SIGABIM

O projeto SIGABIM pretende abordar o ciclo de gestão na construção no sentido de corresponder às necessidades de desenvolvimento, modernização, internacionalização e de maior competitividade por parte das empresas portuguesas. Por outro lado pretende impulsionar e suportar as necessidades reais de investigação, desenvolvimento e tecnologia dentro das empresas envolvidas.

O projeto pretende aproveitar a atual conjuntura de mercado, assumindo como um potenciador de uma otimização de recursos e de uma mitigação de riscos em obras de construção civil. Com a entrada em vigor do novo CCP, os vários *stakeholders* do negócio da construção viram-se obrigados a realizarem um estudo mais cuidado dos vários projetos e a desenvolverem novas ferramentas e metodologias que auxiliem esse mesmo estudo. Estes desenvolvimentos podem ser considerados como uma alavanca no mercado da construção cada vez mais competitivo.

As entidades participantes neste projeto são as empresas Mota-Engil Engenharia e Construção, ARQUIFAM e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Sousa, H.d. [et al.], 2011).

2.2.5.2. BIMFórum Portugal

A missão da BIMFórum Portugal é facilitar e acelerar a adoção do *Building Information Modeling* na indústria da Construção. Pretende ser um sítio onde sejam apresentadas e partilhadas experiências, publicações e informações sobre congressos nacionais ou internacionais no sentido de desenvolver um conjunto de melhores práticas para o projeto e construção virtual.

Esta iniciativa pretende focar-se nas seguintes áreas de impacto (BIMFórum, 2012):

- **Dono de Obra** – Pretende ser um repositório de normas, orientações e especialistas que apoiem o dono de obra aquando da sua decisão de tornar as suas obras BIM e influenciar assim toda a indústria;
- **Entidades Licenciadoras** – No sentido de facilitar e acelerar a adoção de BIM na AEC, através do fomento e desenvolvimento dos meios de colaboração com outras áreas de impacto;
- **Projetistas** – Pretende desenvolver e promover a introdução de novas práticas relacionas com o *Integrated Project Delivery* e BIM no atual processo de projetar, promovendo a colaboração entre todos os projetistas e restantes *stakeholders*;
- **Universidades** – Incentivar o desenvolvimento um programa curricular BIM, apoiar a investigação académica e a articulação com o meio industrial;
- **Empreiteiros e Subempreiteiros** – Incentivar a colaboração na definição de metodologias BIM que garantam uma melhoria substancial no processo de planeamento e controle de obras;

- **Fabricantes e fornecedores** – promoção do desenvolvimento de “materiais BIM” que garantam uma gestão otimizada de recursos e uma correta articulação com as restantes áreas de impacto;
- **Software Houses** – Apoio no desenvolvimento de novas tecnologias BIM e elaboração de orientações que sirvam como ponto de partida às *software/hardware houses*;
- **Seguradoras** – Reportar a identificação de riscos no sentido de suportar melhorias e aperfeiçoamentos a políticas de seguro existentes ou o desenvolvimento de novas políticas relacionadas especificamente com projetos que utilizem a tecnologia e metodologia BIM.

No sítio da internet desta iniciativa é apresentada uma figura (Figura 6) com os vetores estratégicos. Nesta figura foi realçado o tema abordado neste trabalho, a necessidade da criação de normas para a modelação.

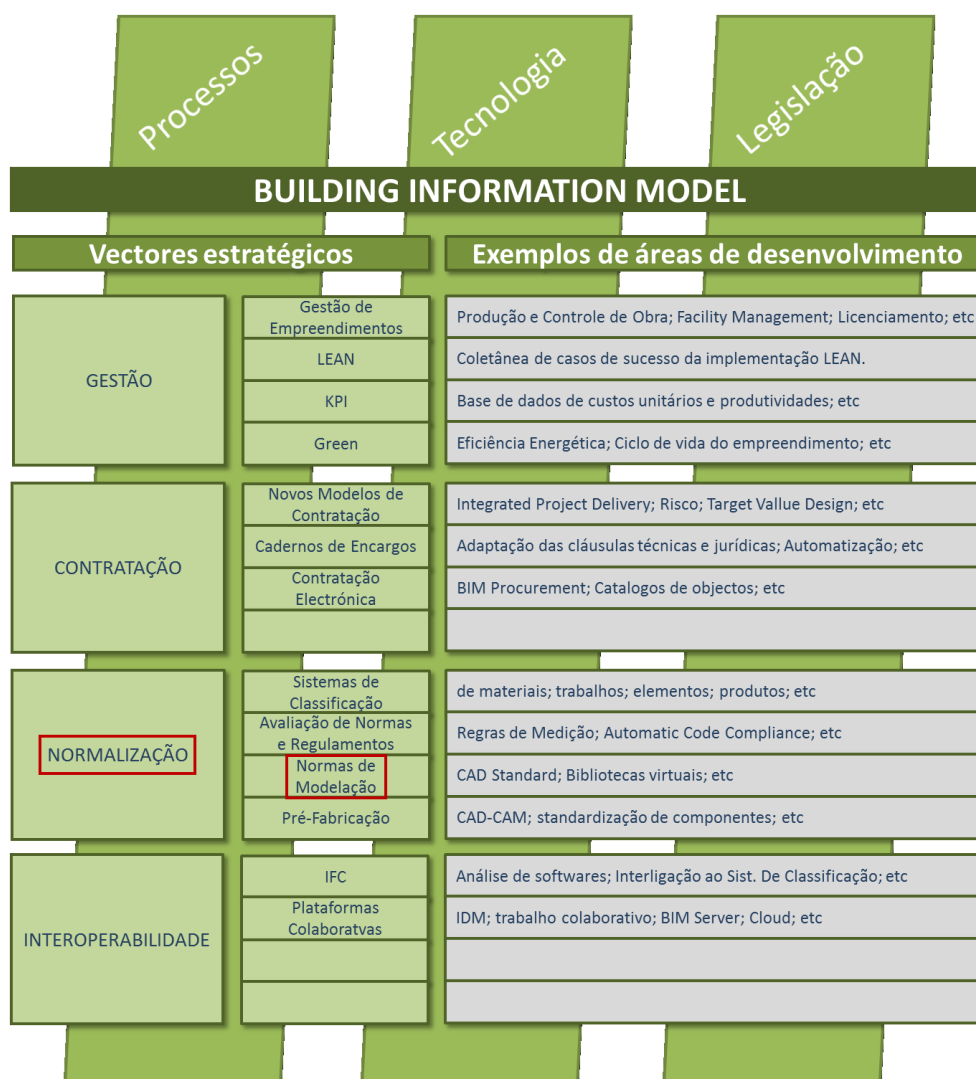


Figura 6 – Vetores estratégicos da iniciativa BIMFórum (BIMFórum, 2012).

2.2.5.3. Plataforma Tecnológica Portuguesa de Construção, PTPC

A PTPC tem como missão a promoção da reflexão sobre o setor e implementação de iniciativas e projetos de investigação, desenvolvimento e inovação, no sentido de contribuírem para o incremento da competitividade promovendo a cooperação entre empresas, entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional, associações, federações, confederações, entidades públicas ou privadas, do setor da construção e obras públicas.

No sentido de garantir a melhoria da competitividade do setor da construção nacional no contexto da internacionalização a PTPC define como principais os seguintes objetivos (PTPC, 2012):

- **Competitividade** – Pretende intensificar a prática da inovação nas empresas, fomentando o trabalho em rede entre parceiros com ligações ao sector e assegurando a difusão de resultados e a transferência de tecnologia;
- **Vigilância tecnológica** – Criação um polo de vigilância tecnológica sobre a produção científica, relacionada com a atividade da construção, e promoção da produção e disseminação do conhecimento;
- **Inovação relacionada com as tecnologias sistemas, processos e produtos** – Promoção do investimento em atividades de IDI com vista tanto ao desenvolvimento tecnológico aplicado, como à reformulação de processos, respondendo adequadamente às atuais e futuras exigências da sociedade;
- **Inovação relacionada com métodos de gestão** – Desenvolvimento de novos conceitos e metodologias de gestão relevantes para o sector;
- **Inovação relacionada com as tecnologias de informação** – Promoção do desenvolvimento de tecnologias de informação ao serviço das empresas.

A iniciativa BIMFórum criou em novembro de 2012 um Grupo de Trabalho BIM que está associado à iniciativa da PTPC. Assim têm a pretensão de facilitar e acelerar a adoção de BIM na indústria da construção nacional. Para tal, procurou envolver todos os setores da indústria no sentido de desenvolver um conjunto de melhores práticas e normas para a gestão virtual de empreendimentos desde a conceção, passando pela construção e exploração.

2.3. O BIM NOS PROJETOS DE ESTRUTURAS

Desde há muitos anos que os engenheiros projetistas estão familiarizados com a utilização de modelos computacionais na análise e dimensionamento das estruturas. O objetivo dos modelos atualmente desenvolvidos são a análise, dimensionamento e pormenorização, partindo de uma conceção geral previamente definida. É possível distinguir duas abordagens principais de modelação no processo de análise e dimensionamento, designadamente a modelação global e a modelação local (Rombach, G.A., 2004).

O modelo global não tem por objetivo apresentar um elevado grau de detalhe, fazendo uma aproximação da geometria das estruturas com o rigor suficiente para o tipo de análise a desenvolver, tendo como objetivos principais a identificação do caminho da repartição das cargas, a avaliação da resposta global às ações verticais e horizontais, a quantificação dos esforços em elementos de fundações e, porventura, a verificação do faseamento construtivo no comportamento global.

Por seu lado, um modelo local procura detalhar a análise numa zona específica da estrutura, por exemplo em zonas de descontinuidade, de forma isolada e com maior precisão de elementos estruturais com comportamento complexo, recorrendo a ferramentas de análise especificamente desenvolvidas para o efeito (Ferreira, B. [et al.], 2012).

Na elaboração de projetos tem vindo a ser prática corrente a utilização de múltiplos modelos, globais e locais, na análise de estruturas. Estes modelos fazem parte do processo global de análise e dimensionamento, sendo que frequentemente, para cada modelo, são usadas ferramentas distintas. Assim, e como os programas atualmente existentes, de uma maneira geral, apresentam pouca ou nenhuma interoperabilidade, a gestão do fluxo de informação é feita de uma maneira informal e não autónoma. A forma de apresentação mais comum de um projeto continua a ser feita através de desenhos CAD 2D, onde as peças desenhadas são criadas de raiz sem qualquer interligação com os modelos 3D de análise. Aumenta assim a necessidade de sincronização entre as diferentes plataformas, que se processa com recurso a uma forte componente humana (Mora, R. [et al.], 2008).

O aumento da complexidade dos projetos conduz ao aumento da importância da gestão da informação, nomeadamente no que diz respeito à atualização da informação entre os diferentes modelos e plataformas utilizadas. Por outro lado, a figura de um cliente final cada vez mais exigente conduz a um aumento de rigor no cumprimento de custos e prazos. A este propósito refira-se o enquadramento legal vertido no Código dos Contratos Públicos (CCP), que exige maior responsabilização dos projetistas pelos trabalhos de suprimento de erros e omissões face à anterior legislação, impondo a responsabilização dos projetistas, com a possibilidade de o dono de obra acionar o direito de indemnização por erros e omissões até ao triplo dos honorários contratualmente estabelecidos. Assim, os conceitos de gestão e modelos de informação para a construção assumem um papel nuclear no sucesso do projeto e na superação dos desafios que dele resultam.

A tecnologia BIM vem oferecer aos engenheiros projetistas um processo de organização e partilha de informação suportado numa base de dados global com informação estruturada num formato normalizado, onde consta toda a informação considerada necessária para definir uma estrutura. Num modelo BIM os objetos nele inseridos têm propriedades, que vão desde a sua localização aos atributos físicos. Este modelo permite uma visualização 3D e uma vez que os programas se baseiam em relações paramétricas a geração de peças desenhadas e extração de quantidades processa-se de forma automática.

No âmbito da elaboração de projetos estruturas existem três campos principais para a implementação de um processo BIM designadamente, a coordenação interdisciplinar, a análise e dimensionamento e a documentação. Ao nível da coordenação interdisciplinar o ganho de eficiência face às práticas tradicionais demonstram-se por duas vias, a primeira é que a utilização de uma norma de partilha de ficheiros como o IFC permite a troca de informações compatíveis com vários programas, o que por si só constitui uma mais-valia muito significativa em relação ao processo tradicional. A segunda baseia-se na criação de uma plataforma para a troca de modelos onde as alterações que uma especialidade introduz ficam automaticamente disponíveis para as outras, permitindo que atempadamente um projetista visualize as alterações que influenciam o seu processo de conceção, poupando tempo e esforços na redefinição de elementos do seu projeto.

A documentação é o domínio onde a tecnologia BIM apresenta os seus benefícios mais imediatos. A facilidade com que é possível gerar peças desenhadas a partir do modelo tridimensional é uma função de base das ferramentas BIM mais populares, e talvez aquela que cause mais impacto numa primeira abordagem.

A análise e dimensionamento a partir de modelos BIM será uma das áreas de desenvolvimento em que o contributo dos engenheiros civis é mais necessário. A ideia de uma plataforma comum que permite gerir e transferir os dados entre diferentes aplicações de forma unificada afigura-se como conceitualmente interessante mas está ainda longe de estar concretizado (Ferreira, B. [et al.], 2012).

Para o engenheiro de estruturas tirar partido efetivo destas funcionalidades torna-se imperativo criar regras ou definir requisitos de modelação. É importante que todos os projetistas modelem as suas estruturas de forma semelhante, ou equiparável. Por exemplo, a extração de quantidades automaticamente só poderá ser uma realidade se um pilar for definido da mesma forma em todos os projetos, pois o que se pretende é uma automatização do processo sem ter que ser necessário fazer ajustes para a introdução do modelo num programa de extração automática.

Por mais interoperáveis que sejam os programas e mesmo que estes usem normas abertas para partilha de dados de nada serve esta funcionalidade se os projetistas não modelarem as suas estruturas segundo requisitos previamente definidos. A exportação de um modelo estrutural usado como base pelo engenheiro mecânico só será útil se esse modelo obedecer a critérios de modelação comuns entre as especialidades.

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A IMPORTÂNCIA DE BIM

Este capítulo introdutório tem por objetivo apresentar de uma forma genérica o que é o BIM e apresentar algumas das normas para a sua implementação oriundas de diversos países que estão na linha da frente na utilização de novas tecnologias, como o BIM, na indústria da construção.

O esforço que tem sido realizado por diversas entidades em todo mundo demonstra que a tecnologia BIM é vista como uma ferramenta promissora, e que deve ser implementada o mais rápido possível.

As várias iniciativas apresentadas mostram que o BIM é uma realidade e que será provavelmente a maior revolução no setor da AEC desde a introdução dos computadores e ferramentas informáticas.

No entanto subsistem ainda muitas dúvidas sobre o balanço entre as vantagens e desvantagens da adoção imediata de tecnologia BIM. Em Portugal a introdução desta tecnologia está a ocorrer muito lentamente, existindo projetos onde já se usa, não existindo no entanto uma integração de todo o processo de construção e interligação das especialidades em BIM. O processo tradicional está amplamente difundido e existe uma elevada resistência à mudança, contudo a atual situação económica desfavorável do país pode, paradoxalmente, ajudar à implementação de novas tecnologias. Parece um contrassenso, mas uma vez que o setor da construção e obras públicas tem vindo a apresentar um grande abrandamento na sua produção, este fator pode potenciar o uso de BIM por duas razões: a primeira é que as empresas, construtoras e de projeto, têm a necessidade de aumentar a eficiência dos seus processos, podendo olhar assim para o BIM como uma alternativa. A outra razão é a necessidade de internacionalização das empresas devido à escassez de projetos e obras no país. O concurso a projetos e empreitadas noutros países pode obrigar o uso de BIM e se as empresas não quiserem ser excluídas terão forçosamente que adotar esta tecnologia.

Para além disso, tendo em conta o esforço de desenvolvimento neste setor a nível internacional, acredita-se que os países que mais cedo desenvolverem e adotarem procedimentos *standard* para suportarem o uso de BIM estarão em condições privilegiadas de usarem a experiência daí resultante para se afirmarem como líderes na crescente área de atividade de prestação de serviços BIM.

A falta de eficiência na indústria da AEC leva a desperdícios de dinheiro avultados. Segundo o *Construction Industry Institute*, dados de 2008, mais de 57% do dinheiro gasto na construção nos Estados Unidos é um esforço que não produz valor acrescentado ou seja é desperdiçado devido ao modelo de negócio corrente. Isto significa que a indústria desperdiça mais de 600 milhões de dólares americanos todos os anos (NIBS, 2008).

Apesar da necessidade de mudança na indústria da AEC, nem todos os participantes acham que este é o momento certo. Muitos têm tendência a ficar à espera que alguém dê o primeiro passo pois desconfiam das vantagens de serem os primeiros e têm, acima de tudo, receio que novas tecnologias tragam problemas. No entanto as grandes empresas mundiais estão a usar BIM ou ferramentas relacionadas e estão interessadas na difusão desta tecnologia.

Vários países em todo o mundo têm adotado uma estratégia semelhante para a implementação de BIM. O setor público, através de órgãos governamentais, na condição de cliente, começa a exigir o uso de BIM nos seus projetos, obrigando os projetistas e empreiteiros que concorrem aos concursos públicos a usarem esta tecnologia.

Na Finlândia desde 2001 que a agência estatal de serviços de propriedade, *Senate Properties*, tem desenvolvido uma série de projetos-piloto usando BIM. O sucesso desses projetos levou a agência a exigir aos seus fornecedores, desde 2007, o uso de BIM em diversas funções como visualizações em fase preliminar, projeto de arquitetura e simulação energética. Noutros países nórdicos os organismos públicos estão a fazer o mesmo. Na Dinamarca o uso de BIM é um requisito para os maiores projetos públicos desde 2007. Na Noruega, a organização *Statsbygg* obriga uso de BIM baseado em IFC desde 2010 (BSI, 2010).

Nos EUA a obrigatoriedade de uso de BIM no setor público está bastante difundida. Dois dos grandes proprietários de instalações públicas, a *U. S. Coast Guard* e a *General Services Administration*, estão a requerer o uso de BIM nos seus projetos em funções específicas. A GSA obriga desde 2007 a submissão dos projetos em BIM para a validação dos espaços das instalações a construir. Atualmente alguns dos cinquenta estados, como Nova Iorque, Texas e Wisconsin, estão a seguir o exemplo destas instituições e lançaram requisitos BIM que têm que ser usados pelos projetistas nos concursos públicos.

No Reino Unido o *Department for Business, Innovation and Skills* (BIS) publicou um relatório para o *Government Construction Client Group* delineando a estratégia para a implementação de planos para o uso de BIM em todos os projetos de edifícios públicos. Esses planos para um desenvolvimento faseado de cinco anos seguem o recente anúncio que todos os fornecedores de projetos terão que usar tecnologia e técnicas BIM a partir de 2016.

Michael Beaven, diretor da *Arup Associates*, empresa que opera em diversos mercados com projetistas, gestores, consultores e especialistas técnicos referiu recentemente:

“For our clients adopting this approach can help them achieve better quality and better performing buildings, but also potentially cheaper buildings, built faster and with less waste. It allows us to design and deliver buildings which previously we could only imagine.”

