



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Desafios e Limitações da Implementação do BIM em projetos de edificações

GELSON DE OLIVEIRA ALBERTO JORGE

(Licenciado)

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

Júri:

Presidente: Doutor Filipe Manuel Vaz Pinto Almeida Vasques

Arguente: Mestre Especialista João Carlos Dos Santos Barata

Orientador: Doutor Paulo Jorge Henriques Mendes

Janeiro de 2022

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo fôlego, pela vida e pela proteção diariamente, tanto para minha e pela vida da minha família.

À minha família, principalmente meu pai que tem feito todos os esforços para me encher de amor tanto quanto pelos apoios financeiros como psicológicos.

Aos meus amigos e colegas, por serem parceiros de caminhada e futuros parceiros de profissão.

A todos os professores do ISEL que direta ou indiretamente, transmitiram-me conhecimentos que foram úteis para a realização deste trabalho e em especial ao meu orientador Paulo Jorge Henriques Mendes, que esteve sempre disponível para orientar e partilhar seus conhecimentos.

Resumo

O desenvolvimento de projetos de edificações em BIM é uma metodologia emergente que tem vindo a posicionar-se como uma alternativa aos métodos tradicionais de trabalho nos gabinetes de projetos e na indústria da construção, de modo a melhorar a qualidade final dos trabalhos, a reduzir custos e a otimizar o cumprimento das suas calendarizações. Não obstante, o BIM é uma metodologia que ainda se encontra em evolução.

Atendendo que a modelação BIM envolve o recurso a diferentes softwares, com reconhecidos problemas de interoperabilidade, no âmbito deste trabalho analisam-se e identificam-se alguns dos principais desafios, limitações e possíveis soluções, para a resolução dos problemas mais evidentes na implementação desta nova metodologia de trabalho, através de uma revisão da literatura, associada ao tema e da análise resultante da aplicação a um estudo de caso.

Assim, define-se como principal objetivo deste trabalho, o desenvolvimento de um estudo de caso, que tem um conjunto de tarefas associadas, das quais se destacam a modelação e a compatibilização de algumas especialidades de um projeto de edificações (nomeadamente arquitetura, estruturas e redes de águas e esgotos), com vista à obtenção de um modelo sobreposto, tipicamente designado por modelo federado.

Palavras-chave: BIM; Modelo federado; Interoperabilidade; Projeto de arquitetura, estruturas, redes de águas e esgotos.

Abstract

The development of building projects in BIM is an emerging method that has been positioning itself as an alternative to traditional working methods and existing practices in design offices and in the construction industry, to improve the work quality, reduce costs as well to perfect the fulfillment of its schedules. Nevertheless, BIM is a method that is still evolving.

Considering that BIM modelling involves the use of different software, with recognized interoperability issues, some of the main challenges, limitations and possible solutions for solving the most obvious problems in the implementation of this new work methodology are analyzed and identified, aiming for the resolution of the most evident problems in the implementation of this new work methodology, through a literature review associated with the topic and the analysis, resulting from the application to a case study.

Thus, the main aim of this work is defined as the development of a case study, which has a set of associated tasks, of which the modelling and compatibility of some design specialties of a building project (namely architecture, structure, and plumbing system), with the goal to obtain an assembled model, typically referred to as a federated model.

Key words: BIM; Integrated Project Delivery; Interoperability; Architecture, structure, and Plumbing project.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO DO TEMA E MOTIVAÇÃO	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.3	ESTRUTURA DO TFM	4
2	CONCEITOS EM MODELAÇÃO BIM	5
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
2.2	CONCEITOS E DEFINIÇÕES ASSOCIADOS AO BIM	6
2.2.1	<i>Processos e funcionalidades do BIM</i>	8
2.2.2	<i>Níveis de maturidade BIM</i>	9
2.2.3	<i>Níveis de desenvolvimento (LOD)</i>	10
2.2.4	<i>Interoperabilidade e formato IFC</i>	13
2.3	DOMÍNIO DE APLICAÇÃO DO BIM	14
2.3.1	<i>Principais características das ferramentas CAD</i>	17
2.3.2	<i>Principais características das ferramentas BIM</i>	18
2.3.3	<i>Diferenças entre a ferramenta CAD e a ferramenta BIM</i>	19
2.3.4	<i>Aplicação do BIM na indústria AECO</i>	21
2.4	DOCUMENTAÇÃO	22
2.5	BENEFÍCIOS DO BIM	24
2.6	FATORES QUE LIMITAM A IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NOS GABINETES DE PROJETO	26
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
3	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	31
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	31
3.2	CONCEITOS DE COMPATIBILIZAÇÃO	32
3.3	DIMENSÕES DE COMPATIBILIZAÇÃO	34
3.4	DETEÇÃO DE CHOQUES E INTERFERÊNCIAS (<i>CLASH DETECTION</i>)	35
3.4.1	<i>Prevenção de choques e coordenação de projeto na fase inicial</i>	37
3.5	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA, ESTRUTURAS E REDES	38
3.5.1	<i>Arquitetura</i>	38
3.5.2	<i>Estruturas</i>	39
3.5.3	<i>Mecânica, elétrica e redes de águas e esgotos (MEP)</i>	39
3.5.4	<i>Utilização do BIM para a coordenação dos sistemas de serviço dos edifícios</i>	42
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
4	ESTUDO DE CASO	45
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	45
4.2	PROGRAMAS BIM UTILIZADOS NO ESTUDO DE CASO	46

4.3	CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	46
4.3.1	<i>Localização Geográfica do Edifício.....</i>	47
4.3.2	<i>Descrição arquitetónica do edifício.....</i>	47
4.4	MODELAÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA NA PLATAFORMA BIM (REVIT 2021).....	48
4.4.1	<i>Componentes do Projeto de Arquitetura.....</i>	48
4.4.2	<i>Plantas.....</i>	49
4.4.3	<i>Alçados.....</i>	49
4.4.4	<i>Cortes.....</i>	50
4.4.5	<i>Modelo 3D.....</i>	51
4.5	MODELAÇÃO DO PROJETO DE ESTRUTURAS.....	52
4.5.1	<i>Elementos constituintes do projeto de estruturas.....</i>	53
4.5.2	<i>Modelo da estrutura do edifício.....</i>	56
4.5.3	<i>Teste de interoperabilidade e simulação analítica.....</i>	58
4.5.3.1	<i>Simulação analítica.....</i>	63
4.6	MODELAÇÃO DO PROJETO DE REDES DE ÁGUAS E ESGOTOS NA PLATAFORMA BIM (REVIT 2021).....	67
4.7	MODELO FEDERADO E DETEÇÃO DE CHOQUES NA PLATAFORMA BIM (NAVISWORK).....	68
4.7.1	<i>Análise e verificação dos choques no Navisworks Manage 2021.....</i>	69
4.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS.....	75
5.1	CONCLUSÕES.....	75
5.2	PERSPETIVAS FUTURAS.....	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
	ANEXOS.....	84

Lista de Figuras

Figura 1.1 Modelo Federado (Manziona, 2017).....	3
Figura 2.1 Esquema representativo do conceito BIM (adaptado de (Azhar et al., 2012))....	8
Figura 2.2 Níveis de maturidade BIM (adaptado de (Loscos et al., 2019)).....	10
Figura 2.3 Ficheiros IFC inclui Geometria e Dados (Majcher, 2019).....	13
Figura 2.4 Nível de maturidade (STUDIO, 2017).....	14
Figura 2.5 Modelo 3D feito no CAD.	20
Figura 2.6 Representação de um elemento em BIM (Krygiel & Nies, 2008).....	20
Figura 2.7 Aplicação do BIM na indústria da AECO (adaptado de (STUDIO, 2017)).....	21
Figura 2.8 Visualização do modelo em 3D (Krygiel & Nies, 2008).....	23
Figura 2.9 Benefícios do BIM para os empreiteiros (adaptado de MHC, 2014).....	25
Figura 2.10 Dificuldades na Implementação do BIM (adaptado de Souza & Lyrio, 2009)...	26
Figura 3.1 Sobreposição de projetos (Ana Monteiro, António Pereira, David Calvacanti, 2017).....	33
Figura 3.2 Choques entre sistema MEP com o teto falso e tubos de sistemas de incêndio (Abdelhameed & Saputra, 2020).....	37
Figura 3.3 Compatibilização do projeto de arquitetura x estrutura (Tecnosil, 2018).....	39
Figura 3.4 Sistema HVAC (Linter filtros, 2021).....	41
Figura 3.5 Exemplo de um sistema elétrico (Segarra, 2004).....	41
Figura 3.6 Exemplo de um sistema hidráulico (Casas, 2021).....	42
Figura 4.1 Relação mútua entre IFC e aplicativos BIM (adaptado de (Rokooei, 2015)).....	46
Figura 4.2 Localização geográfica do Edifício (adaptado de Barradas, 2019).....	47
Figura 4.3 Planta da cave.....	49
Figura 4.4 Alçado - orientação a oeste.	50
Figura 4.5 Corte 4-4.....	51
Figura 4.6 Modelo 3D com vista panorâmica sobre o alçado principal.....	51
Figura 4.7 Representação de um elemento de fundação.....	53
Figura 4.8 Representação de um elemento do tipo pilar.	54
Figura 4.9 Representação de um elemento do tipo viga.....	54
Figura 4.10 Representação de um elemento do tipo laje.....	55
Figura 4.11 Representação de um elemento do tipo parede ou muro com função estrutural.	55
Figura 4.12 Representação geométrica do modelo estrutural.	56
Figura 4.13 Representação do modelo analítico.....	57
Figura 4.14 Corte 5-5.	57

Figura 4.15 Envio do modelo estrutural do Revit para o Robot.....	58
Figura 4.16 Relatório da transferência do Revit para o Robot.	59
Figura 4.17 Modelo de estruturas no Robot.....	59
Figura 4.18 Revit para o ETABS.....	60
Figura 4.19 Relatório da transferência do Revit para o ETABS.....	60
Figura 4.20 Modelo de estruturas no ETABS.	61
Figura 4.21 Modelo de estruturas com cargas aplicadas no Revit.	62
Figura 4.22 Modelo de estruturas transferido do Revit para o Robot.....	62
Figura 4.23 Modelo de estruturas transferido do Revit para o ETABS.	63
Figura 4.24 Definição das cargas permanentes e sobrecargas.	64
Figura 4.25 Diagramas de esforço axial.....	65
Figura 4.26 Diagrama de força de cisalhamento no Robot.....	65
Figura 4.27 Diagrama de momento fletor no Robot.....	66
Figura 4.28 Detalhes da viga pós dimensionamento no Robot.....	66
Figura 4.29 Modelo de Redes com os pisos.	67
Figura 4.30 Modelo de Redes sem os pisos superiores.....	68
Figura 4.31 Modelo Federado (Estrutura e redes).	69
Figura 4.32 Modelo Federado (Estrutura, arquitetura e redes).....	69
Figura 4.33 Exemplo de interferências físicas entre a viga e a tubulação das redes sanitárias.	70
Figura 4.34 Navisworks clash report de estrutura vs redes.....	71
Figura 4.35 Exemplo de interferências físicas entre o esquentador e o teto falso/forro.	71
Figura 4.36 Navisworks clash report de arquitetura versus redes de águas e esgotos.	72

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Conceitos sobre a modelação BIM.....	7
Tabela 2.2 Níveis de desenvolvimento (LOD).....	12
Tabela 2.3 Tabela de Janelas.....	23
Tabela 3.1 Conceito de compatibilização (Medeiros & Carrijo, 2019).	32
Tabela 3.2 Principais causas de choques ou interferências.....	35
Tabela 3.3 Diferenças relevantes entre a deteção de choques e os métodos de prevenção.	38

Lista de siglas e acrónimos

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AGC	<i>Associated General Contractors (Associação Geral dos Empreiteiros)</i>
API	<i>Application Programming Interface (Interface de Programa de Aplicação)</i>
AVANTI	<i>Added Value Access to New Technologies and Services on Internet (Valores adicionais ao acesso a novas tecnologias e serviços na internet)</i>
AIM	<i>Asset Information Model (Modelo de Informação de Ativos)</i>
BIM	Modelação de Informações da Construção
BIMS	<i>Building Information Modelling System (Sistema de Modelação e Informação da Construção)</i>
BSIM	<i>Building Services Information Model (Modelo de Informação de serviços da Construção)</i>
BRIM	<i>Bridge Information Modelling (Modelação de Informações para Pontes)</i>
CAD	<i>Computer Aided Design (Desenho Assistido pelo Computador)</i>
CPIC	<i>Construction Project Information Committee (Comitê de Informação de Projeto de Construção)</i>
FIM	<i>Facility Information Modelling (Modelação de informações de instalações)</i>
FP	<i>Fire protection (Proteção contra incêndio)</i>
HVAC/AVAC	<i>Heating, Ventilation and Air conditioning (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado)</i>
IBIM	<i>Integrated Building Information Modelling (Modelação Integrada de Informações de Construção)</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual (Manual de entrega de informações)</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes (Formatos de arquivos BIM)</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries (Estrutura Internacional para Dicionários)</i>
IGES	<i>Initial Graphics Exchange Specification (Especificação inicial de troca de gráficos)</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery (Projeto Integrado)</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)</i>
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing (Mecânica, elétrica e hidráulica)</i>

NIBS	<i>National Institute of Building Science (Instituto Nacional de Ciência da Construção)</i>
PAS	<i>Publicly Available Specification (Especificação disponível publicamente)</i>
PVC	<i>Polyvinyl chloride (Cloro de polivinila)</i>
ROI	<i>Return of investment (Retorno sobre o investimento)</i>
SIM	<i>System Information Modelling (Sistema de Modelação de Informação)</i>
TFM	Trabalho Final de Mestrado
WIP	<i>Work-in-Progress (Trabalho em progresso)</i>

1 Introdução

1.1 Enquadramento do tema e motivação

Na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), existe desde sempre uma necessidade de desenvolver e implementar metodologias de trabalho, que permitam reduzir os custos de projeto e de construção. Atualmente, uma das vias para atingir esse desiderato baseia-se na diminuição dos tempos de entrega, que inevitavelmente terá de envolver aumentos de produtividade, nas diversas componentes envolvidas, desde que se mantenham ou elevem os padrões de qualidade do produto final.

Neste contexto, a modelação de informação da construção, conhecida na literatura inglesa por *Building Information Modelling* (BIM), apresenta-se como uma metodologia, que depois de implementada, permite atingir esse objetivo (Azhar, 2008). Quando concluído, o modelo de informação da construção contém as principais características da edificação, nomeadamente a sua geometria e os principais dados, sobre as diversas componentes do projeto, os quais são essenciais para a aquisição de materiais, construção de partes da obra e toda a informação relacionada com as atividades necessárias para a construção do edifício (Eastman Chuck et al., 2008). Uma vez contruída a edificação, este modelo (nomeadamente com todas a especialidades sobrepostas ou simplesmente modelo federado) pode continuar a ser utilizado para as atividades relacionadas com a gestão, operação e manutenção ao longo da sua vida útil.

No âmbito deste trabalho irá se abordar a componente associada ao desenvolvimento de projetos na indústria da AEC e como proposta para este trabalho, também a componente MEP (nomeadamente na parte das redes hidráulicas) recorrendo à utilização desta promissora metodologia, que assenta na modelação de informação da construção, conhecida genericamente através da sigla BIM.

Ao contrário do desenho assistido pelo computador (*Computer-Aided Design* - CAD), os modelos em BIM são construídos usando *smart object* e apresentam informações sobre elementos físicos, como portas, colunas etc.(Succar, 2009). O modelo BIM é considerado “uma tecnologia revolucionária” que transformou o processo de projetar e construir edifícios (Hardin, 2009a). Também é caracterizado como “um novo paradigma tecnológico emergente e de mudança processual” na arquitetura, engenharia, construção e operações [AECO](Succar, 2009).

O modelo padrão de dados abertos, IFC (*Industrial Foundation Classes*), que continua em constantes evoluções, foi desenvolvido com o intuito de facilitar a troca de informações

entre diferentes parceiros do projeto e da construção (Laakso et al., 2012). Contudo, (Neff et al., 2010a) concluíram que embora o uso de BIM tenha avançado desde 2007, as práticas de trabalho que apoiam o aumento da colaboração e partilha de conhecimento organizacional entre as várias especialidades ainda são insuficientes. Dessa feita, o desenvolvimento da organização e da coprodução de informações entre parceiros em todas as fases de projeto e de construção ainda são necessárias.

Vários autores sugerem que a melhor maneira de compreender os conceitos associados à modelação BIM, deverá assentar na análise de como estes modelos são efetivamente utilizados (Morgan & Morrison, 1999). No entanto, a expansão da aplicação da metodologia BIM na gestão do ciclo de vida dos edifícios deverá envolver algumas melhorias e inovações técnicas.

1.2 Objetivos

No âmbito deste trabalho pretende-se promover uma discussão sobre os principais desafios e limitações associados à implementação da metodologia BIM, em projetos de edificações. A abordagem utilizada para promover esta discussão, envolve um conjunto de objetivos que se indicam de seguida:

- Numa primeira fase apresenta-se uma revisão da literatura, sobre os aspetos mais relevantes para a implementação da metodologia BIM em alguns projetos de edificações, na qual se procurará evidenciar:
 - Os desafios associados;
 - Os fatores que limitam a implementação da utilização de plataformas BIM (custo, tecnológico, gestão, pessoal e jurídico);
 - As soluções preconizadas para a resolução dos problemas mais evidentes que limitam a implementação desta nova metodologia.
- Desenvolvimento de um estudo de caso, que tem um conjunto de tarefas associadas, das quais se destacam:
 - A modelação e a compatibilização de algumas especialidades de um projeto de edificações (nomeadamente arquitetura, estruturas e redes de águas e esgotos);
 - A verificação da interoperabilidade entre os softwares a utilizar no desenvolvimento dos projetos;
 - A compatibilização entre os diferentes tipos de projetos;

- A obtenção de um Modelo Federado que englobe os projetos das diversas especialidades (nomeadamente, arquitetura, estruturas e redes de águas e esgotos).

Na Figura 1.1, apresenta-se uma representação esquemática que de uma forma sintética ilustra o objetivo principal que se pretende com a realização deste trabalho, que irá incidir na metodologia que permitirá chegar à obtenção de um modelo BIM federado.

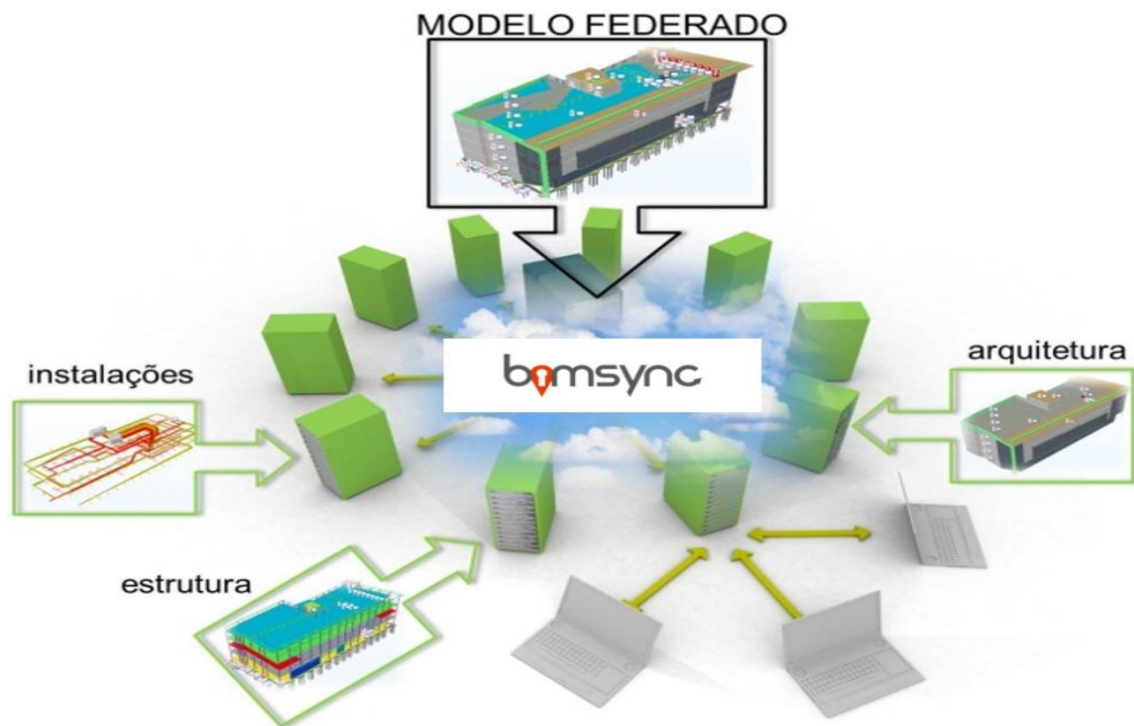


Figura 1.1 Modelo Federado (Manziona, 2017).

Atendendo que o estudo de caso envolve diversas especialidades, que requerem a utilização de diferentes softwares para desenvolver o modelo BIM federado (sobreposição das várias especialidades), será necessário dedicar especial atenção às formas de colaboração entre as ferramentas BIM e não-BIM em cada uma dessas especialidades, pelo que devem ser estudadas e devidamente enquadradas (Taylor & Francis Group, London, 2018). Por outro lado, deve-se ter em atenção possíveis problemas de interoperabilidade e compatibilidade, pelo que se analisam e identificam alguns dos principais desafios, limitações e possíveis soluções para resolução dos problemas mais evidentes na implementação desta nova metodologia de trabalho.

1.3 Estrutura do TFM

A estrutura do trabalho final de mestrado é elucidada refletindo sobre as etapas de pesquisa, métodos de pesquisa adotados e divisão dos capítulos a serem desenvolvidos.

O capítulo 1, fornece uma introdução geral deste trabalho, fazendo um enquadramento do tema em causa, explicitando e justificando as motivações da mesma. Este capítulo também afirma os principais objetivos e os detalhes da estruturação da dissertação em causa.

O capítulo 2, revisa a literatura sobre os conceitos e definições gerais do BIM, suas origens e evoluções dentro e fora da indústria de Arquitetura, Engenharia e da Construção (AEC). Para além do que já foi referido, são apresentadas também os benefícios e barreiras da implementação do BIM na indústria da AEC.

O capítulo 3, revisa a literatura sobre os conceitos e definições associadas a compatibilização de projetos, onde são identificadas as dimensões de compatibilização; deteção de choques ou interferências e conseqüentemente são apresentados os métodos de prevenção das mesmas.

O capítulo 4, apresenta um estudo de caso partindo de um projeto já existente que tivera sido desenvolvido nos métodos tradicionais CAD, no qual neste trabalho será desenvolvido utilizando a metodologia BIM (concretamente na utilização da ferramenta Revit para a modelação das várias especialidades que compõem o projeto; para a simulação analítica e teste de interoperabilidade, a utilização do Robot e do ETABS e finalmente para a modelação do modelo federado e verificação de choques, a utilização da ferramenta Navisworks).

O capítulo 5, trata sobre a conclusão do trabalho e perspetivas futuras.

2 Conceitos em modelação BIM

2.1 Considerações iniciais

Atualmente a utilização do conceito conhecido por BIM, dentro e fora da indústria da AEC, nem sempre é adequadamente empregue, por vezes é referido como se tratasse de uma porção ou simplesmente *plug-in*, de um software. Todavia, trata-se de um conceito mais abrangente, associado a uma metodologia de trabalho, que se baseia na utilização de um ou mais softwares, resultando daí alguns equívocos quando se quer fazer uma referência rápida a esta metodologia de trabalho.

O BIM tem-se apresentado como uma metodologia de trabalho em permanente evolução nos últimos anos, que tem vindo a revolucionar a organização e a metodologia de trabalho nas empresas da AEC, nomeadamente na fase de projeto, no que se refere à produção de elementos caracterizadores das obras (modelos, peças desenhadas e outra documentação) e da partilha dessa informação entre as diversas especialidades do projeto.

A introdução desta nova metodologia de trabalho, também terá um forte impacto nas fases seguintes ao projeto, nomeadamente na construção de novas obras, na reabilitação de obras existentes e na gestão e manutenção ao longo da sua vida útil.

A metodologia BIM assenta numa nova maneira de criar, partilhar, gerir e guardar informação sobre um determinado projeto, sendo também usual atribuir-lhe a designação de modelação BIM.

Assim, neste capítulo irá apresentar-se uma perspetiva que permita compreender a evolução da metodologia BIM, por comparação com a metodologia tradicional (CAD 2D) na indústria AEC. Neste contexto, serão introduzidos e apresentados os principais conceitos associados à metodologia BIM, para evidenciar a revolução que esta mudança de paradigma vem introduzindo na indústria da AEC, incluindo também suas limitações no que diz respeito esta mudança de paradigma nos gabinetes de projeto. Assim sendo, as secções a serem estudados neste capítulo são os que se seguem:

- Conceitos e definições associados a metodologia BIM;
- Processos e funcionalidades do BIM;
- Níveis de maturidade BIM;
- Níveis de desenvolvimento (LOD);
- Interoperabilidade e formato IFC;
- Domínio de aplicação do BIM;
- Principais características das ferramentas CAD;
- Principais características das ferramentas BIM;

- Diferenças entre a ferramenta CAD e a ferramenta BIM;
- Aplicação do BIM na indústria AECO;
- Documentação;
- Benefícios do BIM;
- Fatores que limitam a implementação do BIM nos gabinetes de projeto.

2.2 Conceitos e definições associados ao BIM

Para compreender os principais conceitos e definições associados ao BIM convém numa primeira fase conhecer suas origens. Neste sentido, importa referir que a metodologia que veio a dar origem a este conceito foi inicialmente desenvolvida no Instituto de Tecnologia da Geórgia, nos finais da década 70 a 80 por Charles M. Eastman, tendo na altura sido designada por *Building Product Model* (van Nederveen & Tolman, 1992).

A utilização do termo *Building Modelling* foi feita pela primeira vez em 1986 num artigo de Robert Aish, que pode ser encontrado no capítulo 6 do livro *Computer –Aided Architectural Design Futures* (Aish, 1986). Neste capítulo intitulado *Three-dimensional Input and Visualization*, o autor já abordava questões sobre a modelação tridimensional, objetos inteligentes/paramétricos, base de dados relacionados com as fases dos processos construtivos e outros conceitos relevantes para a metodologia BIM (Aish, 1986). A mudança da terminologia *Building Modelling* para *Building Information Modelling*, foi proposta por G.A van Nederveen e F. Tolman no artigo denominado *Automation in Construction* em 1992, tendo sido este artigo o primeiro a utilizar a designação de BIM tal como é conhecido atualmente (van Nederveen & Tolman, 1992).

Todavia, embora a designação da metodologia tenha consolidado, o seu desenvolvimento não parou e tem vindo a evoluir há vários anos, destacando-se os contributos dados pela Autodesk, quando lançou o *Building Information Modelling* (Autodesk, 2003).

Na sequência do referido anteriormente podem-se encontrar diversos contributos como o descrito em 2008 num artigo lançado pela Building Smart, no qual Jerry Laiserin da Universidade de Princeton (EUA), especialista em Tecnologias da Informação (TI), se referia ao conceito BIM, como sendo uma representação digital do processo de construção para facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade da informação em formato digital (Addor et al., 2010).

Assim, apresenta-se na Tabela 2.1 uma compilação de alguns conceitos e definições considerados mais relevantes para o desenvolvimento desta metodologia de trabalho.

Tabela 2.1 Conceitos sobre a modelação BIM.

(Autodesk, 2003)	É uma abordagem ao projeto de construção e da gestão. Suporta a disponibilidade contínua e imediata do projeto no âmbito das informações, cronogramas e custo precisos. Informações estas, no qual confiáveis, integradas e totalmente coordenadas. Embora não seja uma tecnologia em si, é suportado em vários graus por diferentes tecnologias.
(ISO, 2006)	É uma representação digital partilhada de características físicas e funcionais de qualquer obra construída (edifícios, pontes, estradas, etc.), formando uma base de dados fiável que pode ser útil para a tomada de decisões.
(NIBS, 2007)	É uma representação digital das características físicas e funcionais de um empreendimento, que funciona como um recurso de partilha de informação e conhecimento sobre o mesmo, através de uma base de dados fiável, que pode ser útil para a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida.
(Kaner et al., 2008)	É uma poderosa, mas complexa tecnologia.
(Lino et al., 2012)	O conceito BIM assenta, essencialmente, numa metodologia de partilha da informação entre todos os parceiros, durante as fases do ciclo de vida de um edifício (projeto, construção, manutenção e desconstrução), nomeadamente entre a arquitetura, as especialidades, os construtores e os donos de obra, materializando-se na existência de um modelo digital tridimensional, acessível através de <i>software</i> , que permite a construção virtual desse mesmo edifício.
(Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, 2012)	É uma tecnologia de modelação e um conjunto associado de processos para a produção, comunicação e análise do modelo de construção.

Na Figura 2.1, encontram-se de forma esquematizada, informações relativas aos conceitos e definições associadas à metodologia BIM, incluindo os vários elementos pertencentes a cada letra que constituem o acrónimo BIM.



Figura 2.1 Esquema representativo do conceito BIM (adaptado de (Azhar et al., 2012)).

Na Figura 2.1, também se apresentam os processos e as etapas referentes à utilização da metodologia BIM na indústria da AECO. Apresentam-se os significados de cada letra constituinte do acrónimo BIM e as suas ramificações. O *B* de edifício representa o produto final, que pode ter variantes que dependem da função ou tipologia do mesmo (nomeadamente residencial, hospitalar, comercial, etc.); o *I*, encontra-se associado à informação relevante sobre o projeto (geometria, quantidades, cronogramas, etc.) e o *M*, refere-se à modelação (geométrica, arquitetural, estrutural, instalações mecânica, elétrica e redes de água e esgoto, etc.).

A Figura 2.1, também mostra o faseamento típico da vida útil de uma obra, o qual poderá ser reproduzido utilizando a metodologia BIM, que vai desde o planeamento até à demolição.

2.2.1 Processos e funcionalidades do BIM

O BIM pode ser visto como um processo virtual que abrange todos os aspetos, especialidades e sistemas de uma instalação em um único modelo virtual, permitindo que todos os membros da equipe (proprietários, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, subcontratados e fornecedores) colaborem com mais precisão e eficiência em comparação aos processos tradicionais CAD. Conforme o modelo está sendo criado, os membros da equipe estão constantemente aperfeiçoando e ajustando suas porções de acordo com as especificações do projeto e alterações possíveis de cada especialidade, para garantir que o

modelo seja o mais preciso possível antes da sua execução (Irwin, Jorge, 2007). Os alicerces do BIM assentam em dois pilares tais como, a comunicação e a colaboração. A implementação bem-sucedida do BIM requer o envolvimento precoce de todos os parceiros do projeto. Isso significa que os sistemas tradicionais de entrega de projetos (por exemplo, *design-bid-build*) têm um papel muito limitado em projetos baseados em BIM.

Recentemente, o conceito de entrega de projeto integrado (IPD) surgiu como um aliado útil para o BIM. IPD traz gestão de construção chave, comércio, fabricação, experiência de fornecedor e fabricante do produto, junto com profissionais de desenho e o proprietário, no início do processo para produzir um projeto que é otimizado para qualidade, estética, eficiência, acessibilidade, oportunidade e fluxo contínuo na gestão do ciclo de vida (Jones et al., 2008).

Os sistemas de modelação da informação da construção, têm sido adotados como ferramentas eficazes na comunidade AEC. Tipicamente incluem ferramentas de modelação paramétrica 3D, de análise e de planeamento, API (*Application Programming Interface*) e funcionalidades de exportação de informação (Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014). Assim sendo, nos pontos a seguir, será feita uma análise sintética envolvendo os vários conceitos e definições sobre os processos e funcionalidades do BIM.

2.2.2 Níveis de maturidade BIM

O BIM possui diversos níveis de informação, conhecidas como dimensões que na literatura inglesa é designada de *Maturity levels*, no qual de uma forma concisa subdividem – se em: CAD, 2D, 3D, 4D, 5D e 6D (PAS 1192-2, 2013).

As 6 principais dimensões BIM podem ser classificadas como:

- **CAD** – É utilizado para a criação de desenhos. A informação é partilhada através de papel (Nível 0).
- **2D & 3D** – Os desenhos 2D são combinados com modelos 3D (Nível 1).
- **BIMs (4D & 5D)** – São adicionadas outras dimensões, tais como planeamento (4D) e orçamentação (5D). Existe colaboração total e interoperabilidade parcial através da utilização de modelos de informação (Nível 2).
- **IBIM (6D)** – É adicionada a gestão do ciclo de vida do edifício (6D). Tem colaboração e integração total num ambiente em rede / na nuvem (Nível 3).

Na Figura 2.2, é apresentado um esquema gráfico representativo do conceito de níveis de maturidade BIM.

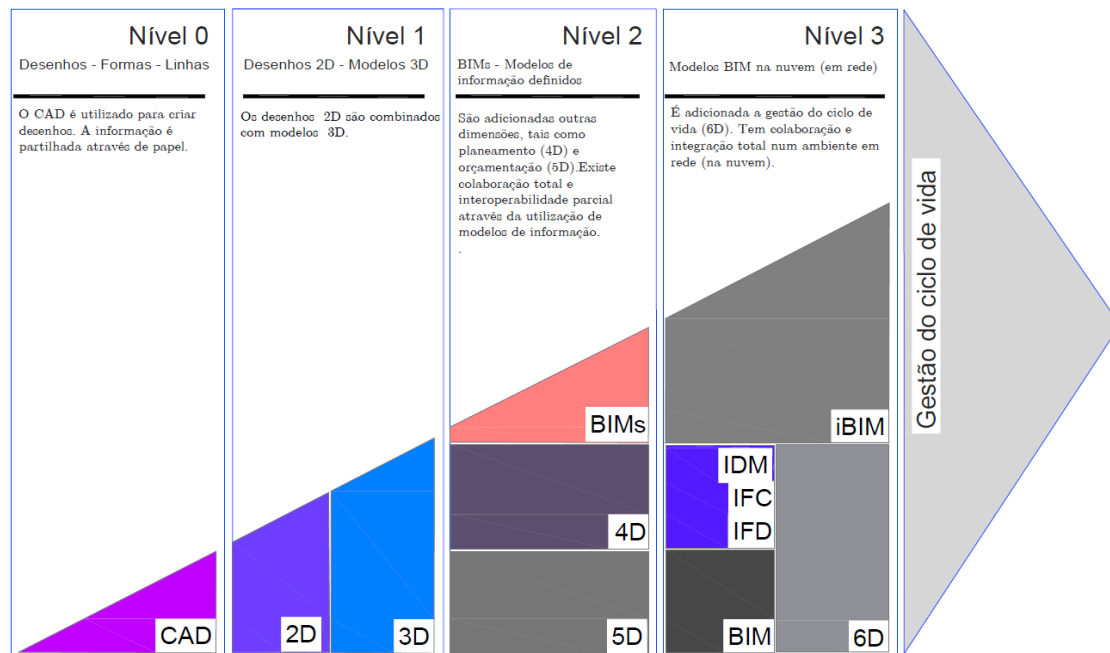


Figura 2.2 Níveis de maturidade BIM (adaptado de (Loscos et al., 2019)).

2.2.3 Níveis de desenvolvimento (LOD)

Os critérios de nível de desenvolvimento, que na literatura inglesa são conhecidos por *Level of Development* (LOD), são considerados como uma ferramenta de referência, destinada a melhorar a qualidade de comunicação entre os utilizadores *BIM*, em relação às características dos elementos que constituem o modelo (nomeadamente parede, pilar, viga, laje, sapatas, etc.). É geralmente expresso como uma série progressiva de números que correspondem a níveis de pormenorização distintos e gradualmente crescentes, relacionadas com as diferentes etapas da conceção e utilização de um edifício/infraestrutura (Silva, 2013). Assim sendo, pode-se definir os níveis de desenvolvimento da seguinte forma (BIM Forum, 2019):

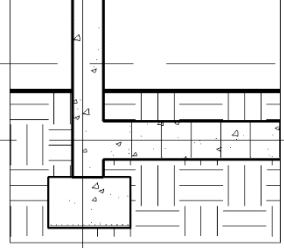
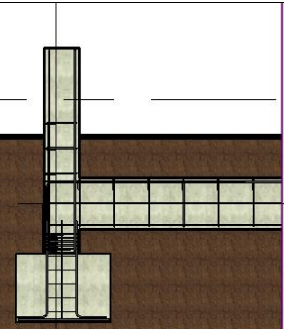
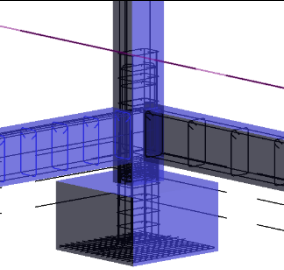
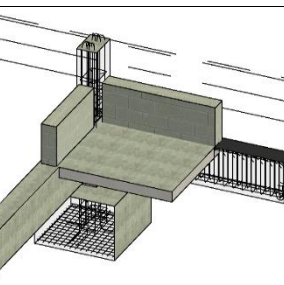
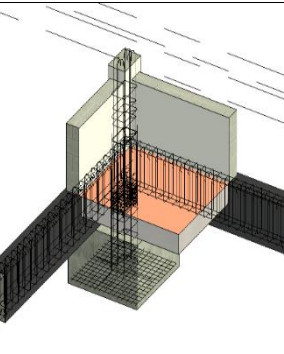
- LOD 100 – O componente pode ser representado graficamente por símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz o requisito para LOD 200. No que concerne as informações relacionadas a este componente (custo/m², tonlagem de AVAC, etc.) podem ser derivadas de outros componentes do modelo.
- LOD 200 – O componente é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou conjunto genérico com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas a este componente.
- LOD 300 – Neste nível de desenvolvimento as quantidades, tamanho, forma, localização e orientação do componente conforme projetado, podem ser medidos

diretamente a partir do modelo, sem se referir a informações não modeladas, como notas ou citações de dimensão. A origem do projeto é definida e o componente é localizado com precisão em relação à origem do projeto.

- LOD 350 – O componente é representado graficamente no modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas a este componente.
- LOD 400 – O componente neste nível de desenvolvimento é modelado com detalhes e precisão suficientes para a sua fabricação. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente a partir do modelo, sem se referir a informações não modeladas, como notas ou citações de dimensão.

De acordo o artigo LOD lançado pela BIMFORUM em 2019, aponta que esta versão, aborda apenas LOD 100 a LOD 400, juntamente com um novo LOD 350 que foi adicionado entre o LOD 300 e 400 para melhor abordar os níveis de informação necessárias para uma coordenação comercial eficaz. O LOD 500, não é abordado uma vez que o mesmo, está relacionado à verificação de campo e não é uma indicação de progressão para um nível superior de geometria ou de informação (BIM Forum, 2019). Na Tabela 2.2, encontra-se representado de forma gráfica a diferença entre os vários níveis de desenvolvimento.

Tabela 2.2 Níveis de desenvolvimento (LOD).

	<p>LOD 100</p> <p>Representação gráfica de uma fundação, na qual é levada em conta as características geotecniais do terreno. Não possui tantos detalhes sobre a mesma fundação.</p>
	<p>LOD 200</p> <p>Representação gráfica do mesmo modelo, com a armação incluída e com uma melhor visualização. Possuindo um pouco mais de qualidade com base a visualização.</p>
	<p>LOD 300</p> <p>Representação do mesmo modelo em visualização 3D dando uma maior clarificação daquilo que se pretende em comparação ao LOD 200.</p>
	<p>LOD 350</p> <p>Representação do mesmo modelo em 3D, incluindo outros componentes como: paredes e piso.</p>
	<p>LOD 400</p> <p>Neste nível já com maiores detalhes, é adicionado ao modelo pertencendo ao LOD 350, o acabamento final de cada elemento constituinte de acordo com a sua função e localização tais como:</p> <ul style="list-style-type: none">• Piso com acabamento em madeira;• Viga com betume de impermeabilização contra humidade;• Pilar com um acabamento a tinta de água.

2.2.4 Interoperabilidade e formato IFC

A integração automatizada do projeto de arquitetura a projetos complementares, depende da criação de soluções tecnológicas que propiciem a interoperabilidade entre diferentes softwares. Assim sendo, é preciso criar uma linguagem comum ou uma solução de exportação para que os diferentes programas das diferentes especialidades se comuniquem ou façam trocas de arquivos entre si, sem a perda de informações.

A Sociedade de Sistemas de Informação e Gestão em Saúde define a interoperabilidade, como sendo a capacidade de diferentes sistemas de tecnologia da informação e aplicativos de softwares, de se comunicarem, trocarem dados e reutilizarem as informações guardadas na base de dados (Gordon & Catalini, 2018). No qual dentro da indústria da AEC, é definida como sendo a capacidade de troca de dados entre aplicações distintas de softwares e de implementar e gerir relações colaborativas entre os parceiros de um projeto/obra. A interoperabilidade baseia-se tradicionalmente em intercâmbio de formatos de arquivos, como o DXF (Drawing Exchange Format) e o IGES (Initial Graphics Exchange Specification), que intercambiam somente a geometria (Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014). Para além destes formatos existem outros, no qual um dos mais relevantes é o *Industry Foundation Classes* (IFC), por ser o único formato verdadeiramente abrangente e representativo de todos os produtos da construção.

IFC é um formato de arquivo de dados voltado para o objeto, baseado na definição de classes que representam elementos, processos, aparências, etc. Utilizados pelos aplicativos de softwares durante o processo de construção de um modelo ou projeto.

O IFC foi desenvolvido para criar um grande conjunto de representações de dados consistentes de informações da construção para o intercâmbio entre softwares na indústria da AEC. IFC baseia-se nos conceitos e linguagens *ISO-STEP EXPRESS* para a sua definição, com pequenas restrições na linguagem (Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014). O IFC foi projetado para tratar todas as informações da construção, sobre todo o seu ciclo de vida, da viabilidade e planeamento por meio do projeto incluindo análise, simulação, construção, até a ocupação e a operação (Khemlani, 2004). Na Figura 2.3, encontra-se representada o funcionamento do IFC na troca e partilha de informação.



Figura 2.3 Ficheiros IFC inclui Geometria e Dados (Majcher, 2019).

2.3 Domínio de aplicação do BIM

Como se mostrou anteriormente, o BIM assenta num conjunto de conceitos e definições que se encontram atualmente num nível avançado de maturação. Porém, a aplicação regulada da metodologia BIM já está a dar os primeiros passos em alguns países, como é o caso do Reino Unido. Como prova disso, num jornal publicado pela *NIBS* em 2017, mostra que o governo do Reino Unido anunciou em abril de 2016, que qualquer empresa de construção que pretendesse participar nos concursos de obras públicas, precisaria estar no nível 2 de maturidade BIM (Waterhouse Ceo et al., 2017). Na verdade, a implementação deste nível já é uma realidade e conseqüentemente isto ajudará na total definição e desenvolvimento do nível 3 de maturidade BIM para a sua futura implementação neste país. A implementação do nível 2 de maturidade BIM trouxe consigo vários benefícios neste país, como por exemplo, no ano de 2013, ajudou a economizar mais de 804 milhões de libras em custos de construção (STUDIO, 2017).

Atualmente ficou mais fácil de se compreender o BIM, mas importa salientar que seus conceitos ou representações variam com base o nível de maturidade (níveis de detalhes e de informação associada ao modelo), como pode ser visto na Figura 2.4.

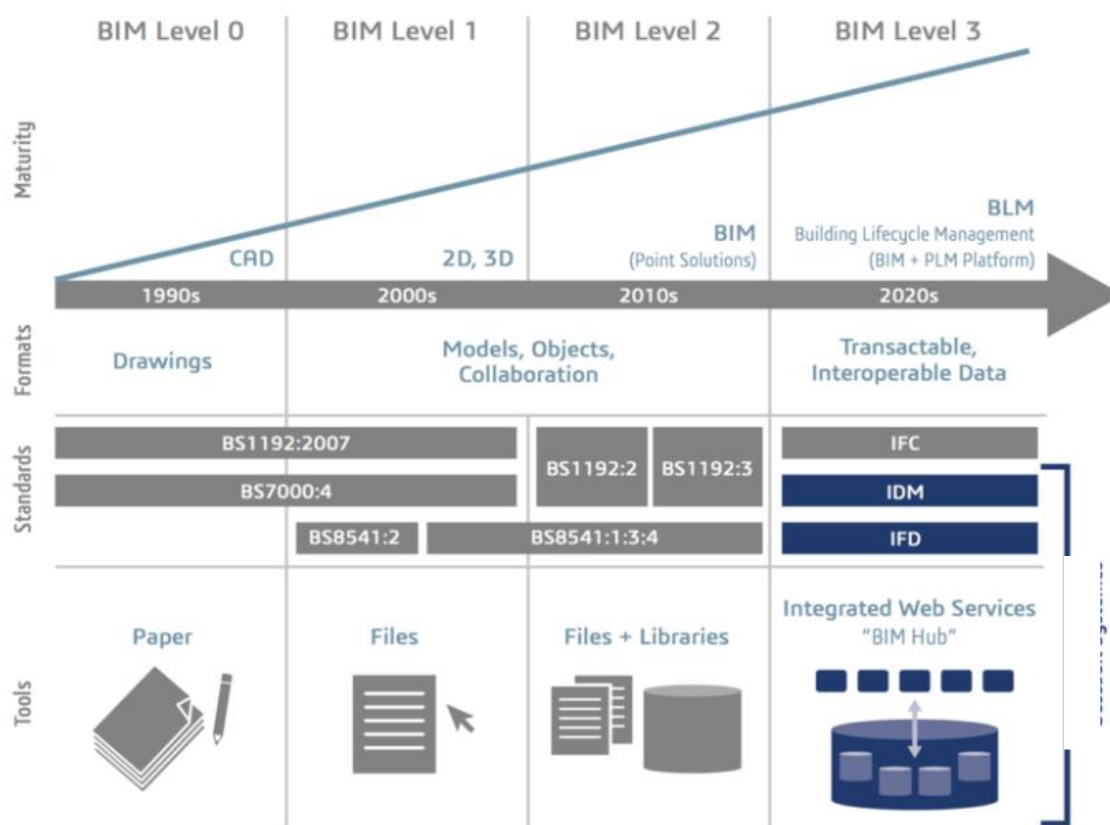


Figura 2.4 Nível de maturidade (STUDIO, 2017).

A Figura 2.4 em comparação à Figura 2.2, apresenta-se um pouco mais desenvolvida por incluir as ferramentas de trabalho e suas respectivas normas, que se diferem uma das outras

com base o nível de maturidade BIM. Essas normas servem para definir padrões e universalizar os critérios de avaliação, de modo a garantir que a sua utilização pelas partes interessadas (individualidades ou organizações), sigam os mesmos padrões de qualidades bem definidos, possibilitando que a informação seja usada e reutilizada sem alteração.

Os níveis de maturidade variam consoante o tipo de ferramenta, colaboração existente, e a norma a ser aplicada. Assim sendo, apresentam-se a seguir as normas utilizadas a cada nível de maturidade BIM de uma forma sequencial:

- BS1192:2007 – é um padrão britânico que define métodos de melhores práticas para desenvolvimento, organização e gestão de informações de produção na indústria da engenharia, arquitetura e construção. Fornece um modelo para aspetos práticos, incluindo convenções de nomenclatura na indústria AEC e facilita o uso eficiente de dados na gestão das infraestruturas (BSI, 2020).
- BS7000:4 – esta norma fornece orientação sobre a gestão do processo de desenho dentro na indústria da construção e deve permitir informações suficientes a serem produzidas para satisfazer os requisitos dos clientes, tal como o proprietário, contratante, investidor, etc. (Heygate-browne, 2004).
- BS8541:2 – é uma norma que pertencente a biblioteca de objetos da construção. Fornece orientações, recomendações e estabelece regras para a criação de símbolos e outras convenções gráficas usadas em desenhos para a indústria da construção, especificamente, símbolos e objetos 2D (Nisbet, 2013).
- BS1192:2/PAS-2:2013 – é uma norma utilizada para a gestão de informações durante o processo de entrega de projetos de construção, ao passo que a PAS-3:2014, é utilizada para a gestão de informações na fase operacional dos ativos/infraestruturas usando a metodologia BIM (BSI, 2020).
- BS8541:1:3:4 – esta norma trata do comportamento dos objetos da construção que constituem a biblioteca. No qual a parte 1 – trata da identificação e classificação; Parte 3 – trata da forma e dimensão. Finalmente a parte 4 –descreve e analisa os objetos (Nisbet, 2013).
- IFC:BS ISO 16739 – esta norma consiste na esquematização de dados representados num esquema *EXPRESS* e XML, dados de referência representados com definições de nomes de propriedades, quantidades e descrições formais e informais. Formatos de arquivos utilizados para troca e partilha de dados entre aplicativos/ferramentas BIM (ISO, 2010).
- IDM:BS ISO 29481:2010 – destina-se a facilitar a interoperabilidade entre os aplicativos de softwares usados no processo de construção, promover a colaboração

digital entre os atores do processo de construção e a fornecer uma base para troca de informações precisas, confiáveis, reproduzíveis e de alta qualidade (ISO, 2010).

- IFD:BS ISO 120006-3:207 – esta norma consiste na especificação de um modelo de taxonomia, que fornece a capacidade de definir conceitos por meio de propriedades, agrupar conceitos e definir relações entre os mesmos [informações orientadas a objetos] (ISO, 2010).

Como foi anteriormente dito, os níveis de maturidade BIM variam consoante a ferramenta, colaboração e o tipo de norma a ser aplicado. Assim sendo, a partir do esquema representado na Figura 2.2, percebe-se que no nível 0 de maturidade BIM, não existe colaboração e a troca de informação é feita por meio do papel, que posteriormente é substituído por ficheiros no nível 1. Contudo, no nível 2 de maturidade BIM, um pouco mais desenvolvido, há uma combinação entre ficheiros e biblioteca de objetos padronizados e existe colaboração. Finalmente no nível 3, faz-se a combinação dos aspetos dos níveis anteriores, no qual abrange uma maior integração, onde a troca de informações é feita via web (na nuvem).

2.3.1 Principais características das ferramentas CAD

O fluxo de trabalho dentro da plataforma CAD dá-se a partir da criação de desenhos relacionados a cada especialidade do projeto de maneira restrita e sequencial, o que dificulta a troca de dados e conseqüentemente a perda de informação, tornando o processo ineficaz. As diferentes especialidades que constituem o projeto são criadas de forma isoladas sem colaboração entre as mesmas, nomeadamente arquitetura, estrutura, sistemas de instalações mecânicas, elétricas, redes de águas e esgotos (Pinto, 2019).

A seguir apresentam-se as principais características das ferramentas CAD (Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, 2012):

- Modelação e visualização tridimensional de sólidos e superfícies;
- Desenhos gráficos constituídos por linhas e formas que contêm uma espessura, comprimento e cor;
- Modelos 2D que devem ser agregados para definir um edifício inteiro;
- Modelos que contêm dados 3D apenas sem quaisquer propriedades do objeto;
- Modelos que não suportam regras de comportamento para objetos;
- Modelos que não podem propagar mudanças em uma vista automaticamente para outras vistas;
- Construção por vistas 3D independentes como plantas, cortes e alçados.

A seguir encontram-se enumerados alguns exemplos de softwares CAD usados atualmente (Carlota, 2019):

- Thinker CAD – É um aplicativo online de desenho 3D voltado para utilizadores iniciantes de aplicativos da Autodesk;
- Free CAD – É uma ferramenta de modelação paramétrica 3D totalmente gratuita de código aberto, que permite projetar objetos da vida real de qualquer tamanho. Este software não foi projetado para fins profissionais, mas é uma boa ferramenta de treinamento;
- Creo CAD – É um dos líderes de mercado em desenho de produtos, desenvolvido pela *Parametric Technology Corporation* há mais de 30 anos. É uma ferramenta completa, ideal para o fabrico de produtos (nomeadamente automóveis, acessórios, etc.);
- Auto CAD – Foi um dos primeiros softwares CAD a ser lançado no mercado em 1982, tornando-se um software CAD muito estabelecido em todos os setores da indústria da AEC;

- OpenSCAD – É um software CAD gratuito e de código aberto voltado para a criação de modelos sólidos 3D, que funciona com base a codificação/programação.

2.3.2 Principais características das ferramentas BIM

O fluxo de produção de projeto em BIM dá-se de forma integrada entre os diversos profissionais envolvidos. São geradas inúmeras informações simultâneas em diferentes especialidades do projeto. Apesar de todas as informações do projeto estarem contidas em um modelo com base de dados único, a colaboração entre os vários profissionais ainda se faz quase que necessária. A seguir apresentam-se as principais características das ferramentas BIM:

- Substituição de projetos bidimensionais CAD por modelos 3D;
- Definições dos materiais e informações sobre a localização e características do terreno;
- Definição dos níveis (altura de cada piso);
- Representações 3D, com objetos paramétricos/inteligentes;
- Modelos que propagam mudanças automaticamente de uma vista para outra;
- Modelos que suportam regras de comportamento para objetos;
- Objetos definidos em termos de elementos de construção e sistemas (vigas, paredes, pilares, lajes, etc.);
- Base de dados com informações amplas sobre todos aspectos de uma obra (nomeadamente, projeto, cronogramas, custos, construção, operação, etc.).

A seguir, encontram-se enumeradas algumas ferramentas BIM mais relevantes, incluindo sua evolução ao longo dos tempos (Pinto, 2019):

- Autodesk – A Autodesk vem fomentando a produção de programas BIM com o desenvolvimento do *Revit*, programa comprado pela empresa *Revit Technology Corporation* em 2002 (Barak et al., 2009). Inicialmente a Autodesk lançou programas separados referentes a cada especialidade. *Revit Structure* para projetos estruturais, *Revit MEP* para projetos de instalações e *Revit Architecture* para a modelação do projeto de arquitetura. Porém desde a versão 2012, a empresa resolveu fundir todas as especialidades em um só pacote que resultou no *Revit Suite*. Para cálculo e dimensionamento estrutural a empresa oferece o *Robot Structural Analysis* e para compatibilização e análise de choques, a empresa disponibiliza o *Navisworks Manage*;

- Nemetschek – desenvolveu o programa *Allplan Architecture* voltado para arquitetura incluindo agora o *Archicad* e para a modelação estrutural, o *Allplan Structure*. A empresa possui também um programa para cálculo estrutural *Scia Engineering* e o *Solibri* voltado para o processo de compatibilização e detecção de choques do modelo final (Modelo Federado);
- Tekla Corporation – Comercializa o *TEKLA Structure*, aplicação BIM orientada para projetos de estrutura de aço e betão. Não possui programa de cálculo estrutural, porém, é possível a interoperabilidade com programas informáticos com essa finalidade como *Robot*, *SAP2000*, *STAADpro*, etc.

2.3.3 Diferenças entre a ferramenta CAD e a ferramenta BIM

Ao contrário de um software CAD que simplesmente assiste o desenho, o BIM literalmente cria um modelo virtual, com informações paramétricas agregadas a cada um dos materiais e elementos construtivos. No sistema CAD, uma linha não possui nenhuma informação além de sua espessura, comprimento, tipologia (tracejada, contínua, etc.) e a cor, é praticamente como um estirador de desenho eletrônico, que serve para identificar os objetos bidimensionais.

O BIM fornece uma base de dados abrangente de informações sobre todos aspetos de uma construção, tais como: informações sobre o projeto, construção, operação, cronogramas, custos, etc. Portanto, pode ser usado para extrair informações que se refletem em todos os aspetos imagináveis de um edifício.

A principal diferença entre a tecnologia BIM e o CAD 3D tradicional é que o último descreve uma construção por vistas 3D independentes, como plantas, cortes e alçados. A edição de uma dessas visualizações requer que todas as outras visualizações sejam verificadas e atualizadas, um processo sujeito a erros que é uma das principais causas de documentação deficiente. Além disso, os dados nesses desenhos 3D são apenas entidades gráficas, como linhas, arcos e círculos, em contraste com a semântica contextual inteligente dos modelos BIM, onde os objetos são definidos em termos de elementos de construção e sistemas, como espaços, paredes, vigas e colunas. O BIM carrega todas as informações relacionadas com a construção, incluindo suas características físicas, funcionais e informações do ciclo de vida do projeto, em uma série de “objetos inteligentes”. De forma a se ter uma ideia clara sobre essas diferenças, a Figura 2.5 apresenta um modelo 3D feito com a ferramenta CAD e por outro lado na Figura 2.6, encontra-se representado um elemento construtivo feito com a ferramenta BIM.

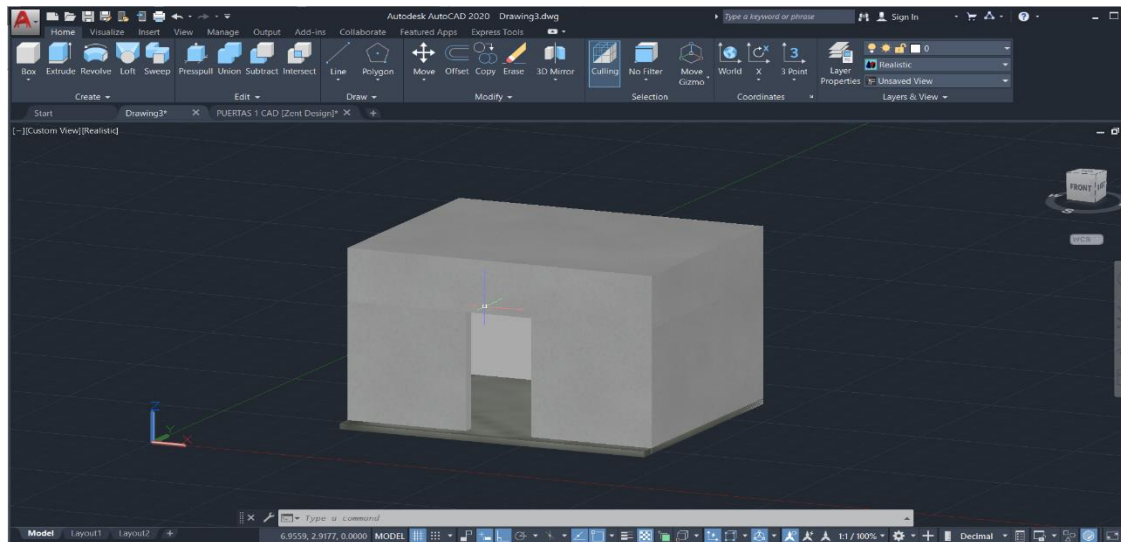


Figura 2.5 Modelo 3D feito no CAD.

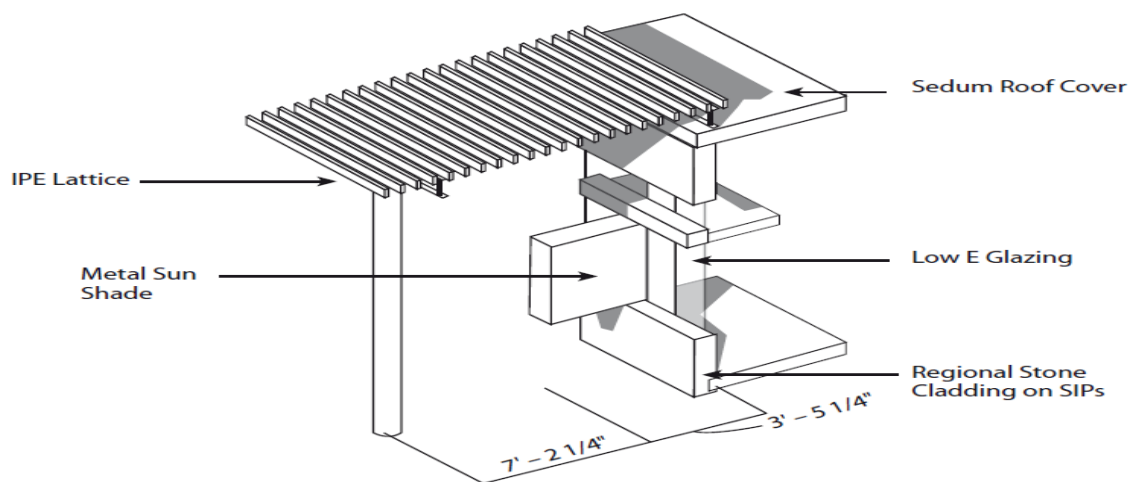


Figura 2.6 Representação de um elemento em BIM (Krygiel & Nies, 2008).

A Figura 2.6 em comparação com a Figura 2.5, vê-se claramente que para além das anotações, dimensões, pode-se também derivar a proteção solar, propriedades térmicas, informações do telhado e outros dados gerais do projeto de uma forma mais precisa, algo que torna o trabalho utilizando a metodologia BIM mais concisa e eficaz.

2.3.4 Aplicação do BIM na indústria AECO

O BIM é uma metodologia associada a tecnologia e regulamentações, sendo estes alguns dos fatores que têm retardado a sua implementação a nível mundial. Percebe-se claramente que a maioria dos países que têm implementado no mínimo o nível BIM de maturidade 2, são países mais desenvolvidos (nomeadamente Canadá, Japão, UK, etc.). Consequentemente, ainda há muitos países que não fazem a aplicação da metodologia BIM no seu todo ou que o façam, mas em um nível de maturidade baixo como é o caso do nível 1 de maturidade BIM conforme apresentado anteriormente na Figura 2.4. Como a modelação da construção encontra-se associada a informação, existem várias possibilidades para a sua aplicação. Algumas empresas utilizam o BIM para o planeamento de obras, orçamentação, outras ainda para a sustentabilidade e gestão de imóveis. No qual, essa aplicação vai depender do nível de detalhes e das informações disponíveis no modelo (nível de maturidade). Na Figura 2.7, encontram-se representadas outras aplicações do BIM na indústria da AECO.

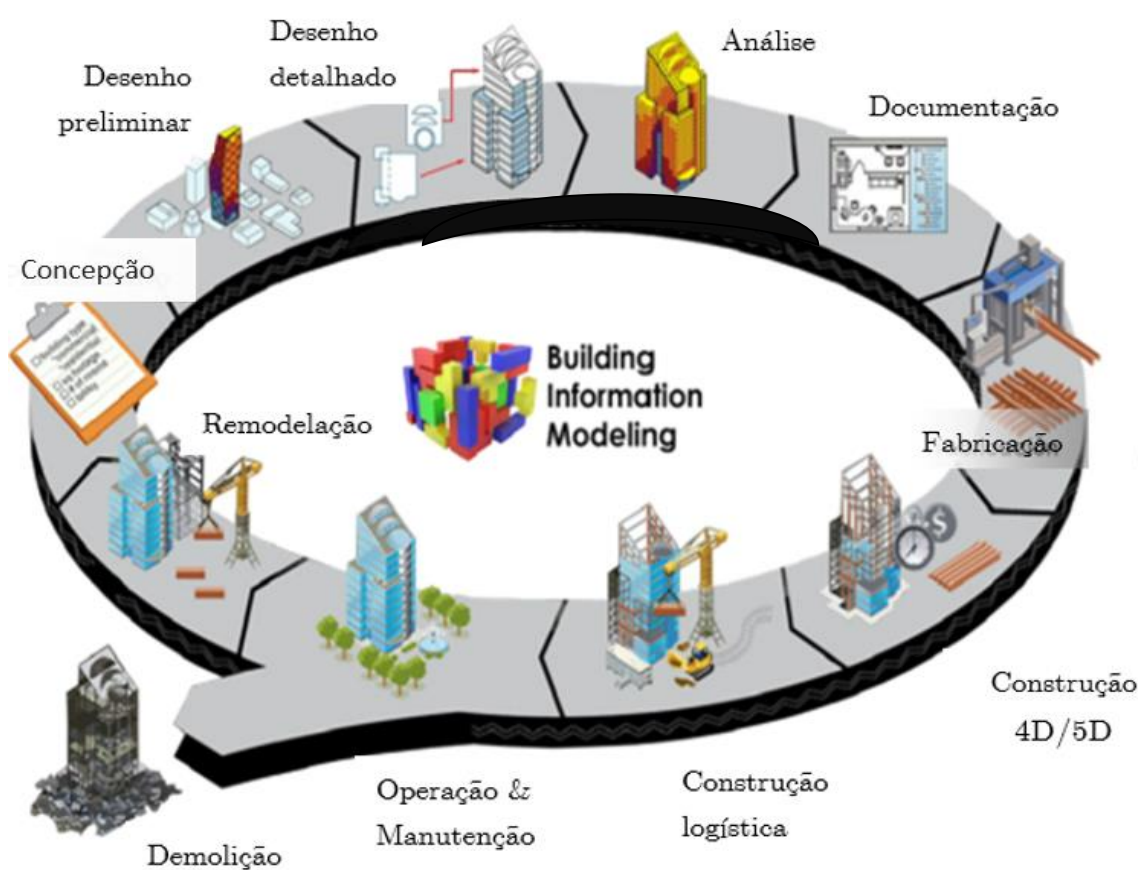


Figura 2.7 Aplicação do BIM na indústria da AECO (adaptado de (STUDIO, 2017)).