Michael Beaven (Arup, 2011)

Em Singapura a *Building Construction Authority* (BCA) lançou o fundo *Construction Productivity and Capability Fund* (CPCF) no valor de 250 milhões de dólares americanos, em linha com o plano de crescimento económico e de produtividade lançado pelo governo, para melhorar a produtividade e aumentar a capacidade das empresas de construção. A intenção é que as empresas recebam incentivos para adquirirem novos equipamentos, formarem os trabalhadores e adotarem novas tecnologias que levem ao aumento de produtividade.

A BCA identificou o BIM como uma das tecnologias que podem impulsionar a produtividade do setor da construção.

Tal como no Reino Unido, a BCA criou um plano de cinco anos para a implementação progressiva do BIM na indústria da construção, tendo estabelecido a meta que em 2015 o BIM deve estar a ser usado amplamente. No sentido de atingir este objetivo a BCA abriu um sistema de submissão de projetos *online*, CORENET, para permitir aos profissionais que estão a usar BIM submeterem os seus projetos para aprovação. Em janeiro de 2010 foram abertas as submissões para a especialidade de arquitetura e em abril de 2011 às estruturas e MEP. No sentido de uma adoção mais ampla da tecnologia BIM, as submissões *online* em serão obrigatórias em 2013 para a arquitetura e em 2014 para as estruturas e MEP em projetos com mais de 20 mil metros quadrados.

A BCA através do *Centre for Construction IT* (CCIT) tem realizado sessões de formação direcionadas às empresas de arquitetura, engenharia e construção no sentido de as tornar capazes de realizar projetos em BIM. O objetivo é impor requisitos para o uso de tecnologia BIM em todos os projetos públicos já no ano corrente, 2012 (Fatt, C.T., 2011).

A introdução por via legislativa, à semelhança do que está a vir a ser feito em outros países, não se afigura imediata no caso português. No entanto é legítimo admitir um efeito de contágio uma vez que a utilização em massa em países como EUA e Reino Unido venha a evidenciar os ganhos de eficiência associados às tecnologias BIM.

Nesse sentido as iniciativas apresentadas neste capítulo referentes a Portugal demonstram uma vontade no desenvolvimento de um conjunto de normas e recomendações para a utilização de metodologias BIM. Se assim for, à medida que a utilização de BIM for sendo adotada as entidades governamentais sentirão a necessidade de criar ou adaptar a legislação para estes novos processos na indústria da AEC.

3

PROPOSTA DE REGRAS DE MODELAÇÃO

3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Pretende-se neste capítulo apresentar uma proposta de regras de modelação aplicáveis à disciplina de estruturas em BIM.

A tecnologia BIM está a espalhar-se rapidamente por todo mundo com diversas entidades públicas a exigirem o seu uso nos seus projetos. Em Portugal ainda não existe este tipo de pressão governamental para o uso de BIM, nem nenhuma entidade pública tem requisitos para que nos seus projetos seja incluída esta tecnologia. No entanto surgem alguns clientes que requisitam o seu uso, mas sem especificarem ou compreenderem o que significa requerer um projeto em BIM. Não existe uma definição sobre o que é um projeto em BIM, logo, os projetistas não têm nenhum guia para seguir quando são confrontados com esta situação.

Do problema exposto surge a necessidade deste trabalho. O objetivo principal é fornecer um guia que ao qual os projetistas possam recorrer quando são solicitados para efetuarem um projeto em BIM. Como a modelação de uma estrutura pode ser genérica ou muito detalhada torna-se, importante definir níveis de desenvolvimento para a modelação e fazer a sua correspondência com fases de projeto.

3.2. REGRAS DE MODELAÇÃO EXISTENTES

No capítulo 2 foram referidas e exploradas algumas normas ou requisitos BIM de diversos países. Foi explorado todo o seu conteúdo de uma maneira geral de modo a expor os assuntos que nelas tratados. Neste ponto pretende-se apresentar as regras de modelação específicas definidas nessas normas com o objetivo de servir de base para a proposta deste trabalho.

3.2.1. NORMA GSA BIM GUIDE

Numa das secções do guia da GSA são descritos os elementos requeridos para o programa de validação dos espaços assim como as suas propriedades. Essa secção funciona como guia para a criação desses elementos, no entanto não tem por objetivo ser prescritivo mas sim realçar as melhores práticas para a criação de elementos que serão submetidos ao programa de validação dos espaços.

Os elementos devem ser modelados com a ferramenta proprietária do programa no sentido de permitir a sua interoperabilidade através do padrão IFC, uma vez que a maioria das aplicações informáticas já incorpora bibliotecas de elementos compatíveis com IFC. Se no programa não existir a ferramenta apropriada para a modelação de um elemento, este deve ser modelado usando um elemento genérico sendo depois identificado com o tipo de objeto correto. No Quadro 2 são apresentados os elementos e as regras considerados pela GSA (GSA, 2007b).

Quadro 2 – Elementos requeridos para validação dos espaços pela GSA.

Elementos	Descrição
Paredes	Uma parede deve estar ligada às paredes adjacentes. Esta relação é normalmente criada automaticamente pelas aplicações de modelação BIM. A delimitação dos espaços normalmente também é efetuada automaticamente, mas o utilizador deve consultar as instruções do seu programa de modo a garantir que estas relações existem.
Paredes • Aberturas ○ Portas/janelas	As portas/janelas devem ser introduzidas utilizando a ferramenta proprietária da aplicação. As portas/janelas devem ser sempre inseridas no elemento parede não devendo ser criadas pela criação de uma abertura numa parede e posterior colocação desta. Uma modelação não seguindo este procedimento pode criar problemas uma vez que porque a porta/janela não vai ficar ligada à parede respetiva.
Lajes	As lajes devem ser criadas utilizando a ferramenta proprietária do programa. Se essa ferramenta não servir as necessidades do utilizador este poderá ser utilizado um objeto genérico ao qual se possa atribuir um elemento tipo, neste caso, laje de pavimento ou cobertura.
Vigas	As vigas devem ser modeladas utilizando a ferramenta proprietária do programa. Se essa ferramenta não servir as necessidades do utilizador este pode utilizar um objeto genérico ao qual possa atribuir um elemento tipo, neste caso, viga.
Pilares	Os pilares devem ser modelados utilizando a ferramenta proprietária do programa. Se essa ferramenta não servir as necessidades do utilizador este pode utilizar um objeto genérico ao qual possa atribuir um elemento tipo, neste caso, pilar.

As regras ou recomendações apresentadas pela GSA são genéricas e têm o propósito de identificar corretamente os elementos para a exportação em IFC. Não são exploradas as regras de modelação nem a divisão em níveis de desenvolvimento.

3.2.2. NORMA NBIMS

Como referido na revisão da literatura esta norma contém no capítulo 5 uma secção onde apresenta alguns documentos práticos. Num desses documentos o leitor é remetido para o *AIA Document E202* que é um documento de contrato onde são definidos os elementos a modelar por cada especialidade e

o nível de desenvolvimento esperado para cada elemento em cada fase de projeto, as recomendações sobre os níveis de desenvolvimento deste documento podem ser consultadas no ponto 3.3.1.. Este conceito é interessante e fundamental na utilização de BIM, pois é necessário que o cliente, ou alguém que o represente, estabeleça com os projetistas um acordo sobre os usos de cada modelo e que desenvolvimento este deve ter em cada fase e os elementos a modelar.

3.2.3. NORMA COBIM

Os requisitos para a utilização de BIM na Finlândia apresentam uma série de documentos direcionados a cada especialidade onde apresentam regras de modelação a seguir no desenvolvimento de modelos em BIM. Este trabalho foca-se nas regras de modelação específicas para a disciplina de estruturas, sendo expostos neste ponto essas recomendações.

A norma finlandesa divide os níveis de desenvolvimento em três fases. A primeira é a fase de projeto geral. Nesta fase é escolhido o projeto conceptual que vai ser desenvolvido. A segunda é a fase de projeto de concurso onde o modelo é desenvolvido para um nível requerido pelas entidades adjudicantes. A terceira fase é a de projeto de execução que tem por objetivo fornecer telas para a montagem ou execução das estruturas. Para cada fase são definidas regras de modelação para cada elemento a considerar no modelo estrutural. Neste ponto serão apresentados os conceitos gerais destas regras, sendo que no Anexo 2 é possível consultar a tabela completa onde estão organizados os elementos e as regras a seguir.

Na fase de Projeto Geral os elementos são modelados com uma geometria básica e localização aproximada. Na fase de Projeto de Concurso a geometria deve ser correta e a localização precisa, sendo incluídas armaduras em elementos tipo. Na terceira fase de Projeto Detalhado os elementos devem ser modelados de acordo com a realidade de modo a fornecer informação para a execução da obra.

3.2.4. NORMA AEC (UK) BIM PROTOCOL

Este documento dedica um capítulo à metodologia de modelação. A norma adota uma metodologia de desenvolvimento do modelo que segue o mesmo princípio que a divisão em níveis de desenvolvimento. Refere que um modelo deve inicialmente ser conceptual com os elementos que permitam uma visualização da ideia e intuito do projeto. Com o desenvolvimento do projeto devem ser introduzidas informações sobre os materiais, custos e outras especificações nos componentes e a localização deve ser precisa.

Esta norma apresenta uma divisão de desenvolvimento em quatro graus:

- Componente de grau 0 (G0) – Esquemático. Representação simbólica do local do objeto que pode não apresentar escala ou ter dimensões;
- Componente de grau 1 (G1) – Conceptual. Representação com o mínimo detalhe com objetos genéricos;
- Componente de grau 2 (G2) – Definido. Modelado com informação técnica relevante e o modelo é suficientemente desenvolvido para identificação do tipo e materiais;
- Componente de grau 3 (G3) – Imagem 3D tipo fotografia. Semelhante ao G2 mas com uma apresentação 3D detalhada, tipo fotografia.

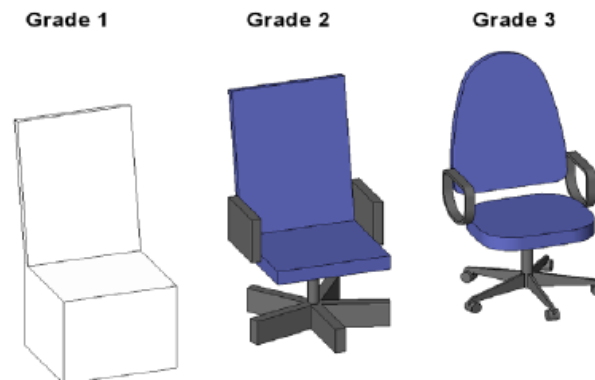


Figura 7 – Evolução do nível de desenvolvimento na modelação (AEC_(UK), 2012).

3.3. REGRAS DE MODELAÇÃO PROPOSTAS

A proposta deste trabalho foi desenvolvida com o intuito de responder a necessidades imediatas relativas à modelação com recurso a um programa capaz de BIM

Os intervenientes da indústria da AEC já estão mais ou menos familiarizados com o termo BIM. Ainda assim, não existe uma definição do que é um projeto em BIM. Surge então um problema na contratação, pois os projetistas não têm nenhuma norma para seguirem, onde seja especificado o que é um modelo aceitável dependendo do seu conteúdo e o seu propósito. Uma empresa pode produzir um modelo que sirva as suas necessidades, mas outros projetistas ou empreiteiros podem depender desse modelo para outros propósitos, como a coordenação, extração e/ou estimativa de quantidades por exemplo. Este facto pode levar a que o projeto não corresponda às expectativas do cliente.

No sentido de responder ao problema enunciado optou-se por desenvolver um conjunto de regras ou recomendações de apoio à modelação. Estas regras têm o objetivo de uniformizar a produção de modelos, independentemente de quem seja o modelador.

Foi adotada uma abordagem *bottom-up*, ou seja, pretende-se publicar um documento que sirva de base para desenvolvimentos futuros. Assim, não são abordadas as questões dos padrões de transferência de ficheiros nas regras propostas. Contudo, a base destas regras surge da análise das normas já referidas de diferentes países, que realçam a importância da transferência de ficheiros. Assim, as regras propostas têm, implicitamente, em conta a transferência de dados entre programas e especialidades.

As regras podem ainda ser desenvolvidas, mas já constituem uma base para que exista um procedimento comum e do conhecimento geral sobre a forma como os modelos podem ser criados. Assim, todos os intervenientes sabem como é que os objetos foram modelados, podendo trabalhar sobre determinado modelo com mais confiança.

“O processo de geração do modelo BIM é um dos principais responsáveis pelo sucesso da implementação desta tecnologia ao longo do ciclo da construção, devendo por isso ser abordado com especial relevo”

António Aguiar Costa (Costa, A.A., 2012)

Na utilização da tecnologia BIM a informação tem um valor muito importante e, tal como o modelo, vai percorrer diversos níveis de maturação em que vão sendo incorporados cada vez mais detalhes. O ciclo de construção de um empreendimento é constituído por diversas fases, distintas, que devem ser

respeitadas. Assim, torna-se essencial estabelecer um paralelismo entre o processo de modelação e as diversas fases do projeto no sentido de garantir que o modelo BIM se adapta ao processo tradicional da indústria, permitindo que os diversos intervenientes são capazes de retirar informação suficiente numa dada fase para desenvolverem as suas atividades (Costa, A.A., 2012).

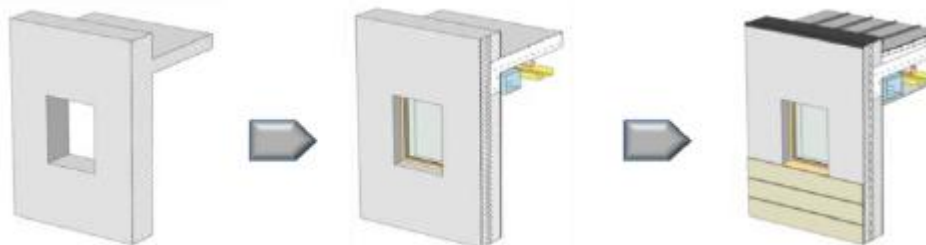


Figura 8 – Exemplo de uma evolução possível do nível de desenvolvimento (Meireles, A.R., 2012).

No sentido de estruturar o processo de modelação, foi adotado o princípio proposto pela AIA que publicou o documento *AIA Document E202* (AIA, 2008) onde estabelece um protocolo para os níveis de desenvolvimento esperados, os usos autorizados de um modelo BIM em cada nível de desenvolvimento e atribui a responsabilidade pelo desenvolvimento de cada elemento do modelo a um nível de desenvolvimento definido a cada fase de projeto. A Figura 9 ilustra a necessidade de definir que tipo de informação cada modelo deve incluir, pois dois modelos distintos podem ser idênticos geometricamente e mas conterem diferentes níveis de informação. Ambos os modelos podem ser classificados como modelos em BIM pois foram desenvolvidos na mesma aplicação, mas na verdade têm características diferenciadas que servirão propósitos distintos.

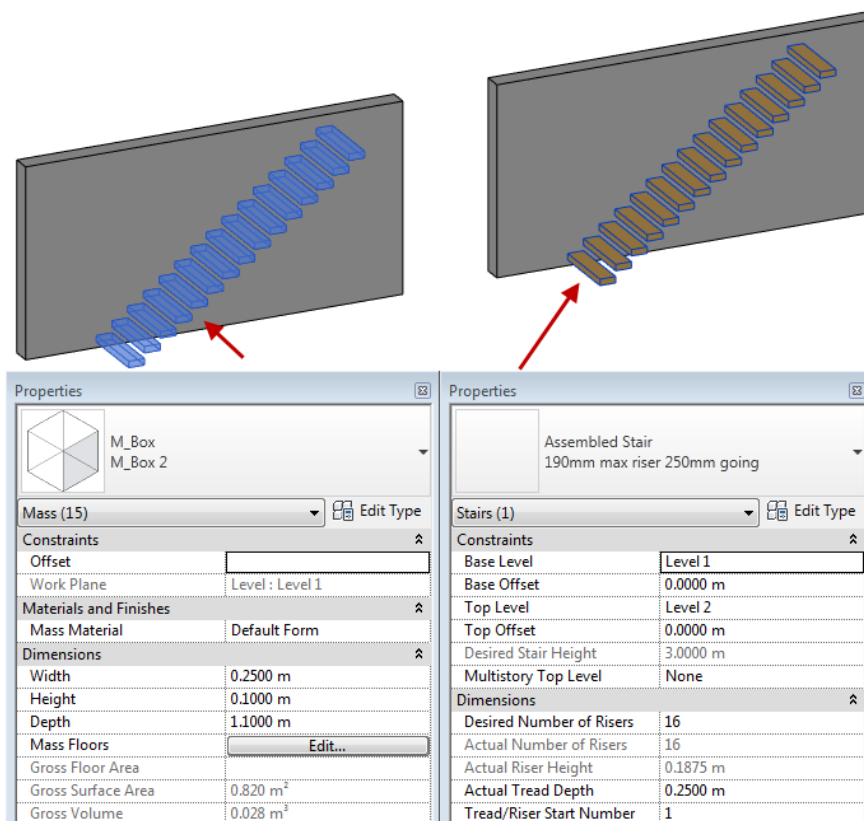


Figura 9 – Exemplo de diferenças da informação de dois modelos BIM visualmente idênticos.

3.3.1. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO

Level of Development (LOD), ou em português Nível de Desenvolvimento, é um critério para definir a maturidade e usabilidade de um BIM em diferentes fases de um projeto. É geralmente expresso como uma série progressiva de números que correspondem a níveis de pormenorização distintos e gradualmente crescentes, relacionados com diferentes etapas da concepção e utilização de um edifício. Assim os primeiros três níveis são aplicados à fase de projeto, o quarto à construção e o quinto à operação e manutenção do edifício.

O *Structural Engineering Institute - Council of American Structural Engineers* publicou um documento, (SEI-CASE, 2011), onde estabelece e enquadra os cinco LOD definidos pelo *AIA Document E202* que se apresentam nos pontos seguintes:

- **LOD 100** – Este modelo básico pode ser adotado ao nível do Projeto Esquemático que fornece informação sobre as massas e volumes. Com apenas a informação mais básica disponível o uso prático deste tipo de modelo é limitado à revisão da disposição básica dos espaços, cálculo de volumes e áreas e orientação dos espaços. Pode ainda existir informação suficiente para uma estimativa geral do planeamento do projeto e a sua duração. Os engenheiros de estruturas podem preparar os modelos em LOD 100 usando massas básicas apenas, como lajes uniformes com uma espessura genérica que represente as vigas suportadas por paredes e pilares genéricos;
- **LOD 200** – Este modelo é um pouco mais desenvolvido. Tem, em geral, informação suficiente para permitir uma análise básica do sistema estrutural nomeadamente através da exportação para ferramentas específicas de cálculo automático de estruturas. Alguns elementos do modelo podem incluir informação não geométrica que possa ser usada para a estimativa de custos. O modelo pode incluir uma aparência escalada no tempo dos elementos principais com o intuito de assistir o faseamento e planeamento da obra;
- **LOD 300** – Neste nível de desenvolvimento deveria existir informação suficiente para a preparação dos documentos tradicionais da construção ao nível de projeto de execução. Os elementos podem incluir informação adicional não geométrica que pode ser usada pela equipa de projeto ou construção. Este modelo pode ser usado para criar modelos analíticos para o projeto de estruturas, podendo também ser usado como base para a preparação de desenhos para fornecedores, e para a compilação de mapas de trabalhos e quantidades da obra e estimativa de custos para a construção;
- **LOD 400** – Neste nível o modelo deve incluir detalhes adicionais e todas as estruturas primárias e secundárias de suporte. Deve conter informação completa sobre a fabricação, montagem ou construção. Deve ser uma representação virtual da estrutura que pode ser usada durante a construção. É possível fazer uma estimativa de custos detalhada baseada nos elementos do modelo. Planeamento detalhado pode ser conseguido mostrando uma aparência escalada de elementos específicos;
- **LOD 500** – Todos os elementos e sistemas são modelados de acordo com a construção e precisos em todos os detalhes. Este modelo tem os mesmos propósitos de LOD 400 mas pode ser usado para a manutenção quando assim autorizado. Alguns clientes podem exigir modelação para COBie no LOD 500 para a gestão e manutenção de edifícios mas este normalmente não é requerido para o sistema estrutural.