Pode-se perceber de acordo com a Figura 2.7, que o BIM se aplica em várias fases do projeto de edificações ou infraestruturas. Porém, segundo pesquisas conduzidas anteriormente, observa-se que esta metodologia tem sido muito mais aplicada para: quantificação e

orçamentação; detecção de choques e coordenação; integração e colaboração e por último, para a modelação e visualização (Tahir et al., 2017).

2.4 Documentação

BIM é uma metodologia que permite às equipas criar, analisar e editar modelos de projetos digitais 3D, que foi originalmente criado para acelerar o processo da documentação e do projeto em si. Além daquilo que eram os objetivos, o BIM trouxe consigo outros benefícios tais como: a substituição de documentos em papel para documentos virtuais e uma grande variedade de benefícios de produtividade e versatilidade.

O BIM foi originalmente conceituado com o objetivo de acelerar o processo de documentação no ato do projeto (Azhar, 2008). Desde a sua criação pela indústria AEC, tem apresentado uma série de outros benefícios derivados da modelação BIM. Todos esses benefícios são principalmente devido à capacidade do BIM de realizar virtualmente a construção em todos as fases do processo do projeto, na forma de uma base de dados (Krygiel & Nies, 2008). Isso nos permite simplesmente visualizar a base de dados em maneiras diferentes de obter imagens distintas do edifício. Essas visualizações podem assumir a forma de planos ou plantas de edificação, alçados, cortes ou tabelas de materiais, que constituem a documentação, sejam elas escritas ou desenhadas. Toda essa informação adicionada à base de dados do edifício facilita quantificar e orçar o projeto. Esses benefícios se estendem desde o projeto de conceção e documentação, até a construção e fase de utilização do edifício. Conforme o uso do BIM ganha impulso, mais e mais dessas ideias estão se tornando realizadas e capazes de serem facilmente integradas ao processo de projeto e de construção. Veja-se algumas dessas vantagens e como elas podem afetar a construção final (Krygiel & Nies, 2008):

- Documentos integrados; como todos os desenhos em um modelo BIM são colocados dentro de uma única base de dados ou modelo integrado, a coordenação de documentos torna-se relativamente automática. Isto só é possível porque o BIM é uma estrutura de base de dados que permite que após serem adicionadas as plantas às folhas em um conjunto de desenhos, as referências são coordenadas instantaneamente.
- Fases de visualização do projeto; a fase de visualização do projeto também é outro recurso simples, fruto do uso da ferramenta BIM. Novamente, com o modelo em 3D, pode-se ver quase repentinamente o edifício de qualquer ângulo. Esta pode ser uma ótima ferramenta não apenas para auxiliar no processo de visualização do projeto no espaço, mas também para transmitir ideias sobre o projeto aos membros da equipe, clientes,

contratados ou agências reguladoras. Para além desses benefícios existem outros como: a análise de orientação solar do edifício, ventilação, captação de águas da chuva, etc. Na Figura 2.8, podem ser vistos os efeitos do sol no edifício durante ao meio-dia para ajudar a explicar a importância do guarda-sol adequado para um grupo de colaboradores do projeto.

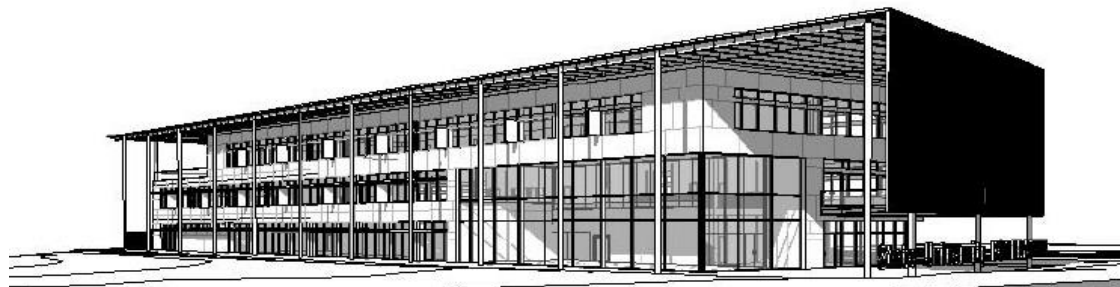


Figura 2.8 Visualização do modelo em 3D (Krygiel & Nies, 2008).

Na Tabela 2.3, apresenta-se informações sobre as janelas, que podem auxiliar no seu fabrico.

Tabela 2.3 Tabela de Janelas.

<Tabela de janela>

A	B	C	D	E	F
Altura	Altura do peitoril	Coefficiente de ganho	Coefficiente de transferência de calor	Largura	Resistência térmica
1.22 m	0.80 m	0.78	0.6496 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.5394 (h·ft ² ·°F)/BT
0.61 m	1.70 m	0.78	0.6496 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.83 m	1.5394 (h·ft ² ·°F)/BT
0.46 m	1.90 m	0.78	0.6496 BTU/(h·ft ² ·°F)	0.91 m	1.5394 (h·ft ² ·°F)/BT
	0.91 m				
1.22 m	0.31 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
0.46 m	1.67 m	0.78	0.6496 BTU/(h·ft ² ·°F)	0.91 m	1.5394 (h·ft ² ·°F)/BT
0.46 m	1.67 m	0.78	0.6496 BTU/(h·ft ² ·°F)	0.91 m	1.5394 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.70 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.71 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.71 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.80 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.80 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.29 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.29 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT
1.22 m	0.80 m	0.86	0.9795 BTU/(h·ft ² ·°F)	1.22 m	1.0210 (h·ft ² ·°F)/BT

2.5 Benefícios do BIM

Um dos principais benefícios das ferramentas de modelação BIM é a sua representação geométrica, que permite uma adequada visualização dos diversos componentes de um edifício num ambiente integrado de dados (CRC Construction Innovation, 2007). No entanto, existem outros benefícios os quais se descrevem a seguir:

- Processos mais rápidos e eficazes – as informações são mais facilmente partilhadas, podem agregar valores e serem reutilizados;
- Melhor projeto e propostas de construção podem ser rigorosamente analisadas, as simulações podem ser realizadas rapidamente, possibilitando soluções aprimoradas e inovadoras;
- Custos de vida útil e dados ambientais controlados – o desempenho ambiental é mais previsível, os custos do ciclo de vida são mais bem compreendidos;
- Montagem automatizada – os dados do produto digital podem ser explorados em processos para a fabricação/montagem de sistemas estruturais;
- Melhor atendimento ao cliente – as propostas são mais bem compreendidas por meio de uma visualização precisa;
- Dados do ciclo de vida – requisitos, projeto, construção e informações operacionais podem ser usados para a gestão das instalações ou do edifício.

De acordo as pesquisas feitas pelos vários autores e organizações acima citados, para além dos benefícios já identificados podem ser vistos outros benefícios da aplicação da metodologia BIM (Azhar et al., 2012):

- Reduzir custos e melhoraria da precisão e velocidade das estimativas de custos;
- Reduzir o tempo (redução de até 7% no tempo do projeto);
- Reduzir as solicitações de informações e pedidos de alteração (até 40% de eliminação de alteração orçada);
- Evitar confrontos (pode ser economizado até 10% do valor do contrato);
- Garantir custos mais baixos ao longo de toda a vida do ativo por meio de projetos sustentáveis;
- Facilitar a coordenação da construção e a criação de documentos de construção;
- Facilitar a simulação e visualização do projeto de construção.

Ainda conforme o relatório da Smart Market (MHC, 2014), como pode ser visto na Figura 2.9, mostra que segundo os empreiteiros de vários países (USA, Canada, Coreia do Sul, Japão, Alemanha, França, Reino Unido, etc.), por meio de uma pesquisa, verificou-se que o maior benefício do BIM, é a redução de erros e omissões existentes em projeto e a redução do

trabalho repetitivo, tendo um impacto importante para análise do retorno sobre o investimento (ROI). A colaboração entre os membros da equipa, melhor controlo de custos, redução do tempo de obra, fluxos de trabalho e aceitações são também reconhecidos como benefícios importantes para os empreiteiros com a utilização do BIM (MHC, 2014).

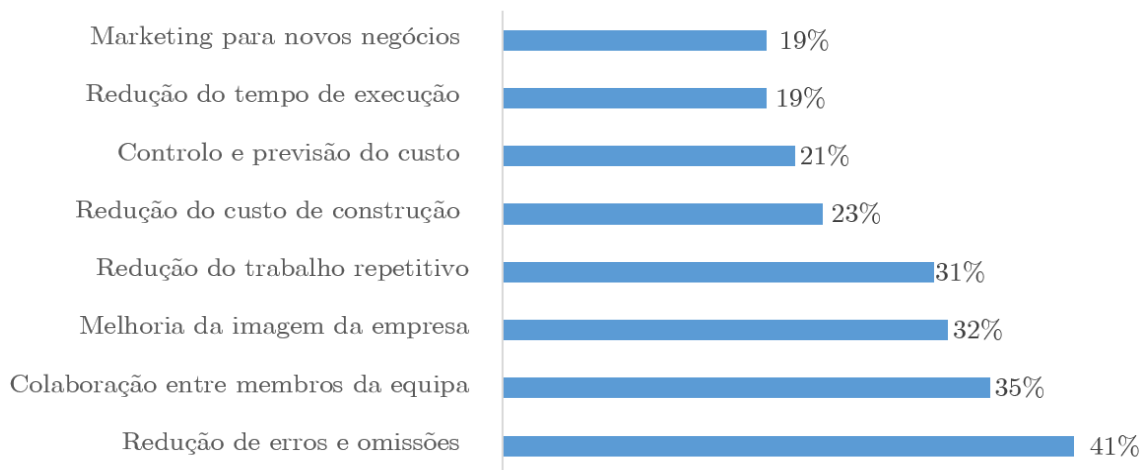


Figura 2.9 Benefícios do BIM para os empreiteiros (adaptado de MHC, 2014).

Portanto a adoção do BIM na América do Norte tem crescido drasticamente nos últimos anos, obtendo 70% de acordo com *McGraw Hill Construction*. O mesmo estudo demonstra que mais de um terço dos construtores possuem seis ou mais anos de utilização do BIM (MHC, 2014).

O setor da construção em Portugal está a ser transformado para adotar o conceito BIM, influenciado pelos países da Europa, como Reino Unido, onde para concursos públicos de investimento superior a 5 milhões de euros são obrigados a recorrer a este tipo de metodologia desde o ano de 2016.

Na Finlândia e Dinamarca desde 2007 que é obrigatório a utilização do BIM em qualquer obra pública (Gonçalves Jr., 2018).

Em Portugal onde poucas são as entidades licenciadoras a exigirem a entrega de processos de licenciamento em formato digital, será difícil a integração do BIM como metodologia necessária para a execução e licenciamento (Parreira, 2013).

2.6 Fatores que limitam a implementação do BIM nos gabinetes de projeto

A aplicação do BIM é benéfica para a indústria da construção e dá um alto retorno sobre o investimento (ROI), variando de 634% a 1633% (Azhar, 2011) e de 16% a 1654% por meio de três estudos de caso (Giel & Issa, 2013). No entanto, a aplicação da ferramenta BIM é muito mais lenta do que antecipado (Fischer & Kunz, 2004). As principais dificuldades de implantação da plataforma BIM encontradas nos gabinetes de projeto dizem respeito à falta de tempo para a implantação de uma nova plataforma de projetos, a incompatibilidade com parceiros de projeto (onde se faz necessário o uso da extensão universal IFC - *Industrie Foundation Classes* e o investimento em treinamento profissional) e a resistência encontrada por parte da equipe no que diz respeito a mudança para um novo software (ver Figura 2.10).

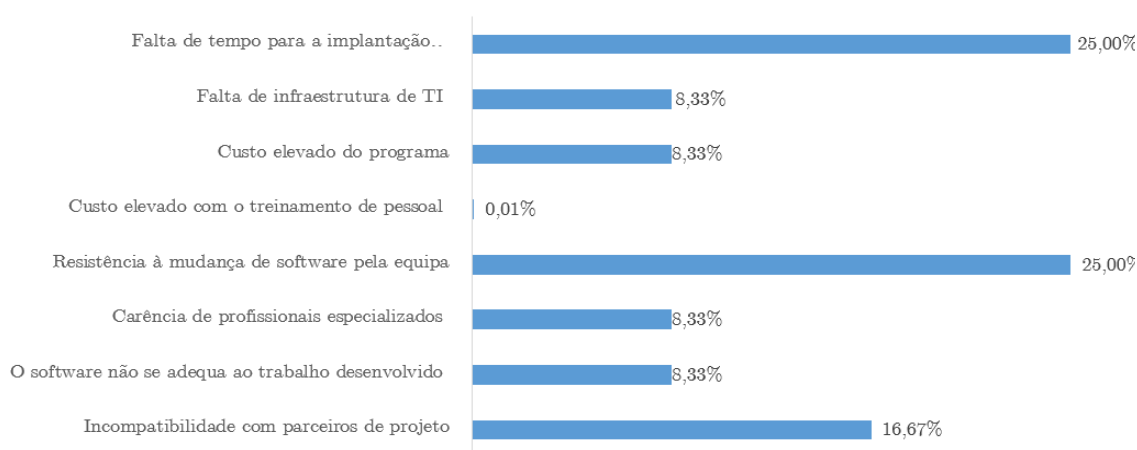


Figura 2.10 Dificuldades na Implementação do BIM (adaptado de Souza & Lyrio, 2009).

Para além dos fatores já mencionados, existem outros que podem ser resumidos e classificados em cinco categorias: Tecnológico, Custo, Gestão, Pessoal e Jurídico.

- Fatores tecnológicos

Os pacotes de softwares baseados em BIM também são chamados de ferramentas BIM. Os fatores tecnológicos referem-se aos fatores relacionados à ferramenta BIM que limitam a aplicação do BIM, como imperfeito ou software BIM imaturo, falta de padrões e protocolos, etc. Os recursos restritos de software baseado em BIM são os principais fatores que limitam sua aplicação na indústria da AEC. Por exemplo, falta de escalabilidade, interoperabilidade e suporte para colaboração remota e sua inadequação para a modelação de produção de estruturas de betão armado moldado no local (CIP). Estruturas dessa categoria são os

maiores constrangimentos que podem ser verificados no momento da sua aplicação em ferramentas BIM (Barak et al., 2009).

- Fatores custos

Esses custos principais mencionados na literatura incluem a compra do software baseado em BIM e hardware, as taxas de serviço de software e custos de treinamento, etc. Os fatores de custo referem-se a fatores limitantes relacionados ao valor monetário no processo da aplicação do BIM (Hardin, 2009b). Por exemplo, um usuário com um poderoso conjunto de ferramentas, estima o custo de uso do BIM em \$ 112.100, incluindo o salário anual do pessoal. De acordo com uma pesquisa conduzida pela McGraw-Hill Construction, custos e questões de treinamento têm sido as maiores barreiras para a aplicação do BIM (Jones et al., 2008).

- Fatores de gestão

Fatores de gestão referem-se ao processo e fatores limitantes relacionados à organização e incluem as atitudes dos participantes em relação aos aplicativos BIM. O BIM quebra as fronteiras tradicionais entre as empresas e permite a partilha de dados do projeto em um ambiente mais colaborativo (Jones et al., 2008). Isso significa que os participantes devem realocar suas funções na equipe do projeto e mudar o fluxo de trabalho de suas empresas de acordo com os requisitos da aplicação BIM. As mudanças em tudo, desde a gestão de arquivos, facturamento do cliente, resultados, até reuniões de coordenação são variados e complicados, conseqüentemente requerendo mais tempo para as organizações se adaptarem a essas mudanças (Post, 2008). A fragmentação é sempre um fator negativo que afeta a eficiência da produção e dos projetos de construção. Estima-se que a maioria dos participantes hesita em usar ferramentas BIM justamente pela fragmentação do processo de construção, o que faz com que cada projeto seja único e não reproduzível (Gilligan & Kunz, 2007).

- Fatores de pessoal

Fatores de pessoal referem-se aos fatores limitantes relacionados ao profissional. A falta de experiência de pessoal treinado que está familiarizado com a ferramenta BIM e tem experiência em usá-lo, é outra promessa fator limitante presente. O treinamento e a instrução de um grande número de profissionais são necessários para uma aplicação mais ampla e melhor do BIM. Mesmo em gabinetes de projetos, a maioria dos projetistas hesita em usar o BIM por causa da baixa eficiência, resistência habitual à mudança e forte demandas de trabalho encontradas durante o período inicial de configuração de ferramentas BIM (Jian-xin, 2010).

- Fatores legais

Os fatores legais referem-se aos fatores limitantes causados pela imaturidade do contrato de aquisição dos *softwares* ou das regulamentações dos aplicativos BIM. Ramificações legais e de seguro geralmente causadas por software ou programas imperfeitos que pode resultar em processos judiciais (Barak et al., 2009). Modelos de informações de construção são geralmente criado por diferentes profissionais com variedades de ferramentas BIM e usado por diferentes participantes. Se ocorrerem perdas significativas devido ao uso incorreto de informações dos modelos de construção, as reivindicações se tornarão muito complicadas devido à responsabilidade turva. Além do mais, a regulamentação do acesso e a segurança da informação do edifício (Ronald O. Méndez, 2006), propriedade e proteção de dados (Brodie, 2010), seguro (Post, 2008), protocolos (McAuley et al., 2012), também devem ser resolvidos.

2.7 Considerações finais

Este capítulo foi dividido em várias secções nos quais na secção 2.2, são apresentados conceitos e definições associadas ao BIM de acordo a vários autores e organizações. De uma forma sintetizada, define-se o BIM, como sendo um conjunto de base de dados que juntos contenham todas as informações sobre uma construção, no qual esses dados podem ser partilhados e usados no ciclo de vida de um projeto por todos os parceiros do projeto. Ainda nesta secção, foram apresentados outras ramificações em relação aos processos e funcionalidades BIM, no qual como elementos relevantes apresentam-se : os níveis de maturidade BIM que está relacionado com o nível de informação e evolução da mesma; níveis de desenvolvimento, que correspondem aos níveis de pormenorização distintas e gradualmente crescentes, relacionadas com as diferentes etapas da concepção e utilização de um edifício/infraestrutura e finalmente a interoperabilidade e o formato IFC que tem haver com a capacidade de troca de dados entre aplicativos distintos de softwares e de implementar e gerir relações colaborativas entre os parceiros de um projeto/obra.

O BIM é uma metodologia em constantes evoluções que atualmente ficou mais fácil de se compreender, mas importa salientar que os seus conceitos e representações diferem-se uma das outras com base os níveis de maturidade (níveis de detalhes e de informação associado ao objeto/modelo), níveis esses que também se encontram associadas a ferramentas e normas de utilização. Assim sendo, para além dos aspetos já mencionados, para melhor compressão evolutiva dessa ferramenta, na secção 2.3, são apresentadas as principais características entre as ferramentas CAD e ferramentas BIM, incluindo a principal diferença entre as mesmas. Esta diferença fundamenta-se no facto da ferramenta BIM

basear-se na modelação paramétrica do objeto, com informações anexadas e regras sobre o seu comportamento, ao passo que no CAD, a entidade central passa a ser apenas o desenho. Ainda nesta secção são apresentadas as principais aplicabilidades do BIM na indústria AECO, no qual dentre as várias aplicações desta metodologia, verifica-se que o BIM tem sido muito mais aplicado para: quantificação e orçamentação; deteção de choques e coordenação; integração e colaboração e por último, para a modelação e visualização.

Na secção 2.4, são apresentadas informações que constituem a documentação de um projeto na ferramenta BIM, sendo as mesmas composta por parte desenhada (cortes, alçados, plantas de edificação, etc.) e parte escrita (informações relacionadas com os materiais incluindo suas propriedades e outras características relevantes para a execução do projeto, como normas, etc.). Ainda nesta secção verifica-se que com a utilização do BIM é possível usar-se documentos virtuais em vez de impressos (papel, fotocópias, etc.).

Na secção 2.5, são apresentados vários benefícios sobre a ferramenta BIM, no qual um dos principais benefícios em comparação a tantos outros é o facto da ferramenta BIM ser uma representação geométrica que permite uma adequada visualização dos diversos componentes de um edifício e na gestão de dados durante o processo de projeto, construção e operações, não deixando de fora a redução de erros e omissões que resultam numa redução de custos em projetos dentro da indústria da AEC.

Finalmente na secção 2.6, apresentam-se os vários fatores que limitam a implementação do BIM nos gabinetes de projeto, no qual podem ser: tecnológico, custos, gestão, pessoal e jurídico. Dentre esses fatores, conclui-se que a maior dificuldade dessa implementação, baseia-se na “falta de tempo para a sua implantação, resistência à mudança de software pela equipa e na incompatibilidade com parceiros de projeto”.

3 Compatibilização de projetos

3.1 Considerações iniciais

A atividade dos projetistas envolve a coordenação e a colaboração das suas tarefas com vários intervenientes durante o processo de elaboração do projeto.

Durante o desenvolvimento de um projeto, este é desenvolvido de acordo com as suas diversas especialidades, no final, estas especialidades são sobrepostas para a obtenção de um modelo federado. Cada especialidade que integra o modelo federado tem a sua própria cultura disciplinar, que se reflete em características ou modelos cognitivos e representações próprias (Neff et al., 2010b). Essas características também se refletem nos procedimentos de trabalho, práticas e uso de ferramentas específicas. No entanto, as tarefas dos projetistas são altamente interdependentes em termos de conteúdo, tempo e procedimentos práticos. O processo de desenvolvimento de projetos a nível da construção civil, tem como base o projeto de arquitetura, no qual o projetista usa ferramentas adequadas e específicas para a criação do modelo de arquitetura que posteriormente é entregue aos engenheiros estruturais. Os engenheiros estruturais convertem o modelo arquitetural em objetos que facilita o seu manuseamento dentro da plataforma/ferramenta para a criação do modelo estrutural. Em seguida, com base no modelo criado pelo engenheiro estrutural, os especialistas na área das instalações mecânicas, elétricas e redes, definem o número de aberturas necessárias e entregam novamente ao engenheiro estrutural, que projetará as localizações das aberturas usando o mesmo modelo (Kerosuo et al., 2015). Contudo, percebe-se que não é um processo fácil e que apesar dos esforços dos projetistas, as qualidades dos projetos nem sempre satisfazem as necessidades e solicitações dos demais colaboradores (como por exemplo, aqueles que trabalham no estaleiro de obras). Assim sendo, de modo a se compreender melhor esta temática, estudar-se-á nas secções seguintes:

- Conceitos de compatibilização;
- Dimensões de compatibilização;
- Detecção de choques e interferências (*clash detection*);
- Prevenção de choques e coordenação de projeto na fase inicial.
- Compatibilização de projetos de arquitetura, estrutura e redes de águas e esgotos;
- Mecânica, elétrica e redes de águas e esgotos (MEP);
- Utilização do BIM para a coordenação dos sistemas de serviços dos edifícios.

3.2 Conceitos de compatibilização

A compatibilização de projetos pode ser compreendida como sendo uma simulação virtual do modelo federado (das várias especialidades), que tem como objetivo principal, a verificação da interação entre as mesmas e a identificação das interferências que possam existir durante o processo de construção do edifício/obra. De tal forma que caso sejam identificadas tais interferências, devem ser eliminadas, fazendo os ajustes possíveis de cada especialidade, a fim de diminuir o retrabalho, tempo e desperdício de material, que consequentemente trazem consigo melhoria na qualidade do projeto.

Na Tabela 3.1, apresentam-se alguns conceitos relevantes sobre a compatibilização, defendida por vários autores, evidenciando-se os aspectos que justificam a sua viabilidade e eventuais transtornos causados.

Tabela 3.1 Conceito de compatibilização (Medeiros & Carrijo., 2019).

Tabela Comparativa dos autores			
Autor	Compatibilização	Viabilidade	Transtornos
GRAZIANO, 2003	Define como uma verificação dos diversos componentes do projeto, se os mesmos ocupam espaços incompatíveis com as demais especialidades.	Os projetos terão uma relação monótona entre as demais especialidades necessárias para sua elaboração.	Elementos estruturais, hidráulicos, arquitetônicos entre outros, com interferência entre si, havendo a necessidade de intervenção no projeto na fase de execução.
ÁVILA, 2011	Deteta e elimina problemas na fase de elaboração de projetos.	Reduz retrabalho, custo da obra e materiais, qualificando melhor o empreendimento e aumentando sua competitividade diante do mercado de trabalho.	Aumento do custo da edificação, desperdício de materiais e atrasos na entrega da obra devido os retrabalhos.
CORAL, 2013	Possibilita os ajustes dos colisões originados na sobreposição das várias especialidades que constituem o projeto da obra.	Simplifica a fase de execução e proporciona maior controle da qualidade da edificação.	Incompatibilidade entre as várias especialidades, que gera um aumento do tempo de concepção e desenvolvimento do projeto.

A compatibilização de projetos torna-se numa ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não-conformidades e em consequência a resolução de problemas associados a essas falhas (Tavares Júnior, 2001).

Percebe-se que a maioria dos autores definem a compatibilização de projetos não só pelo ponto de vista espacial e geométrico, mas também pelo ponto de vista da integração e

colaboração entre os vários profissionais envolvidos no projeto. Destacam que a compatibilização deve ir além da sobreposição das diversas especialidades do projeto que constituem a edificação/obra. Estabelecem também que a compatibilização está diretamente ligada com o processo de desenvolvimento dos projetos e suas diferentes especialidades. A compatibilização administra a ação de detetar falhas associadas às interferências e inconsistências físicas entre vários elementos da obra. Definindo a compatibilização como um procedimento que deve ser realizado no âmbito da coordenação de projetos sendo, portanto, um fator importante na melhoria da construção e da racionalização construtiva.

O processo de compatibilização pode ser feito de diversas formas, seja por métodos tradicionais na sobreposição de vários desenhos CAD 2D ou pelos métodos convencionais utilizando a metodologia BIM (nomeadamente, ferramentas como Navisworks Manage ou Solibri). O processo de sobreposição de desenhos CAD 2D, apesar de ser uma prática muito usada, os resultados da análise das interferências das diversas especialidades do projeto nem sempre acabam sendo claros devido à elevada complexidade dos projetos. Daí a necessidade de implementação da metodologia BIM, que trazem melhorias no processo de compatibilização em relação aos métodos tradicionais CAD. A Figura 3.1 apresenta um exemplo tipo sobre a sobreposição de projetos nos métodos tradicionais CAD.

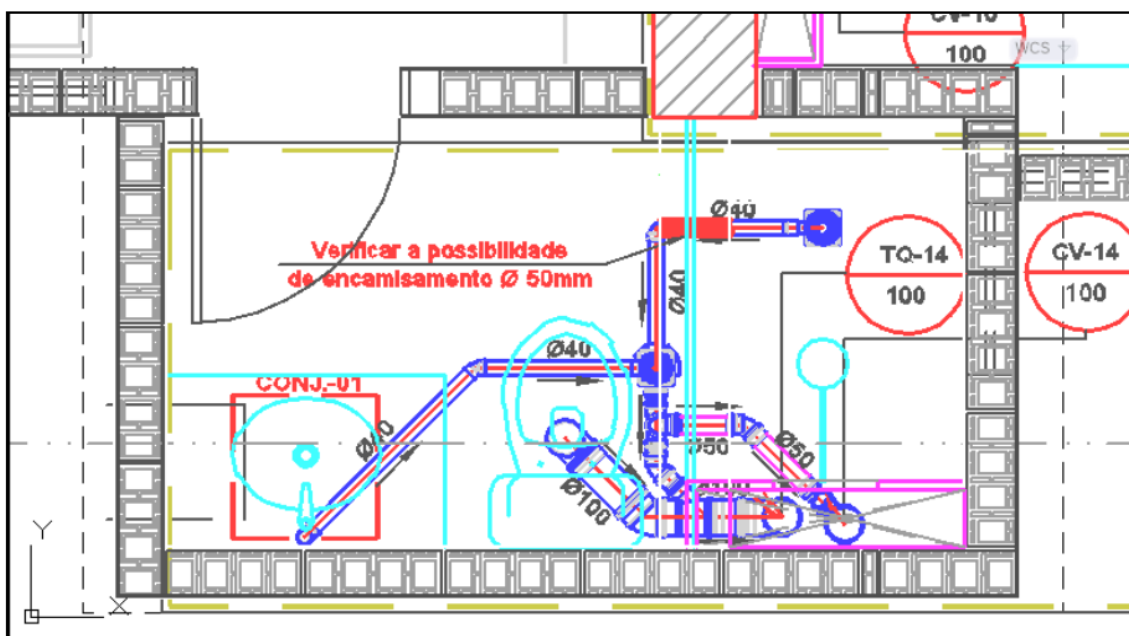


Figura 3.1 Sobreposição de projetos (Ana Monteiro, António Pereira, David Calvacanti, 2017).

Acredita-se que a compatibilização de projetos é uma ferramenta para a busca de uma execução eficiente e econômica, mas apesar disso ela ainda pode vir a enfrentar desafios. Com a corrida cada vez mais rápida das construções, os cronogramas e prazos estão sendo mais reduzidos, deixando a compatibilização de lado, por ser um processo de análise

minucioso e lento (Ana Monteiro, António Pereira, David Calvacanti, 2017). Porém, apesar de ser um processo lento e minucioso, recomenda-se que se faça sempre que possível, de modo a se evitar erros que podem pôr em causa a qualidade do projeto e atrasos na entrega da obra. A seguir, enumeram-se alguns destes erros que serão posteriormente apresentadas de uma forma mais explícita no desenvolvimento do “estudo de caso” (Tavares Júnior, 2001):

- Incompatibilidades entre as diferentes especialidades;
- Erros ou diferenças de cotas, níveis e alturas;
- Detalhe inadequado ou falta de detalhe;
- Falta de especificação dos materiais e componentes;
- Cruzamento de redes elétricas e hidráulicas;
- Posicionamento incorreto dos pontos elétricos.

3.3 Dimensões de compatibilização

A compatibilização gráfica pode ser reduzida, se os projetistas forem bem orientados pela coordenação e gestão do projeto. No conceito de dimensões da compatibilização, para além da compatibilização gráfica, são considerados outros aspetos tais como: viabilidade técnico-económica, facilitação do fluxo de produção, programa de necessidades, sejam eles fisicamente construídos ou conceptualmente concebidos (Solano, 2005). As dimensões de compatibilização, podem ser categorizadas como: compatibilização conceptual, compatibilização de desempenho, compatibilização de orçamentação e compatibilização como processo (Consultoria, 2019). Estas dimensões, podem ser definidas da seguinte forma (Consultoria, 2019):

- Compatibilização conceptual – Analisa se os conceitos fundamentais entre as soluções das diversas especialidades são coerentes entre si (nomeadamente sobre a compatibilidade e diretriz de sustentabilidade traçada para o projeto);
- Compatibilização de desempenho – Aplica-se aos parâmetros de operação de equipamentos e sistemas construtivos ou de instalações (verificação da compatibilidade em termos de desempenho, se é compatível as solicitações a que serão submetidas);
- Compatibilização de orçamentação – Avalia se as soluções estão coerentes com o nível de investimento acessível ao empreendedor. Conceções de soluções que não podem ser implantadas por limitações de orçamentação;
- Compatibilização como processo – Começa na definição de requisitos do projeto para estabelecer os parâmetros diretivos sobre os quais as análises que serão

desenvolvidas. Participa na definição de diretrizes coerentes para a concepção e no apoio à realização das soluções, a estas diretrizes que as tornam coerentes entre si. Assim sendo, pode-se concluir que a compatibilização é na realidade uma característica do processo de trabalho e não uma ação exercida sobre o produto do mesmo, pois ela ocorre a cada instante em que um requisito de qualidade é introduzido nas diversas análises em qualquer especialidade do projeto.

3.4 Detecção de choques e interferências (*Clash detection*)

Antes de se entrar especificamente nos conceitos de detecção de choques e interferências, usualmente conhecidos na literatura inglesa por *clash detection*, há que conhecer primeiramente as causas que levam à necessidade da utilização deste processo. Assim sendo, apresentam-se na Tabela 3.2, as principais causas das interferências entre projetos.