3.3.2. ARTICULAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL

Partindo do conceito de nível de desenvolvimento BIM apresentado pelo *AIA Document E202* é possível estabelecer um paralelismo entre os níveis referidos e as diversas fases de projeto definidas na Portaria 701-H/2008, publicada em Diário da República em 29 de julho.

Esta portaria apresenta uma divisão do desenvolvimento do projeto em quatro fases principais, apresentando as exigências a ter em consideração em cada uma delas. De seguida serão apresentadas algumas dessas exigências focando-se a descrição na parte respeitante ao projeto de estruturas.

No **Programa Base** deve ser desenvolvido o conceito do projeto, assim como a apresentação de uma representação esquemática da obra. Nesta fase deve ser definida uma malha estrutural preliminar, indicada a localização das sondagens geotécnicas a realizar e apresentada uma estimativa aproximada do valor da obra.

No **Estudo Prévio** é apresentada a conceção estrutural proposta ao dono de obra. Devem ser definidos esquematicamente todos os elementos estruturais principais representado esquematicamente a conceção do projeto. Nesta fase é elaborado o pré-dimensionamento estrutural da solução proposta e das escavações e contenções.

No **Anteprojeto** deve ser apresentada a definição e justificação do dimensionamento estrutural e devem ser apresentadas as peças necessárias à organização do processo de licenciamento. Deve ser definido e justificado o programa de reconhecimento geotécnico.

No **Projeto de Execução** deve ser contemplada a definição detalhada de todos os componentes estruturais. Deve ser definida a posição, devidamente cotada, de todos os elementos estruturais, nomeadamente, as vigas, pelos seus eixos ou pelos seus contornos, os pilares, pelos seus eixos e contornos, as lajes, com a indicação das suas espessuras, as aberturas nas lajes, com a indicação da sua localização e das suas dimensões, as paredes e outros elementos estruturais, pelos seus eixos e contornos. Devem ser apresentados plantas e cortes definidores da estrutura, em escalas adequadas.

Seguindo as recomendações da divisão em vários níveis de desenvolvimento e fazendo uma sobreposição com as fases definidas na portaria nacional é possível estruturar os vários níveis em fases, adaptando assim este conceito à realidade portuguesa:

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

No escalonamento proposto, optou-se por considerar as fases relativas ao Estudo Prévio e Anteprojeto em conjunto, pois na prática estas duas fases estão bastante relacionadas uma com a outra. Esta divisão apresentada não tem carácter obrigatório, uma vez que se trata de uma abordagem possível, assistindo ao dono de obra a possibilidade de exigir níveis de desenvolvimento diferentes em diferentes fases e para componentes distintos. Pretende-se assim apresentar um documento síntese que sirva como um guia para a estruturação da modelação.

3.3.3. DIVISÃO POR TIPO DE ELEMENTOS

As regras de modelação aqui propostas são baseadas na bibliografia existente e anteriormente apresentada. Da análise dessas regras é possível retirar informação importante para a elaboração de um

conjunto de regras ou recomendações para a realização de modelos estruturais em BIM. Das regras analisadas a única que é mais descritiva é a finlandesa, sendo que as outras apenas dão recomendações e princípios gerais. Ainda assim a COBIM divide as fases de desenvolvimento em três o que não corresponde à legislação nacional. Neste sentido a proposta tenta aproximar-se desta e preencher as lacunas no que diz respeito ao faseamento de um empreendimento. A proposta deste trabalho tenta ser o mais abrangente possível para que, qualquer profissional que as use, modele as estruturas da mesma forma.

No Quadro 3 são apresentados alguns elementos pertencentes ao domínio das estruturas tratados na proposta deste trabalho e para o qual foram desenvolvidos princípios gerais de modelação e diferentes LODs. A hierarquia apresentada seguiu o princípio dos conceitos gerais para os particulares. Primeiro são apresentadas as regras gerais de modelação e da implantação. De seguida abordam-se os componentes individuais apresentando primeiro os elementos que, em geral, suportam os seguintes, por exemplo, as paredes e pilares suportam as vigas e por sua vez as lajes.

Quadro 3 – Elementos do domínio das estruturas considerados na proposta do trabalho.

Elementos considerados nas regras de modelação propostas	
Estrutura	Conceitos gerais de modelação Fronteiras Topografia Escavações
Fundações	Sapatas isoladas Sapatas conjuntas Estacas, micro estacas e maciços de encabeçamento Poços e fundações especiais Lintéis Vigas de equilíbrio Lajes de fundação ou ensoleiramento geral
Paredes	Verticais Núcleos de caixa de escadas e caixa de elevadores
Pilares	Betão <i>in situ</i> Pré-fabricados Metálicos Outro tipo de pilares
Vigas	Betão <i>in situ</i> Pré-fabricados Metálicos Outro tipo de pilares
Lajes	Betão <i>in situ</i> Pré-fabricados Pavimentos ligeiros; Cofragem colaborante Outro tipo de lajes ou pavimentos

Escadas e Rampas	Escadas betão <i>in situ</i> Escadas pré-fabricadas Escadas metálicas Rampas
Outro tipo de estruturas	Elementos metálicos secundários Asnas
Subcomponentes	Armaduras Travamentos Juntas de dilatação Cofragem

3.3.4. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO PROPOSTOS: DESCRIÇÃO GENÉRICA

Como regra geral, para os diferentes níveis de desenvolvimento propostos anteriormente, pressupõe-se um aumento da complexidade do modelo criado à medida que se percorre os vários LODs.

A implementação deste tipo de abordagem resulta assim num aumento crescente do esforço de modelação à medida que se adotam LODs crescentes salientando-se, com base na experiência adquirida que o incremento de esforço associado à passagem de LOD 300 para LOD 400 é significativamente superior ao incremento associado à passagem de LOD 200 para LOD 300.

Optou-se por organizar os princípios gerais e regras de modelação numa tabela para que a consulta seja mais intuitiva. Estas regras são o grosso do trabalho desenvolvido, mas devido à sua extensão foi remetida para o Anexo 3 a sua consulta e neste capítulo as regras serão sintetizadas e apresentadas de um ponto de vista mais geral.

No **LOD 100** o modelo deverá ser o mais genérico possível tendo por objetivo apenas dar uma perceção de conceção geral e das formas gerais do edifício, uma vez que nesta fase poderão ser apresentadas várias alternativas de projeto. A modelação dos elementos deverá ser feita simplificadamente, podem ser modelados como sólidos 3D ou com a ferramenta proprietária do programa. Caso seja esta a opção deverá ser escolhido um objeto da biblioteca que corresponda ao elemento pretendido mas com geometria genérica, por exemplo, um pilar pode ser modelado escolhendo um pilar existente na biblioteca sem preocupação com as dimensões da sua secção predefinida. A precisão na localização dos elementos não é fundamental nesta fase, uma vez que não está totalmente definida a conceção geral que vai ser adotada.

É importante referir alguns aspetos particulares deste nível de desenvolvimento. As fundações não são modeladas nesta fase, pois a sua definição depende da localização dos elementos verticais e de informações mais concretas sobre o empreendimento a construir. O modelo pode, no entanto, conter uma proposta da localização de sondagens geotécnicas a realizar.

Os elementos verticais, nesta fase, podem ser modelados como um único elemento que se desenvolve por vários pisos de modo a tornar a modelação mais expedita. Com o mesmo propósito as caixas de escadas ou de elevadores podem ser modeladas como um sólido que atravessa todo o edifício, não considerando as variações de secção ou espessura dos elementos, a definição dos materiais e a modelação de aberturas, pois esta informação não é relevante no estado de desenvolvimento 100.

No **LOD 200** o modelo deverá ser desenvolvido de forma a permitir a exportação do modelo analítico para um programa de análise estrutural. Nesta fase todos os elementos deverão ser modelados com a ferramenta proprietária do programa selecionando um objeto da biblioteca com uma geometria

genérica. Pode existir a necessidade de criar novos elementos que não constem da biblioteca do programa e, nesse caso, podem ser desenvolvidos de duas maneiras distintas: a) como uma combinação de objetos existentes; b) criados de raiz a partir de uma ferramenta apropriada para o desenvolvimento de elementos que o programa possuir. Em qualquer um dos casos deve ser atribuído o tipo correto ao elemento criado, por exemplo, na necessidade de criar uma estaca com maciço de encabeçamento este elemento deve ser definido com o tipo fundação estrutural. Esta recomendação é importante, por exemplo, para que na extração de quantidades seja possível a divisão dos elementos por tipos de estrutura.

Os elementos verticais devem ser modelados piso a piso, mesmo que estes se prolonguem com características constantes ao longo de toda a altura do edifício e para isso devem ser criados planos de referência correspondentes a cada piso. Por exemplo, uma parede que se prolongue por vários pisos não deve ser modelada como uma única parede, a não ser que a construção seja efetuada dessa forma. Esta divisão é importante para a contabilização de elementos e faseamento da obra. No que diz respeito à modelação este requisito é importante para evitar sobreposições com as lajes, que provocaria a quantificação de materiais de forma duplicada.

Nesta fase modelar com precisão a localização dos elementos e com geometria aproximada. As secções dos elementos estruturais devem ser aproximadas, e definidas com base num cálculo de pré dimensionamento. Os elementos devem ser modelados, sempre que possível, com a definição do tipo de material que possuem. No que diz respeito à modelação das aberturas apenas devem ser modeladas as aberturas de grandes dimensões, como aberturas para caixa de escadas ou elevadores e portas, dispensando-se a modelação de *courettes*, negativos e/ou atravessamentos.

No **LOD 300** o modelo deverá representar as alterações efetuadas decorrentes da análise e dimensionamento estrutural. Assim, nesta fase a geometria de todos os elementos deverá ser definida de forma correta e os elementos devem conter informação que identifique o tipo de estrutura, o material constituinte e respetivas propriedades. Deve ser atribuído um número de referência com uma identificação única para cada elemento. Na modelação deve ser tomada em consideração a eventual sobreposição dos elementos, uma vez que estas sobreposições podem originar a duplicação de quantidades. As recomendações para a eliminação destes erros são apresentadas em específico para cada elemento na tabela proposta.

No nível de desenvolvimento 300 devem ser modeladas todas as aberturas sendo que as aberturas que se desenvolvam por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta proprietária do programa específica para o efeito (por exemplo “*shaft opening*” no caso do Revit®). Todas as outras devem ser modeladas instância a instância através da modificação da geometria das lajes, por exemplo. As aberturas em paredes devem, também, ser modeladas com a ferramenta própria para a sua criação, e não como discontinuidades nas paredes, pois neste caso iriam ser originadas contabilizações diferentes no número de paredes.

A modelação de diferentes camadas em lajes deve ser efetuada de maneira isolada ou com a introdução de uma laje composta por vários elementos. Por exemplo, uma laje de cofragem colaborante pode ser modelada utilizando o objeto existente na biblioteca definindo a espessura do betão e da chapa.

As variações de espessura nas lajes devem ser também consideradas nesta fase e representadas com precisão como uma laje com espessura diferente da circundante.

Neste nível de desenvolvimento devem ser modeladas as escadas com a ferramenta própria do programa definindo o número de degraus e espessura da laje e do patamar. No que diz respeito às

rampas, estas devem ser modeladas como lajes inclinadas, com as inclinações e espessura corretas. As estruturas metálicas secundárias devem ser representadas sem a inclusão das ligações e/ou elementos de fixação embebidos no betão. Ver Figura 10.

No **LOD 400** o modelo deve ter um desenvolvimento que permita a produção de documentos para a construção. Neste nível de desenvolvimento devem ser consideradas todas as recomendações apresentadas no LOD 300 com a inclusão de outras mais específicas, que tenham maior grau de exigência.

Nesta fase deverão ser modeladas as armaduras dos elementos de betão armado e verificadas eventuais colisões entre as mesmas. No que diz respeito a elementos metálicos secundários estes deverão ser modelados com precisão representando as ligações, chapas de ligação, soldaduras, parafusos e rebites. Ver Figura 11.

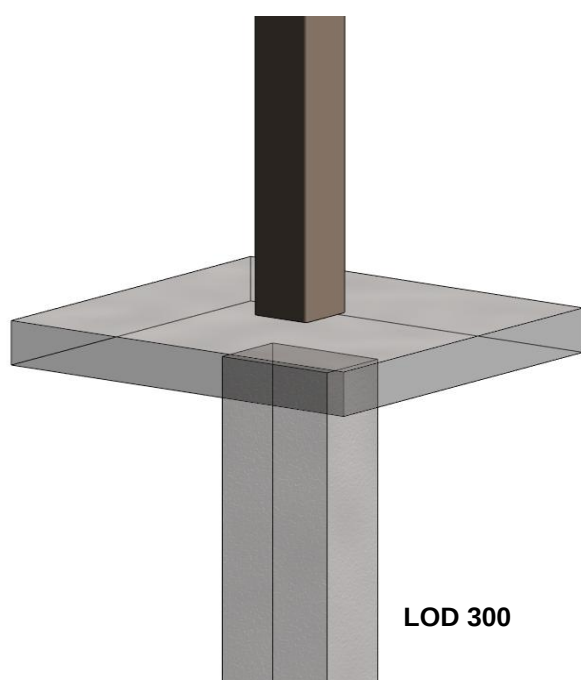


Figura 10 – Pormenor sem armaduras e ligações metálicas.

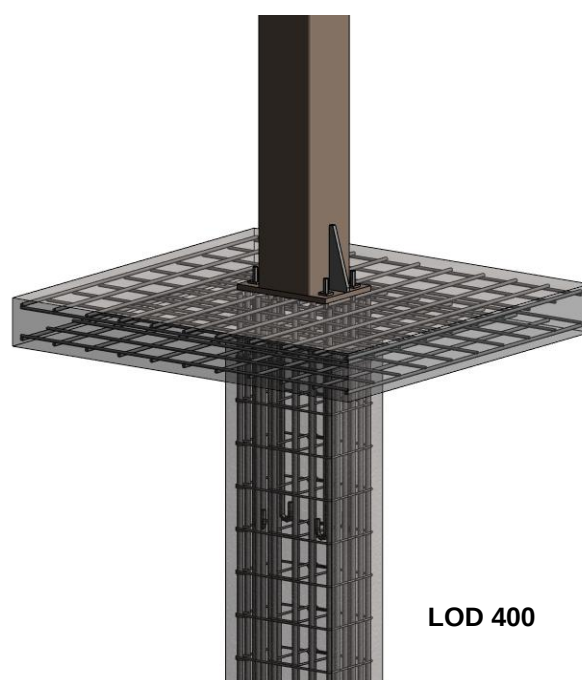


Figura 11 – Pormenor com armaduras e ligações metálicas.

O **LOD 500** representa a modelação do que foi construído para efeitos de manutenção. No âmbito das estruturas no LOD 400 já estão representados todos os elementos construídos. Assim, nesta fase podem ser incluídos eventuais sensores para monitorização de estruturas que permitiram uma futura análise do comportamento da mesma.

3.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem como objetivo a apresentação de regras ou recomendações a seguir na modelação BIM aplicado à disciplina de estruturas, sendo que as regras são enunciadas integralmente no Anexo 3. As recomendações propostas têm por base as melhores práticas que se verificam em diversos países impulsionadores desta tecnologia. Nesse sentido, das regras e informações retiradas de documentos

publicados nesses países, fez-se uma análise e apresentou-se um conjunto de princípios que vêm completar e adequar estas à realidade nacional.

É importante referir que a proposta apresentada pretende ser uma série de recomendações de modelação. No que diz respeito aos níveis de desenvolvimento considerados estes podem ser alterados em função do projeto e da pretensão do dono de obra. A dimensão do projeto, a sua complexidade e o número de intervenientes pode resultar num ajuste destas fases, bem como a alteração do desenvolvimento pretendido para um ou mais elementos em específico numa determinada fase de desenvolvimento do projeto.

4

CASO DE ESTUDO

4.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Após a apresentação da proposta deste trabalho no capítulo anterior, onde foram apresentadas regras ou recomendações práticas para a modelação de estruturas, fez-se a aplicação destas a um estudo de caso recorrendo um programa de modelação.

A aplicação prática desenvolvida tem o objetivo de testar a aplicabilidade das regras propostas, recorrendo à criação de modelos tridimensionais seguindo as recomendações propostas, procurando-se assim validar o processo com a aplicação das regras a um caso real.

4.2. METODOLOGIA DE ANÁLISE

Para a elaboração do estudo de caso foram desenvolvidos quatro modelos, cada um corresponde a quatro fases dos cinco níveis de desenvolvimento apresentados. Optou-se por excluir a modelação do nível de desenvolvimento 500 (LOD 500) que corresponde a uma fase de exploração, manutenção e/ou monitorização do empreendimento, e nesta fase não se dispunha de informação relativamente a estes componentes.

A implementação de um caso de estudo tem por principal objetivo permitir perceber o esforço necessário para a criação de cada modelo distinto e demonstrar as diferenças de visualização e informação constante em cada nível de desenvolvimento, realçando as potencialidades e limitações em cada um destes níveis de desenvolvimento da tecnologia BIM. A modelação de um edifício permite validar a aplicabilidade das recomendações propostas demonstrando a necessidade da existência das mesmas.

4.3. ELABORAÇÃO DOS MODELOS

Para a elaboração dos modelos foi escolhido o programa Autodesk® Revit® 2013. Esta aplicação permite a modelação de componentes paramétricos, a geração de tabelas com a informação que consta no modelo (caraterísticas dos elementos, quantidades, entre outros), a criação e edição de bibliotecas de pormenores, o trabalho colaborativo e é interoperável, permitindo a exportação de dados em formatos padrão (DWG, DXF e IFC) (Autodesk, 2012).

O edifício modelado no caso de estudo é baseado num projeto real que foi elaborado pelo processo tradicional com representação de plantas, cortes, alçados e desenhos de pormenor em 2D. Assim, para

a elaboração do estudo de caso foi possível ter acesso ao projeto de execução de estruturas do edifício em causa que serviram de base para a elaboração dos modelos.