Tabela 3.2 Principais causas de choques ou interferências

Autor	Causa das interferências ou choques
(Leite et al., 2011)	Uso errado ou baixo nível de detalhes
(Tommelein & Gholami, 2012)	Incertezas do projeto
(Tommelein & Gholami, 2012)	Precisão versus prazo
(Craig & Zimring, 2002)	Projetistas trabalhando no projeto isoladamente
(Tommelein & Gholami, 2012)	Complexidade do projeto
(Abdelhameed & Saputra, 2020)	Tempo insuficiente
(Hartmann, 2010)	Utilização de modelos 2D em vez de 3D
(Love et al., 2009)	Erros de desenho/projeto
(Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014)	Uso de arquivos de diferentes formatos pelo facto de as especialidades não serem modeladas no mesmo software ou na mesma plataforma
(Leite et al., 2011)	Falta de especialistas/profissionais

Segundo trabalhos desenvolvidos anteriormente em relação às causas das colisões ou interferências como mostra a Tabela 3.2, a falta de especialistas/profissionais, foi vista

como sendo uma das principais causas. Para além da falta de especialistas, segundo estudos feitos por estes autores, apontou-se que o facto dos projetistas trabalharem isoladamente, a complexidade dos projetos, o uso de modelos 2D em vez de 3D e os erros de projeto, são também aspetos importantes na análise sobre as causas das colisões/interferências. Na tentativa em identificar as “causas de erros de desenho” em projetos desenvolvidos na metodologia BIM, conclui-se que estes erros, não estão relacionados com a falta de conhecimento ou formação dos projetistas em ferramentas não-BIM (por exemplo, CAD), mas sim, pela complexidade, falta de comunicação entre os intervenientes do projeto e de algumas limitações nas ferramentas BIM. A criação de função fixa de especialistas com interdependência mínima entre eles cria um projeto geral, não otimizado e mais complexo. A complexidade dos desenhos parece ser mais frequente em sistemas *MEP* (Froese, 2010). Agora que se sabe as causas, pode-se simplesmente dizer que *clash detection* é uma operação para detetar/verificar as interferências ou choques entre as especialidades dentro do modelo federado, operação esta que pode ser feita com a utilização de ferramentas BIM, tais como Navisworks Manage ou Solibri. Todavia, os resultados obtidos com os testes, vão depender do nível de detalhes ou maturidade do modelo. Quanto mais preciso e rico for o nível de detalhes do modelo, mais eficiente será a deteção de interferências (Eastman et al., 2011).

Em geral, as interferências detetadas na metodologia BIM podem ser classificadas em três tipos (Sena, 2012):

- *Hard Clash* (“choque rígido”) – Ocorre quando dois objetos ocupam o mesmo espaço. Quando há choque entre os elementos, sendo o tipo mais comum e prejudicial a nível de interferências.
- *Soft Clash* (“choque suave”) – São os choques que ocorrem sem o contacto físico dos objetos. Ocorrem em elementos que exigem uma certa tolerância espacial livre dentro de um raio específico (por exemplo, durante a execução de forro em placas de gesso, que para a sua correção, precisa de uma distância mínima para a passagem de tubulações entre o mesmo e a laje).
- *4D Clash/Workflow Clash* (“choques 4D” /fluxo de trabalho) – São interferências detetadas durante o sequenciamento de atividades ao longo do tempo de construção. Essas interferências não são visíveis ao final do processo, apenas durante as etapas específicas da construção, no qual são muito úteis para identificar interferências dentro do estaleiro das obras, com elementos como guias e máquinas que atuam temporariamente.

Na Figura 3.2, apresenta-se um exemplo ilustrativo sobre interferências e deteções de choques na metodologia BIM.

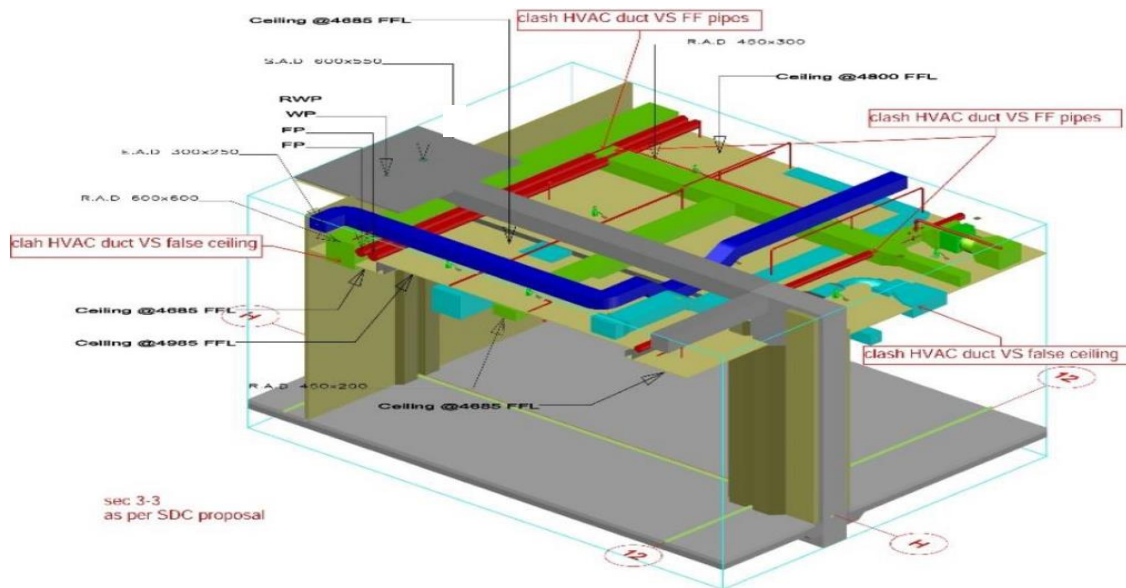


Figura 3.2 Choques entre sistema MEP com o teto falso e tubos de sistemas de incêndio (Abdelhameed & Saputra, 2020).

3.4.1 Prevenção de choques e coordenação de projeto na fase inicial

A necessidade de os projetistas coordenarem com eficácia na fase inicial de projeto tem sido regularmente destacada por vários especialistas. Há necessidades de simultaneidade e o entendimento partilhado como requisitos gerais para uma tomada de decisão eficaz em estruturas colaborativas (Garrett & N. Ivezic, 1994); e a coordenação do projeto deve começar durante a fase inicial e deve ser contínua (Michael Bloomberg, 2012). Porém, este conselho contraria as disposições do (PAS 1192-2, 2013) que, embora menciona a prevenção de interferências, especifica que o *Work-in-progress* (WIP) destina-se apenas a equipas que trabalham em casa (*in-house*). Indiscutivelmente, o *WIP* incentiva o trabalho isolado e nega o princípio de colaboração inicial e principalmente na troca de *feedback*. De igual modo, a colaboração em BIM só pode ser eficaz quando os intervenientes concordam em desenvolver e melhorar um modelo em conjunto e recomenda a coordenação por meio de confiança no modelo de informação, em vez de definir funções e responsabilidades que criam independências por extensão e menos colaboração (Akponeware & Adamu, 2017). Na Tabela 3.3, encontra-se um resumo sobre as diferenças relevantes entre a deteção de choques e os métodos de prevenção.

Tabela 3.3 Diferenças relevantes entre a detecção de choques e os métodos de prevenção.

Deteção de choques	Prevenção
É um processo reativo (após o facto) e verifica se há colisões e coordenação somente após as decisões do projeto serem tomadas.	É um processo proactivo e garante que as decisões tomadas sobre o projeto e seus resultados sejam acordados de forma colaborativa (por todos os participantes).
Principalmente em atividades de pré-construção.	Deve correr em todas as fases do projeto.
O foco está na ferramenta de detecção e na melhoria de conjuntos de regras de choques.	O foco vai além das ferramentas. Tem ênfase no meio da colaboração entre o sistema <i>MEP</i> e as demais especialidades.
Requer experiência de coordenação de nível básico.	Requer uma gestão mais rigorosa e experiência de coordenação.
Pode ou não ser feito por um projetista experiente. Uma compreensão completa do software de detecção de choques por um júnior é considerado suficiente.	Requer projetistas mais experientes com uma ampla visão sobre o processo do projeto.
Não requer uma partilha de situação de consciência (sentido de culpa).	Requer uma partilha de situação de consciência (sentido de culpa).

3.5 Compatibilização de projetos de arquitetura, estruturas e redes

No âmbito deste trabalho serão desenvolvidos alguns trabalhos de compatibilização entre projetos de arquitetura, estruturas e redes de águas e esgotos. Neste sentido, apresenta-se nesta seção uma abordagem simples sobre os procedimentos mais usuais na compatibilização entre estas especialidades.

3.5.1 Arquitetura

Os projetos de arquitetura modelados através de ferramentas BIM podem ser desenvolvidos com base em produtos e materiais reais que serão utilizados na construção, incorporando a sua geometria, suas características e especificações. Todavia, apesar do projeto de arquitetura poder ser desenvolvido de forma separada em relação às outras especialidades, não deixa de ser interdependente. Assim sendo, surge a necessidade de se fazer a verificação de possíveis interferências, aquando da sobreposição com outras especialidades tais como, o projeto de estruturas que será descrito a seguir e as outras especialidades.

3.5.2 Estruturas

Tal como o projeto de arquitetura, o projeto de estruturas também é feito por um profissional especializado interdependente. O projeto de estruturas é um projeto complementar ao projeto de arquitetura, cujo objetivo principal está na base do dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais (nomeadamente pilares, vigas e lajes), permitindo a estabilidade do edifício e salvaguardando a segurança e o conforto dos utilizadores. A compatibilização do projeto de arquitetura com o projeto de estruturas, tem como objetivo verificar os alinhamentos entre os elementos estruturais como paredes e interseções com esquadrias. Também inclui a verificação das circulações verticais como as escadas, verificação do espaçamento entre o teto falso e a laje, vãos de janelas e portas, com intuito de verificar se não se encontram obstruídas pelos elementos estruturais. Na Figura 3.3, encontra-se representado um exemplo tipo de um projeto de compatibilização entre arquitetura e a estrutura.



Figura 3.3 Compatibilização do projeto de arquitetura x estrutura (Tecnosil, 2018).

Sendo os projetos de arquitetura e de estruturas interdependentes, é necessário que se faça a verificação de potenciais interferências com as outras especialidades tais como; mecânica, elétrica e redes de águas e esgotos que serão descritos a seguir.

3.5.3 Mecânica, elétrica e redes de águas e esgotos (MEP)

Na literatura inglesa a sigla *MEP* refere-se a *mechanical, electrical e plumbing*, trata-se de um acrônimo adotado para descrever os sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos em projetos de construção. A importância destes sistemas na construção de edifícios, tem vindo a aumentar devido aos requisitos cada vez maiores por parte dos utilizadores dos edifícios. Os projetos de construção agora abrangem mais do que os sistemas tradicionais mecânicos, elétricos e hidráulicos, incluindo também proteções contra incêndio, sistemas de controle

de edifícios e componentes de telecomunicações (nomeadamente internet, televisão, telefone, etc.).

Apesar destes novos sistemas adicionais se enquadrarem nas categorias históricas do MEP, são frequentemente instalados por profissionais que não fazem parte da equipa dos técnicos de sistemas *MEP* (Tatum & Korman, 1999).

Embora os sistemas *MEP* se encaixem em zonas de aberturas oriundas dos projetos de arquitetura e estruturas, esses espaços apresentam por vezes algumas limitações em termos de tamanho. Estes espaços são limitados para evitar espaços inutilizáveis, todavia sendo limitados causam o amontoamento dos sistemas *MEP* em espaços apertados, difíceis de instalar, construir e gerir (D. Riley, 2000).

Portanto, os requisitos dos sistemas de serviços dos edifícios devem ser considerados desde o início da fase de projeto. Além disso, a coordenação de informações interdisciplinares entre todas as especialidades de projeto envolvidas na fase de projeto, devem ser feitas com o conhecimento das implicações da decisão tomada para os projetos de construção de edifícios.

Dentro dos sistemas/instalações dos edifícios, são considerados como elementos mais relevantes os seguintes:

- Sistemas *HVAC* – O projeto do sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (*AVAC*), concentra-se nas condições térmicas e atmosféricas do interior do edifício. Os sistemas *AVAC* são responsáveis pelo completo condicionamento do ar interno, que pode incluir a filtragem de poeira e odores, purificação com ar externo, regulação da temperatura do ar e da humidade relativa do ar. O sistema deve proporcionar um ar condicionado saudável e confortável para os ocupantes do edifício. Climas locais, atributos de ocupação do edifício, tamanho do edifício, forma e tipos de construção constituem os fatores e as variáveis importantes que afetam o projeto e a implementação dos sistemas de *AVAC* (Ambrose, 1992). Nestes sistemas são utilizados tubos (usualmente de metal) que devem ser cortados em seções de folhas de metal, fabricados em unidades que podem ser facilmente transportadas e manobradas na posição e em seguida, montadas e instaladas no lugar em um estaleiro de obras. As unidades de tubos são objetos tridimensionais e muitas vezes possuindo geometrias complexas (Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014). Na Figura 3.4, encontra-se representado exemplo de um sistema *HVAC*.



Figura 3.4 Sistema HVAC (Linter filtros, 2021).

- Sistemas elétricos – O projeto dos sistemas elétricos é uma parte integrante dos serviços de um edifício, virtualmente todos os equipamentos mecânicos do edifício requerem energia elétrica. O projeto e a seleção dos sistemas elétricos são muito influenciados pelos sistemas mecânicos adotados. O aumento exponencial nos sistemas de comunicação e informação em edifícios fez com que a necessidade por sistemas elétricos aumentasse. Os sistemas elétricos no contexto de todos os outros serviços de um edifício requerem uma pequena percentagem do espaço do edifício. Um número razoável de dispositivos elétricos operacionais, são expostos nos espaços internos, tornando-se fundamental para os projetistas coordenarem com eficácia a localização e a estética, para serem bem coordenadas com os sistemas arquitetônicos e estruturais (Janis & Tao, 2019). Nestes sistemas, são utilizados cabos elétricos, condutores e caixas por onde passam, as quais devem ser coordenadas com os outros sistemas (Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, 2014). Na Figura 3.5, encontra-se o modelo tipo de um sistema elétrico.

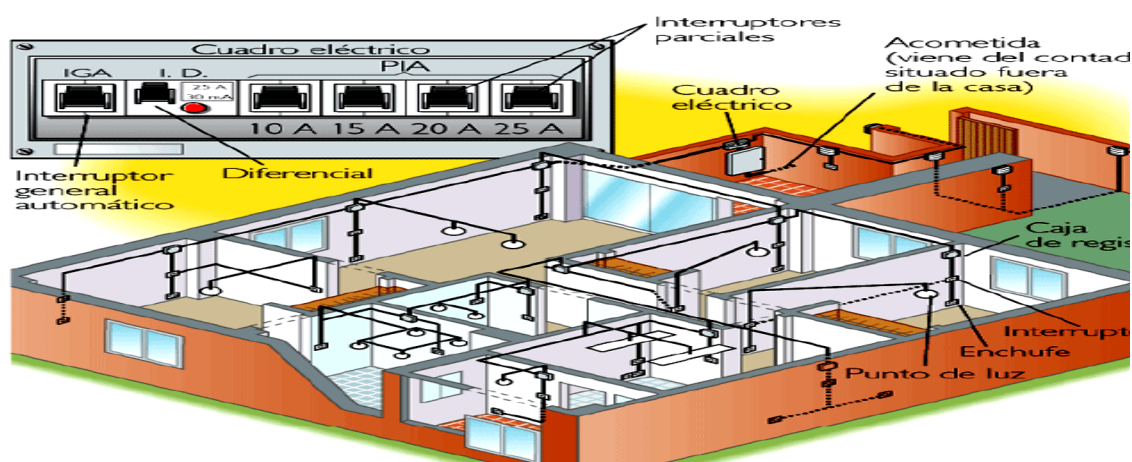


Figura 3.5 Exemplo de um sistema elétrico (Segarra, 2004).

Sistemas hidráulicos – Os sistemas hidráulicos referem-se à rede de sistema de canalização instalada para o abastecimento de água, drenagem de resíduos e gás natural. Cada um desses sistemas, têm uma abordagem de dimensionamento exclusivo. A pressurização é uma preocupação crítica ao projetar os sistemas de abastecimento de água e gás, enquanto o projeto do sistema de drenagem de resíduos está ancorado no fluxo por gravidade. Os sistemas hidráulicos estão diretamente conectados à rede pública de abastecimento, que deve ser considerado na base do edifício e no projeto da fundação. A existência de extintor para o combate a incêndios, irrigação, drenagem interna do telhado e às vezes a canalização de ar pressurizado/sob pressão, podem também fazer parte dos sistemas hidráulicos, dependendo da funcionalidade e ocupação do edifício. Na Figura 3.6, encontra-se o exemplo tipo de um sistema hidráulico.

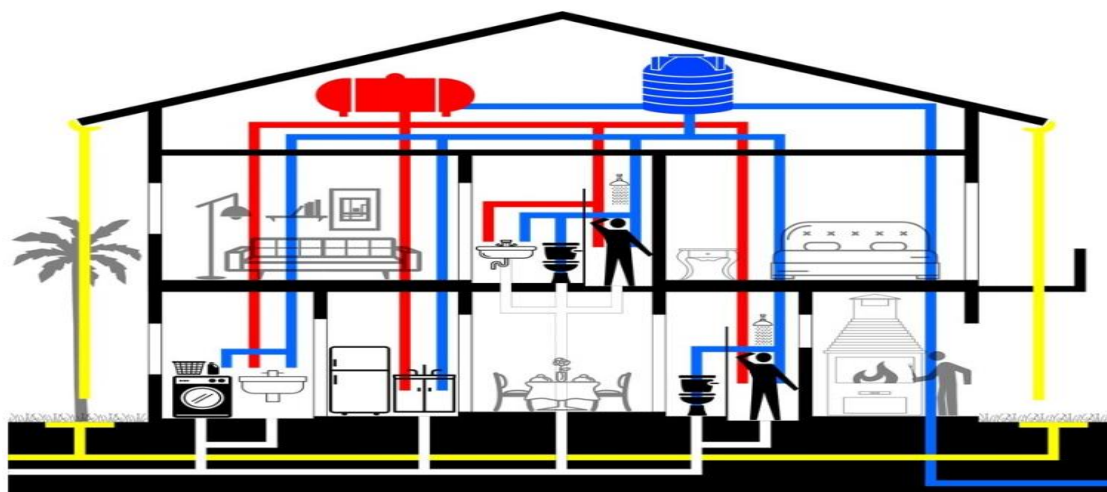


Figura 3.6 Exemplo de um sistema hidráulico (Casas, 2021).

3.5.4 Utilização do BIM para a coordenação dos sistemas de serviço dos edifícios

Os requisitos dos sistemas de serviços de um edifício, devem ser considerados desde o início da fase de projeto. Além disso, a coordenação de informações interdisciplinares entre todas as especialidades de projeto envolvidas na fase de projeto, devem ser feitas com o conhecimento das implicações da decisão tomada para os projetos de construção dos edifícios.

A coordenação de serviços de construção, é definida como sendo a disposição dos componentes de serviços para se adequar às restrições da arquitetura e estrutura do edifício (Korman & Huey-King, 2014). Também pode ser definida como sendo o processo de gestão das interdependências entre as atividades (Wan & Kumaraswamy, 2012). A coordenação dos serviços de construção é essencial para a determinação da localização e características dos sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (*HVAC*), elétrico,

hidráulico, mecânico, proteção contra incêndio e outros sistemas (Tatum & Korman, 1999). A coordenação do projeto de sistemas *MEP* pode ser extremamente difícil de se conduzir em projetos de construção complexas e mecanicamente intensivas, o nível de eficácia afetará imensamente nas colisões dos sistemas de serviços de construção durante a fase de edificação (D. R. Riley et al., 2005).

3.6 Considerações finais

Este capítulo foi subdividido em várias secções entre as quais na secção 3.2, são apresentados conceitos de compatibilização de acordo com a opinião de vários autores, segundo trabalhos realizados anteriormente. No qual definem a compatibilização como sendo, uma simulação virtual do modelo federado (das várias especialidades), que tem como objetivo principal, a verificação da interação entre as mesmas e a identificação das interferências que possam existir durante o processo de construção do edifício/obra. Este processo visa a eliminar essas interferências aquando da sua deteção de forma a garantir a melhoria do projeto. Todavia, a melhoria do projeto não pode se basear apenas na utilização deste processo, mais do que isso, é necessário que haja integração e colaboração entre os vários profissionais envolvidos no projeto, desde a fase do planeamento até sua conclusão. O processo de compatibilização pode ser feito de diversas formas, seja por métodos tradicionais na sobreposição de vários desenhos CAD 2D ou pelo uso da metodologia BIM (nomeadamente, no uso de ferramentas como Navisworks Manage ou Solibri).

A secção 3.3, com base as dimensões de compatibilização, vem mais uma vez alertar que o processo de compatibilização, não pode ser visto simplesmente como a sobreposição de desenhos, deve ser aprofundado e estudado desde o planeamento do projeto e ter um desenvolvimento contínuo até a sua conclusão, de modo a garantir a qualidade do projeto, reduzir custos e cumprir com as calendarizações dos projetos.

Na secção 3.4 com o ponto 3.4.1, são apresentadas as causas dos choques ou interferências de forma a se compreender melhor os conceitos de deteções de choques, seus objetivos e como preveni-los. Assim sendo, segundo trabalhos conduzidos anteriormente, pode concluir-se que uma das principais causas das interferências/choques no projeto está relacionada com a carência de especialistas/profissionais. Porém, acredita-se também que o facto de os projetistas trabalharem isoladamente, a complexidade dos projetos, o uso de modelos 2D em vez de 3D e erros de projeto, sejam também aspetos importantes ao analisar as causas das interferências e choques. Apesar de ser possível forçar os projetistas a utilizarem modelos 3D em vez de 2D, os erros de desenho acabam sendo uma preocupação

devido à proliferação de software de detecção para verificar se há erros de projeto que são principalmente abordagens reativas. As interferências e choques, acabam sendo mais evidentes em projetos de sistema *MEP* (sistema elétrico, mecânico, de águas e esgotos). Assim sendo, a detecção de choques define-se como uma operação para detetar/verificar as interferências ou choques entre as especialidades dentro do modelo federado. Contudo, uma das formas de prevenir ou mitigar esses choques, passa por uma boa coordenação do projeto desde a fase inicial até sua conclusão. A secção 3.5 com vários pontos, para além de apresentar de forma detalhada os vários conceitos relevantes sobre os sistemas de serviços dos edifícios e as várias especialidades utilizadas no processo de compatibilização e verificação das interferências, vem mais uma vez focar na necessidade de haver a coordenação, tanto quanto pelas partes interessadas como também nos sistemas de serviços que constituem o edifício/obra desde a fase inicial até ao fim do projeto.

4 Estudo de Caso

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo tem por objetivo aplicar os conceitos e definições estudadas anteriormente, de maneira a colocar em prática a utilização de algumas ferramentas BIM apresentadas neste trabalho. Neste sentido, optou-se pelo desenvolvimento de um estudo de caso, envolvendo a modelação de um projeto de arquitetura, que visa a compatibilização entre algumas das especialidades mais relevantes do projeto de um edifício (nomeadamente os projetos de estruturas e de redes de águas e esgotos), de forma a criar um modelo federado que será posteriormente utilizado para analisar os processos de compatibilização e deteção de choques utilizando a ferramenta Navisworks. Neste contexto, de forma a aplicar o conceito de interoperabilidade, será elaborado o modelo estrutural em Revit e enviado para um programa de dimensionamento estrutural para uma simples simulação.

O desenvolvimento do estudo de caso, assentará no desenvolvimento de um conjunto de tarefas que se descrevem sucintamente abaixo:

- Descrição e justificação dos programas BIM utilizados no estudo de caso;
- Descrição e caracterização dos elementos base mais relevantes do Edifício, designadamente: localização geográfica e descrição breve do projeto de arquitetura;
- Modelação do projeto de arquitetura na plataforma BIM (Revit) envolvendo os seguintes pontos: componentes do projeto de arquitetura, plantas, alçados, cortes e modelo geométrico 3D;
- Modelação do projeto de estruturas na plataforma BIM (Revit) assente nos seguintes pontos: elementos constituintes do projeto de estrutura, modelo da estrutura, teste de interoperabilidades e simulação analítica (Robot e ETABS);
- Modelação do projeto de redes de águas e esgotos na plataforma BIM (Revit);
- Obtenção do modelo federado e deteção de choques na plataforma Navisworks com o seguinte ponto: análise e verificação de choques no Navisworks.

4.2 Programas BIM utilizados no estudo de caso

Os programas escolhidos para o desenvolvimento deste estudo de caso serão o Revit, Robot, Navisworks, pertencendo a *Autodesk* e o ETABS da *Computer and Structures, Inc. (CSI)*. As escolhas devem-se ao facto de serem softwares de fácil acesso para desenvolvimento de trabalhos académicos e também por serem dos softwares mais utilizados em gabinetes de projetos, tanto para o processo de modelação do projeto de arquitetura e outras especialidades, como no processo de colaboração das mesmas por meio de formatos IFC, processos de compatibilização e deteção de choques.

Na Figura 4.1, é apresentada um esquema sobre algumas das ferramentas BIM utilizadas na indústria da AEC e o meio de colaboração entre as mesmas, evidenciando-se os utilizados no âmbito deste trabalho.

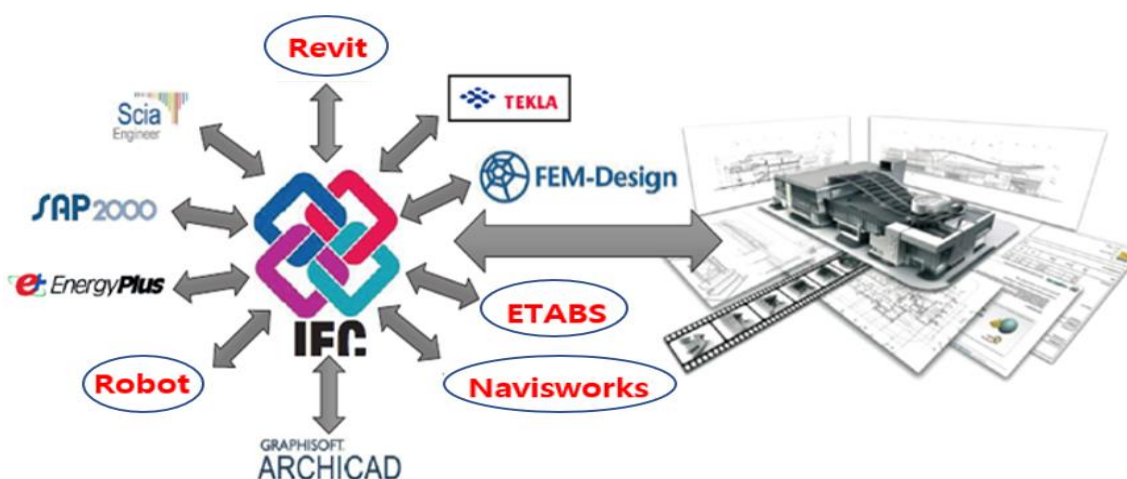


Figura 4.1 Relação mútua entre IFC e aplicativos BIM (adaptado de (Rokooei, 2015)).

A utilização dos softwares da Autodesk, irá permitir a realização de testes de interoperabilidade dentro da mesma plataforma de softwares, esperando-se pequenas perdas de informações. Por outro lado, a utilização do ETABS, tem por objetivo aferir qual o acréscimo de volume de perda de informação associado à utilização de um software de uma outra plataforma.

4.3 Caracterização do Edifício

Antes de se avançar para a modelação da informação recorrendo às ferramentas BIM, introduz-se uma breve descrição do edifício a nível das suas características geométricas e da sua localização. Para além da descrição do edifício, será também apresentada a sua localização geográfica, avançando-se numa fase posterior para a modelação do projeto de arquitetura utilizando a metodologia BIM, através do software Revit.

4.3.1 Localização Geográfica do Edifício

O edifício utilizado no “estudo de caso”, encontra-se localizado na Baixa da Banheira, no Conselho de Moita, distrito de Setúbal. A sua localização geográfica está indicada na Figura 4.2.



Figura 4.2 Localização geográfica do Edifício (adaptado de Barradas, 2019).

A indicação da localização geográfica é relevante para uma eventual reprodução futura de uma imagem virtual daquilo que será o projeto após sua execução. Contudo, também pode ser utilizada para estudos relacionados com a análise sísmica, análise do vento e das radiações solares que incidirão sobre o edifício, o que é particularmente relevante para a escolha da localização das janelas e dos acessórios de ventilação do edifício.

4.3.2 Descrição arquitetónica do edifício

O edifício em estudo destina-se à habitação e é constituído por uma cave enterrada com um total de oito lugares, destinados a estacionamento e cinco espaços destinados a arrumos; o piso térreo é constituído por um fogo de tipologia T2, existindo a esse nível o acesso à rampa da cave e um outro acesso a um terraço e uma zona de garagens com cinco lugares, localizadas no tardo do edifício, acima do nível térreo existem mais três pisos para residência, os quais são constituídos por dois fogos simétricos de tipologia T2 tendo a mesma semelhança em planta, incluindo um sótão acessível para arrumos.

Os pisos acima do nível térreo têm uma altura total de 16,62 m, tendo um pé-direito de 2,60 m, enquanto o piso subterrâneo apresenta um pé-direito de 2,58 m, fazendo um total de 19,20 m de altura no seu todo. O acesso para o interior do edifício efetua-se através de uma caixa de escada, havendo também uma rampa de acesso ao piso enterrado (Barradas, 2019). O edifício tem uma área útil de 238,82 m² e está implantado num lote de 450,08m².

4.4 Modelação do Projeto de arquitetura na plataforma BIM (Revit 2021)

A modelação BIM do projeto de arquitetura do edifício tem diversos objetivos, entre os quais, o propósito de se obter um edifício virtual antes de o construir efetivamente. Assim, toda a informação contida neste modelo digital, desenvolvido recorrendo à metodologia BIM, representa a mesma informação utilizada para a obtenção do projeto de execução do edifício.

O modelo digital torna-se então uma base de dados que permite a simulação real de um protótipo da construção verdadeira (Netto, 2016). Esses dados podem ser armazenados e partilhados em tempo real com os diversos parceiros envolvidos, no desenvolvimento das várias especialidades do projeto e posteriormente durante todo o ciclo de vida da obra. Dessa forma, o projeto de arquitetura em BIM, torna-se mais eficiente, sustentável e mais económico em relação ao tempo e custos da obra. Os projetos de arquitetura modelada em BIM podem ser desenhados com os produtos e materiais reais que serão usados para a construção, incorporando a sua geometria, suas características e especificações. Dessa forma, a representação do edifício que será construído acabará sendo altamente detalhada, com informações minuciosas que são partilhadas com todos os envolvidos através de software considerado adequado para o projeto. Portanto o modelo digital em BIM, engloba desde a sua representação visual, incluindo informações que possibilitarão a validação da viabilidade das soluções construtivas, evitando eventuais erros e desperdícios.

4.4.1 Componentes do Projeto de Arquitetura

Os principais componentes de um projeto de arquitetura, inserido na metodologia BIM, podem-se subdividir nos seguintes elementos:

- Plantas ou simplesmente planos de edificação;
- Alçados quando se pretende ver vistas externas;
- Cortes para vistas internas;
- Modelo 3D, que permitirá a execução de um conjunto de tarefas adicionais, quando comparado com a metodologia tradicional, nomeadamente, a possibilidade de verificar as compatibilizações com os projetos das outras especialidades, desde que estas sejam também acopladas ao mesmo modelo.

4.4.2 Plantas

As plantas do edifício, resultam de um corte da construção por um plano horizontal localizado a 1,5 m da altura do piso, podendo ser modificada a fim de representar algum detalhe específico. Na Figura 4.3, apresenta-se o exemplo da planta da cave, encontrando-se as outras plantas do projeto de arquitetura, disponíveis no ANEXO-A.

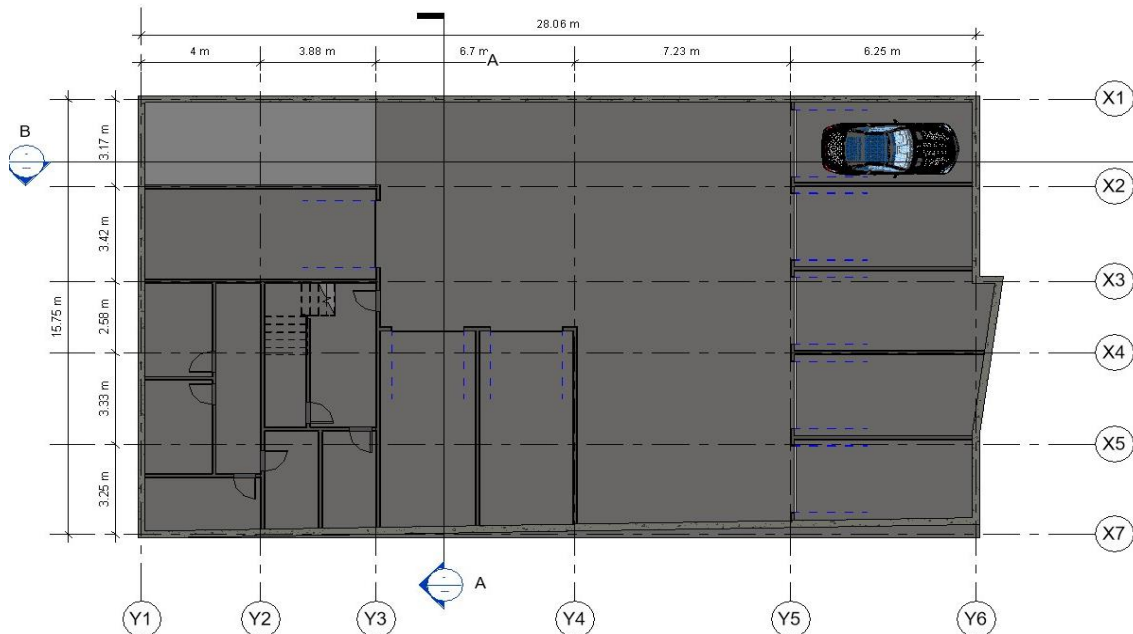


Figura 4.3 Planta da cave.