O edifício em estudo refere-se a uma unidade hoteleira a construir em Angola.

Trata-se de um edifício com uma geometria de implantação aproximadamente retangular ($\approx 42 \times 22\text{m}$), sendo constituído por um piso enterrado destinado ao estacionamento automóvel, 8 pisos elevados e respetiva cobertura. A altura total do edifício é de aproximadamente 30 metros.

As estruturas principais do edifício são constituídas por elementos de betão armado, nomeadamente lajes maciças suportadas por um conjunto de pórticos de betão armado, elementos estes que transmitem as cargas às fundações.

Na zona central do edifício existe um núcleo de caixa de escadas e elevador constituído por pilares metálicos e diagonais de contraventamento igualmente metálicas que conferem o contraventamento das estruturas face às ações horizontais.

Nos pontos seguintes serão apresentados os modelos desenvolvidos no âmbito do projeto de estruturas em diferentes níveis de desenvolvimento com a anotação de aspetos importantes.

4.3.1. LOD 100

Para a elaboração do modelo em LOD 100 começou-se por definir os diferentes pisos do edifício. Este parâmetro é importante na modelação, uma vez que os elementos tratando-se de objetos paramétricos tridimensionais é necessário estabelecer restrições no desenvolvimento dos mesmos. O Revit® tem uma ferramenta para a criação níveis que são elementos tridimensionais que funcionam como planos de referência. É neste elemento que, por exemplo, as vigas e as lajes vão estar referenciadas e são constrangimentos verticais para a criação de pilares e paredes.

Nesta fase foram definidos todos os pisos considerando um pé direito de 3,5 metros. As cotas dos pisos têm como referência o valor zero, assim a cave terá uma cota negativa e os pisos elevados uma cota positiva. De seguida é necessário definir a malha estrutural de auxílio à colocação dos elementos verticais de suporte. Os elementos colocados na interseção destas linhas de referência criam ligações com estas de modo a que se se alterar a localização da malha os elementos são automaticamente relocados. Deste modo, usando a ferramenta do programa foi criada uma malha retangular com seis referenciais verticais e seis horizontais espaçadas uniformemente (Figura 12 e Figura 13).

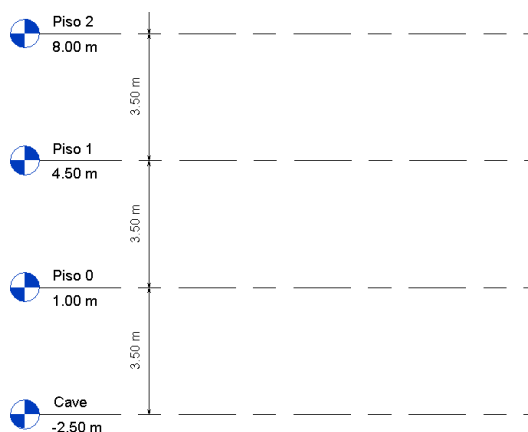


Figura 12 – Pormenor da definição dos pisos.

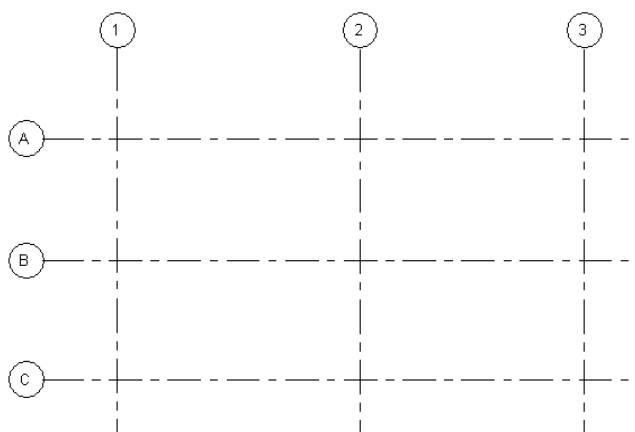


Figura 13 – Pormenor da definição da malha estrutural.

Após a definição dos elementos referidos de auxílio à modelação procedeu-se à criação dos elementos estruturais. Neste nível de desenvolvimento não serão modelados nenhuns elementos que estejam localizados a uma cota abaixo de zero. Assim começou-se por modelar as lajes de todos os pisos superiores escolhendo um elemento constante na biblioteca por predefinição. Foi selecionado o elemento “*Floor. Generic 220mm*”, laje com 220mm de espessura que foi criada no piso zero e copiada para os restantes pisos.

Depois de definidas as lajes procedeu-se à modelação dos pilares e das vigas. Os pilares foram modelados com o elemento “*M_Concrete-Square-Column 300x300mm*”, pilares com secção quadrada com lado igual a 300mm, colocados automaticamente, utilizando a funcionalidade do programa, na intersecção das linhas da malha que correspondem às linhas verticais principais de transferência de cargas para as fundações. As vigas foram criadas com o elemento “*Concrete-Rectangular-Beam 300x600mm*”, vigas de secção retangular com 300mm de base e 600mm de altura, colocadas no contorno das lajes e nas linhas horizontais da malha.

No Revit® para a definição de um elemento começa-se por escolher uma família destes, como por exemplo, foi selecionada a família de pilares quadrados em betão, depois pode-se escolher um tipo que corresponderá à definição da geometria pretendida, neste caso selecionou-se um tipo já definido por defeito que representa uma secção de 300 por 300 milímetros. No caso de ser necessário introduzir um pilar de secção diferente o procedimento é criar uma cópia de um tipo predefinido e alterar as propriedades que definem a secção e renomear o elemento.

Na Figura 14 estão descritas as propriedades dos elementos escolhidos para a modelação nesta fase. Não existiu a necessidade de criar as vigas e pilares como elementos massa, pois a utilização da ferramenta proprietária do programa torna-se mais expedita do que a utilização de massas automatizando a localização dos elementos e possibilitando o uso das restrições verticais na definição dos mesmos.

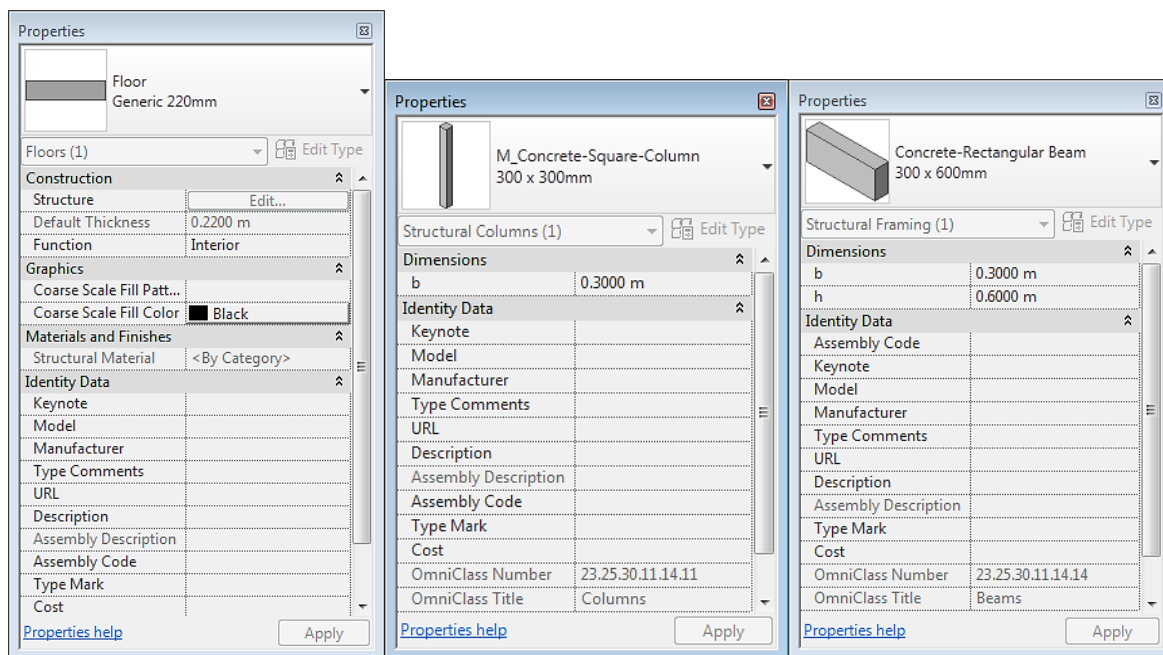


Figura 14 – Elementos laje, pilar e viga utilizados na modelação em LOD 100.

Optou-se por modelar a possível localização da caixa de escadas e elevadores como um sólido retangular que atravessa toda a altura do edifício continuamente. Este elemento sobrepõe-se a todos os outros que intersecta e não cria ligações com nenhum deles, como se pode verificar na Figura 15 onde na caixa central se vê uma sobreposição com uma viga.

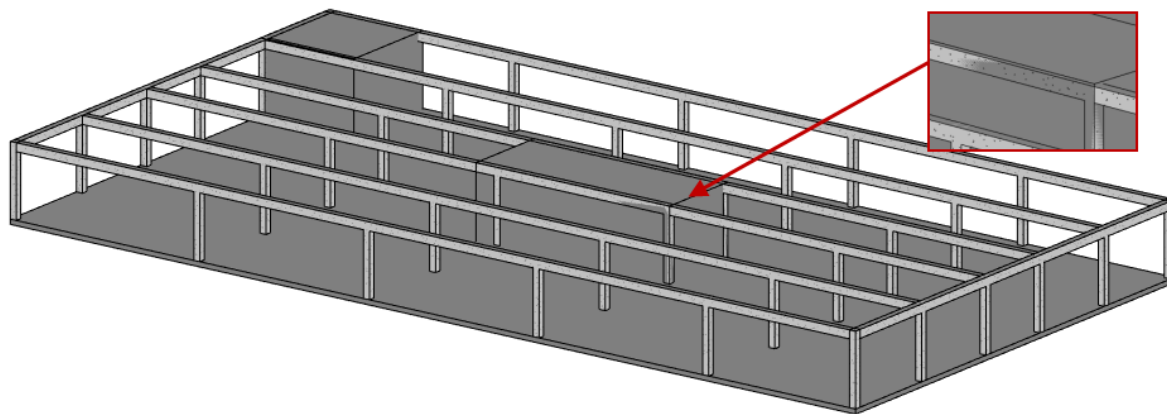


Figura 15 – Visualização 3D de um piso da estrutura em LOD 100.

Na Figura 15 para além do pormenor já referido é possível visualizar a disposição dos pilares e vigas num piso tipo do edifício. Na Figura 16 está representada uma vista do modelo completo desenvolvido em LOD 100, onde é possível ter uma perceção da morfologia da estrutura do edifício. A imagem ilustra o facto referido anteriormente de que os elementos massa não criam ligações com os restantes, como se pode ver na figura os contornos do encontro do sólido com as lajes de cobertura não são representados.

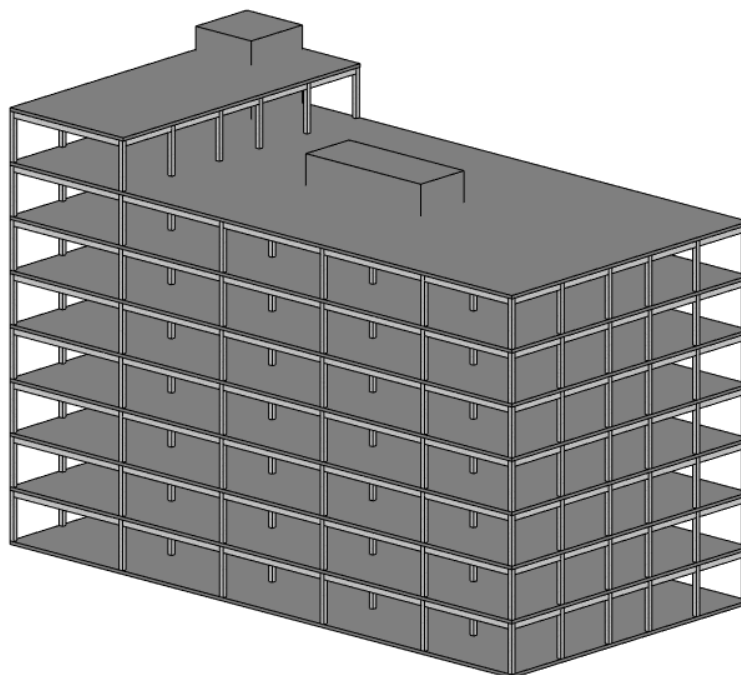


Figura 16 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 100.

Para além da modelação em 3D o programa permite a criação de tabelas que podem conter várias informações dos elementos referentes à geometria, identificação, quantidade, entre outras. Nesta fase as informações a retirar do modelo têm por objetivo dar uma ideia geral de quantidades genéricas e permitir uma estimativa de custos expedita com base em critérios do tipo X€/m² de construção. Assim extraiu-se do programa três tabelas onde são apresentadas as quantidades de lajes, pilares e vigas.

Lajes			
Família	Tipo	Un	Area
Floor	Generic 220mm	1	207 m ²
Floor	Generic 220mm	8	916 m ²

Pilares			
Família	Tipo	Un	Length
M_Concrete-Square-Column	300 x 300mm	264	3.50 m

Vigas			
Família	Tipo	Un	Length
Concrete-Rectangular Beam	300 x 600mm	6	9.19 m
Concrete-Rectangular Beam	300 x 600mm	16	21.35 m
Concrete-Rectangular Beam	300 x 600mm	42	42.00 m

Figura 17 – Quantidades de Lajes, Pilares e Vigas em LOD100.

A Figura 17 é uma compilação das tabelas extraídas do Revit® apresentando os três elementos principais modelados em LOD100. A contagem dos elementos existentes no edifício é efetuada automaticamente sendo possível aplicar diversos filtros e apresentar ou ocultar diversas informações relativas a cada objeto. Nesta fase optou-se por apresentar informação relativa à família, tipo, cotação e medição do comprimento unitário e a área das lajes.

A modelação efetuada para este nível de desenvolvimento tem como intenção demonstrar a forma conceptual do edifício. A disposição dos elementos foi feita de uma forma simplificada e os pisos são todos iguais pois o propósito é demonstrar a volumetria e ocupação espacial do edifício.

4.3.2. LOD 200

Para a elaboração do modelo em LOD 200 foi necessário definir corretamente o pé direito de todos os pisos. Para isso foram alterados os valores das cotas definidos para o LOD 100 pelos valores corretos que já se encontram disponíveis nesta fase. Assim a cave terá um pé direito de 2,80m, o piso 0 de 4m, os restantes pisos com 3,5m à exceção do terraço que terá 3,24m de pé direito (ver Anexo 4).

Neste nível de desenvolvimento já se procedeu à modelação das estruturas de fundação, ainda que com geometria aproximada mas com o centro geométrico na possível localização final, começando pela definição da laje de fundação que foi modelada como uma laje do tipo de fundação com 300mm de espessura, “*Foundation Slab. 300mm Foundation Slab*”. Foram modelados os muros de fundação periféricos com uma espessura de 300mm utilizando o elemento “*Basic Wall. Retaining – 300mm*” e as respetivas sapatas contínuas com a utilização da ferramenta proprietária para a sua criação, usando o elemento “*Wall Foundation. Retaining Footing – Genérica*”. Foram também introduzidas vigas de fundação como elemento “*Concrete rectangular Foundation Beam. VF Genérica*” e as estacas de fundação com maciço de encabeçamento usando um objeto genérico existente na biblioteca do programa.

Na Figura 18 é possível visualizar um corte do piso da cave onde estão modelados os elementos anteriormente referidos. Nesta fase não se teve em atenção à sobreposição dos elementos e por isso é possível observar que as vigas de fundação estão sobrepostas com a laje de fundação, sendo que estes pormenores serão corrigidos num nível de desenvolvimento mais avançado. Foi criado o núcleo de elevadores e as respetivas aberturas para as portas do elevador e escadas.

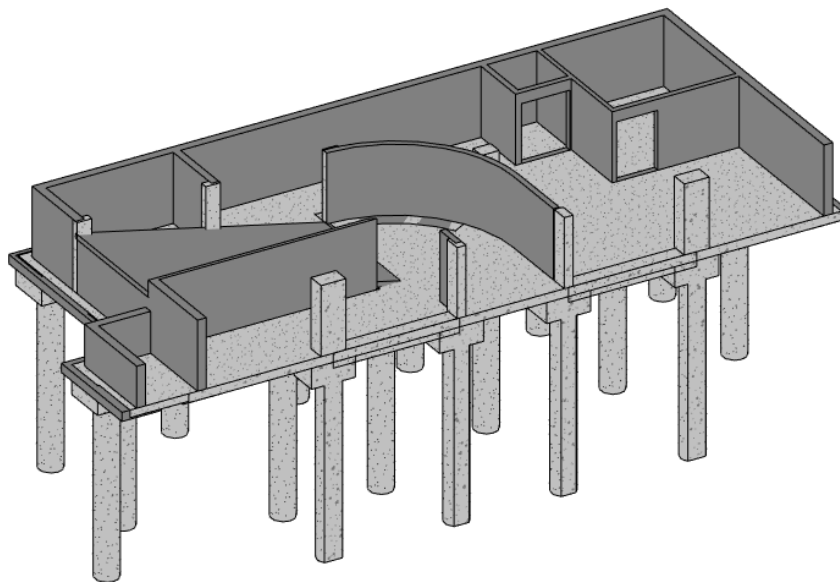


Figura 18 – Corte tridimensional do piso da cave em LOD 200.

De seguida foram introduzidas as lajes de todos os pisos adotando-se uma espessura de 160mm e uma geometria igual para todas elas. Depois procedeu-se à modelação de todos os pilares e vigas, para isso fez-se uma divisão dos elementos em vários tipos de acordo com o tipo de material a usar e a sua possível secção. Por exemplo, o pilar P1 é um pilar de betão armado que se desenvolve em todos os pisos do edifício, nesta fase foi introduzido com a mesma secção em todos eles, mas depois da análise estrutural a sua secção deverá diminuir nos pisos superiores. Na Figura 19 são apresentadas duas tabelas extraídas do Revit onde estão identificados todos os pilares e vigas utilizados. No Anexo 5 é apresentada uma visualização de uma planta de um piso tipo, gerada automaticamente no programa, onde se pode ver a disposição destes elementos construtivos e respetiva identificação.