Importa salientar que o exemplo de planta representado na Figura 4.3 envolve um conjunto de marcas adicionais, tipicamente utilizadas no desenvolvimento de modelos de arquitetura em ferramentas BIM. Essas marcas denominam-se como pontos de referências, que ajudam a construir, orientar, alinhar e controlar a geometria num projeto virtual. Por exemplo as letras Y e X com as linhas descontínuas, não só ajudam a fazer a compartimentação como também ajudam a cotar o modelo. Já as linhas contínuas, acabam sendo as demarcações para projetar os cortes.

4.4.3 Alçados

Os alçados são representações gráficas do edifício, obtidas por projeção ortogonal num plano vertical orientado segundo uma direção selecionada. Deve ser visível nesta representação todos os elementos visíveis no plano de projeção, incluindo os alçados dos pisos recuados. Do ponto de vista urbanístico, a orientação do plano de projeção deve ser definida de acordo com os critérios mais relevantes para a representação da imagem do edifício tal como é percebido a partir do espaço público ou dos espaços privados de

utilização adjacentes (Cidades, 2009). Na Figura 4.4 apresenta-se o exemplo de um alçado, encontrando-se os outros alçados do projeto de arquitetura, disponíveis no ANEXO-A.

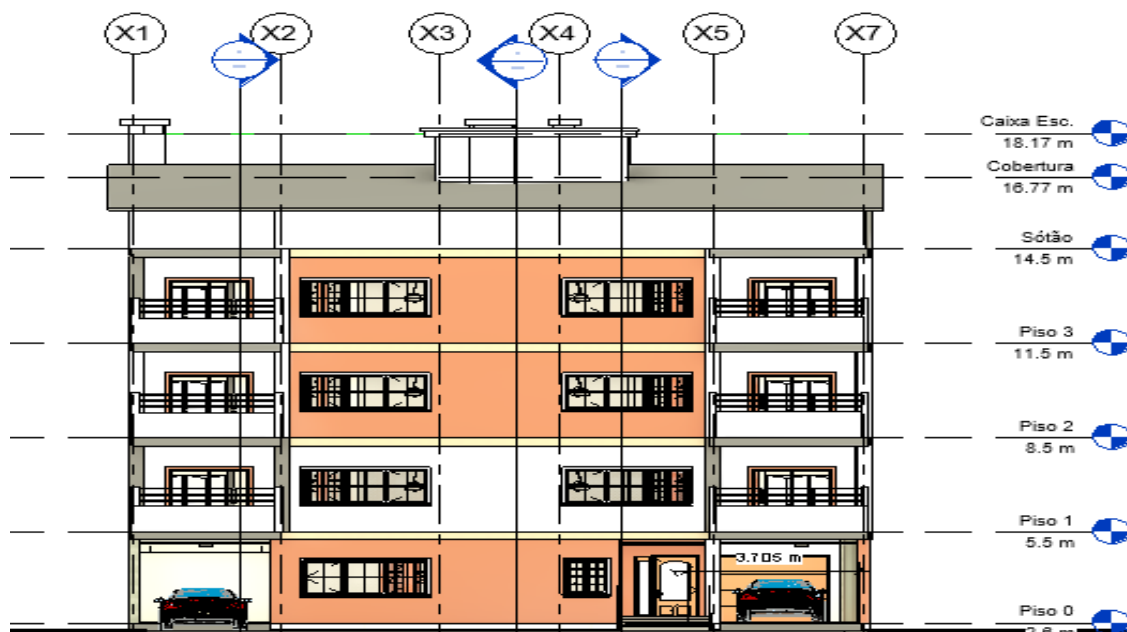


Figura 4.4 Alçado - orientação a oeste.

4.4.4 Cortes

São representações de vistas correspondentes a planos de corte projetados verticalmente, podem ser representados na longitudinal ou na transversal, nos pontos de maior interesse. Os cortes servem para representar detalhes internos de um projeto, altura do pé direito, tamanho de portas e janelas, entre outras informações que não ficam visíveis nas plantas de arquitetura. Na Figura 4.5 apresenta-se o exemplo de um corte, encontrando-se os outros cortes do projeto de arquitetura, disponíveis no ANEXO-A.



Figura 4.5 Corte 4-4.

4.4.5 Modelo 3D

O modelo 3D é um dos principais resultados da modelação tridimensional de um edifício. Na utilização da metodologia BIM, uma vez criado o modelo 3D, é possível extrair as peças desenhadas referidas anteriormente, nomeadamente: plantas, cortes, alçados e outros pormenores técnicos. Na Figura 4.6, apresenta-se o exemplo de um modelo 3D com vista panorâmica sobre o alçado principal que foi produzido com uso da ferramenta *Lumion 11*, que contém em sua biblioteca, modelos em 3D, nos quais usados a volta do edifício em foco. No entanto, encontram-se outras vistas do modelo 3D do projeto de arquitetura, disponíveis no ANEXO-A.



Figura 4.6 Modelo 3D com vista panorâmica sobre o alçado principal.

O modelo 3D, permite realizar a simulação virtual do edifício, possibilitando uma análise prévia da sua implantação e sua relação com a envolvente construída ou pré-existente, num cenário bastante realista. Trata-se de um instrumento de trabalho bastante interessante para os arquitetos, uma vez que facilita a interação com os clientes, para além de um conjunto de outras mais valias para o desenvolvimento do projeto, como desenhos de interiores, tanto para remodelação como em novos projetos do edifício.

4.5 Modelação do projeto de estruturas

O desenvolvimento do projeto de estrutura usando a metodologia BIM, terá como base inicial na modelação do modelo geométrico e analítico no Revit, que posteriormente será transferido para uma simulação analítica e teste de interoperabilidade para o Robot e o ETABS, de modo a se verificar a interoperabilidade, entre programas dentro da mesma plataforma e entre plataformas de empresas distintas. Aquando da modelação do projeto de estruturas, devem ser considerados os critérios de projeto tais como, regulamentações, materiais usados (betão/aço) e o tipo de condições e restrições impostas a nível estrutural. Neste caso, o pré-dimensionamento dos elementos estruturais é essencial para calcular o peso próprio da estrutura, que é a primeira componente considerada no cálculo das ações, que no âmbito deste trabalho, foram feitas com base um trabalho desenvolvido anteriormente por (Barradas, 2019).

As vantagens da utilização de ferramentas BIM no contexto do projeto de estruturas são evidentes, sendo possível tirar maior proveito dessa nova metodologia de trabalho, destacando-se o aumento da produtividade, que é considerado como sendo um dos principais benefícios que o BIM traz ao projeto de estruturas. Os desenhos estruturais são gerados automaticamente, diminuindo significativamente o tempo necessário para esta fase do projeto, reduzindo-se assim a necessidade de se fazer controlos posteriores, existindo menos erros relacionadas com estas tarefas (Rui, 2017).

O modelo BIM é também utilizado para apresentar o projeto e os resultados das análises estruturais de uma maneira colaborativa com todos os intervenientes. Um projeto de estruturas em BIM, permite a obtenção de um grande detalhe da estrutura, a realização de análises estruturais e o dimensionamento de elementos que vão melhorar fatores importantes para o ciclo de vida de uma obra, tais como o desempenho e a segurança. Após a conclusão do modelo da estrutura usando a metodologia BIM, podem ser extraídas deste modelo, descrições técnicas e outros dados importantes que servirão para a documentação (composta por peças escritas e desenhadas), contribuindo para uma melhor coordenação

entre os resultados da análise estrutural e os desenhos, aumentando assim, a consistência do próprio projeto.

Apresentam-se de seguida os aspetos mais relevantes e as principais etapas referentes ao desenvolvimento e implementação do modelo BIM associado ao projeto de estruturas.

4.5.1 Elementos constituintes do projeto de estruturas

Os elementos constituintes do projeto de estruturas, são usualmente subdivididos em:

- Fundações – trata-se de elementos estruturais que servem para suportar e distribuir para o terreno as pressões geradas pelos carregamentos e os esforços exercidos pelo peso próprio da estrutura como um todo, incluindo o peso gerado pelas sobrecargas, que são os esforços provenientes da utilização. As fundações podem ser, superficiais (utilizadas neste estudo de caso) ou fundações profundas. Na Figura 4.7 , apresenta-se um elemento tipo de uma fundação superficial (sapata);

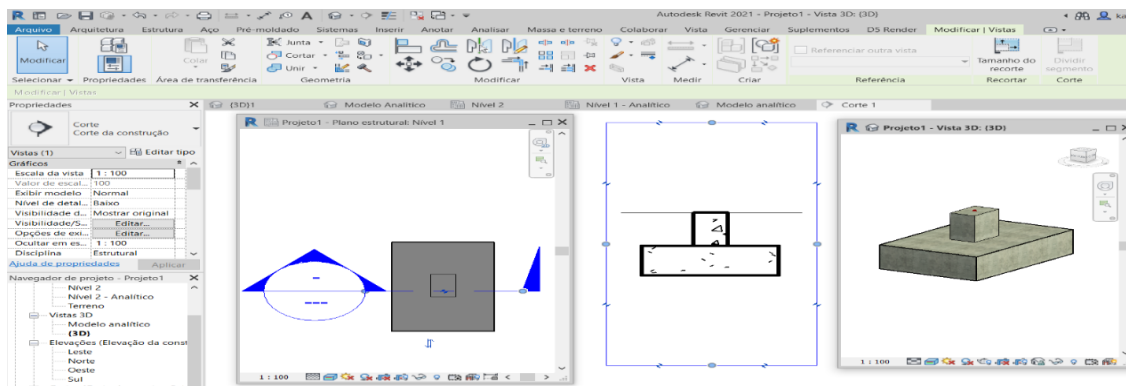


Figura 4.7 Representação de um elemento de fundação.

- Pilares – são elementos estruturais verticais, que transmitem as cargas às fundações. Tipicamente são solicitados por esforços de compressão, flexão e por vezes torção. Na Figura 4.8, apresenta-se um elemento estrutural do tipo pilar;

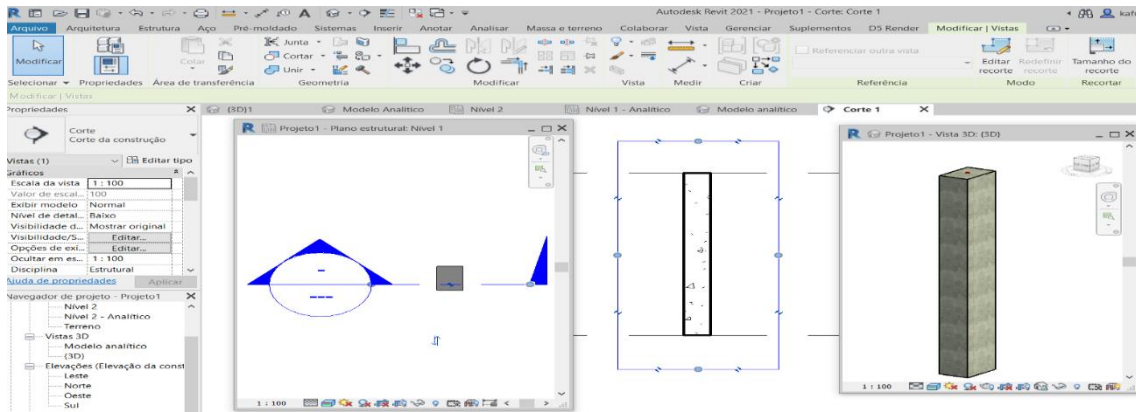


Figura 4.8 Representação de um elemento do tipo pilar.

- Vigas – na maioria dos casos encontram-se dispostas na horizontal, assegurando a transmissão das cargas que vêm das lajes para os pilares. Os principais esforços para o seu dimensionamento são a flexão e o corte. Na Figura 4.9 representa-se um elemento estrutural do tipo viga;

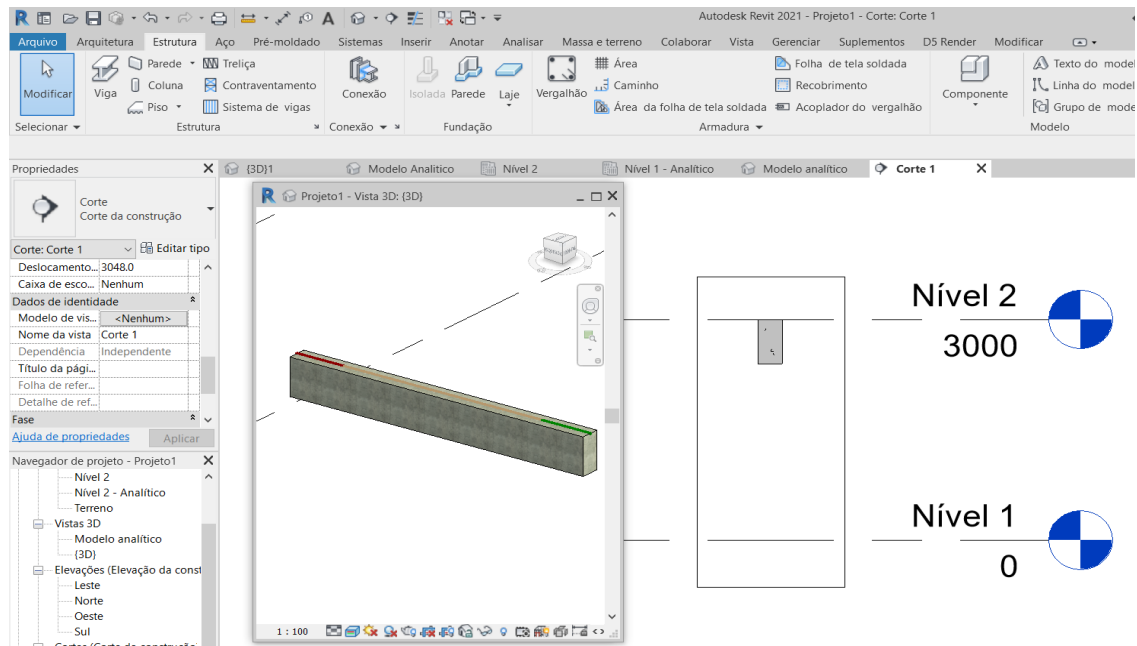


Figura 4.9 Representação de um elemento do tipo viga.

- Lajes – são elementos estruturais laminares dispostos na horizontal, apoiados sobre as vigas e suportam ações que originam flexão e corte. Na Figura 4.10, encontra-se representado um elemento do tipo laje;

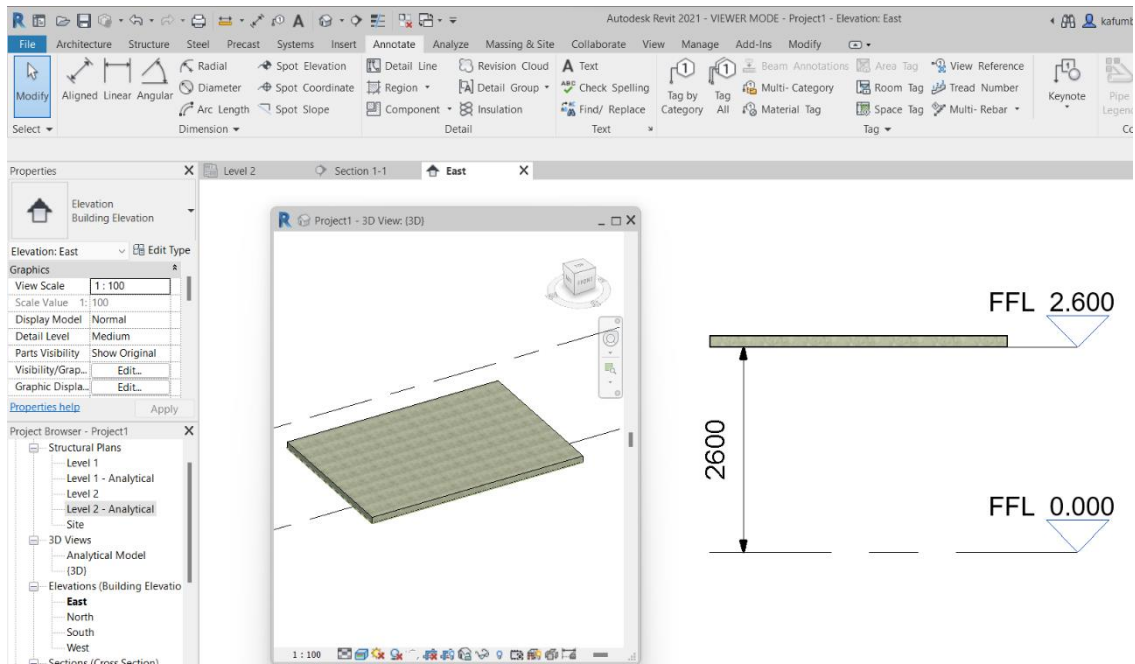


Figura 4.10 Representação de um elemento do tipo laje.

- Paredes estruturais ou muros – são elementos laminares dispostos na vertical, destinados a resistir a impulsos de terras quando são colocadas abaixo da linha do solo, e quando colocadas acima de linha do solo, como por exemplo nas caixas de escada, criam resistência adicional para as ações causadas por sismos ou ventos. Na Figura 4.11 representa-se um elemento do tipo parede ou muro com função estrutural.

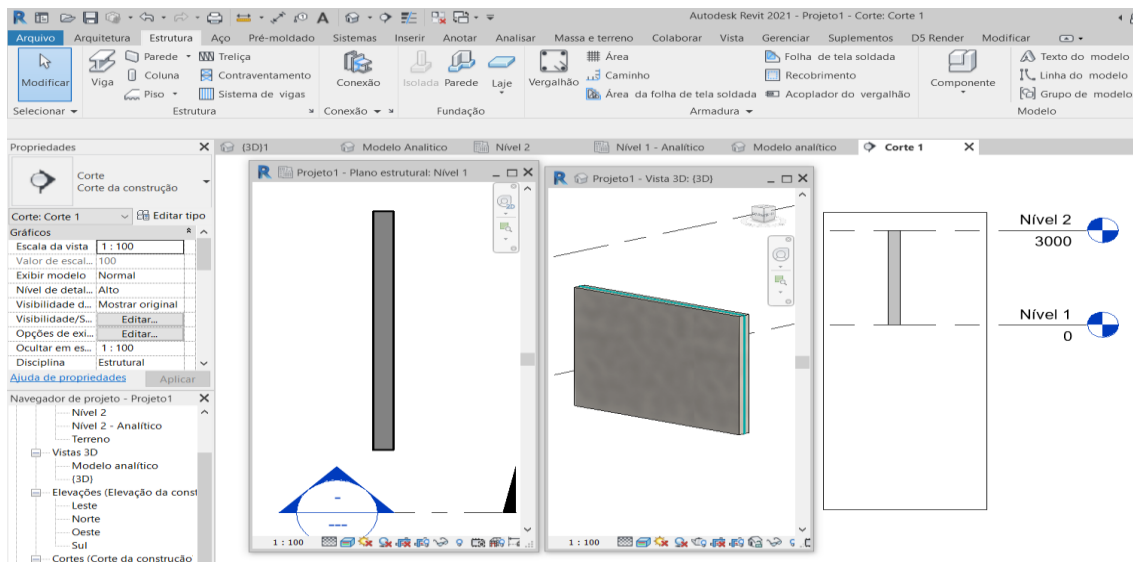


Figura 4.11 Representação de um elemento do tipo parede ou muro com função estrutural.

Para além dos tipos de elementos referidos anteriormente também foram modeladas as escadas e uma rampa de acesso à cave, que apenas serão introduzidas no ponto seguinte, aquando da descrição do modelo da estrutura do edifício.

4.5.2 Modelo da estrutura do edifício

Na Figura 4.12, encontra-se representado o modelo geométrico da estrutura, que acaba sendo o conjunto de todos elementos estruturais mencionados no ponto anterior, incluindo as escadas e a rampa.

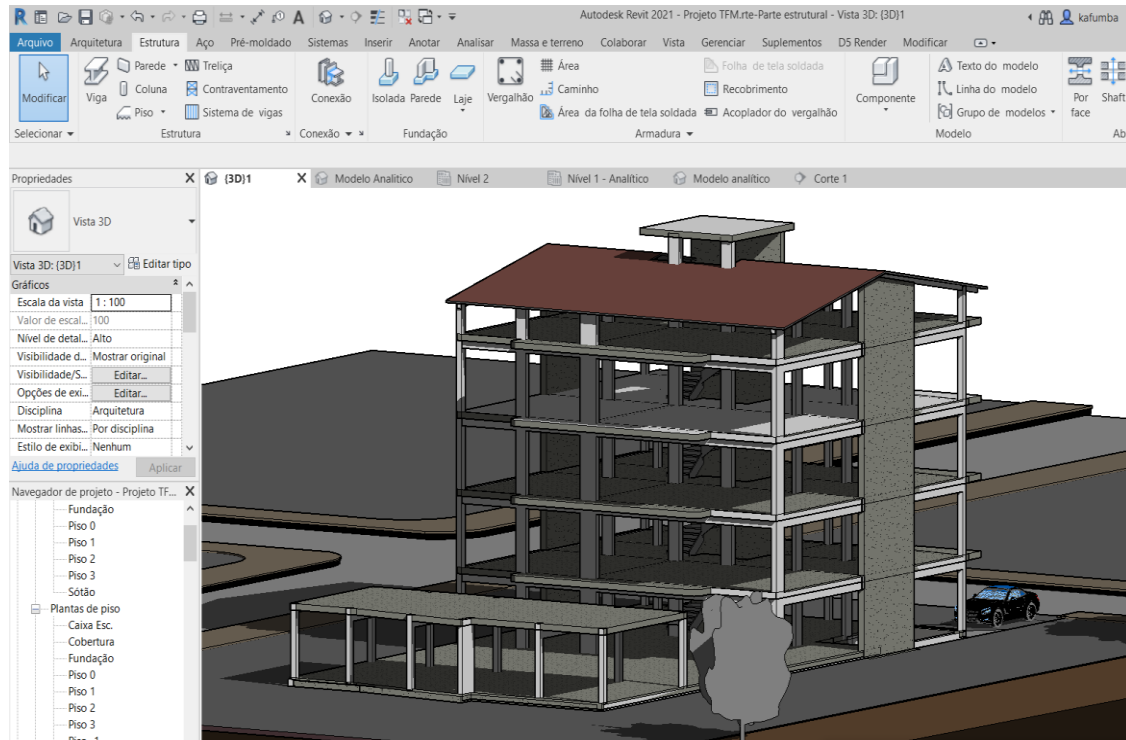


Figura 4.12 Representação geométrica do modelo estrutural.

Contudo, para a análise estrutural, recomenda-se a criação de um modelo analítico, nomeadamente quando se pretende avançar para a análise estrutural em ferramentas externas. O modelo analítico no Revit, pode ser criado automaticamente ao modelar-se a estrutura no “*template* (padrão) de estrutura” ou simplesmente durante a atribuição das propriedades analíticas aos elementos estruturais ou à estrutura como um todo. Encontra-se representado na Figura 4.13, exemplo do modelo analítico da estrutura do edifício.

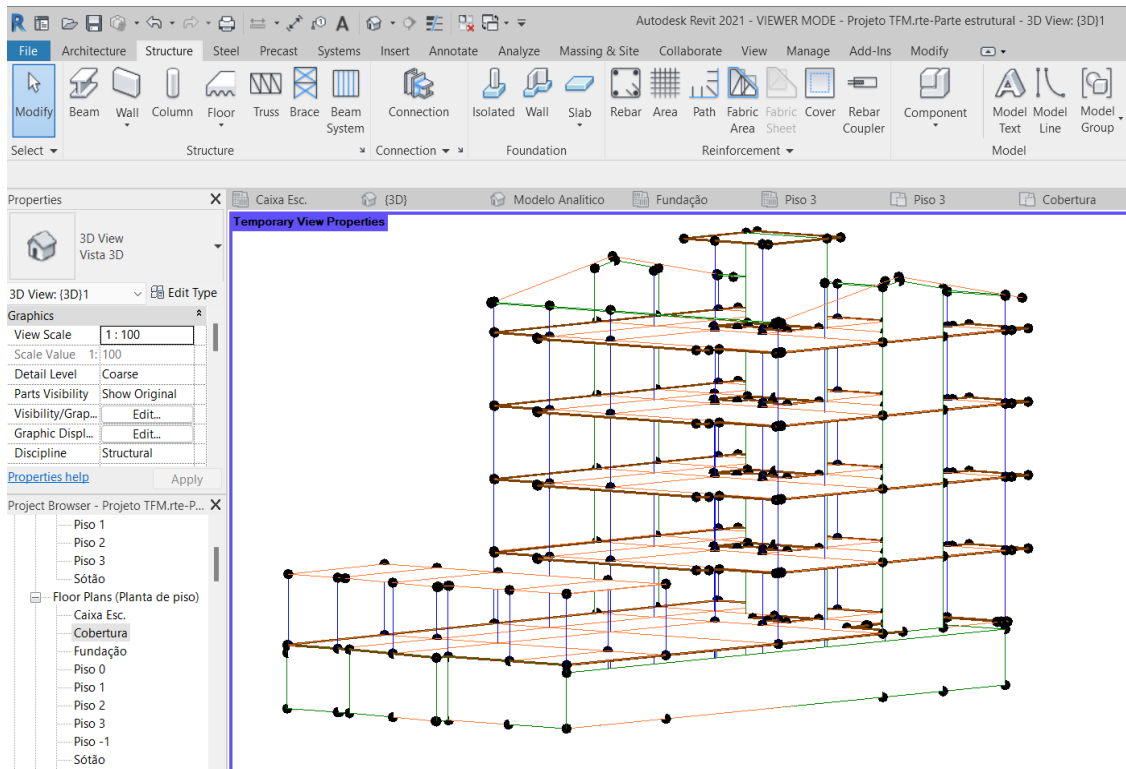


Figura 4.13 Representação do modelo analítico.

Na Figura 4.14, encontra-se representado um dos cortes do projeto de estruturas para se obter uma melhor compreensão sobre os principais elementos estruturais do edifício.

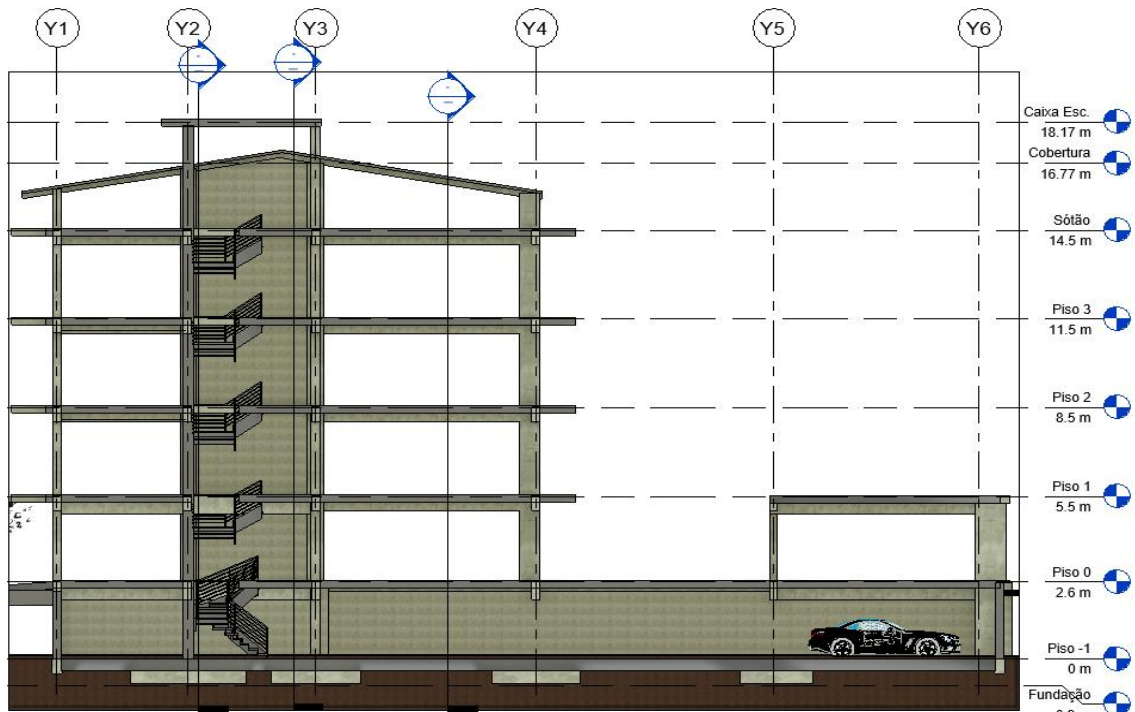


Figura 4.14 Corte 5-5.

4.5.3 Teste de interoperabilidade e simulação analítica

O objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos das ações sobre a estrutura, com a finalidade de efetuar verificações de estados limites últimos e de serviço. A análise estrutural permite estabelecer as distribuições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos, numa parte ou em toda a estrutura.

Após a modelação da estrutura, seja qual for a plataforma BIM utilizada, é possível fazer a análise estrutural por meio da mesma plataforma ou recorrendo a outras, utilizando p. ex. ficheiros IFC ou ainda por meio de extensões designadas na língua inglesa de *link*, ou em alternativa os designados *plug-in*. Na verdade, durante este processo é também possível fazer-se o teste de interoperabilidade, que pode ser verificado de acordo com a quantidade de informações que se mantém ou se perde durante o processo. Antes de avançar para a simulação analítica, irá executar-se o teste de interoperabilidade, visto que o mesmo consiste no facto de se transferir o modelo 3D de uma ferramenta para outra, sendo ou não da mesma família, onde o processo se dá por meio de *link* ou *plug-in*. Apresenta-se na Figura 4.15, a transferência do modelo estrutural do Revit para o Robot, sendo um exemplo tipo para o teste de interoperabilidade que a posterior, será também enviada do Revit para o ETABS.

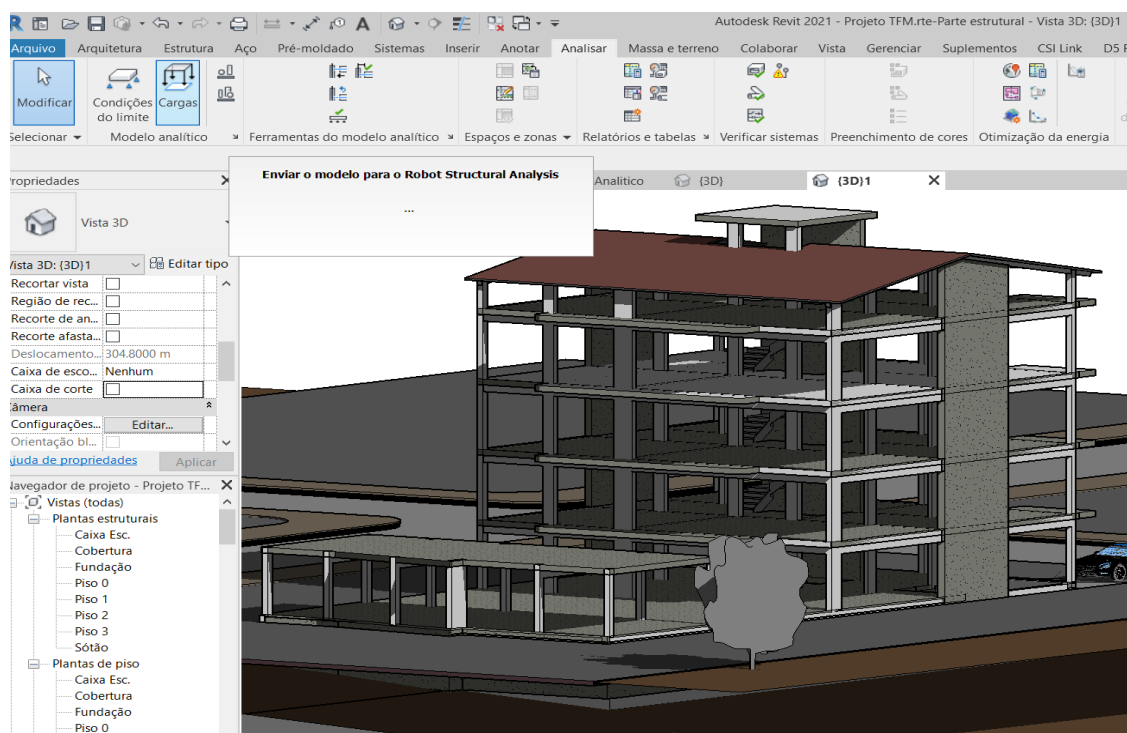


Figura 4.15 Envio do modelo estrutural do Revit para o Robot.

Na Figura 4.17, encontra-se representado o modelo da estrutura no Robot, podendo-se dizer, que neste caso, o teste de interoperabilidade foi satisfatório, uma vez que o programa conseguiu identificar os elementos estruturais dos não-estruturais e a nível do relatório,

mostrou não haver nenhuma inconformidade como apresenta a Figura 4.16. Todavia, talvez se tenham obtido bons resultados por se ter transferido o modelo estrutural entre softwares da mesma família, isto é, do Revit para Robot (softwares Autodesk).

Assim, nesta fase irá testar-se uma via alternativa transferindo o modelo para um software de uma plataforma BIM de diferente família, que no caso será o ETABS pertencente à *Construction Structure, Inc (CSI)*, como se apresenta na Figura 4.18

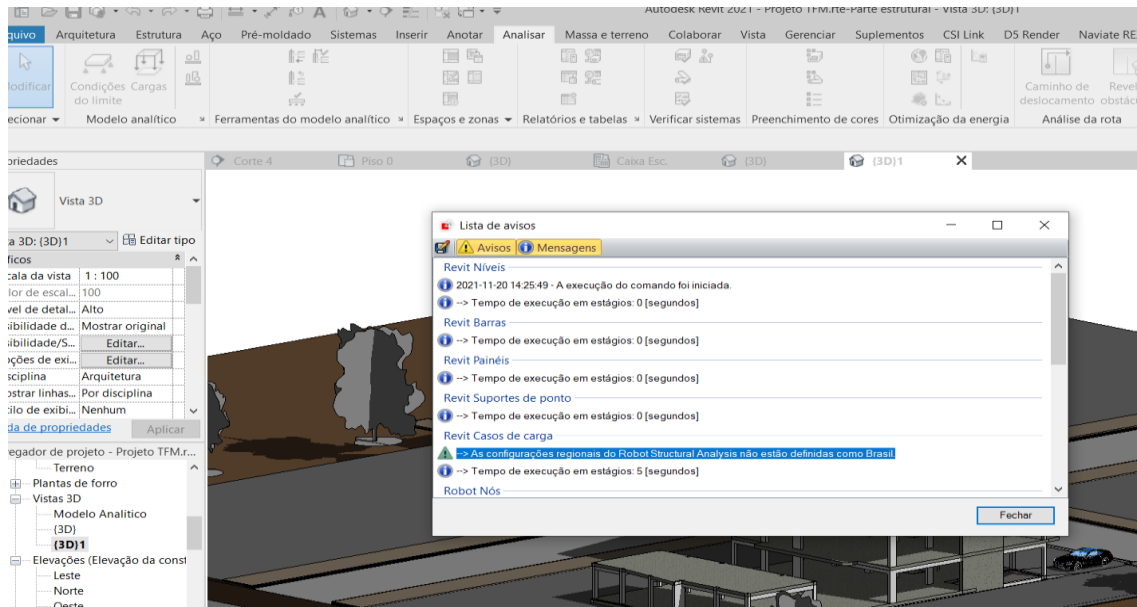


Figura 4.16 Relatório da transferência do Revit para o Robot.

Após a transferência, foi novamente possível verificar a estrutura no Robot, onde se constatou que não havia grandes eventualidades a nível de erros na estrutura conforme apresenta a Figura 4.17.

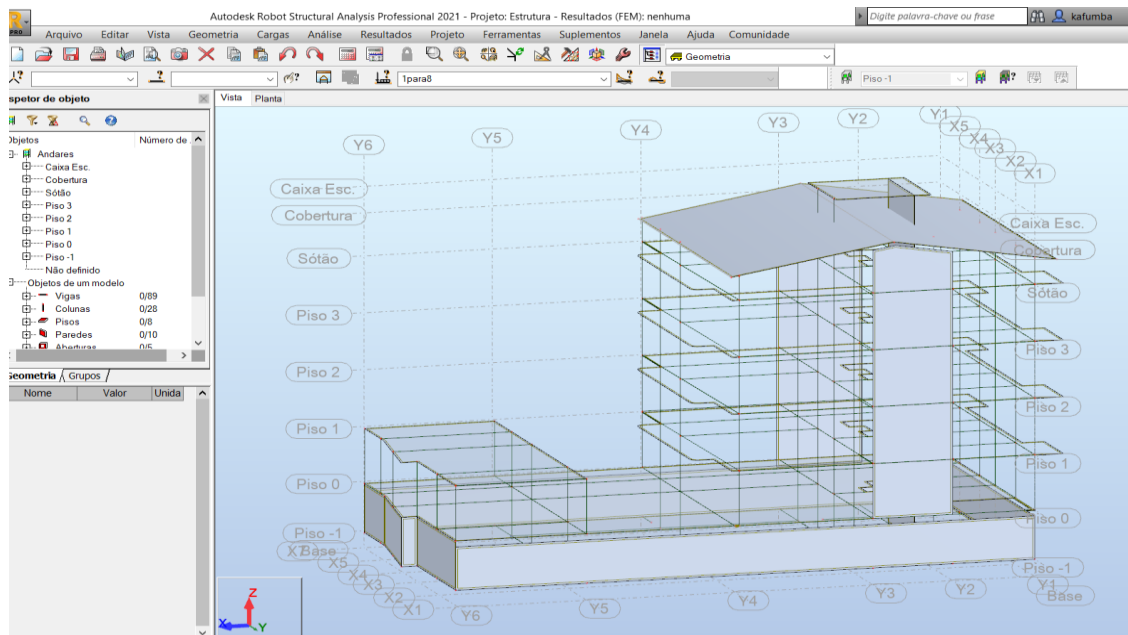


Figura 4.17 Modelo de estruturas no Robot.

Assim, como alternativa para o teste de interoperabilidade, transferiu-se o modelo de estrutura do Revit para o ETABS como apresenta a Figura 4.18.

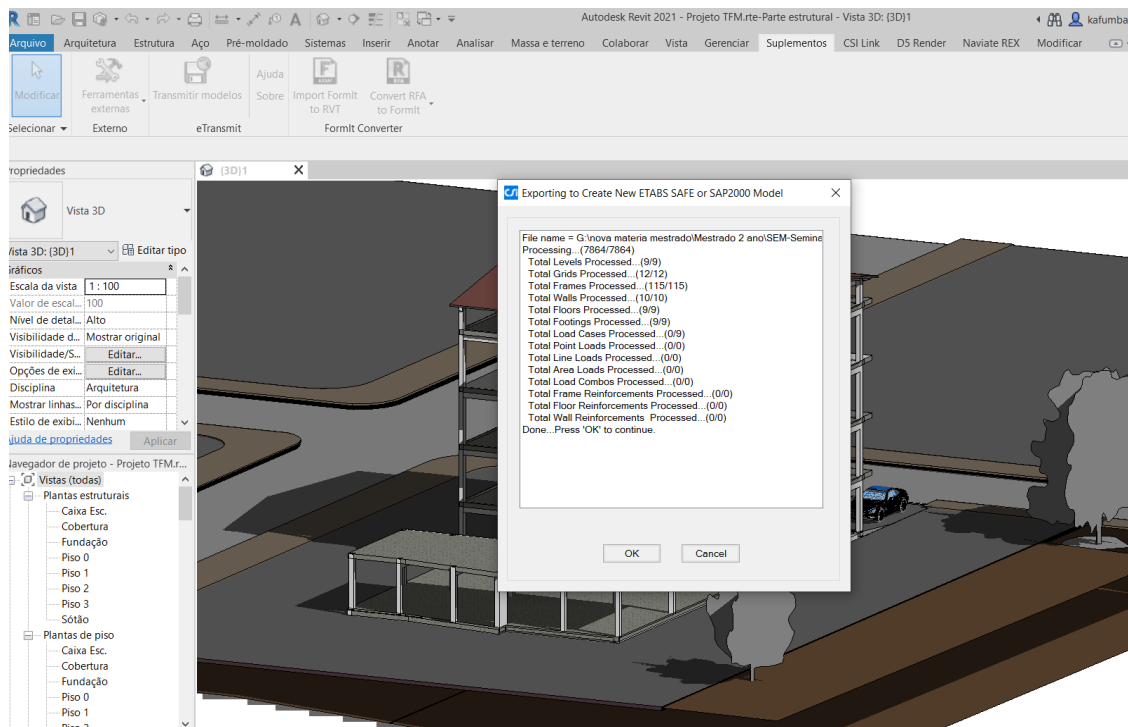


Figura 4.18 Revit para o ETABS.

Na Figura 4.18, encontra-se representado o processo de exportação do Revit para o ETABS, no entanto neste caso não funcionou usando o *CSI link*. Como alternativa recorreu-se o *CSIXREVIT*, que é um *plug-in* para exportação de ficheiros do Revit para o ETABS. Todavia, o resultado não foi tão positivo como a transferência para o Robot, visto que no ato da transferência surgiram alguns erros de acordo o relatório que se apresenta na Figura 4.19.

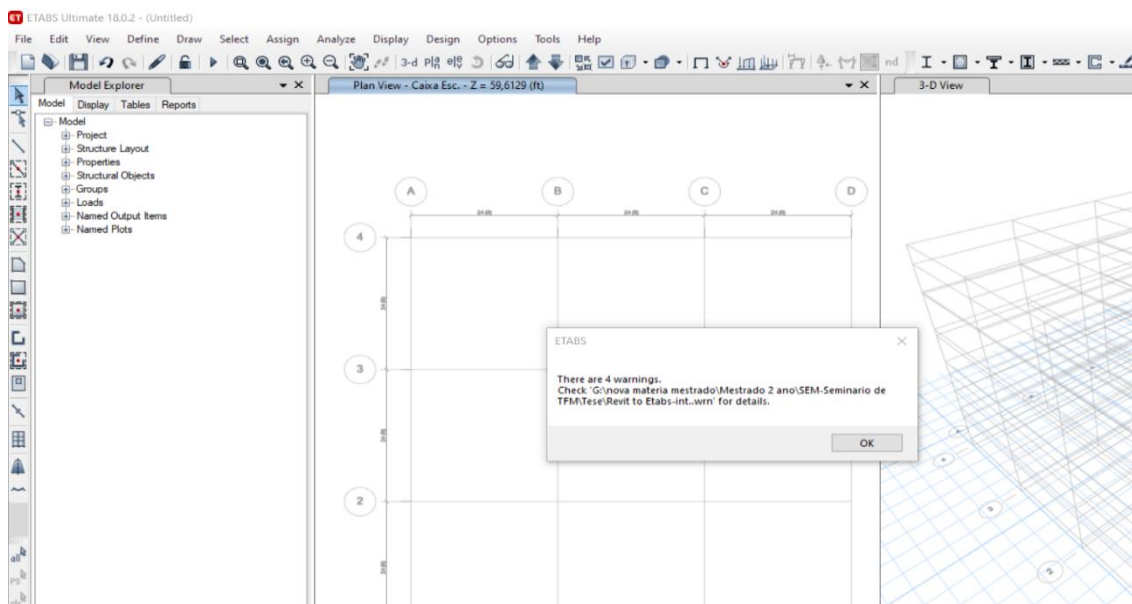


Figura 4.19 Relatório da transferência do Revit para o ETABS.

Após a transferência, recorrendo ao relatório e à verificação do modelo no ETABS, concluiu-se que o teste de interoperabilidade não foi tão satisfatório, como o anterior, apresentando-se na Figura 4.20 o modelo transferido.

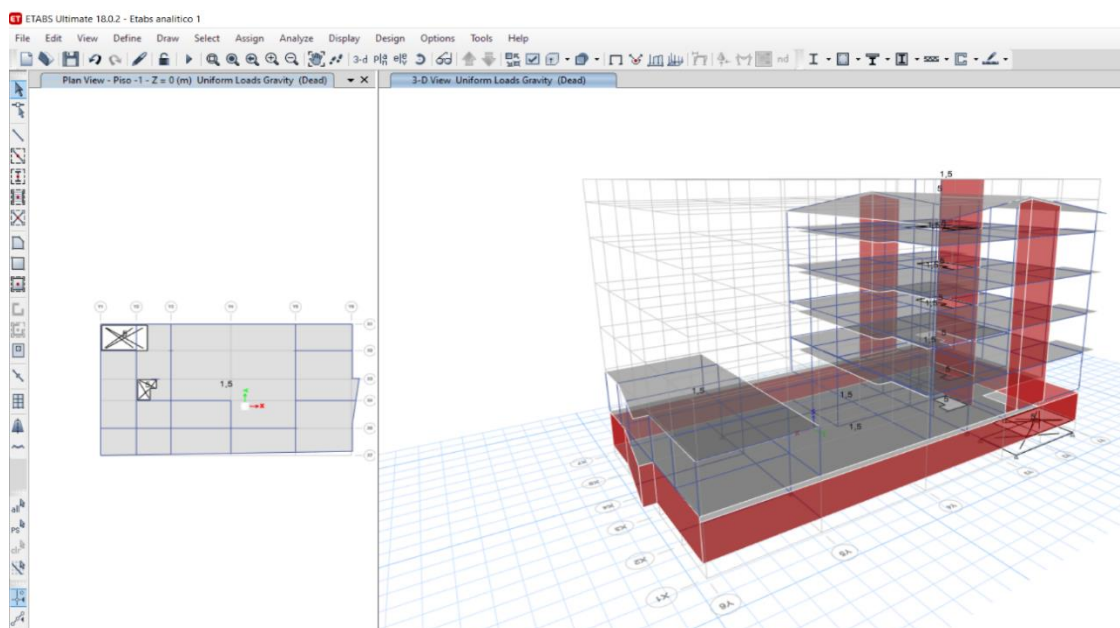


Figura 4.20 Modelo de estruturas no ETABS.

Na Figura 4.20, encontra-se representado o modelo da estrutura no ETABS após transferência a partir do Revit. Contudo, como já se referiu anteriormente o teste de interoperabilidade não foi tão satisfatório, visto que se constatou a desconexão de alguns pilares e vigas do piso 1 e da cave. Assim sendo, para que se avançasse com a análise estrutural no ETABS, houve a necessidade de se fazer a ligação destes pilares e vigas que se encontravam desligados e a modelação das cargas.

Neste trabalho optou-se por não modelar as cargas no Revit do modelo principal, todavia, atendendo que o BIM se encontra em constantes evoluções, viu-se na necessidade de se fazer um teste tipo de um modelo simples com as cargas modeladas no Revit como apresenta a Figura 4.21.

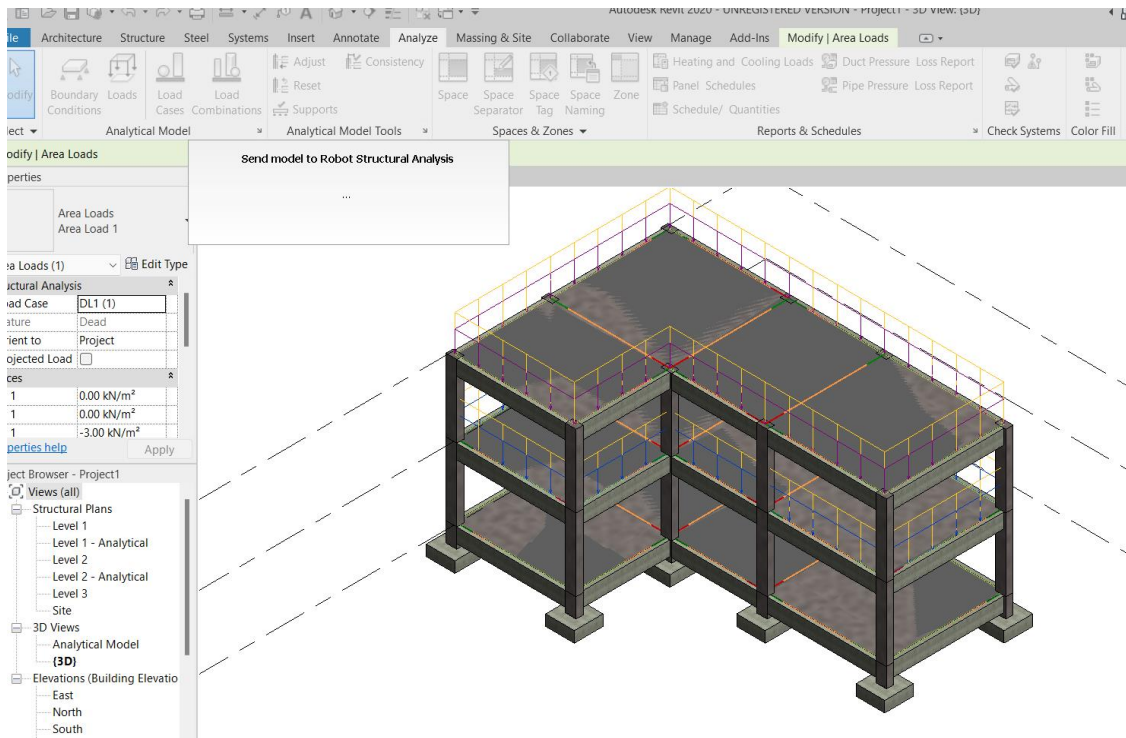


Figura 4.21 Modelo de estruturas com cargas aplicadas no Revit.

Na Figura 4.21, encontra-se representado o modelo de estrutura com a modelação das cargas no Revit, onde para a carga permanente (Dead Load) usou-se 3kN/m^2 e para Sobrecarga (Live Load) 5kN/m^2 .

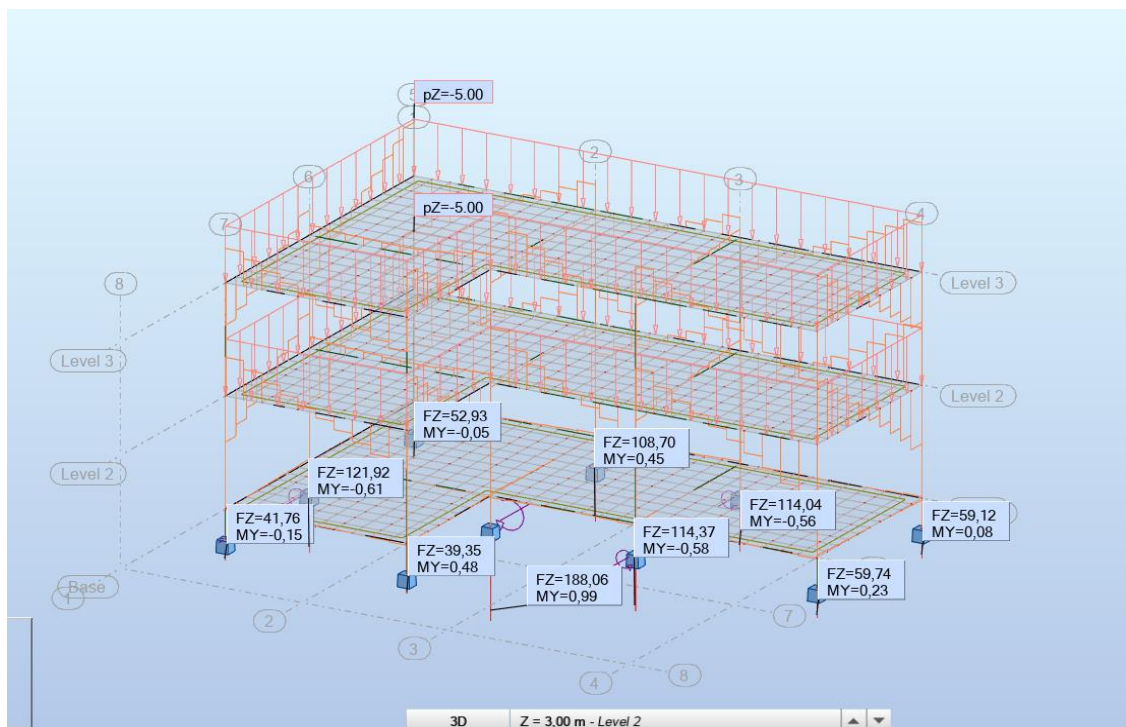


Figura 4.22 Modelo de estruturas transferido do Revit para o Robot.

Na Figura 4.22, encontra-se representado o modelo de estrutura no Robot, onde se verificou a passagem das cargas do Revit para o Robot sem dificuldades, pelo que foi possível

também, efetuar uma simples análise na estrutura considerando uma sobrecarga de 5kN/m^2 . Foi efetuado o mesmo procedimento para o modelo de estrutura transferido para o ETABS, como se encontra representado na Figura 4.23.

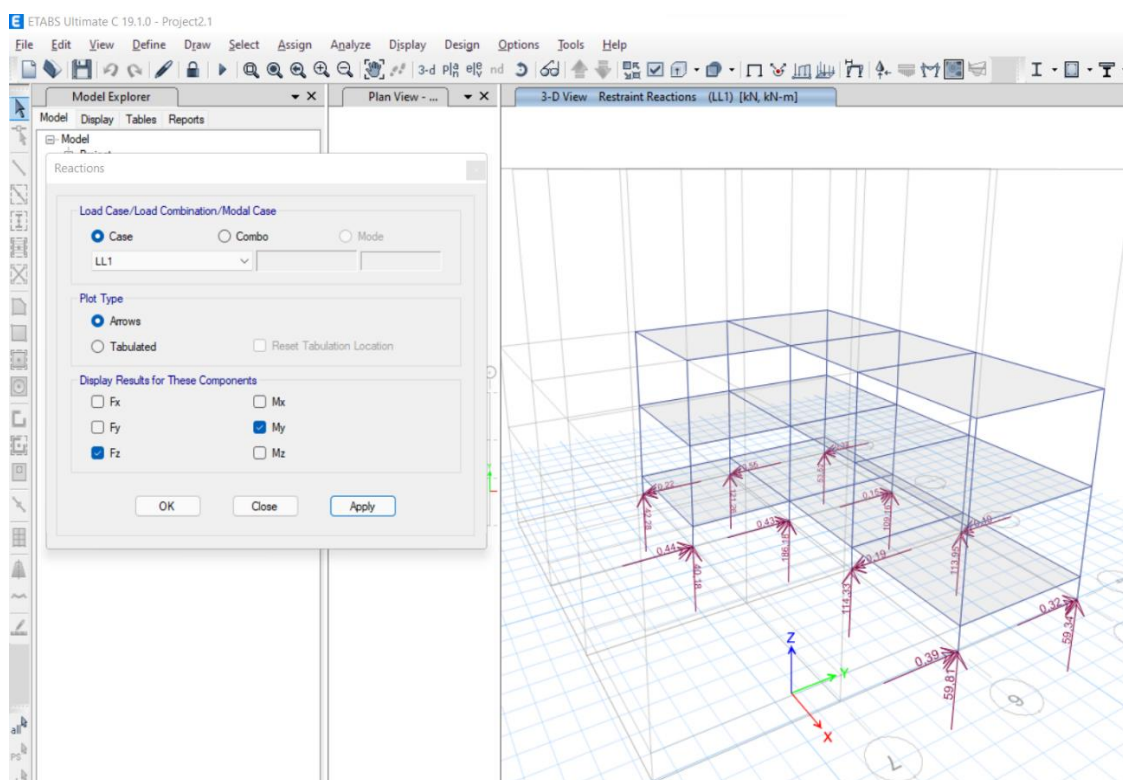


Figura 4.23 Modelo de estruturas transferido do Revit para o ETABS.

Comparando a Figura 4.22 com a Figura 4.23 em termos dos valores obtidos para forças em F_z e momento em M_y , constatou-se que não havia tantas diferenças entre as mesmas, concluindo-se assim, que houve uma melhoria no que diz respeito a transferência de modelo de estrutura incluindo as cargas do Revit para outras plataformas de análise estrutural.

4.5.3.1 Simulação analítica

Neste ponto não se faz de uma forma aprofundada o cálculo de análise estrutural, simplesmente uma pequena simulação, pelo que os resultados obtidos podem não estar 100% corretos. Assim sendo, esta simulação serviu apenas para perceber que muitas das vezes, principalmente quando se faz a modelação física numa plataforma e depois enviado para outra plataforma, para aí se efetuar a análise estrutural, surge a necessidade de se fazer muitos ajustes no modelo estrutural devido a perdas de informações, que consequentemente podem dar origem a vários erros tais como:

- Desconexões entre os pilares e as vigas (joint disconnection);
- Pequenos espaços entre a ligação das vigas de fundação com as sapatas;

- O não reconhecimento das sapatas como um conjunto (sapatas associadas), simplesmente como um ponto ou *joint*, etc.

Tudo isto acontece pela diferença entre um modelo físico e o modelo analítico, que muitas das vezes quando utilizadas ferramentas diferentes para a modelação física e para modelação analítica, acaba surgindo algumas divergências, que em outras palavras pode-se assumir como sendo, um problema de interoperabilidade entre os softwares.

Para efetuar a simulação analítica, começou-se com a definição e atribuição das cargas e terminando com a combinação das mesmas. Apresenta-se na Figura 4.24, um exemplo sobre a definição das cargas permanentes e sobrecargas. Após o processo de análise da estrutura, são efetuadas as verificações da estrutura no seu todo e o dimensionamento dos elementos estruturais tais como; pilares, vigas, lajes, sapatas, etc.

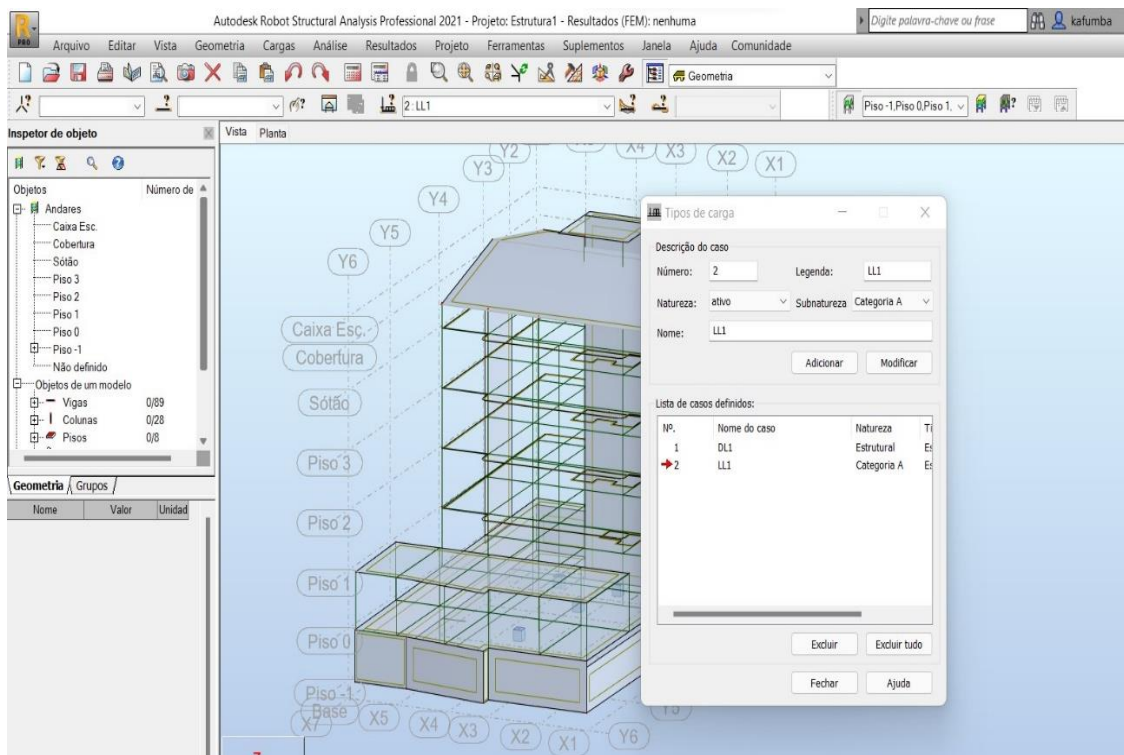


Figura 4.24 Definição das cargas permanentes e sobrecargas.

Na Figura 4.25, encontra-se representado o modelo de estrutura após a análise no Robot, que teve como base o modelo estrutural do teste de interoperabilidade efetuado do Revit para o Robot. Nesta figura, são apresentados exemplos dos diagramas de esforço axial.

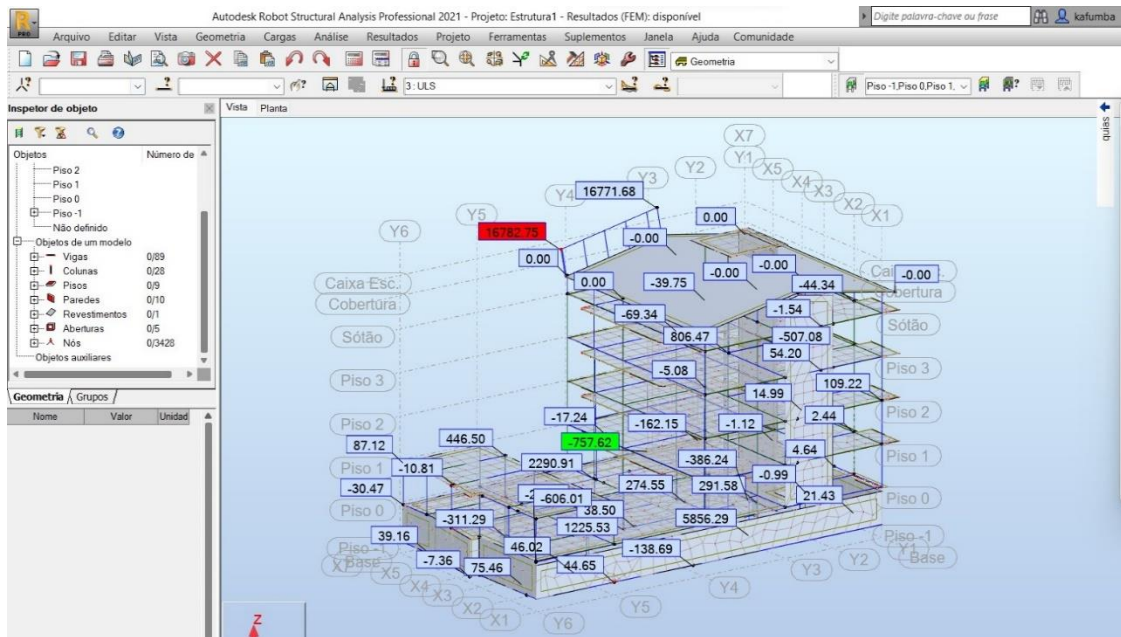


Figura 4.25 Diagramas de esforço axial.

Na Figura 4.26 e Figura 4.27 encontra-se o diagrama das forças de cisalhamento e de momento fletor, que surge após o dimensionamento de uma das vigas do modelo em causa. Encontram-se também os pormenores técnicos da viga em análise, representado na Figura 4.28.

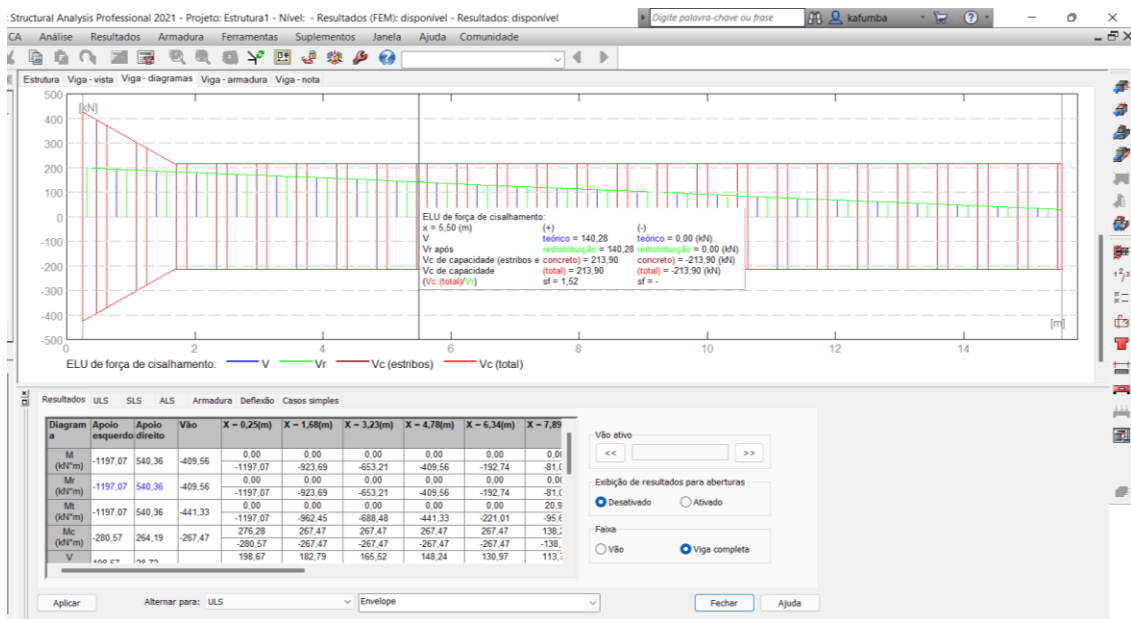


Figura 4.26 Diagrama de força de cisalhamento no Robot.