Pilares				Vigas			
Familia	Tipo	Length	Un	Familia	Tipo	Length	Un
Concrete-Rectangular-Column	P1 650x850mm	2.80 m	8	Concrete-Rectangular Beam	V1	38.12 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P1 650x850mm	3.24 m	2	Concrete-Rectangular Beam	V1	42.55 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P1 650x850mm	3.50 m	48	Concrete-Rectangular Beam	V2	38.22 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P1 650x850mm	4.00 m	8	Concrete-Rectangular Beam	V2	42.55 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P2 650x300mm	2.80 m	2	Concrete-Rectangular Beam	V3	5.78 m	14
Concrete-Rectangular-Column	P2 650x300mm	3.24 m	2	Concrete-Rectangular Beam	V3	7.20 m	14
Concrete-Rectangular-Column	P5 650x300mm	2.80 m	2	Concrete-Rectangular Beam	V4	14.98 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P6 250x500mm	2.80 m	3	Concrete-Rectangular Beam	V5	4.12 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P6 250x500mm	3.24 m	3	Concrete-Rectangular Beam	V7	21.55 m	7
Concrete-Rectangular-Column	P6 250x500mm	3.50 m	18	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	2.59 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P6 250x500mm	4.00 m	3	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	4.28 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P7 500x600mm	2.80 m	1	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	7.35 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P7 500x600mm	3.24 m	1	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	9.19 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P7 500x600mm	3.50 m	6	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	14.98 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P7 500x600mm	4.00 m	1	Concrete-Rectangular Beam	VC1 VC7 VC9	21.25 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P8 250x250mm	2.80 m	2	Concrete-Rectangular Beam	VC3 e VC2	9.10 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P9 300x500mm	3.24 m	3	Concrete-Rectangular Beam	VC3 e VC2	9.19 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P9 300x500mm	3.50 m	25	Concrete-Rectangular Beam	VC5	4.76 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P9 300x500mm	4.00 m	4	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	3.06 m	2
Concrete-Rectangular-Column	P10 200x800mm	3.24 m	3	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	4.29 m	2
Concrete-Rectangular-Column	P10 200x800mm	3.50 m	108	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	4.29 m	2
Concrete-Rectangular-Column	P10 200x800mm	4.00 m	17	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	4.37 m	3
Concrete-Rectangular-Column	P11 650x850mm	2.80 m	2	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	4.42 m	1
Concrete-Rectangular-Column	P11 650x850mm	3.50 m	12	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	4.48 m	4
Concrete-Rectangular-Column	P11 650x850mm	4.00 m	2	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	7.05 m	1
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P2 300x400x10	3.50 m	12	Concrete-Rectangular Foundation Beam	VF Genérica	7.11 m	1
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P2 300x400x10	4.00 m	2	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	3.65 m	28
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P3 300x400x10	3.50 m	12	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	3.98 m	7
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P3 300x400x10	4.00 m	2	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	4.00 m	7
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P4 300x400x10	3.50 m	24	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	5.50 m	7
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P4 300x400x10	4.00 m	4	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	5.50 m	7
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P5 300X400X10	3.50 m	12	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	8.97 m	7
Rectangular and Square Hollow Sections-Column	P5 300X400X10	4.00 m	2	H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	10.98 m	7
				H-Wide Flange Beams	V3 HE320A	11.00 m	7

Figura 19 – Quantidades de Pilares e Vigas em LOD 200.

Nesta fase foram introduzidas nas lajes as aberturas principais do edifício. Na Figura 20 estão apresentadas essas aberturas e a estrutura metálica do edifício localizada na zona central do mesmo. Na Figura 21 é evidenciada a sobreposição que ocorre em alguns dos elementos. Pode-se ver que as vigas metálicas estão sobrepostas com a laje assim como a parede. Nesta fase não será essencial ter em atenção estes pormenores, pois o intuito deste nível não é obter uma correta contabilização dos materiais ou produzir documentos para a construção.

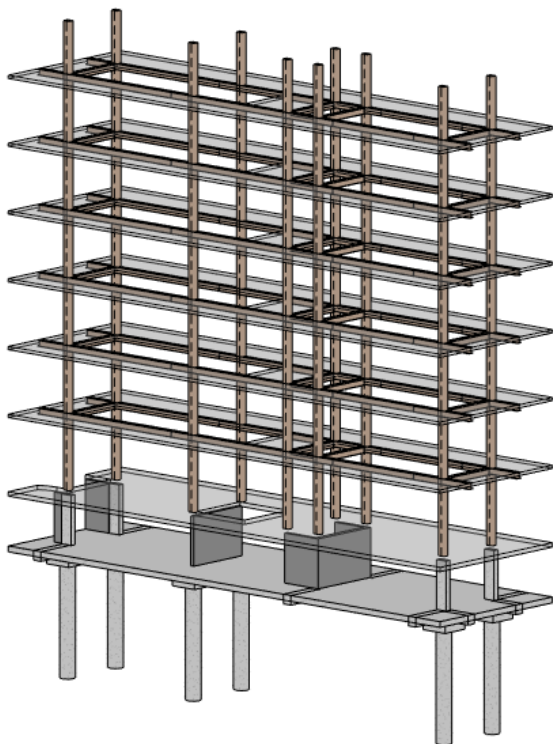


Figura 20 – Visualização 3D do núcleo central em estrutura metálica, LOD200.

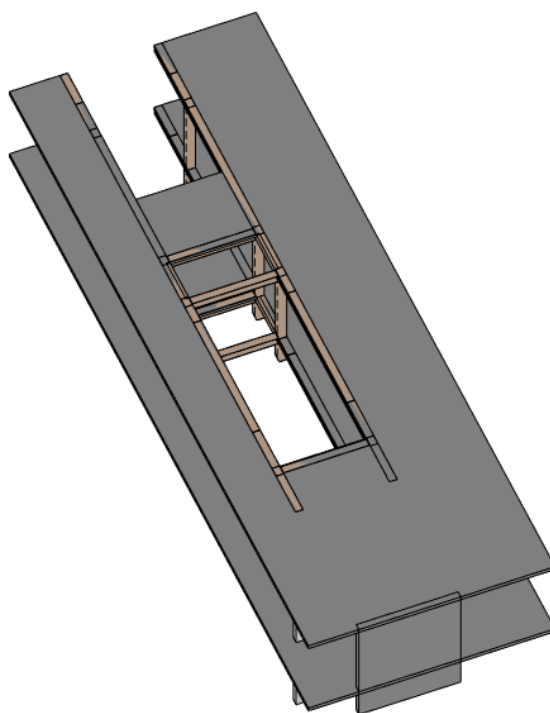


Figura 21 – Pormenor da sobreposição de elementos em LOD 200.

Na Figura 22 é apresentada a visualização tridimensional do modelo do edifício em LOD 200. Nesta fase ao se observar a sua representação 3D parece que a modelação no que diz respeito às estruturas se encontra concluída, no entanto existem ainda pormenores que têm que ser alterados. Esta anotação evidencia o facto de as visualizações tridimensionais poderem ser, por vezes, enganadoras, pois nestas não é possível perceber as propriedades dos elementos pelo que não representam documentos possíveis de ser usados na construção, apenas permitem ter uma perceção do que se pretende executar.

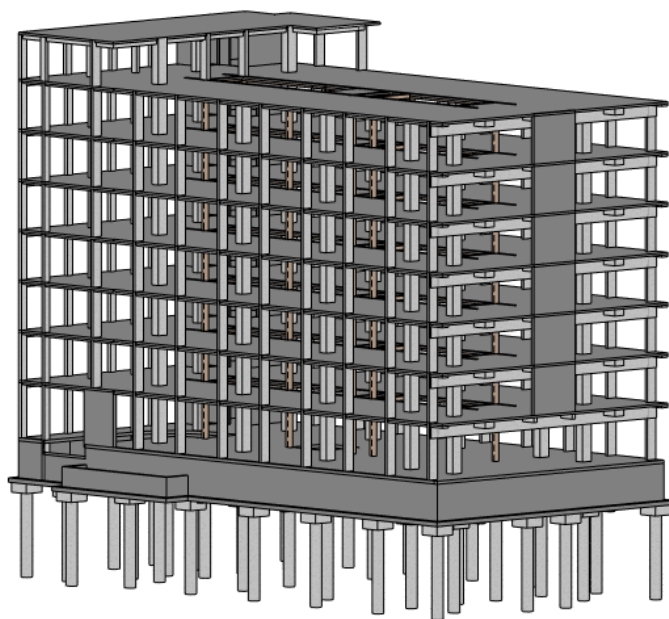


Figura 22 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 200.

4.3.3. LOD 300

Nesta fase a modelação deverá permitir a extração de informações que permitam uma correta definição do projeto. O projeto foi desenvolvido até um nível compatível com a instrução de um projeto de execução. O modelo criado já será muito próximo da estrutura real e por isso após a análise estrutural torna-se necessário redefinir as secções dos pilares e vigas, assim como a espessura das lajes. São criadas todas as aberturas, definidas as escadas, as variações de espessura nas lajes e alteração dos pormenores das sobreposições.

Neste ponto pretende-se mostrar as diferenças de incremento de desenvolvimento na modelação em relação ao nível 200, com o aumento de detalhe e informação dos elementos. A Figura 23 representa um pormenor da cave do edifício modelada em níveis de desenvolvimento diferentes. A referida figura permite analisar diferenças resultantes da aplicação das regras propostas para cada nível. Desde logo repara-se na introdução da escada metálica que não aparecia modelada no LOD 200. A modelação de escadas no programa não é muito intuitiva e requer a manipulação de diversos parâmetros que por vezes não são fáceis de controlar, isto porque a versão atual do Revit® é a primeira a ter uma ferramenta específica para a criação destes elementos, pelo que ainda não se encontra muito desenvolvida. Outra opção para a criação de escadas seria a utilização de elementos sólidos que representem a geometria da mesma, sendo que desta forma se estariam a perder as potencialidades do uso de BIM, pois apenas se conseguiria uma representação tridimensional sem possibilidade de inclusão de outros tipos de informação.

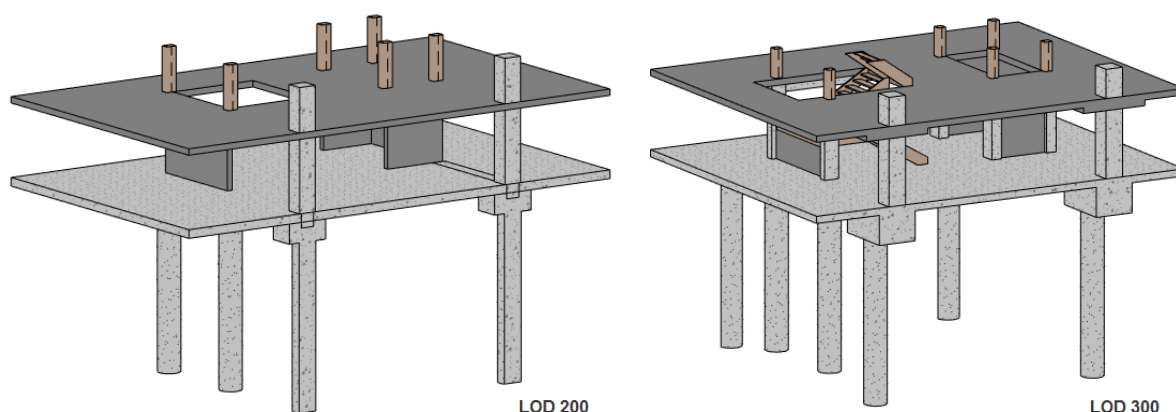


Figura 23 – Pormenor da cave 3D. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.

No modelo em LOD 200, as vigas de fundação encontram-se sobrepostas com a laje de fundação e maciços de encabeçamento, situação realçada pelas arestas visíveis na laje e maciço. Assim, no LOD 300, para além da correta definição da secção a usar eliminaram-se estas sobreposições usando uma funcionalidade do programa que permite juntar os elementos do mesmo material para que sejam contínuos, como é o caso dos elementos estruturais de betão. Outra particularidade evidenciada na figura é a introdução de capitéis na laje do piso 0, esta variação de espessura da laje não tinha sido modelada por simplificação, no nível de desenvolvimento 200.

Na Figura 24 estão representados dois pormenores da mesma planta de um piso tipo em níveis de desenvolvimento diferentes. Conforme a figura evidencia os pilares P1, P10 e P11 a construir neste piso sofreram uma rotação de modo a cumprir as exigências do projeto de arquitetura. É de notar que

em LOD 300 todos os elementos são identificados com um número único, o que não se verifica no nível anterior. Outra diferença é a modelação explícita de todas as aberturas para as condutas de serviço, atravessamentos, ou outras. Na imagem referida está representada uma das aberturas introduzidas de modo a servir as necessidades definidas pelos engenheiros mecânicos, sendo que na modelação em LOD 200 não tinham sido criadas estas aberturas secundárias.

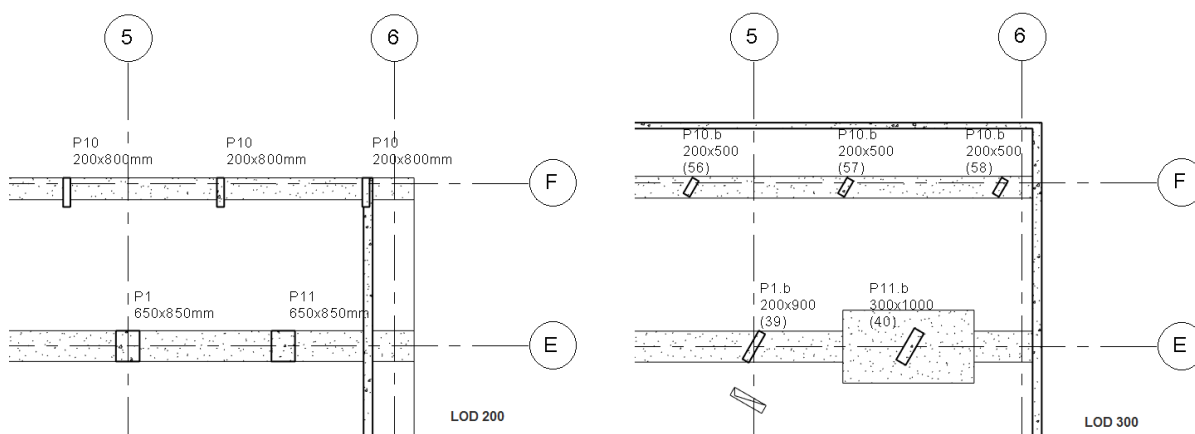


Figura 24 – Pormenor da disposição de pilares e referências. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.

Para a correta contabilização dos elementos é necessário realizar uma análise das estruturas modeladas e verificar se não existem sobreposições que gerem a duplicação das quantidades. É necessário ter em especial atenção a sobreposição dos pilares, das vigas e paredes com as lajes no caso do edifício escolhido para o presente estudo de caso. No nível de desenvolvimento 200 foram detetadas algumas sobreposições que o programa não resolveu automaticamente, nomeadamente no que diz respeito à estrutura metálica localizada no centro do edifício e nas fundações conforme já referido.

A Figura 25 ilustra um caso onde foram detetadas sobreposições entre os elementos metálicos e a laje que suportam. No modelo da esquerda é possível observar que as vigas de perfil em I estão parcialmente embutidas não representando as pretensões do projetista de estruturas, assim na modelação do nível de desenvolvimento 300 esta situação foi corrigida para que as vigas suportem as lajes. O programa tem uma ferramenta que permite selecionar um elemento e automaticamente alinhar uma face deste com o topo ou base de outro, neste caso corrigiu-se as vigas para que o topo destas seja coincidente com a base das lajes, fazendo uma translação vertical das mesmas. O mesmo procedimento foi utilizado para os pilares metálicos para que o seu topo fosse coincidente com a base das vigas.

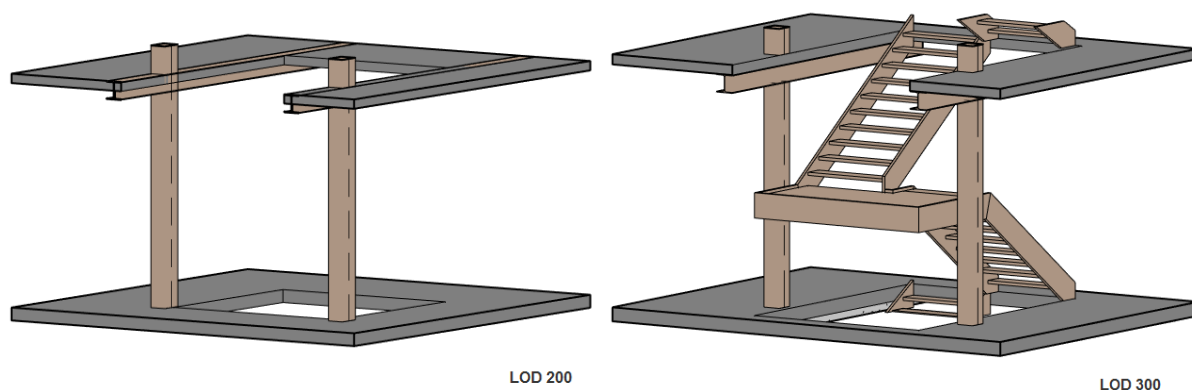


Figura 25 – Pormenor da sobreposição dos elementos metálicos. Comparação entre LOD 200 e LOD 300.

Nesta fase todos os elementos foram definidos com a sua correta geometria resultante da análise estrutural e colocados na posição exata.

Um elemento em particular cuja modelação não é de fácil execução é a rampa de acesso ao piso da cave. Esta rampa poderia ser modelada com a ferramenta que o Revit® disponibiliza na sua última versão, mas tal como a criação de escadas ainda é um pouco primitiva não permitindo total liberdade na criação dos elementos. Assim, e como o programa tem uma funcionalidade que permite a inclinação de lajes já introduzidas, foi escolhida esta via para a sua modelação. Neste sentido foi criada uma laje com a espessura requerida pela análise estrutural e de seguida introduziu-se pontos e linhas de quebra de inclinação para ajustar a localização espacial ao pretendido. Na Figura 26 está apresentado um pormenor da rampa referida onde se podem ver os pontos e linhas que permitem a alteração da inclinação da mesma. Nessa figura está também representado uma vista tridimensional do modelo geral do edifício no nível de desenvolvimento 300.

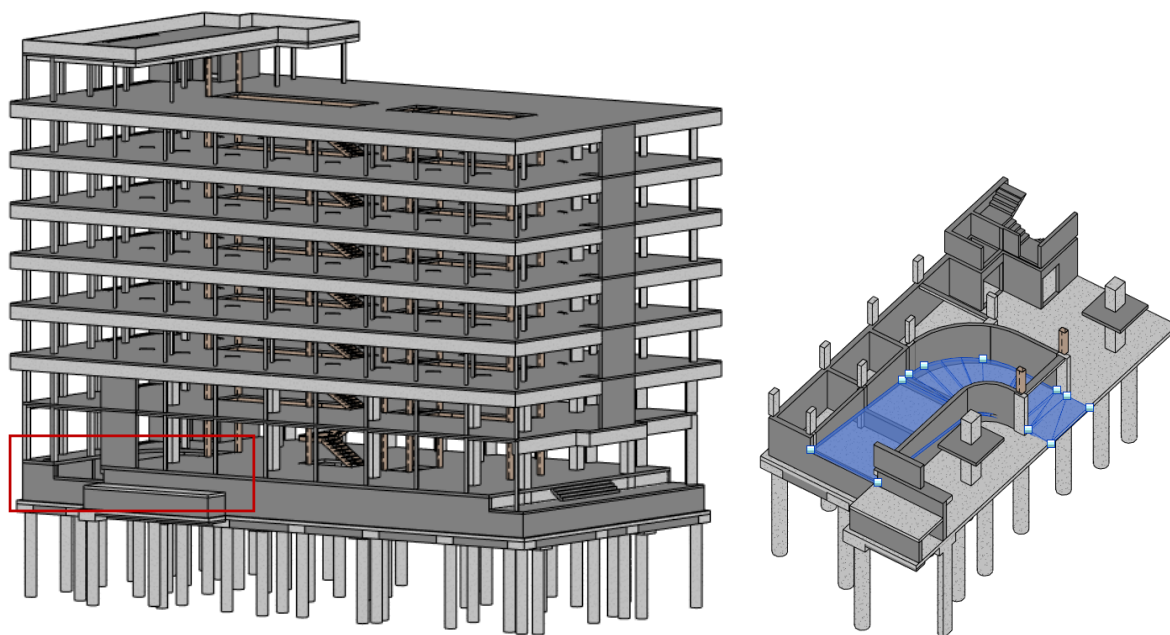


Figura 26 – Visualização 3D do modelo do edifício em LOD 300 e pormenor da rampa de acesso à cave.

4.3.4. LOD 400

A estrutura e os elementos principais do edifício já se encontram corretamente modelados, assim nesta fase de desenvolvimento é necessário modelar todos os restantes elementos para a produção dos documentos de apoio à construção.

Foram definidas as armaduras de reforço dos elementos de betão armado, introduzidas as ligações metálicas necessárias e corrigidas algumas incompatibilidades encontradas.

Na Figura 27 está apresentado um exemplo na modelação das armaduras referente a dois maciços de estacas e uma viga de fundação que faz a ligação entre eles. Optou-se por isolar na visualização estes elementos de modo a tornar a perceção dos mesmos mais clara. Esta figura realça uma potencialidade do programa no que diz respeito à deteção de colisões entre armaduras ao permitir uma inspeção virtual das mesmas, pois existe a possibilidade de apresentar a visualização à escala real com as dimensões dos diâmetros dos varões. Para além disso, como estão introduzidas no programa informações sobre as características dos varões, permite ter uma realização do diâmetro de dobragem que se vai realizar em obra.

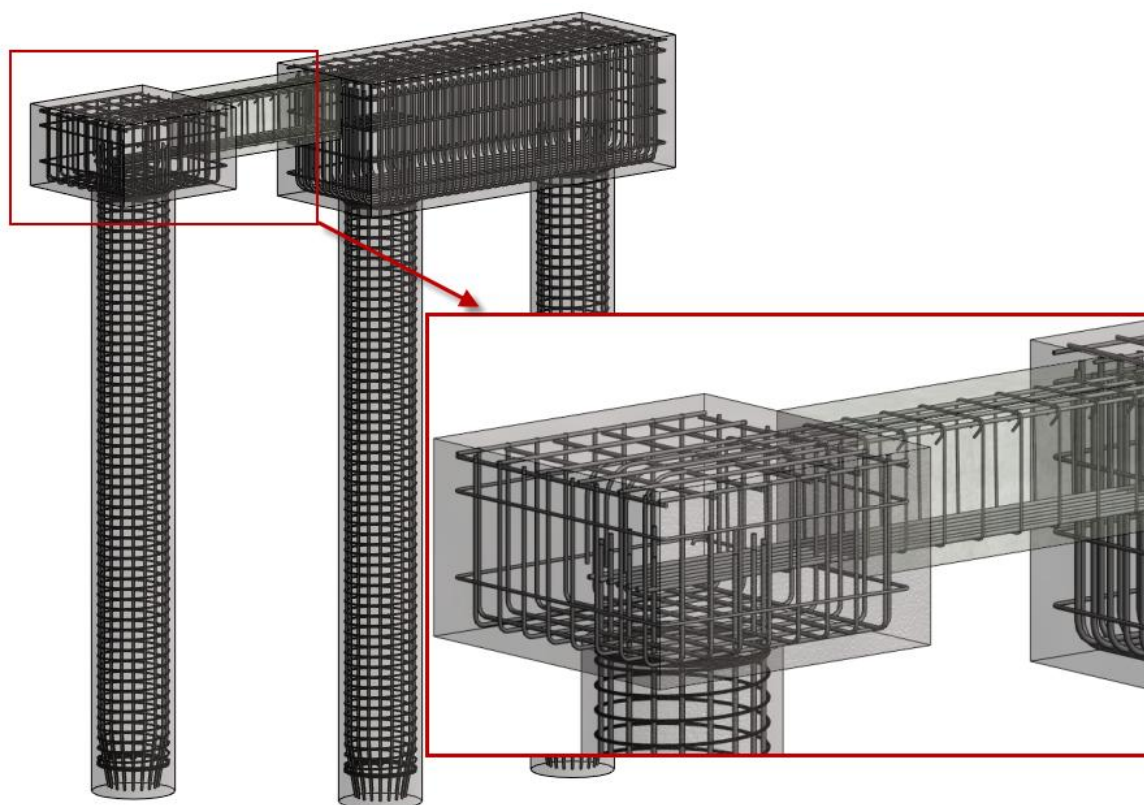


Figura 27 – Armaduras em maciços de estacas.

Neste nível de desenvolvimento LOD 400 é necessário corrigir algumas particularidades que não foram consideradas no LOD 300. Assim é torna-se essencial percorrer o modelo no sentido de encontrar e corrigir possíveis pormenores não corrigidos anteriormente. A Figura 28 evidencia a correção efetuada na ligação entre duas vigas metálicas. Na modelação destes elementos o programa automaticamente introduz um espaço entre eles, apesar de analiticamente os nós das vigas estarem na

posição correta. No sentido de criar documentos de projeto foi necessário proceder à compatibilização entre os elementos.

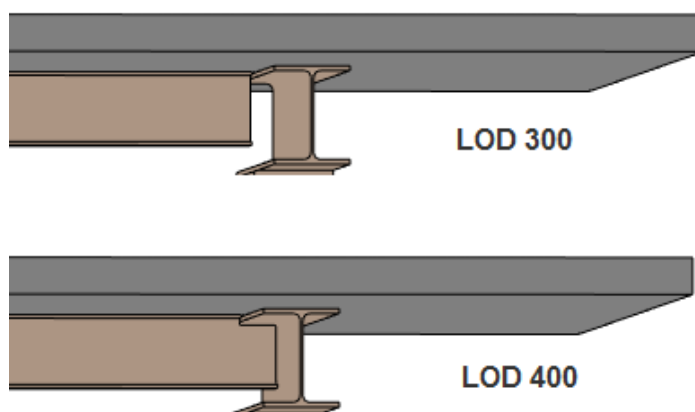


Figura 28 – Correção do encontro entre duas vigas.

Para além da introdução das armaduras nos elementos de betão armado, neste nível de desenvolvimento, são modeladas as ligações metálicas necessárias. Na Figura 29 optou-se por esconder na visualização as armaduras da laje e do pilar no sentido de se proporcionar uma leitura mais clara do tipo de ligação do pilar metálico com recurso a chumbadouros a deixar na betonagem da laje e pilar.

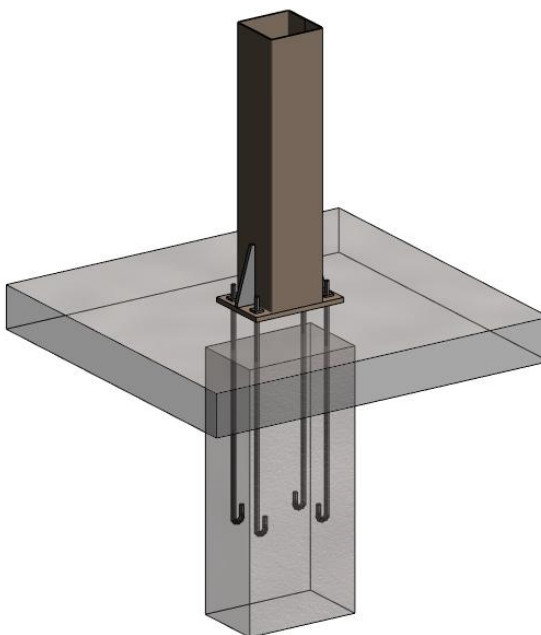


Figura 29 – Pormenor de ligação da base de um pilar metálico.

O programa Revit® permite a geração automática de cortes, alçados e plantas que são personalizáveis pelo utilizador. Existe a possibilidade de criarem estilos de anotações e *templates* de impressão que podem ser usados em todos os projetos que uma empresa se proponha a realizar, uniformizando assim

os seus documentos produzidos. Como exemplo apresenta-se na Figura 30 um corte parcial da zona da caixa de escadas entre o piso 2 e 3.

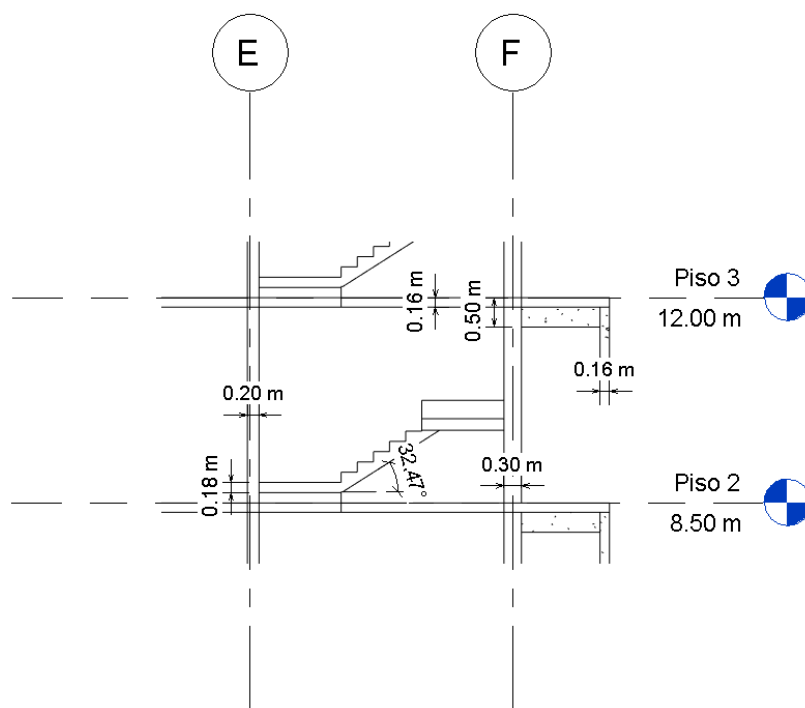


Figura 30 – Corte parcial da caixa de escadas.

4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentados procedimentos para a modelação de um edifício usando o programa Revit®. Da aplicação das regras propostas foram apresentados quatro modelos distintos que serviram diferentes propósitos.

A criação de modelos do edifício permitiu, por um lado, testar a aplicabilidade das regras propostas no capítulo 3 e por outro contribuir para o seu desenvolvimento. O trabalho de definição das recomendações de modelação foi feito de uma forma iterativa, sempre apoiado na geração e teste dos modelos. Este facto permitiu definir fundamentadamente que objetos seriam necessários modelar nas fases iniciais de modo a que daí não resultasse um esforço de modelação elevado, por exemplo, quando o propósito do modelo em nível de desenvolvimento 100 é de apenas dar uma ideia conceptual do edifício.

A realização do caso de estudo foi importante para perceber as capacidades que um programa como o Revit® tem de permitir uma transição dos métodos tradicionais de execução de projetos para um novo paradigma na produção nas empresas.

A utilização de ferramentas capazes de BIM pode ser um auxílio no aumento da produtividade, eficiência e qualidade dos projetos, nomeadamente no que diz respeito à produção automática de documentos de projeto desde que sejam seguidos procedimentos previamente implementados na empresa como roteiros de modelação, a definição de famílias de objetos ou a criação de *templates* como já acontecia na utilização de programas de desenho assistido por computador.

5

CONCLUSÕES

5.1. RESULTADOS DO TRABALHO DESENVOLVIDO

O trabalho desenvolvido permitiu concluir que apesar de existirem algumas iniciativas internacionais no sentido de se estabelecerem requisitos para a utilização de BIM em projetos, a definição de regras de modelação associadas não se encontra ainda suficientemente desenvolvida.

Durante a abordagem ao tema em estudo há um conceito que sobressai e que configura uma das grandes potencialidades da utilização de BIM. Modelar em BIM é modelar informação, e qualquer modelo realizado num programa BIM-compatível permite diversos níveis de informação.

Nesse sentido é possível concluir que os modelos criados com ferramentas BIM-compatíveis podem ser aceitáveis. Ou seja, não se pode afirmar que um determinado modelo não é BIM, pode é não corresponder às expectativas do que se esperava desse modelo, senão tiverem sido definidos previamente os requisitos a cumprir.

A implementação de um estudo de caso foi importante para testar a aplicabilidade das regras propostas e permitiu concluir a importância da existência deste tipo de recomendações de modelação.

A modelação BIM de um edifício pode incluir informações e detalhes muito distintos. As diferenças entre modelos vão-se refletir no esforço de modelação necessário para atingir os requisitos pretendidos. Assim, foi possível concluir que é apropriado desenvolver modelos com níveis de desenvolvimento diferentes correspondentes a diferentes fases do projeto, no sentido de que cada modelo corresponda às expectativas e requisitos do cliente em cada fase.

Esta conclusão revela-se particularmente importante porquanto o aumento de esforço de modelação associado ao incremento do nível de modelação segue uma lei do tipo exponencial conforme esquematicamente representado na Figura 31. Esta conclusão resulta principalmente da experiência adquirida na modelação do caso de estudo onde foi possível perceber que nos dois primeiros níveis de desenvolvimento, o esforço necessário não é muito elevado mas à medida que se evolui no nível de desenvolvimento, com a correta definição dos elementos ao nível dos materiais, inclusão das ligações metálicas e armaduras, entre outros, o esforço aumenta significativamente.

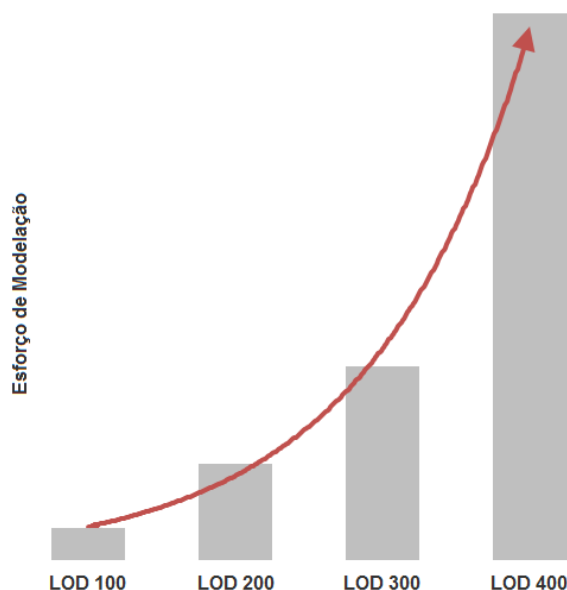


Figura 31 – Relação entre o Nível de Desenvolvimento de um modelo e o esforço de modelação requerido.

O presente trabalho permitiu ainda concluir e perceber a importância de o dono de obra definir claramente os requisitos de modelação BIM e o tipo de informações a incluir em cada fase do processo. A existência de uma norma de referência constitui um importante apoio à definição e contratualização de serviços BIM a prestar por cada entidade interveniente no projeto.

Neste enquadramento, a presente dissertação, apresenta um documento de apoio que define os critérios de modelação a adotar em cada fase adaptados à legislação nacional em vigor. No entanto, salienta-se que os critérios apresentados não pretendem ser prescritivos, mas pelo contrário, constituir uma linha orientadora que pode ser ajustada de acordo com as necessidades específicas do projeto.

Outra reflexão importante deste trabalho é o facto de que apesar de se poder considerar a divisão dos níveis de desenvolvimento apresentados para todas as especialidades, a correspondência destas com as fases de projeto poderá não ser exatamente a mesma que foi definida neste texto. Um exemplo deste cenário será o caso de numa fase do projeto onde no nível LOD 200 da disciplina de estruturas os elementos já se encontram modelados de forma aproximada, na especialidade de mecânica pode ainda não ter sido modelado nenhum elemento. Este cenário verifica-se correntemente pois o projeto de execução relativo às instalações mecânicas poderá ser concluído numa fase posterior, sendo assim lícito concluir que não existe, por exemplo, uma modelação LOD 200 de um edifício como um todo, mas sim um modelo ou conjunto de modelos em que cada especialidade se encontra num nível de desenvolvimento próprio.

O trabalho permitiu ainda concluir que o aumento dos níveis de desenvolvimento traduz fundamentalmente um aumento da quantidade de informação relativa ao projeto e seus elementos, não querendo necessariamente dizer que o detalhe geométrico tenha que ser cada vez mais elevado. Por exemplo, no caso da modelação de um elevador o nível de desenvolvimento LOD 500, correspondente à fase de exploração e manutenção, poderá não incluir a modelação de todos os pormenores necessários ao fabrico e montagem do elevador, ou seja, não são necessários todos os atributos geométricos do mesmo. Nesta fase, o fundamental incluir é a informação sobre os planos de manutenção previstos ao longo do seu ciclo de vida, podendo a sua representação geométrica vir a ser reduzida a um paralelepípedo genérico.

5.2. PERSPETIVAS FUTURAS

O presente trabalho procura desenvolver uma reflexão sobre a necessidade de normalização verificada quando se pretende trabalhar com BIM e contribuir com um documento de referência sobre uma proposta de criação de critérios de modelação no sentido de promover a difusão desta tecnologia.

Nesse sentido, salienta-se a necessidade de desenvolvimento adicional e expansão de regras de modelação, nomeadamente no que diz respeito à inclusão das restantes disciplinas de projeto.