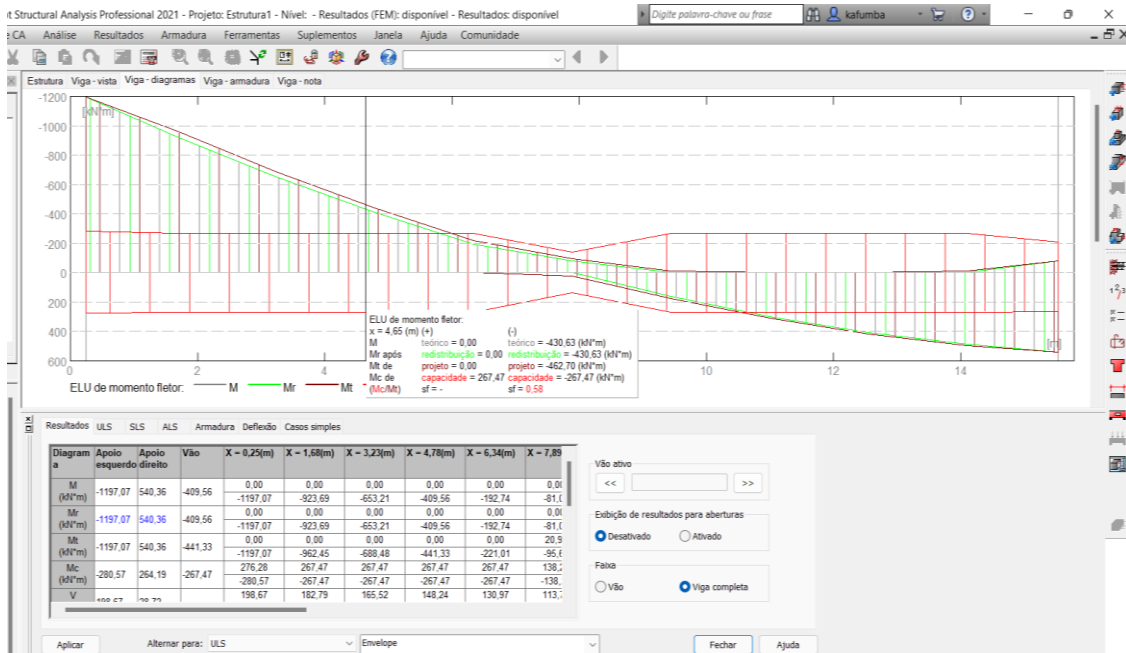


Figura 4.27 Diagrama de momento fletor no Robot.

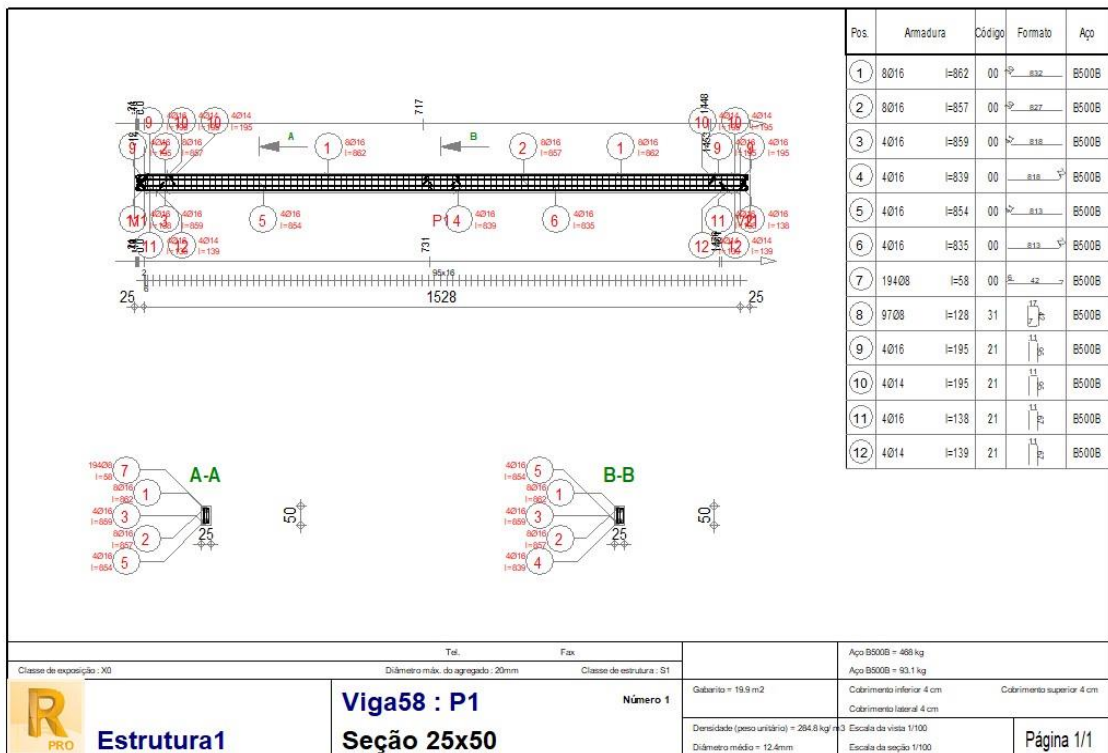


Figura 4.28 Detalhes da viga pós dimensionamento no Robot.

4.6 Modelação do Projeto de redes de águas e esgotos na plataforma BIM (Revit 2021)

Nos edifícios os sistemas hidráulicos são conhecidos como a rede de sistema de canalização instalada para o abastecimento de água, drenagem de resíduos, etc. Este sistema é concebido com base no projeto de arquitetura e compatibilizado com o projeto de estruturas, que neste caso foi desenvolvido com base na metodologia BIM (nomeadamente no Revit).

Os principais sistemas hidráulicos são subdivididos em três categorias, designadamente: o ponto de abastecimento a partir do ramal da rede pública; os sistemas de distribuição da canalização e as componentes terminais. Todos esses componentes devem ser considerados e acomodados durante o desenvolvimento do projeto de construção e do método de coordenação para melhorar o processo de construção (Ambrose, 1992). Nestes sistemas, utilizam-se canalizações compostas por perfis estruturados que também incorporam válvulas, curvas e outros equipamentos. Atualmente, as canalizações são usualmente feitas em material do tipo PVC (*Polyvinyl chloride*) e de cobre. No modelo, os elementos a verde correspondem às águas sanitárias, para água fria identificada com a cor azul e para água quente é utilizada a cor vermelha, como se apresenta na Figura 4.29 e Figura 4.30.

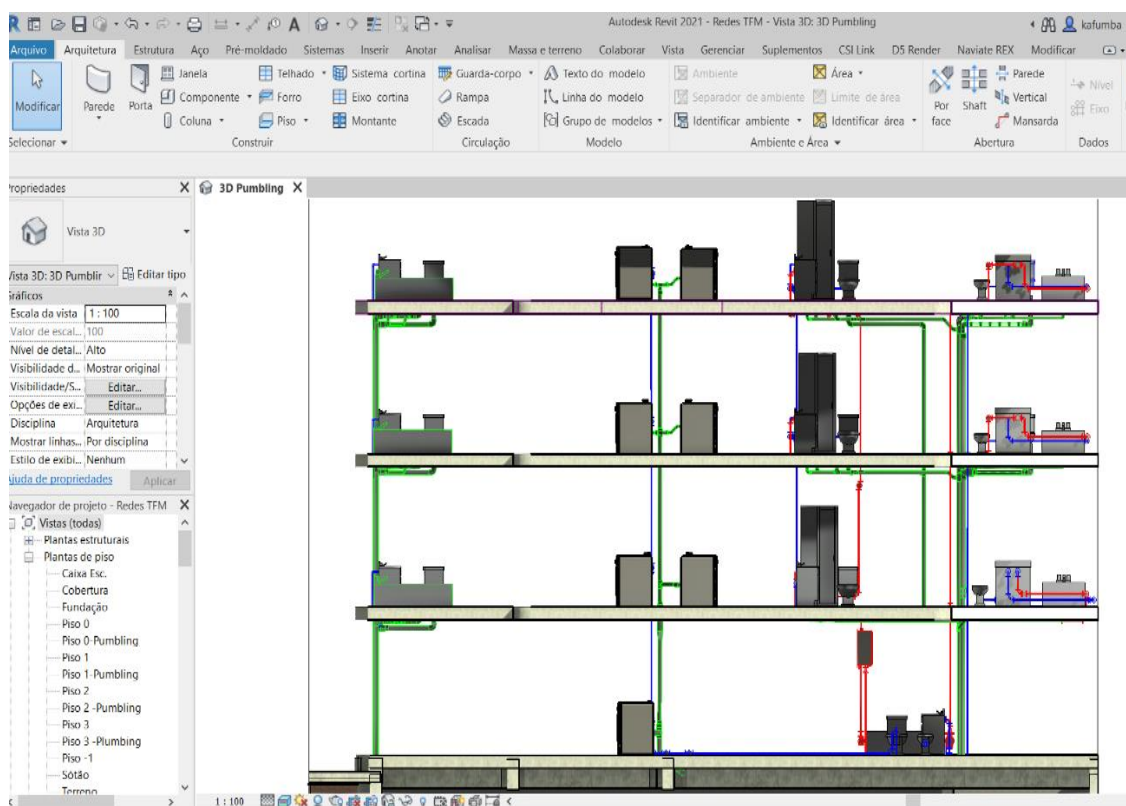


Figura 4.29 Modelo de Redes com os pisos.

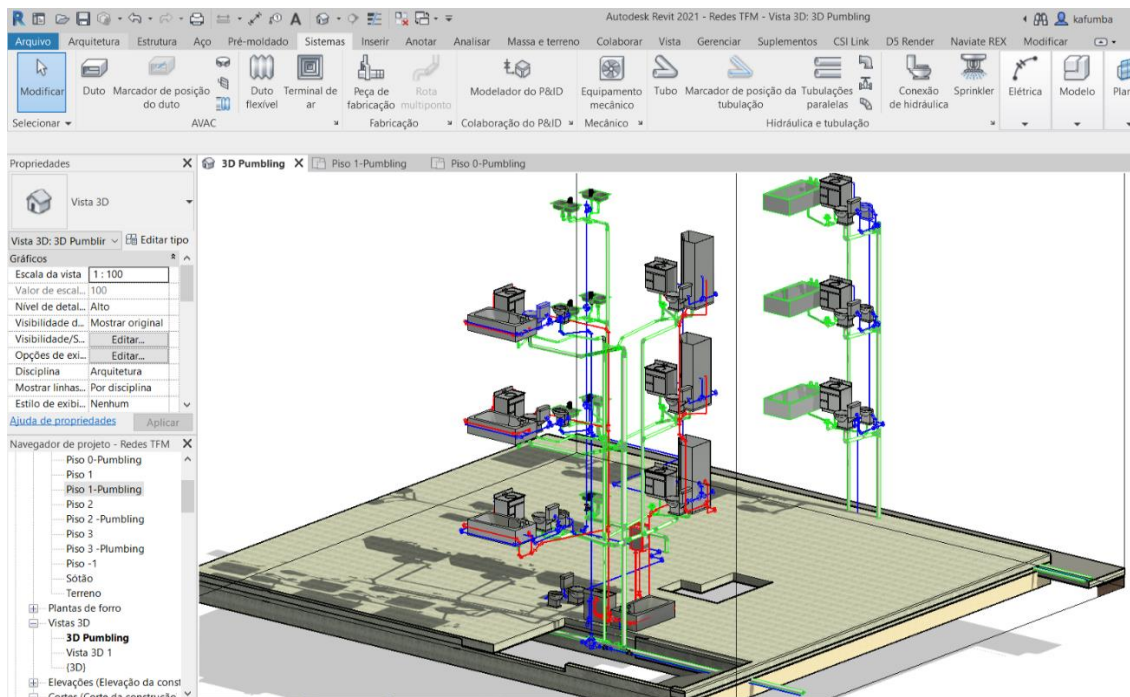


Figura 4.30 Modelo de Redes sem os pisos superiores.

Neste projeto, o sistema de rede de águas e esgotos estará ligado à rede pública como já referido anteriormente, com exceção da água quente, que terá a sua produção por intermédio de esquentadores a gás/elétrico.

4.7 Modelo Federado e deteção de choques na plataforma BIM (Naviswork)

Modelo federado é a sobreposição das várias especialidades (no âmbito deste trabalho envolve os projetos de arquitetura, estruturas, redes de águas e esgotos) no qual essa união pode ser feita através de ferramentas BIM tais como, Solibri ou Navisworks Manage, que ao mesmo tempo podem ser utilizadas para a deteção de choques entre as várias especialidades durante o processo. Na Figura 4.31, encontra-se um exemplo tipo de modelo federado entre a especialidade de estruturas e de redes.

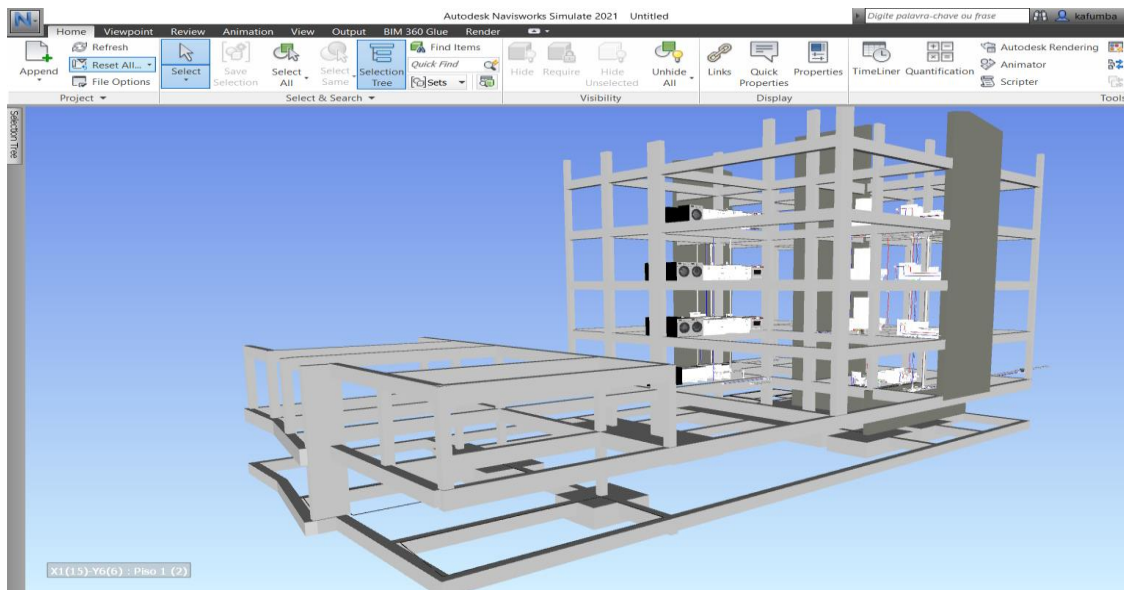


Figura 4.31 Modelo Federado (Estrutura e redes).

A seguir na Figura 4.32, encontram-se representados o modelo federado entre as especialidades de arquitetura, estruturas e de redes de águas e esgotos obtidos para o edifício em estudo.

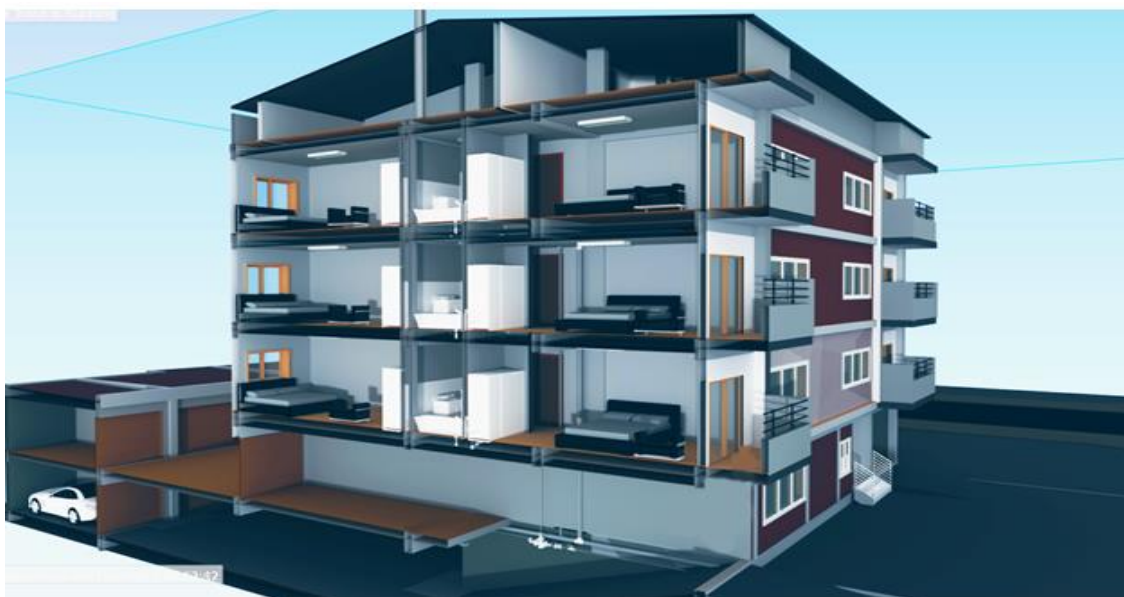


Figura 4.32 Modelo Federado (Estrutura, arquitetura e redes).

4.7.1 Análise e verificação dos choques no Navisworks Manage 2021

O *Navisworks Simulate* e *freedom*, quaisquer que sejam as versões, têm as funções de simular a execução de um projeto, fazer a sobreposição entre as especialidades, animação, *render*, etc. Contudo, quando se pretende ir mais a fundo, após a sobreposição das várias especialidades (Modelo federado), para a verificação de choques ou interferências, só é possível com a utilização do *Navisworks Manage*. Assim sendo, de modo a analisar e verificar

os choques e as interferências entre as várias especialidades, foi utilizado o *Navisworks Manage 2021*, como apresenta a Figura 4.33. Como referido anteriormente, após a análise e verificação de choques, o projetista faz as anotações de tudo e procura uma solução, que tipicamente é implementada a partir das especialidades onde se encontraram as interferências, isto quando se referem a interferências do tipo “suave”. Caso contrário, são ajustadas no ato da execução do edifício quando se tratar de interferências “rígidas” ou *hard clash*. Todavia, cabe alertar que no caso de choques “suaves”, estes podem ser solucionados com pequenas intervenções, já em casos de choques ou interferências “rígidas”, é necessário que tenha a intervenção de um profissional, porque existem situações que tem de se furar/roçar elementos estruturais, que pode pôr em causa a segurança do próprio edifício. Na Figura 4.33, encontra-se representado os resultados da análise de alguns choques e interferências.

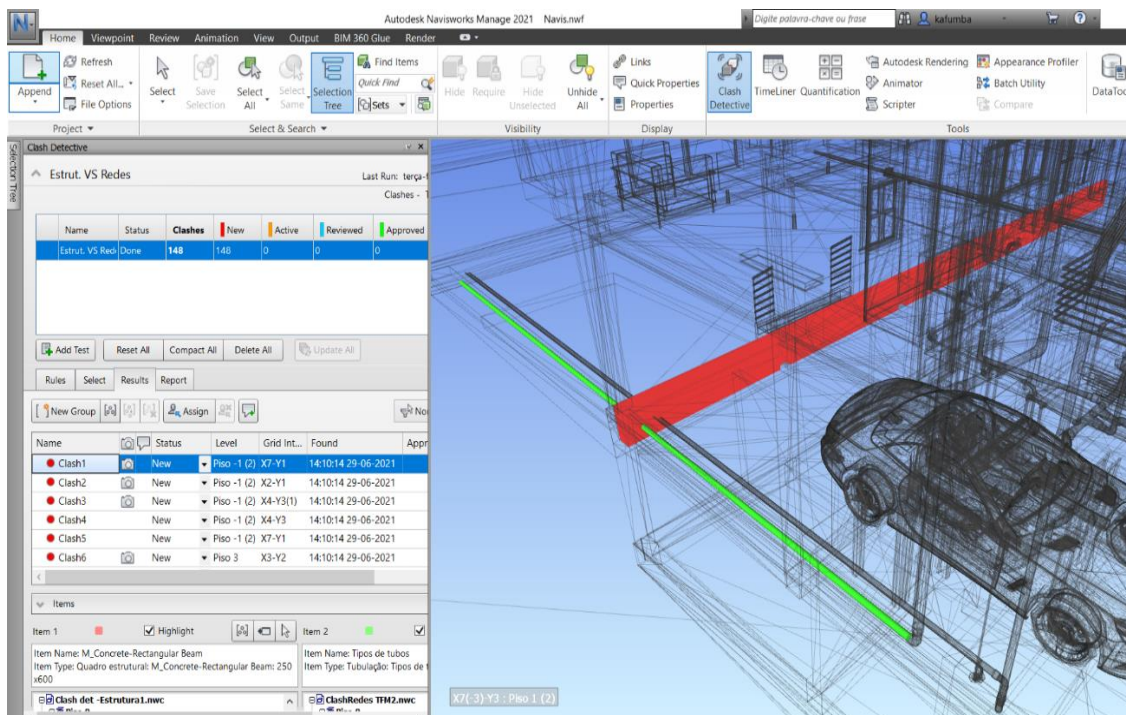


Figura 4.33 Exemplo de interferências físicas entre a viga e a tubulação das redes sanitárias.

Este é um dos problemas que pode ser solucionado baixando a altura da canalização, sendo casos muito comuns entre as especialidades de estruturas e redes de águas e esgotos, assumindo-se a tendência para a canalização passar por baixo ou ser embutida nos pisos. Também é de conhecimento que as especialidades com base os sistemas *MEP*, são as que mais colisões criam com as outras especialidades devido à sua complexidade e detalhes de dimensionamento. Na Figura 4.34, encontra-se representado o relatório das colisões entre as especialidades de estruturas e de redes de águas e esgotos, para o exemplo do edifício em estudo.

Estrut. VS Redes	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0,001m	148	148	0	0	0	0	Hard	OK

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1			Item 2				
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.164	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:-5.547, z:2.200	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in-Place gray	Solid	Element ID: 751275	Piso 0	Plástico	Line
	Clash2	New	-0.153	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:6.987, z:2.336	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in-Place gray	Solid	Element ID: 760932	Piso 0	Plástico	Line
	Clash3	New	-0.137	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-6.835, y:0.808, z:2.442	Element ID: 637031	Fundação	Concrete, Cast-in-Place gray	Solid	Element ID: 683956	Piso 0	Plástico	Line
	Clash4	New	-0.129	X4-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.151, y:1.059, z:2.305	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in-Place gray	Solid	Element ID: 683976	Piso 0	Plástico	Line
	Clash5	New	-0.120	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:-5.320, z:2.231	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in-Place gray	Solid	Element ID: 751748	Piso 0	Plástico	Line

Figura 4.34 Navisworks clash report de estrutura vs redes.

Na Figura 4.35, encontram-se representados os choques entre as especialidades de arquitetura com a de redes de águas e esgotos.

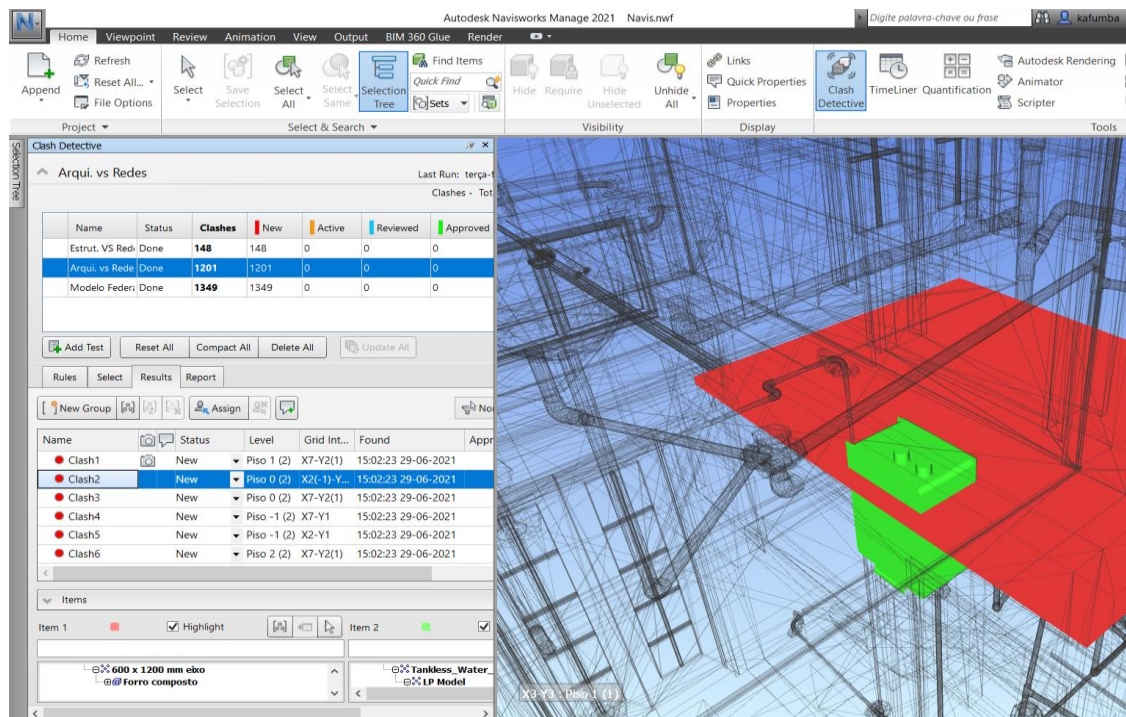


Figura 4.35 Exemplo de interferências físicas entre o esquentador e o teto falso/forro.

Trata-se de colisões do tipo “suave” que podem ser resolvidos, colocando o forro um pouco mais para cima ou o aquecedor um pouco mais para baixo em relação à sua altura. Na Figura 4.36, encontra-se representado o relatório do Naviswork das interferências entre a especialidade de arquitetura e a de redes de águas e esgotos. Consegue-se perceber que

houve um número considerável de interferências como esperado, visto que a especialidade de arquitetura é composta por vários elementos que podem colidir com os sistemas *MEP* como com a estrutura.

AUTODESK®
NAVISWORKS®

Clash Report

Arqui. vs Redes		Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
		0.001m	1201	1201	0	0	0	0	Hard	OK






Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.182	X7-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 14:02	x:-10.608, y:-5.536, z:8.500	Element ID: 527130	Piso 2	Piso de carvalho	Solid	Element ID: 713904	Piso 1	Plástico	Lin
	Clash2	New	-0.167	X2-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 14:02	x:-10.879, y:5.053, z:4.913	Element ID: 290990	Piso 0	Placa de forro 600 x 1200	Solid	Element ID: 679384	Piso 0	Metal - Noritz - Steel - Polyester Coating - Metallic Silver	Sol
	Clash3	New	-0.164	X7-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 14:02	x:-10.585, y:-5.539, z:5.500	Element ID: 526333	Piso 1	Piso de carvalho	Solid	Element ID: 711537	Piso 1	Plástico	Lin
	Clash4	New	-0.164	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 14:02	x:-16.026, y:-5.591, z:2.156	Element ID: 218492	Fundação	Material pré-definido de parede	Solid	Element ID: 751275	Piso 0	Plástico	Lin
	Clash5	New	-0.161	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 14:02	x:-16.276, y:6.890, z:2.321	Element ID: 218492	Fundação	Marmor	Solid	Element ID: 760932	Piso 0	Plástico	Lin

Figura 4.36 Navisworks clash report de arquitetura versus redes de águas e esgotos.

Para além das colisões mencionadas acima, no ANEXO-C indica-se um relatório completo das colisões.

4.8 Considerações Finais

O capítulo 4, começa com uma breve introdução sobre as ferramentas BIM a serem aplicadas no estudo, referindo-se o processo de interoperabilidade entre as mesmas. Nesta secção também é feita a descrição e localização do edifício a ser desenvolvido no estudo de caso, de forma a se obter um produto final mais próximo do real. Assim sendo, de modo a desenvolver práticas de utilidade dessas ferramentas, decidiu-se então criar o projeto de arquitetura na plataforma BIM (nomeadamente no Revit). Portanto, começou-se por descrever algumas das componentes que constituem o projeto de arquitetura antes de avançar para a descrição da sua modelação no Revit. Com base este enquadramento verificou-se a necessidade de avançar com a criação das famílias e dos níveis (altura do pé direito dos pavimentos) a ser utilizada no Revit para a criação do projeto de arquitetura.

Na secção 4.5, usa-se como referência o projeto de arquitetura para a modelação do projeto de estruturas. Assim sendo, começa-se com a descrição de cada elemento tipo que constitui

a estrutura, sendo essa descrição importante de forma a se conhecer de como as forças atuam e como são distribuídas entre esses elementos. Após essa descrição, é feita então o modelo de estrutura, de forma física e de forma analítica, tendo em conta que alguns softwares estruturais reconhecem apenas elementos em forma analítica e não física. Antes da simulação analítica, fez-se o teste de interoperabilidade, no qual conclui-se que quando se faz trocas de ficheiros em plataformas BIM da mesma família (por exemplo Autodesk), corre-se menos riscos de perda de informações e recomenda-se nalguns casos, o uso de plug-in para a transferência de ficheiros, quando se tratar de plataformas de empresas distintas. Esta secção termina com a simulação analítica do projeto de estruturas, que parte de um teste de interoperabilidade, na transferência do modelo estrutural do Revit para o Robot. Também foi possível identificar as vantagens e desvantagens do envio de ficheiros entre ferramentas da mesma família, em comparação á famílias distintas.

A secção 4.6, começa com uma breve consideração sobre os sistemas hidráulicos, que serve como base para a modelação do projeto de rede de águas e esgotos utilizando a metodologia BIM (nomeadamente no Revit). Dentre as ferramentas BIM, o Revit é uma das quais permite que os profissionais especializados, após a criação do sistema *MEP*, realizem os cálculos do projeto diretamente no modelo, onde podem ser visualizados ou impresso por qualquer pessoa no processo de construção. Esses cálculos podem ser desde dimensionamento de dutos/tubos, ramificações ou todo o sistema de acordo com qualquer código ou padrão aplicável.

Finalmente na secção 4.7, obtém-se o modelo federado, que resulta da sobreposição de todas as especialidades já feitas anteriormente, sendo um dos principais objetivos deste trabalho, no qual se usou o *Navisworks Simulate 2021* para a sobreposição entre as mesmas e o *Navisworks Manage 2021* para a deteção de choques e interferências. Como esperado, confirmou-se que a maior parte das colisões surgem devido à complexidade dos sistemas *MEP* e pelo facto das mesmas ocuparem espaços muitos pequenos que dificultam no sua instalação, construção e gestão.

5 Conclusões e perspectivas futuras

O presente capítulo pretende resumir e dar resposta à discussão feita sobre os principais “desafios e limitações associados à implementação da metodologia BIM, em projetos de edificações”, de forma a se conhecer o quão evoluiu e os esforços que têm sido feitos por todos os intervenientes dentro da indústria da AEC, no sentido de dar respostas a esses desafios e limitações.