BIBLIOGRAFIA

- AEC_(UK) (2012) - AEC (UK) BIM Protocol. Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <<http://aecuk.wordpress.com/>>
- AIA (2008) - AIA Document E202. Disponível em: <<http://www.fm.virginia.edu/fpc/ContractAdmin/ProfSvcs/BIMAIASample.pdf>>.
- AIA (2009) - *Interoperability Position Statement. The American Institute of Architects*. Consult. em 10-11-2012. Disponível em: <<http://buildingsmart.org.au/aiab082297.pdf/view?searchterm=interoperability>>.
- AIA (2012) - *BIM Standards/Guidelines Survey*. Consult. em 12-10-2012. Disponível em: <<http://network.aia.org/technologyinarchitecturalpractice/Home/bimstandards/>>.
- Arup (2011) - *Arup welcomes UK Government decision to push forward with Building Information Modelling*. Consult. em 26-11-2012. Disponível em: <http://www.arup.com/News/2011_06_June/28_June_11_UK_Government_BIM.aspx>.
- Autodesk (2012) - *Software de Projecto de Construção Autodesk Revit*. Consult. em 15-12-2012. Disponível em: <<http://www.autodesk.pt/adsk/servlet/pc/index?siteID=459664&id=14633462>>
- BIMFórum (2012) - *Missão, Áreas de Impacto e Vectores Estratégicos*. Consult. em 28-12-2012. Disponível em: <<http://bimforum.com.pt/index.php/missao>>.
- Brewer, Graham; Gajendran, Thayaparan; Goff, Raichel Le (2012) - *Building Information Modelling (BIM): an Introduction and International Perspectives*.
- BSI (2010) - *Constructing the business case - Building information modelling*. British Standards Institution.
- buildingSMART (2012) - *Process - Information Delivery Manual (IDM)* Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <<http://buildingsmart.com/standards/idm>>
- COBIM (2012) - *Common BIM Requirements*. Finland.
- Costa, António Aguiar (2012) - *Processo de modelação BIM. Magazine Digital eUAU! - Janeiro 2012*. Consult. em 01-12-2012. Disponível em: <http://www.tecad.pt/documents/autores/124665059Antonio_Aguiar_Costa_jan12.pdf>.
- Eastman, C. M.; Jeong, Y. S.; Sacks, R.; Kaner, I. (2010) - *Exchange model and exchange object concepts for implementation of national BIM standards. Journal of Computing in Civil Engineering*. Vol. 24. n.º 1 p. 25-34. Disponível em:

- <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-73349089939&partnerID=40&md5=27e83375340513a2393d24e9572db7df>>.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2011) - *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley. 9781118021699:9781118021699
- Fatt, Cheng Tai (2011) - *BIM Road Map For Singapore Construction Industry*. *BIM Journal*. Consult. em 26-11-2012. Disponível em: <<http://www.bimjournal.com/2011/10/bim-road-map-for-singapore-construction-industry/>>.
- Ferreira, Bruno; Lima, João; Rio, João; Martins, João Poças (2012) - *Integração da Tecnologia BIM no Projeto de Estruturas de Betão*. Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012. FEUP. Consult. em: 25-11-2012. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/020_Artigo.pdf>
- Finne, C. (2012) - *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. CRC Press. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1201/b12516-74>>.Cap. - The Finnish COBIM project - common national BIM requirements. 978-0-415-62128-1
- Gequaltec (2011) - *BIM. Wiki da Construção*. Consult. em 26-10-2012. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~gequaltec/w/index.php?title=BIM>>.
- GSA (2007a) - *GSA Building Information Modeling Guide Series 01 – Overview*. EUA: General Services Administration.
- GSA (2007b) - *GSA Building Information Modeling Guide Series: 02 – GSA BIM Guide for Spatial Program Validation*. EUA: General Services Administration.
- GSA (2009a) - *GSA Building Information Modeling Guide Series 04 – 4D Phasing*. EUA: General Services Administration.
- GSA (2009b) - *GSA Building Information Modeling Guide Series: 03 – GSA BIM Guide for 3D Imaging*. EUA: General Services Administration.
- GSA (2012) - *GSA Building Information Modeling Guide Series 05 – Energy Performance*. EUA: General Services Administration.
- Harris, Joe (2010) - *Integration of BIM and Business Strategy*. Northwestern University, Evanston, IL: McCormick School of Engineering and Applied Science.
- IFD_Library (2012) - Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <http://www.ifd-library.org/index.php?title=Main_Page>
- Jernigan, F.E.; Onuma, K.G. (2008) - *Big BIM, Little Bim: The Practical Approach to Building Information Modeling : Integrated Practice Done the Right Way!* 4Site Press. 9780979569920:9780979569920
- Khemlani, Lachmi (2004) - *The IFC Building Model: A Look Under the Hood*. AECbytes. Consult. em 29-10-2012. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel_pr.html>.
- Khemlani, Lachmi (2012a) - *Around the World with BIM*. AECbytes. Consult. em 20-10-2012. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM_pr.html>.

- Khemlani, Lachmi (2012b) - *Exploring the National BIM Standard*. AECbytes. Consult. em 29-10-2012. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2012/NBIMS_pr.html>.
- Lino, José Carlos; Azenha, Miguel; Lourenço, Paulo (2012) - *Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas*. Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL - BE2012. FEUP. Consult. em: 25-11-2012. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~be2012/Indice/BE2012/pdf-files/076_Artigo.pdf>
- Martins, João Pedro da Silva Poças (2009) - *Modelação do fluxo de informação no processo de construção : aplicação ao licenciamento automático de projectos*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- McGraw_Hill (2007) - *SmartMarket Report - Interoperability in the Construction Industry*.
- McGraw_Hill (2010) - *SmartMarket Report - The Business Value of BIM in Europe*.
- Meireles, António Ruivo (2012) - *BIM na Mota-Engil Engenharia. I Workshop BIM Nacional*.
- Mora, Rodrigo; Bédard, Claude; Rivard, Hugues (2008) - *A geometric modelling framework for conceptual structural design from early digital architectural models*. *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 22. n.º 2 p. 254-270. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034607000213>>. 1474-0346
- Nawari, Nawari O. (2012) - *Bim Standard in the Structural Domain*. *Journal of Civil Engineering and Science*. Vol. Volume 1. p. 42-51.
- NIBS (2008) - *United States National Building Information Modeling Standard, version 1 - Part 1: Overview, principles, and methodologies*.
- NIBS (2012a) - *Introduction to the National BIM Standard-United States™*. Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <<http://www.nationalbimstandard.org/introduction.php>>
- NIBS (2012b) - *National BIM Standard - United States™ Version 2*.
- NIBS (2012c) - *NIBS BIM Initiatives*. Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <http://www.wbdg.org/bim/nibs_bim.php>
- OmniClass (2012) - *About OmniClass*. Consult. em 20-11-2012. Disponível em: <<http://www.omniclass.org/about.asp>>
- Post, Nadine M. (2008) - *Lack of Interoperability Is Biggest of Many Grips*. *Engineering News-Record*. Consult. em 01-12-2012. Disponível em: <<http://enr.construction.com/news/buildings/archives/080423.asp>>.
- Pratt, M. (1993) - *Geometric Methods for Computer-Aided-Design*. L. Piegler, Academic Press.
- PTPC (2012) - *Objetivos*. Consult. em 28-12-2012. Disponível em: <<http://www.ptpc.pt/index.php/pt/objectivos>>.
- Rombach, G.A. (2004) - *Finite Element Design of Concrete Structures: Practical Problems and Their Solution*. Thomas Telford Ltd. 9780727732743:9780727732743

- SEI-CASE (2011) - *Building Information Modeling for the Engineer of Record*. Structural Engineering Institute - Council of American Structural Engineers White Paper. Consult. em 20-10-2012. Disponível em: <http://www.acec.org/case/news/publications/case_bim_contracts_whitepaper_7-23-11.pdf>.
- Sousa, Hipólito de; Martins, João Poças; Monteiro, André (2011) - *Projeto SIGABIM*. Secção de Construções Civas, Departamento de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Wong, A. K. D.; Wong, F. K. W.; Nadeem, A. (2010) - *Attributes of building information modelling implementations in various countries*. *Architectural Engineering and Design Management*. Vol. 6. n.º SPECIAL ISSUE p. 288-302. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-78650462968&partnerID=40&md5=a6fd1ca513d0f136330b1b257d255d22>>.

ANEXOS

ANEXO 1 – DEFINIÇÕES

IFC

O IFC é um modelo de dados não proprietário baseado nos componentes da construção que pretende suportar a interoperabilidade entre as aplicações específicas adotadas para conceber projetos, construir e operar os edifícios através do armazenamento da informação sobre todos os aspetos de um edifício ao longo do seu ciclo de vida (Khemlani, L., 2004).

O Industry Foundation Classes designa assim um formato universal para representação dos produtos da construção e troca de dados entre sistemas. Não sendo ainda um formato de interoperabilidade *standard* (a última versão, IFC 2x4, está em processo de aguardar certificação total da *International Organization for Standardization*), é já recorrente a utilização das especificações IFC nas aplicações BIM mais correntes (Sousa, H.d. [et al.], 2011).

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE (W3C XML) SPECIFICATION AND VALIDATION 1.0

É um *standard* existente na indústria desenvolvido, gerido, publicado e da autoria do consórcio W3C. A linguagem XML (*eXtensible Markup Language*) representa uma extensão do formato HTML (*HyperText Markup Language*), a linguagem base da internet. O XML permite a definição de estruturas de base de dados (chamados “*schemas*” - esquemas) e significados dos vários elementos. Os diferentes esquemas estruturais XML suportam trocas de vários tipos de dados entre aplicações. XML é especialmente adequado para trocas de informação de gestão (Sousa, H.d. [et al.], 2011).

OMNICLASS

O Sistema de Classificação da Construção *OmniClass* é um meio de organizar e partilhar informações especificamente concebidas para a indústria da construção. O *OmniClass* é útil para muitas aplicações BIM, a partir de relatórios de organização e bibliotecas de objetos que permitem rápida consulta dos dados agilizando o processo de encontrar a informação que se procura.

O *OmniClass* foi concebido para fornecer uma base normalizada para a classificação da informação criada e usada na indústria da AEC na América do Norte, durante todo o ciclo de vida da instalação desde a conceção à demolição, abrangendo todos os diferentes tipos de construção que integram a indústria. O *OmniClass* pretende ser um meio para organizar, classificar e partilhar informações (OmniClass, 2012).

IFD

O International Framework for Dictionaries Library/ buildingSMART Data Dictionary (IFD) é, de uma maneira simplificada, uma norma para uma base de dados terminológica. O conceito para a biblioteca IFD aparece das normas abertas reconhecidas internacionalmente que foram desenvolvidas pela ISO (*International Organization for Standardization*). A biblioteca IFD: a) fornece flexibilidade a um modelo de informação da construção baseado em IFC (designado por IFC_BIM), permitindo a ligação entre o modelo e diversas bases de dados com o projeto e dados específicos de um produto; b) é aberta ao enriquecimento do modelo, o que vai permitir análise, simulação avançadas e revisão do projeto numa fase pouco avançada; c) fornece uma oportunidade real de gerar um IFC-BIM com armazenamento de dados específicos de um produto de auxílio à gestão e manutenção de edifícios; d)

fornece um método viável para ligar os sistemas de informação existentes a um IFC-BIM; e) fornece recursos em várias línguas e tradução das informações em IFC-BIM (IFD_Library, 2012).

IDM

O IDM (*Information Delivery Manuals*), simplificada, é uma norma para processos especificados quando certos tipos de informação são necessários durante a construção de um projeto ou a gestão de uma instalação. Fornece também especificação detalhada da informação que um determinado utilizador (arquiteto, engenheiro por exemplo) precisa de fornecer numa determinada altura e agrupa as informações que são necessárias em atividades associadas: estimativa de custos, quantidade de materiais e planeamento de tarefas (buildingSMART, 2012). Uma MVD (Model View Definitions) é uma metodologia e formato *standard* que fornece para documentar os requisitos da implementação de um software baseado na norma de partilha de dados IFC.

COBie

O COBie é um formato de partilha de informação para o ciclo de vida de uma instalação que descreve os espaços e equipamentos da mesma. A primeira troca COBie ocorre no fim da construção, contudo o ganho de eficiência vai ser ganho usando o COBie durante o ciclo de vida do edifício quando for necessária a partilha de informação sobre os espaços ou equipamentos. O software com tecnologia BIM exporta dados COBie, a informação pode estar sempre atualizada no decorrer do projeto e construção, assim na entrega final a informação pode ser automaticamente usada pelos gestores de instalações.

O COBie não é um produto específico ou uma solução de *software*, mas é sim implementado no software comercial para permitir aos seus utilizadores transferir informação de uma fase do projeto para outra sem terem recuperar repetidamente a mesma informação, como é o caso na indústria de serviços atualmente. Como projeto da *buildingSMART alliance*, o COBie é baseado no modelo IFC. Contudo os dados COBie podem ser abertos numa folha de cálculo comum, pois o COBie não é um *software* ou um produto, mas um método para transferir a informação de uma construção ao longo do seu ciclo de vida (NIBS, 2012b).

ANEXO 2 – TABELA DE REGRAS DE MODELAÇÃO COBIM

Estrutura	Projeto Geral
	Notas
Fundações	
Sapatas	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Muros de Fundação	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Pilares de fundação	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Vigas de Fundação	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Subestrutura	
Lajes de subestrutura	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Elementos Estruturais	
Caixas (escadas, elevadores)	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Paredes estruturais	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Pilares	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Vigas	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Pisos Intermédios	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização da parte de suporte de carga
Teto	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização da parte de suporte de carga
Fachadas	
Paredes Exteriores	•Podem ser modeladas, por exemplo, como uma parede contínua para efeitos de quantificação
Pavimentos Exteriores	
Varandas	•Modelado com precisão em termos de geometria básica e localização.
Coberturas	
Estruturas de Cobertura em vidro	•Estruturas de suporte de carga modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização.

Estrutura	Fase de Projeto Concurso
	Notas
Fundações	
Estacas	•Estacas são modeladas para a localização apropriada e comprimento de acordo com o projeto
Sapatas	•Exemplos de sapatas tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, armaduras e objetos incorporados. •Outras sapatas são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Muros de Fundação	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Pilares de fundação	•Exemplos de pilares de fundação tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, armaduras e objetos incorporados. •Outros pilares de fundação são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Vigas de Fundação	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Isolamento térmico	•São modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Subestrutura	
Lajes de subestrutura	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Canais de subestrutura	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Pisos de Base especiais	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Isolamento térmico	•São modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Elementos Estruturais	
Caixas (escadas, elevadores)	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Paredes estruturais	•Exemplos de paredes estruturais tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.

Pilares	•Exemplos de pilares tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo. •Exemplos de pilares metálicos tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações. Pilares mistos devem incluir as armaduras.
Vigas	•Exemplos de vigas tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo. •Exemplos de vigas metálicas tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações.
Pisos Intermédios	•Exemplos de elementos de betão tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Teto	•exemplos de elementos de betão tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Estruturas especiais	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Fachadas	
Paredes Exteriores	•Exemplos de elementos de parede de betão tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo. •A modelação de estruturas de fachada com elementos estruturais leves é decidida na especificação base do projeto. Por exemplo, uma parede pode ser modelada como contínua para efeitos de quantificação. •A modelação do acabamento dos elementos de parede é decidida na especificação base do projeto.

Pavimentos Exteriores	
Varandas	•Exemplos de elementos de betão tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. •Outros elementos e estruturas betonadas no local são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Palas	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Pavimentos Exteriores especiais	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Coberturas	
Estruturas de cobertura	•Estas são modeladas de modo a que o projetista de MEP possa ver através do modelo quanto espaço tem disponível para usar.
Estruturas de Cobertura em vidro	•Estruturas de suporte são modeladas com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Componentes de divisão de espaços	
Paredes de betão não estruturais	•Exemplos de elementos de betão tipo são modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados. • Outros elementos são modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a informação relativa à quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Outros elementos espaciais	
Componentes estruturais que requerem espaço, por exemplo, placas contra fogo.	•São modelados de modo a que o projetista de MEP possa ver através do modelo quanto espaço tem disponível para usar.

Estrutura	Fase de Projecto Detalhado
	Notas
Fundações	
Estacas	• Estacas são modeladas de acordo com a realidade
Sapatas	• Sapatas são modeladas com precisão em termos de geometria, incluindo as ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra • Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Muros de Fundação	• Muros de fundação são modelados com precisão em termos de geometria, incluindo as ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra
Pilares de fundação	• Pilares de fundação são modelados com precisão em termos de geometria, ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra
Vigas de Fundação	• Vigas de fundação são modeladas com precisão em termos de geometria, ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra
Isolamento térmico	• São modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Subestrutura	
Lajes de subestrutura	• Lajes de subestrutura são modeladas com precisão em termos de geometria, ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra • Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Canais de subestrutura	• Canais de subestrutura são modelados com precisão em termos de geometria, ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra
Pisos de Base especiais	• Pisos de base especiais são modelados com precisão em termos de geometria, ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra
Isolamento térmico	• São modelados com precisão em termos de geometria básica e localização de modo a que sejam evitadas colisões e que a quantidade total de estruturas possa ser reportada do modelo.
Elementos Estruturais	
Caixas (escadas, elevadores)	• Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. • Armaduras colocadas em obra

Paredes estruturais	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Pilares	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos e montagens são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Vigas	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos e montagens são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Pisos Intermédios	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Teto	•modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Estruturas especiais	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados.
Fachadas	
Paredes Exteriores	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Pavimentos Exteriores	
Varandas	•Modelação de estruturas betonadas no local incluindo as ligações e objetos incorporados. •Armaduras colocadas em obra •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.
Palas	•De acordo com o contrato de projeto
Pavimentos Exteriores especiais	•De acordo com o contrato de projeto

Coberturas

Estruturas de cobertura •De acordo com o contrato de projeto

Estruturas de Cobertura em vidro •De acordo com o contrato de projeto

Componentes de divisão de espaços

Paredes de betão não estruturais •Elementos são modelados de acordo com o contrato de projeto.

Outros elementos espaciais

Componetes estruturais que requerem espaço, por exemplo, placas contra-fogo •São modelados de modo a que o projetista de MEP possa ver através do modelo quanto espaço tem disponível para usar.

ANEXO 3 – TABELA DE REGRAS DE MODELAÇÃO PROPOSTAS

Estrutura	Matriz Nível de Desenvolvimento (LOD) - Projeto Estruturas
	LOD 100 – Programa Base
Conceitos gerais de modelação	• O modelo deverá ser o mais genérico possível pois tem por objetivo apenas dar uma perceção da conceção geral e geometria do edifício. Nesta fase poderão ser apresentadas várias conceções alternativas de projeto. • Os elementos podem ser modelados como sólidos ou com o elemento mais apropriado da biblioteca do programa escolhendo sempre tipos de elementos genéricos. Por exemplo, um pilar poderá ser modelado como uma massa/sólido prismático ou com a ferramenta "Structural Column" com secção genérica. • Os elementos verticais podem ser modelados como um único elemento que se desenvolve ao longo de vários pisos. • A localização dos elementos poderá ser aproximada, não sendo necessário um grau de precisão absoluto.
Paredes	
Verticais	• Modelar com dimensões e formas genéricas (todas as paredes com a mesma espessura genérica). • Não modelar aberturas. • Não modelar variações de espessura.
Núcleos de Caixa de Escadas e Caixa de elevadores	• Modelar como um sólido que atravessa todo o edifício. • Não modelar aberturas.
Pilares	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas genéricas (todos os pilares com a mesma secção e desenvolvimento). • Não modelar variações de secção.
Pré-fabricados	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas genéricas.
Metálicos	• Modelar como um sólido com dimensões e formas genéricas (todos os pilares com a mesma secção e desenvolvimento). • Não fazer a distinção entre pilares metálicos e outros.
Outro tipo de pilares	• Modelar como um sólido com dimensões e formas genéricas (todos os pilares com a mesma secção e desenvolvimento).

Nota: “Não modelar”, deve ser entendido como “não é necessário modelar nos casos correntes”. Sempre que a morfologia do edifício justifique um maior grau de desenvolvimento, os critérios devem ser adaptados em conformidade.

Vigas	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas genéricas (todas as vigas com a mesma secção). Algumas secções que resultem de imposições arquitetónicas podem ser já explicitamente incluídas no modelo, por exemplo, vigas que se pretendem embebidas nas lajes ou com altura condicionada. • Não modelar variações de secção.
Pré-fabricadas	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas genéricas.
Metálicas	• Modelar como um sólido com dimensões e formas genéricas (todas as vigas com a mesma secção). • Não fazer a distinção entre vigas metálicas e outras.
Outro tipo de vigas ou sistemas	• Modelar como um sólido com dimensões e formas genéricas (todas as vigas com a mesma secção).
Lajes	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas genéricas (todas as lajes com a mesma espessura). • Não modelar aberturas. • Não modelar variações de espessura na laje. • Não modelar ressalto ou rebaixos nas lajes.
Betão pré-fabricado	• Modelar como um único sólido contínuo e nivelado com dimensões e formas genéricas (todos painéis com a mesma espessura).
Pavimentos ligeiros	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas genéricas (todas as lajes com a mesma espessura). • Não modelar aberturas. • Não modelar variações de espessura na laje. • Não modelar ressalto ou rebaixos nas lajes.
Cofragem colaborante	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas genéricas (todas as lajes com a mesma espessura). • Não modelar a chapa. • Não modelar aberturas. • Não modelar variações de espessura na laje. • Não modelar ressalto ou rebaixos nas lajes.
Outro tipo de lajes e pavimentos	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas genéricas (todas as lajes com a mesma espessura). • Não modelar aberturas. • Não modelar variações de espessura na laje.

-
- Não modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes.
-

Estrutura	Matriz Nível de Desenvolvimento (LOD) - Projeto Estruturas LOD 200 – Estudo Prévio / Anteprojeto
Conceitos gerais de modelação	• O modelo deverá ser desenvolvido de forma a permitir a exportação do modelo analítico para um programa de análise estrutural. Deverão ser atribuídas as características dos materiais e respetivas propriedades mecânicas. • Modelar elementos com a família mais apropriada da biblioteca do programa. Por exemplo, pilar deve ser modelado com a ferramenta "Structural Column". Podem-se combinar objetos para obter o elemento pretendido ou criar/alterar uma família de elementos. Novas famílias devem ser identificadas com o tipo correto, respeitando a classificação das <i>omniclasses</i>. • Modelar piso a piso. Por exemplo, os pilares e paredes que se desenvolvam no mesmo alinhamento a toda altura do edifício não devem ser modelados como um único elemento, deve ser modelado por troços, de forma semelhante ao faseamento construtivo. • Modelar a localização dos elementos com nível de precisão elevado. • Criar planos de referência correspondentes aos pisos. • Atribuir uma referência a cada tipo de elemento de acordo com a geometria e materiais comuns.
Fronteiras	• O modelo estrutural deve incluir as formas dos edifícios vizinhos até 2 metros ao longo do seu perímetro.
Fundações	
Sapatas Isoladas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado escolhendo um tipo genérico. • Modelar com o centro geométrico na localização exata.
Sapatas Conjuntas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado escolhendo um tipo genérico. • Modelar com o centro geométrico na localização exata.
Estacas/micro estacas e maciços de encabeçamento	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado escolhendo um tipo genérico. No caso de não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados. • Modelar com o centro geométrico na localização exata.
Poços e fundações especiais	• Modelar como um sólido contínuo que represente a forma e volume aproximado.
Lintéis	• Modelar com dimensões e formas aproximadas (todas as vigas com a mesma secção). • Não modelar variações de espessura.

Vigas de equilíbrio	• Modelar com dimensões e formas aproximadas (todas as vigas com a mesma secção). • Não modelar variações de espessura.
Lajes de fundação ou ensoleiramento geral	• Modelar com dimensões e formas aproximadas (todas as lajes com a mesma espessura).
Paredes	
Verticais	• Modelar com dimensões e formas aproximadas na localização exata. • Modelar apenas aberturas de grande dimensão (portas). • Não modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso.
Núcleos de Caixa de Escadas e Caixa de elevadores	• Modelar com dimensões e formas aproximadas na localização exata. • Modelar apenas aberturas de grande dimensão (aberturas para elevadores e escadas). • Não modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso.
Pilares	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a secção aproximada e com o centro geométrico na localização exata. • Não modelar variações de secção. • Modelar piso a piso.
Pré-fabricados	• Modelar com a secção aproximada e com o centro geométrico na localização exata. • Modelar piso a piso.
Metálicos	• Modelar centro geométrico na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção pode ser genérica. • Modelar piso a piso. • Ignorar inclinações inferiores a 5%.
Outro tipo de pilares	• Modelar com a secção aproximada e com o centro geométrico na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente.
Vigas	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a secção aproximada na localização exata. • Não modelar variações de secção.

	• Modelar no plano de referência associado à laje que suporta.
Pré-fabricadas	• Modelar com a secção aproximada na localização exata. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta.
Metálicas	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção pode ser genérica. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta. • Ignorar inclinações inferiores a 5%.
Outro tipo de vigas ou sistemas	• Modelar com a secção aproximada na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente.
Lajes	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas aproximadas. • Modelar aberturas de grandes dimensões (aberturas de escadas por exemplo). • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Criar e dividir por tipos as lajes de acordo com a sua espessura. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Betão pré-fabricado	• Modelar com dimensões e formas aproximadas. • Modelar aberturas de grandes dimensões (aberturas de escadas por exemplo). • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Pavimentos ligeiros	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas aproximadas. • Modelar aberturas de grandes dimensões (aberturas de escadas por exemplo). • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.

Cofragem colaborante	• Modelar como um sólido contínuo com dimensões e formas aproximadas. • Não modelar a chapa. • Modelar aberturas de grandes dimensões (aberturas de escadas por exemplo). • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Outro tipo de lajes e pavimentos	• Modelar com dimensões e formas aproximadas na localização exata. • Modelar aberturas de grandes dimensões (aberturas de escadas por exemplo). • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Escadas e Rampas	
Escadas de Betão <i>in situ</i>	• Modelar como lajes inclinadas com a espessura genérica. • Modelar piso a piso.
Escadas pré fabricadas	• Modelar como lajes inclinadas com a espessura genérica. • Modelar piso a piso.
Escadas metálicas	• Modelar como lajes inclinadas genéricas.
Rampas	• Modelar como lajes inclinadas com a espessura genérica. • Não modelar com precisão as inclinações. Apenas deve ilustrar a ligação entre os pontos pretendidos.
Outro tipo de estruturas	
Asnas	• Modelar como um sólido de dimensão e forma genérica

Estrutura	Matriz Nível de Desenvolvimento (LOD) - Projeto Estruturas LOD 300 – Projeto de Execução
Conceitos gerais de modelação	• Modelação deverá corresponder ao dimensionamento efetuado a partir da análise estrutural. • Modelar elementos com a família mais apropriada da biblioteca do programa. Por exemplo, pilar deve ser modelado com a ferramenta "Structural Column". Criar/alterar uma família de elementos para obter um novo elemento que não exista na biblioteca. Novas famílias devem ser identificadas com o tipo correto, respeitando a classificação das <i>omniclasses</i>. • Modelar piso a piso. Por exemplo, os pilares e paredes que se desenvolvam no mesmo alinhamento a toda altura do edifício não devem ser modelados como um único elemento, a não ser que a sua construção seja feita desse modo. • Modelar a localização dos elementos com precisão. • Criar planos de referência correspondentes aos pisos. • Atribuir uma referência única a cada elemento. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Por exemplo, pilares devem ter um afastamento superior correspondente à espessura da laje que suportam, para que não existam sobreposições.
Fronteiras	• O modelo estrutural deve incluir as formas dos edifícios vizinhos até 2 metros ao longo do seu perímetro.
Topografia	• Modelar as superfícies topográficas. É possível importar uma lista de pontos com coordenadas e criar esta superfície no programa.
Escavações	• Modelar as escavações necessárias com a ferramenta própria do programa.
Fundações	
Sapatas Isoladas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Sapatas Conjuntas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Estacas/micro estacas e maciços de encabeçamento	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.

Poços e fundações especiais	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Lintéis	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de espessura.
Vigas de equilíbrio	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de espessura.
Lajes de fundação ou ensoleiramento geral	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar aberturas de grandes dimensões. • Não modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Paredes	
Verticais	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar todas as aberturas. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Paredes têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Núcleos de Caixa de Escadas e Caixa de elevadores	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar todas as aberturas. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Paredes têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.

Pilares	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a secção correta e com o centro geométrico na localização exata. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Pré-fabricados	• Modelar com a secção correta e com o centro geométrico na localização exata. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Metálicos	• Modelar centro geométrico na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Outro tipo de pilares	• Modelar com a secção correta e com o centro geométrico na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Vigas	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a secção correta na localização exata. • Não modelar variações de secção. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Deve ser feito "Joint" entre as vigas e as lajes, no caso de o programa não o fazer automaticamente.

Pré-fabricadas	• Modelar com a secção correta na localização exata. • Não modelar variações de secção. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Deve ser feito "Joint" entre as vigas e as lajes, no caso de o programa não o fazer automaticamente.
Metálicas	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Vigas metálicas devem ter o seu topo coincidente com a base das lajes que suportam.
Outro tipo de vigas ou sistemas	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades.
Lajes	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta "<i>shaft opening</i>". • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.

Betão pré-fabricado	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Pavimentos ligeiros	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. Caso não seja possível encontrar uma boa correspondência modelar como uma composição de elementos. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Cofragem colaborante	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. • Modelar a chapa. Se existir na biblioteca este tipo de laje, a chapa deve ser definida nas propriedades desse elemento. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.

Outro tipo de lajes e pavimentos	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta "shaft opening". • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Escadas e Rampas	
Escadas de Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa. Devem estar definidos todos os degraus e patamares. • Modelar piso a piso.
Escadas pré fabricadas	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa. Devem estar definidos todos os degraus e patamares. • Modelar piso a piso.
Escadas metálicas	• Modelar como junção de elementos da biblioteca. Escolher os perfis com a geometria precisa.
Rampas	• Modelar como lajes inclinadas com a espessura exata. • Modelar com precisão as inclinações entre os pontos pretendidos.
Outro tipo de estruturas	
Elementos estruturais metálicos secundários	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. • Não modelar todas as amarrações.
Asnas	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa com os perfis com a geometria correta.

Subcomponentes	
Ligações	• Modelar chapas de ligação com a sua respetiva geometria. • Não modelar soldaduras, parafusos e rebites.
Travamentos	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações
Juntas de Dilatação	• Modelar como intervalos entre elementos estruturais.

Estrutura	Matriz Nível de Desenvolvimento (LOD) - Projeto Estruturas LOD 400 – Preparação de Obra, Construção e Montagem
Conceitos gerais de modelação	• Modelação deverá permitir a criação de documentos para a construção. • Modelar elementos com a família mais apropriada da biblioteca do programa. Por exemplo, pilar deve ser modelado com a ferramenta "Structural Column". Criar/alterar uma família de elementos para obter um novo elemento que não exista na biblioteca. Novas famílias devem ser identificadas com o tipo correto, respeitando a classificação das <i>omniclasses</i>. • Modelar piso a piso. Por exemplo, os pilares e paredes que se desenvolvam no mesmo alinhamento a toda altura do edifício não devem ser modelados como um único elemento, a não ser que a sua construção seja feita desse modo. • Modelar a localização dos elementos com precisão. • Criar planos de referência correspondentes aos pisos. • Atribuir uma referência única a cada elemento. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Por exemplo, pilares devem ter um afastamento superior correspondente à espessura da laje que suportam, para que não existam sobreposições.
Fronteiras	• O modelo estrutural deve incluir as formas dos edifícios vizinhos até 2 metros ao longo do seu perímetro.
Topografia	• Modelar as superfícies topográficas. É possível importar uma lista de pontos com coordenadas e criar esta superfície no programa.
Escavações	• Modelar as escavações necessárias com a ferramenta própria do programa.
Fundações	
Sapatas Isoladas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Sapatas Conjuntas	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Estacas/micro estacas e maciços de encabeçamento	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados. • Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Poços e fundações especiais	• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados.

	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata.
Lintéis	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de espessura.
Vigas de equilíbrio	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de espessura.
Lajes de fundação ou ensoleiramento geral	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar todas as aberturas. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado.
Paredes	
Verticais	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar todas as aberturas. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Paredes têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Núcleos de Caixa de Escadas e Caixa de elevadores	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar todas as aberturas. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Paredes têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Pilares	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de espessura. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.

Pré-fabricados	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar piso a piso. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior. • Modelar ligações.
Metálicos	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior. • Modelar ligações com betão.
Outro tipo de pilares	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Pilares têm afastamento superior de modo a que não existam sobreposições com a laje superior.
Vigas	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de secção. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Deve ser feito "Joint" entre as vigas e as lajes, no caso de o programa não o fazer automaticamente.
Pré-fabricadas	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar variações de secção. • Modelar no plano de referência associado à laje que suporta. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Deve ser feito "Joint" entre as vigas e as lajes, no caso de o programa não o fazer automaticamente. • Modelar ligações.

Metálicas	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Vigas metálicas devem ter o seu topo coincidente com a base das lajes que suportam. • Modelar ligações com betão.
Outro tipo de vigas ou sistemas	• Modelar com dimensões e formas precisas na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades.
Lajes	
Betão <i>in situ</i>	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Betão pré-fabricado	• Modelar com dimensões e formas precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas. • Modelar ligações.

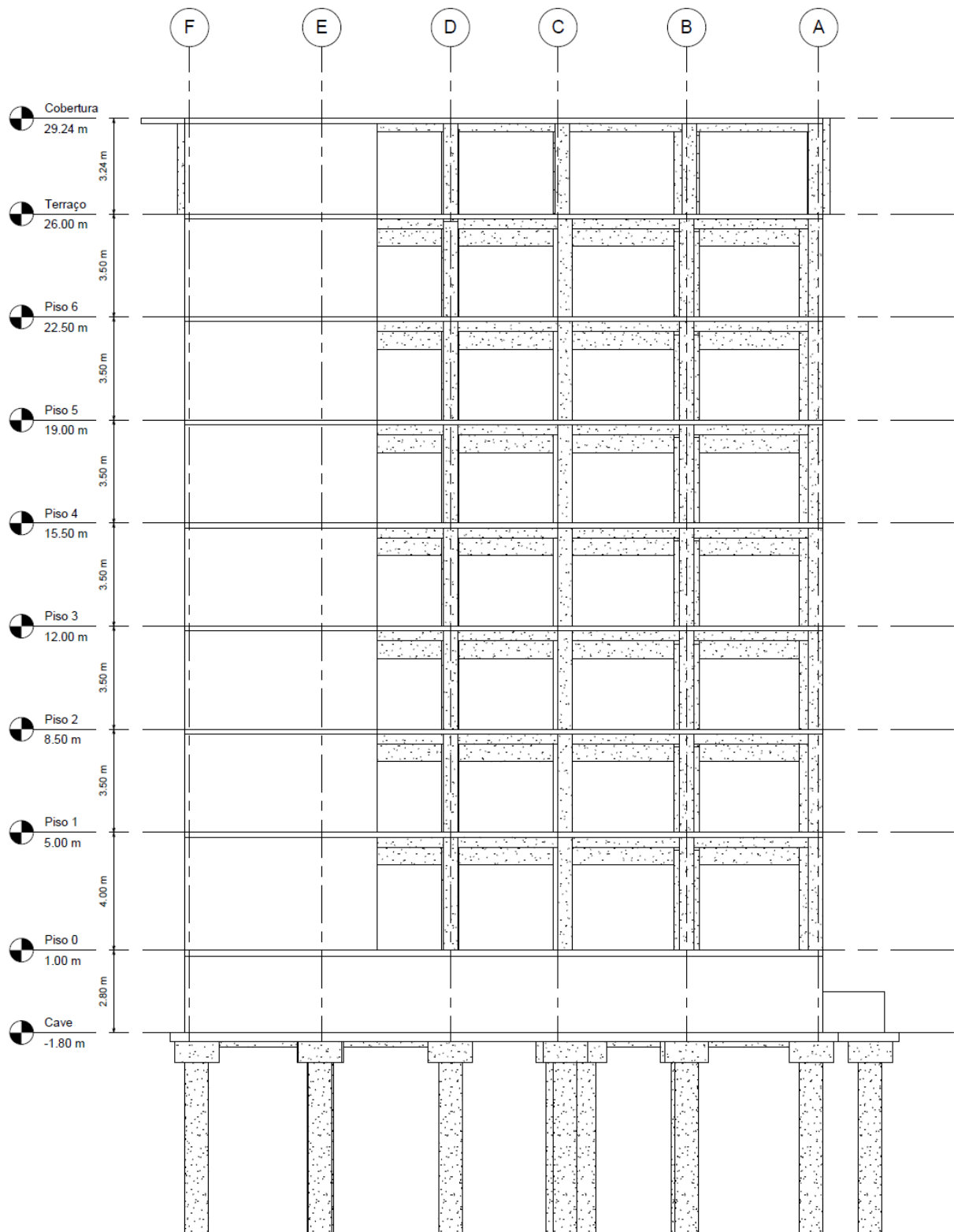
Pavimentos ligeiros	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. Caso não seja possível encontrar uma boa correspondência modelar como uma composição de elementos. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Cofragem colaborante	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. • Modelar a chapa. Se existir na biblioteca este tipo de laje, a chapa deve ser definida nas propriedades desse elemento. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.
Outro tipo de lajes e pavimentos	• Modelar com o elemento da biblioteca mais apropriado, com dimensões precisas. • Modelar todas as aberturas. Todas as aberturas que se prolonguem por mais do que um piso devem ser modeladas com a ferramenta <i>"shaft opening"</i>. • Modelar variações de espessura na laje. • Modelar ressaltos ou rebaixos nas lajes. • Modelar com o elemento da biblioteca correspondente. • Modelar a localização de forma a que o topo da laje seja coincidente com o plano de referência associado. • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. Verificar intersecções com paredes, pilares e vigas.

Escadas e Rampas	
Escadas de Betão <i>in situ</i>	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa. Devem estar definidos todos os degraus e patamares. • Modelar piso a piso.
Escadas pré fabricadas	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa. Devem estar definidos todos os degraus e patamares. • Modelar piso a piso.
Escadas metálicas	• Modelar como junção de elementos da biblioteca. Escolher os perfis com a geometria precisa.
Rampas	• Modelar como lajes inclinadas com a espessura exata. • Modelar com precisão as inclinações entre os pontos pretendidos.
Outro tipo de estruturas	
Elementos estruturais metálicos secundários	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações • Modelar de forma a que não existam sobreposições que dupliquem quantidades. • Modelar todas as amarrações.
Asnas	• Modelar com a ferramenta apropriada do programa com os perfis com a geometria correta.
Subcomponentes	
Armaduras	• Modelar armaduras de todos os elementos.
Ligações	• Modelar chapas de ligação com a sua respetiva geometria. • Modelar soldaduras, parafusos e rebites com uma representação simbólica.
Travamentos	• Modelar na localização exata. • Modelar com o elemento da biblioteca que corresponda ao perfil pretendido (HEA modelado com elemento da biblioteca HEA). Secção com o perfil correto. • Modelar piso a piso. • Modelar todas as inclinações
Juntas de Dilatação	• Modelar como intervalos entre elementos estruturais. • Modelar selantes como elementos separados.

Cofragem

- Modelar cofragem com o elemento da biblioteca mais adequado.
-

ANEXO 4 – ALÇADO OESTE EM LOD 200



ANEXO 5 – PLANTA DE PISO TIPO EM LOD 200