5.1 Conclusões

No âmbito deste trabalho sobre os principais desafios e limitações associados à implementação da metodologia BIM em projetos de edificações através de uma revisão da literatura associada ao tema e da análise resultante da aplicação a um estudo de caso, evidenciou-se o seguinte:

- A redução dos erros e omissões resultou em maior lucratividade, redução de custos, melhor gestão do tempo e melhorou a relação entre fornecedor-cliente;
- O sistema *Integrated Project Delivery* (IPD) em BIM, resultou numa maior colaboração entre os vários parceiros interessados no projeto. O BIM representa um novo paradigma dentro da AEC, que incentiva a integração das funções de todos os parceiros num projeto. Esta integração trouxe maior eficiência e harmonia entre concorrentes que no passado muitas vezes se viam como adversários;
- A maior dificuldade da implementação do BIM em gabinetes de projeto, assenta na falta de tempo para a sua implantação, resistência à mudança de software pela equipa e na incompatibilidade com parceiros de projeto (Visto que pelo facto de haver várias ferramentas BIM, faz com que não haja um padrão a seguir pelos gabinetes de projeto, no que diz respeito ao uso destas ferramentas);

Com o desenvolvimento do estudo de caso, evidenciou-se que:

- O processo de compatibilização de projetos, permitiu de uma forma prévia verificar e eliminar as possíveis incompatibilidades, para garantir a melhoria da qualidade do projeto e na busca de soluções eficazes e inteligentes, a serem aplicadas no ato da construção e pós construção do edifício. A metodologia BIM, reúne um papel muito importante neste processo de compatibilização, visto que permite também, uma maior visualização do modelo na dimensão 2D e 3D simultaneamente;
- Referente a temática “interoperabilidade entre softwares”, continua sendo um dos desafios pendentes a ser solucionado a nível tecnológico, principalmente no que

tange a troca de informações em plataformas distintas (diferentes famílias). Não obstante, o uso da metodologia BIM acaba sendo mais eficaz e prático em comparação aos sistemas tradicionais CAD. Verificou-se com este trabalho, uma grande melhoria no que diz respeito a transferência de modelos com as cargas estruturais modeladas no Revit para programas de análise estrutural, que de acordo o registo feito em trabalhos desenvolvidos no passado, havia se verificado dificuldades destes modelos passarem do Revit para programas de análise estrutural;

- Finalmente, importa salientar que com o desenvolvimento deste trabalho, foi possível obter mais conhecimentos sobre esta nova metodologia de trabalho e a aprimorar os conhecimentos básicos sobre a utilização de ferramentas BIM utilizadas neste trabalho.

5.2 Perspetivas futuras

Conforme foi esclarecido nas conclusões, este trabalho final de mestrado pode se dar sequência com a compatibilização de projetos, desenvolvendo o projeto de sistemas mecânicos, elétricos e AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). O trabalho de implementação do BIM em projetos de edificação não é uma tarefa isolada, mas antes um processo contínuo pelo que os investigadores e profissionais devem desenvolver soluções adequadas para superar esses desafios e outros riscos associados. Atendendo que uma série de investigadores, profissionais, fornecedores de softwares e organizações profissionais estão trabalhando duro para resolver esses desafios, o futuro do BIM é empolgante e promissor.

Referências bibliográficas

- Abdelhameed, W., & Saputra, W. (2020). Integration of building service systems in architectural design. *Journal of Information Technology in Construction*, 25, 109–122. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.007>
- Addor, Dardes, Cambiaghi, H., Paula, J., & Delatorre, M. (2010). Colocando o "i" no BIM. *Usjt - Arq.Urb*, 4, 104–115.
- Aish, R. (1986). Chapter 6 - Three-dimensional input and visualization. In A. Pipes (Ed.), *Computer-Aided Architectural Design Futures* (pp. 68–84). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-408-05300-6.50013-5>
- Akponeware, A. O., & Adamu, Z. A. (2017). Clash detection or clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM. *Buildings*, 7(3), 1–28. <https://doi.org/10.3390/buildings7030075>
- Ambrose, J. E. (1992). *Building Construction and Design*. Springer US.
- Ana Monteiro, António Pereira, David Calvacanti, E. J. (2017). *Compatibilização de projetos na Construção Civil: Importância, Métodos e Ferramentas*. 3, 1–25.
- Autodesk. (2003). Building Information Modeling in Practice: Autodesk Building Solutions. *Whitepaper*, 1–6.
- Azhar, S. (2008). *Building Information Modeling (BIM): A New Paradigm for Visual Interactive Modeling and Simulation for Construction Projects*. 1.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, 241–252. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4). <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>
- Barak, R., Jeong, Y.-S., Sacks, R., & Eastman, C. (2009). Unique Requirements of Building Information Modeling for Cast-in-Place Reinforced Concrete. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 23. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2009\)23:2\(64\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2009)23:2(64))
- Barradas, B. M. M. (2019). *Projeto de Fundações e Estruturas de um Edifício de Habitação (Tese de mestrado)*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- BIM Forum. (2019). Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary. *Bim-Bep*, April 254.
- Brodie, M. (2010). Building information modelling: the UK legal context. *International Journal of Law in the Built Environment*, 2(3), 246–259. <https://doi.org/10.1108/17561451011087337>

- BSI. (2020). *Little Book of BIM*. 30.
- Cardoso, N. (2018). *Caracterização Numérica e Experimental do Comportamento Dinâmico de um Edifício de Betão Armado*.
- Carlota, V. (2019). *CAD Software for all levels*. <https://www.3dnatives.com/en/top10-cad-software-180320194/#!>
- Casas, C. (2021). *Instalação hidráulica*. <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/instalacao-hidraulica/>
- Cidades, F. das. (2009). *Alçado*. <https://www.forumdascidades.pt/content/alcado-0>
- Consultoria, R.-E. e. (2019). *Compatibilização de projetos e clash detection não são a mesma coisa*. <https://www.reneruggeri.com/single-post/2019/04/30/>
- Craig, D. L., & Zimring, C. (2002). Support for collaborative design reasoning in shared virtual spaces. *Automation in Construction*, 11(2), 249–259. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0926-5805\(00\)00102-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0926-5805(00)00102-3)
- CRC Construction Innovation. (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House. In *CRC for construction Innovation participants*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Modeling. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2012). BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. In *Construction Economics and Building* (Second Edi, Vol. 12, Issue 3). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i3.2749>
- Eastman Chuck, Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. In Inc. Copyright © 2008 John Wiley & Sons (Ed.), *Notes and Queries* (Vols. s7-II, Issue 32). <https://doi.org/10.1093/nq/s7-II.32.110-e>
- Eastman Chuck, Telcholz Paul, Sacks Rafael, L. W. (2014). BIM Manual. In *Um guia de Modelação da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. (Issue 6).
- Fischer, M., & Kunz, J. (2004). *The Scope and Role of Information Technology in Construction*. 63, 1–31. https://doi.org/10.2208/jscej.2004.763_1
- Froese, T. M. (2010). The impact of emerging information technology on project management for construction. *Automation in Construction*, 19(5), 531–538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.004>
- Garrett, & N. Ivezic. (1994). *A Machine Learning Decision Support System for Collaborative Design*.

- Giel, B. K., & Issa, R. R. A. (2013). Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(5). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000164](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000164)
- Gilligan, B., & Kunz, J. (2007). VDC use in 2007: significant value, dramatic growth, and apparent business opportunity (CIFE Technical Report, No 171). *Center for Integrated Facility Engineering, December*.
- Gonçalves Jr, F. (2018). *BIM: Tudo O Que Você Precisa saber sobre esta metodologia*. <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>
- Gordon, W. J., & Catalini, C. (2018). *Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability*. 16, 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.06.003>
- Hardin. (2009a). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows (Sybex 2009)* (Wiley Brand, Ed.; 2nd ed., p. 404).
- Hardin. (2009b). *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows (Sybex 2009)* (Wiley Brand, Ed.; 2nd ed., p. 404).
- Hartmann, T. (2010). Detecting Design Conflicts Using Building Information Models: a Comparative Lab Experiment. *Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference –Cairo, Egypt, 16-18 November*.
- Heygate-browne, R. (2004). *Design management systems*. 16 January, 33.
- Irwin, Jorge, K. (2007). *BIM: who, what, how and why*. <https://www.facilitiesnet.com>
- ISO. (2006). International Standard International Standard. 61010-1 © Iec:2001, 2006, 13.
- ISO. (2010). *Standard*.
- Janis, R., & Tao, W. (2019). *Mechanical and Electrical Systems in Buildings*. Pearson Education.
- Jian-xin, Z. (2010). Study on Barriers of Implementing BIM in Engineering Design Industry in China. *Journal of Engineering Management*.
- Jones, S., Young Jr., N. W., & Bernstein, H. M. (2008). Building Information Modeling (BIM): Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity. *McGraw Hill Construction - SmartMarket Report*, 45.
- Kaner, I., Sacks, R., Kassian, W., & Quitt, T. (2008). Case studies of BIM adoption for precast concrete design by mid-sized structural engineering firms. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 13(January), 303–323.
- Kerosuo, H., Miettinen, R., Paavola, S., Mäki, T., & Korpela, J. (2015). Challenges of the expansive use of building information modeling (BIM) in construction projects. *Produce*, 25(2). <https://doi.org/10.1590/0103-6513.106512>

- Khemlani, L. (2004). The IFC Building Model: A Look Under the Hood. *Arch bytes Feature*, 1–12.
- Korman, T., & Huey-King, L. (2014). Industry Input for Construction Engineering and Management Courses: Development of a Building Systems Coordination Exercise for Construction Engineering and Management Students. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19, 68–72. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.0000189](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.0000189)
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. In *Indianapolis: Wiley Publishing, IN*.
- Laakso, M., Student, D., Science, I. S., & Kiviniemi, A. (2012). *The IFC Standard - A Review of History, Development and Standardization*. 17(May), 134–161.
- Leite, F., Akcamete, A., Akinici, B., Atasoy, G., & Kiziltas, S. (2011). Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models. *Automation in Construction*, 20(5), 601–609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.027>
- Lino, J. C., Azenha, M., & Lourenço, P. (2012). Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas. *Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012*, 1–10.
- Linter filtros. (2021). *O que é o Sistema HVAC e como ele funciona em ambientes industriais*. <https://linterfiltros.com.br>
- Loscos, E., Xie, H. (Sally), Koppelaar, R. H. E. M., Borràs, M., Martín-Moncunill, D., Coloma, D., Pérez Arnal, I., Alonso, R., Elagiry, M., Velazquez, S., Porkka, J., Vicente Legazpi, P., Veleiro Blanco, A. M., & Oostinga, D. (2019). *Digital Twin Definitions for buildings*. 27.
- Love, P., Edwards, D., Smith, J., & Walker, D. (2009). Divergence or Congruence? A Path Model of Rework for Building and Civil Engineering Projects. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 23, 480–488.
- Majcher, J. (2019). *Everything is worth knowing about the IFC format*. <https://bimcorner.com>
- Manziane, L. (2017). *Colaboração e troca de modelos BIM*. <https://www.makebim.com>
- McAuley, B., Hore, A., & West, R. (2012). Implementing building information modeling in public works projects in Ireland. *EWork and EBusiness in Architecture, Engineering and Construction - Proceedings of the European Conference on Product and Process Modelling 2012, ECPPM 2012*, 589–596. <https://doi.org/10.1201/b12516-94>
- Medeiros, J. G. R., & Carrijo., S. (2019). Compatibilização de Projetos na Construção Civil. *Ciências e Tecnologias Em Busca de Inovações Empreendedoras.*, 53(9), 1689–1699.
- MHC. (2014). The Business Value of BIM for Construction in Major Global Market. *SmartMarket Report*, 60.

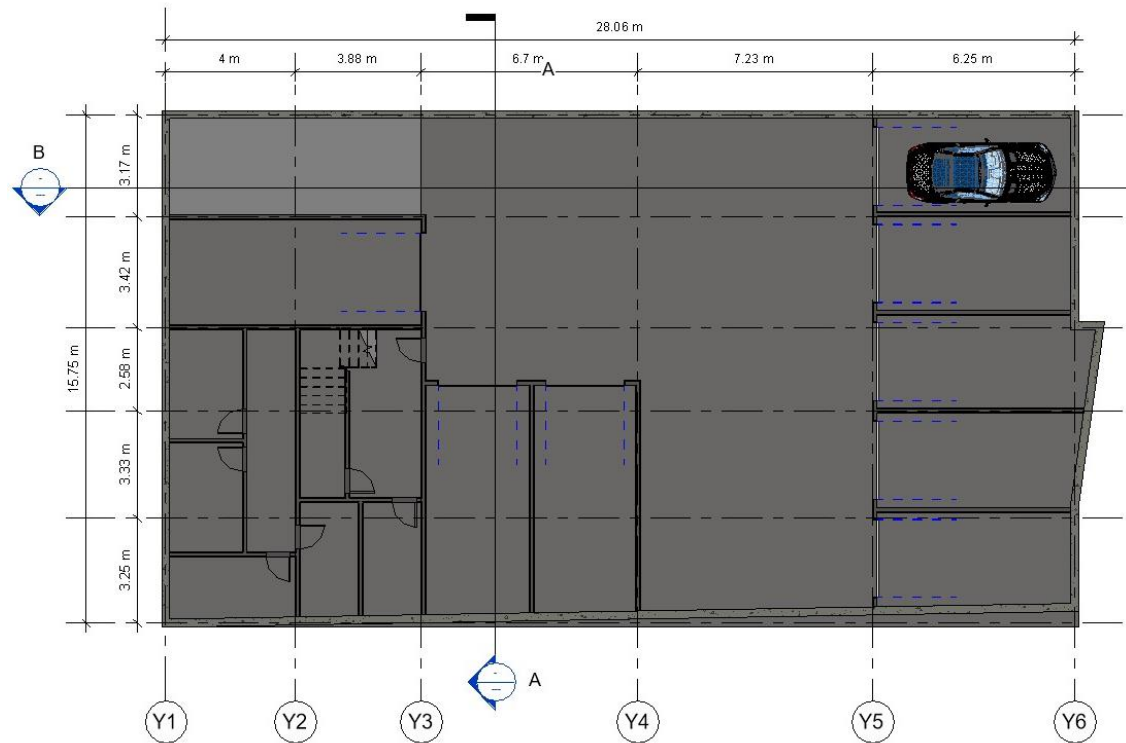
- Michael Bloomberg, D. B. (2012). A BIM Guidelines. In *Department of Design and Construction* (Vol. 21, Issue 3). <https://doi.org/10.1002/art.1780210322>
- Morgan, M., & Morrison, M. (1999). *Models as Mediators: Perspectives on Natural and Social Science*. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511660108.003>
- Neff, G., Fiore-Silfvast, B., & Dossick, C. (2010a). A case study of the failure of digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction. *Information, Communicate*, 556–573. <https://doi.org/10.1080/13691181003645970>
- Neff, G., Fiore-Silfvast, B., & Dossick, C. (2010b). A case study of the failure of digital communication to cross knowledge boundaries in virtual construction. *Information, Communicate*, 556–573. <https://doi.org/10.1080/13691181003645970>
- Netto, C. C. (2016). *Autodesk Revit Architecture 2016: conceitos e aplicações*. 464.
- NIBS. (2007). National Institute of Building Sciences (NIBS). National BIM Standard Version 1 - Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. *NBIMS*, 180.
- Nisbet, N. (2013). *building SMART UKI The role of standards building SMART UKI*.
- Parreira, C. (2013). *Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção – um caso de estudo (Tese de mestrado)*. Universidade Nova Lisboa.
- PAS 1192-2. (2013). *Specific cation for information management for the capital and delivery phase of construction projects using building information modelling. 1*.
- Pinto, P. (2019). *A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de caso (Tese de mestrado)*. Universidade de Brasília.
- Post, N. M. (2008). Building information modeling: Snags don't dampen spirits. *ENR (Engineering News-Record)*, 261(17).
- Riley, D. (2000). *Coordination and Production Planning for Mechanical, Electrical and Plumbing Construction*. 690–700. [https://doi.org/10.1061/40475\(278\)74](https://doi.org/10.1061/40475(278)74)
- Riley, D. R., Varadan, P., James, J. S., & Thomas, H. R. (2005). Benefit-Cost Metrics for Design Coordination of Mechanical, Electrical, and Plumbing Systems in Multistory Buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(8). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2005\)131:8\(877\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2005)131:8(877))
- Rokoei, S. (2015). Building Information Modeling in Project Management: Necessities, Challenges and Outcomes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 210, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.332>
- Ronald O. Méndez. (2006). Building Information Modelling in Facilities management (Master thesis). In *Global Shadows: Africa in the Neoliberal World Order* (Vol. 44, Issue 2). Worcester Polytechnique Institute.
- Rui, A. (2017). *Ferramentas de Cálculo Estrutural e sua compatibilização com Metodologias BIM*. Universidade do Porto.

- Segarra, A. (2004). *La instalacion eléctrica de la vivienda. 1*.
- Sena, T. S. de. (2012). *A aplicação da Metodologia BIM para a compatibilização de Projetos*. Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica.
- Silva. (2013). *Princípios para o Desenvolvimento de projetos com recursos a ferramentas BIM (Tese de mestrado)*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Solano, R. da S. (2005). Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: Método das dimensões possíveis e fundamentais. *25º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001*, 2768–2773.
- Souza, L., & Lyrio, A. M. (2009). *Impactos do uso do BIM em Escritório de arquitetura: Oportunidades do mercado Imobiliário. 4*, 26–53.
- STUDIO, T. (2017). *What is BIM and why do you need it?* <https://medium.com/studiotmd/>
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 1556(18).
- Tahir, M. M., Haron, N. A., Alias, A. H., Al-Jumaa, A. T., Muhammad, I. B., & Harun, A. N. (2017). Applications of building information model (BIM) in Malaysian construction industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 291(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/291/1/012009>
- Tatum, C. B., & Korman, T. (1999). MEP Coordination in Building and Industrial Projects. *Center for Integrated Facility Engineering*, 1–51.
- Tavares Júnior, W. (2001). Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte. In *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
- Taylor & Francis Group, London, U. (2018). *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction ECPPM 2018* (J. K. and R. Scherer, Ed.; p. 61). CRC Press/Balkema.
- Tecnosil. (2018). *Plataforma BIM*. <http://www.tecnosilbr.com.br/conteudo/?p=324>
- Tommelein, I. D., & Gholami, S. (2012). Root causes clashes in building information models. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*, 1(510).
- van Nederveen, G. A., & Tolman, F. P. (1992). Modelling multiple views of buildings. *Automation in Construction*, 1(3). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)
- Wan, S. K. M., & Kumaraswamy, M. M. (2012). Improving building services coordination at the pre-installation stage. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(3). <https://doi.org/10.1108/09699981211219580>

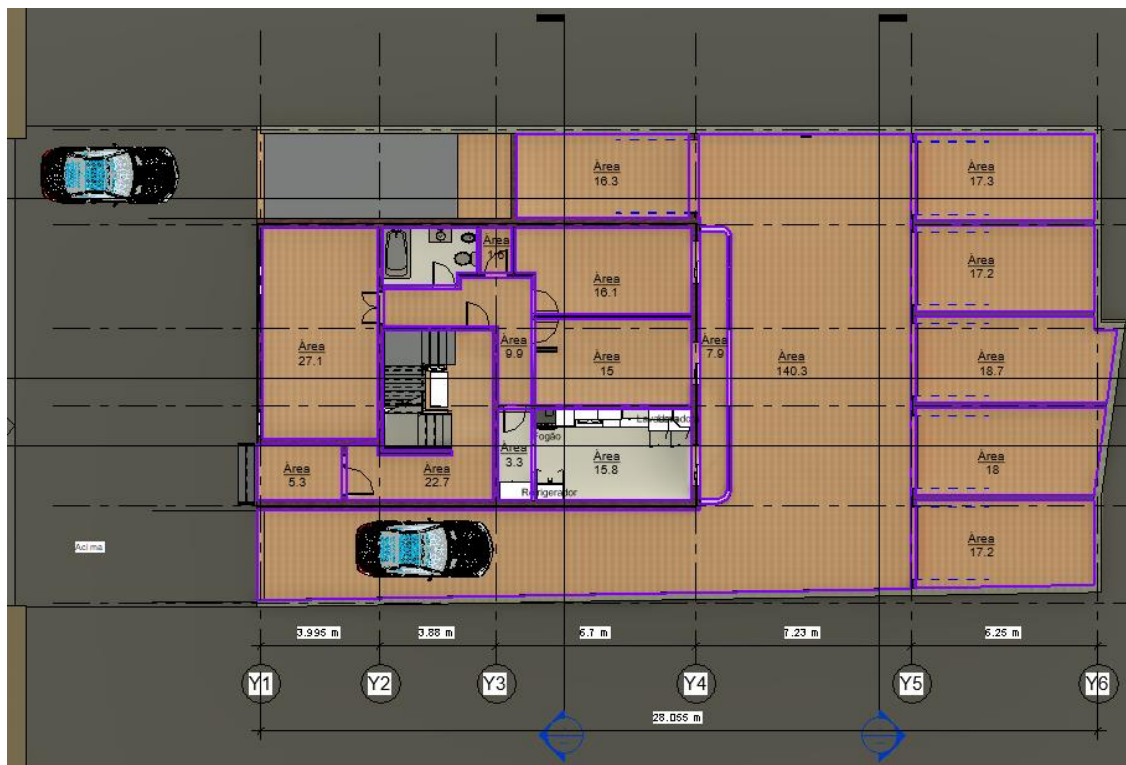
Waterhouse Ceo, R., Ceo, I. M., Matthews Mba, A., & Hamil, S. (2017). *National BIM Report 2017 Introduction 03 Working toward a unified approach 28 to BIM in Europe BIM on a live project 36. 22.*

ANEXOS

A-PROJETO DE ARQUITETURA NO REVIT (FIGURAS)



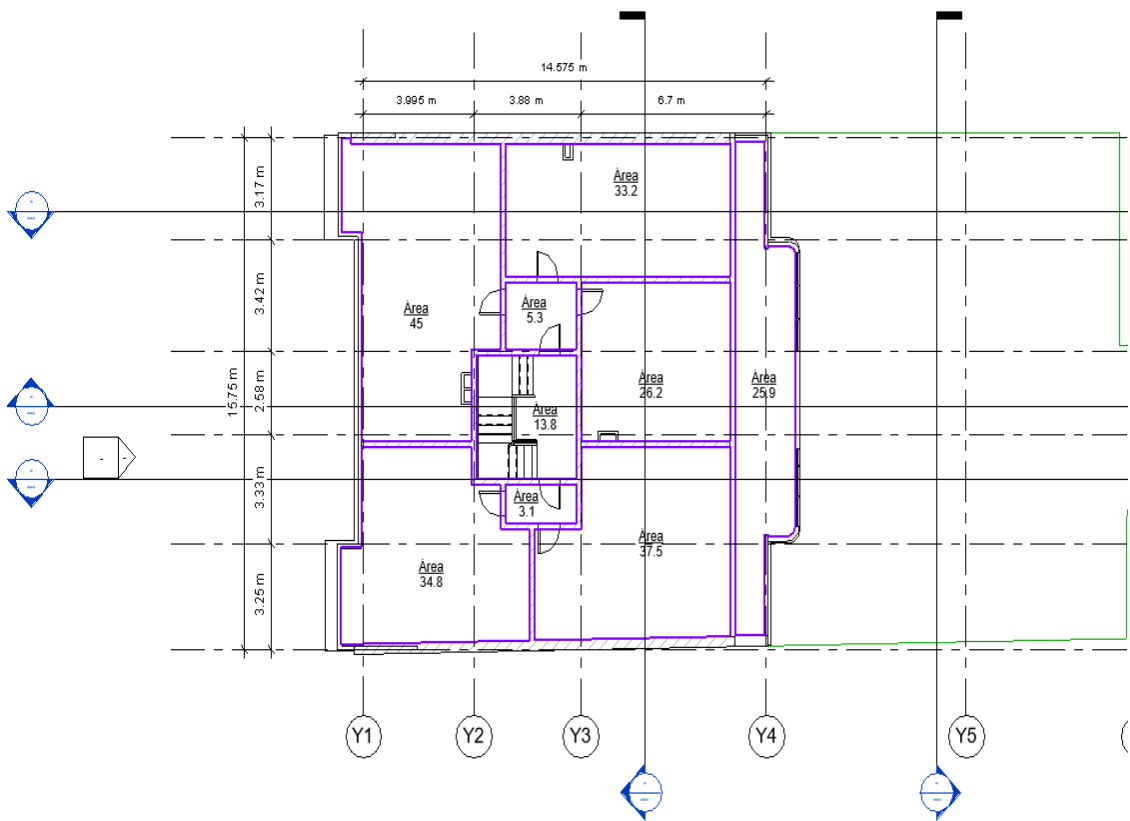
Cave



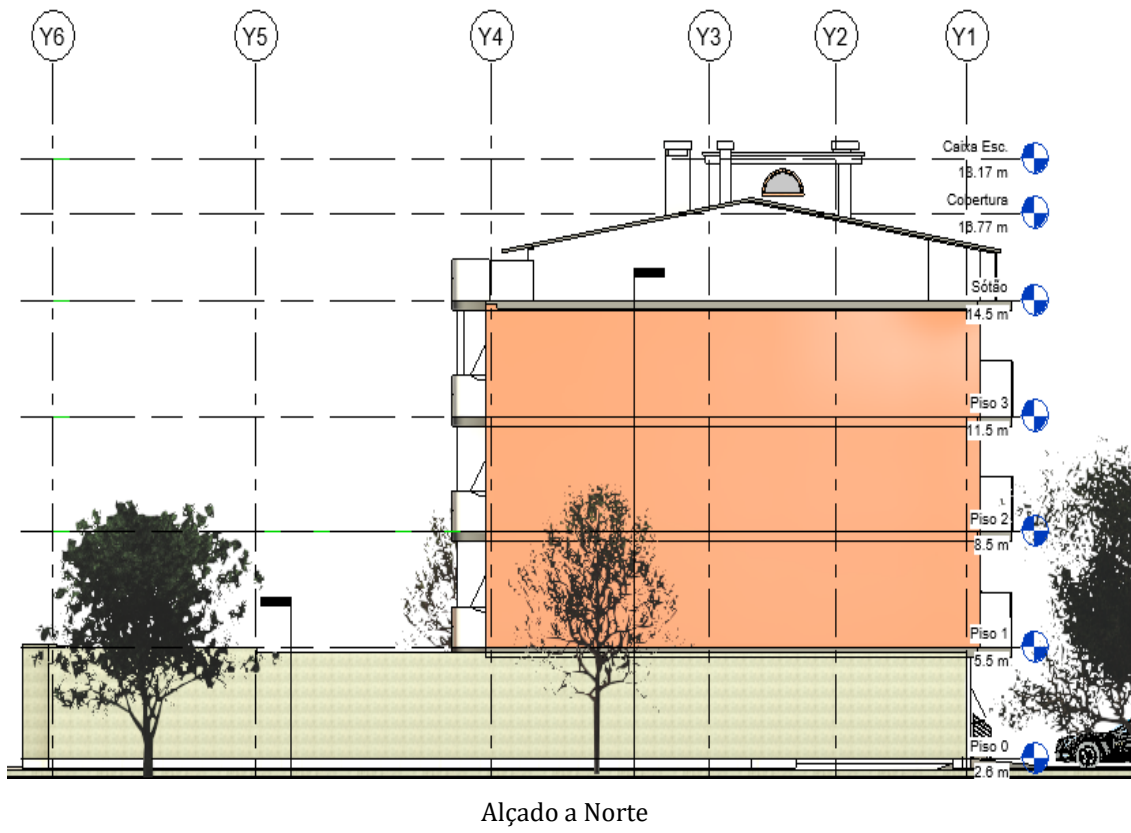
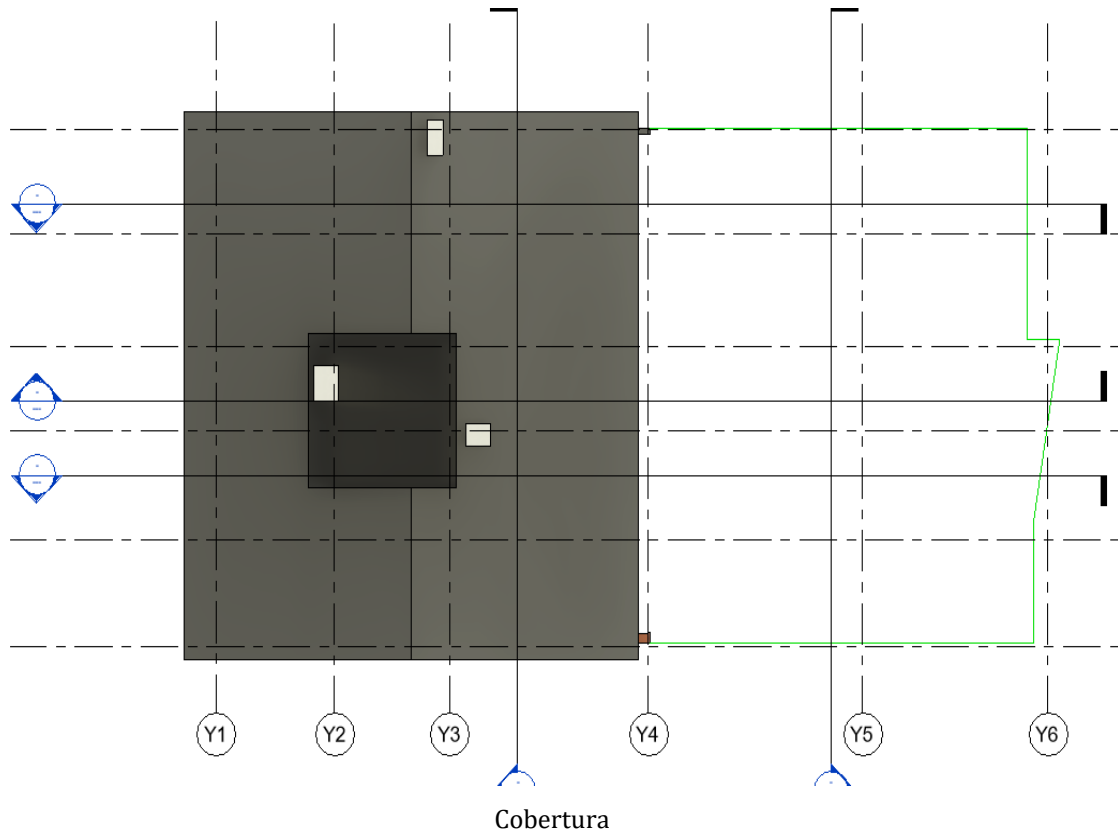
Piso 0

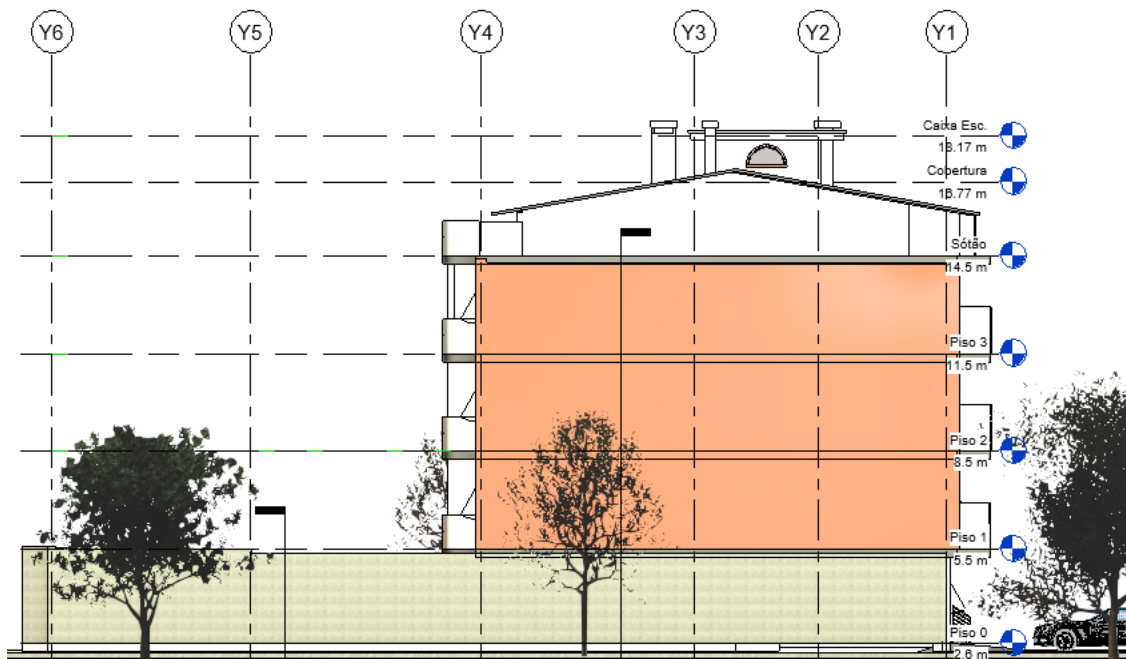


Piso 1 semelhante ao 2 e 3



Sótão
85

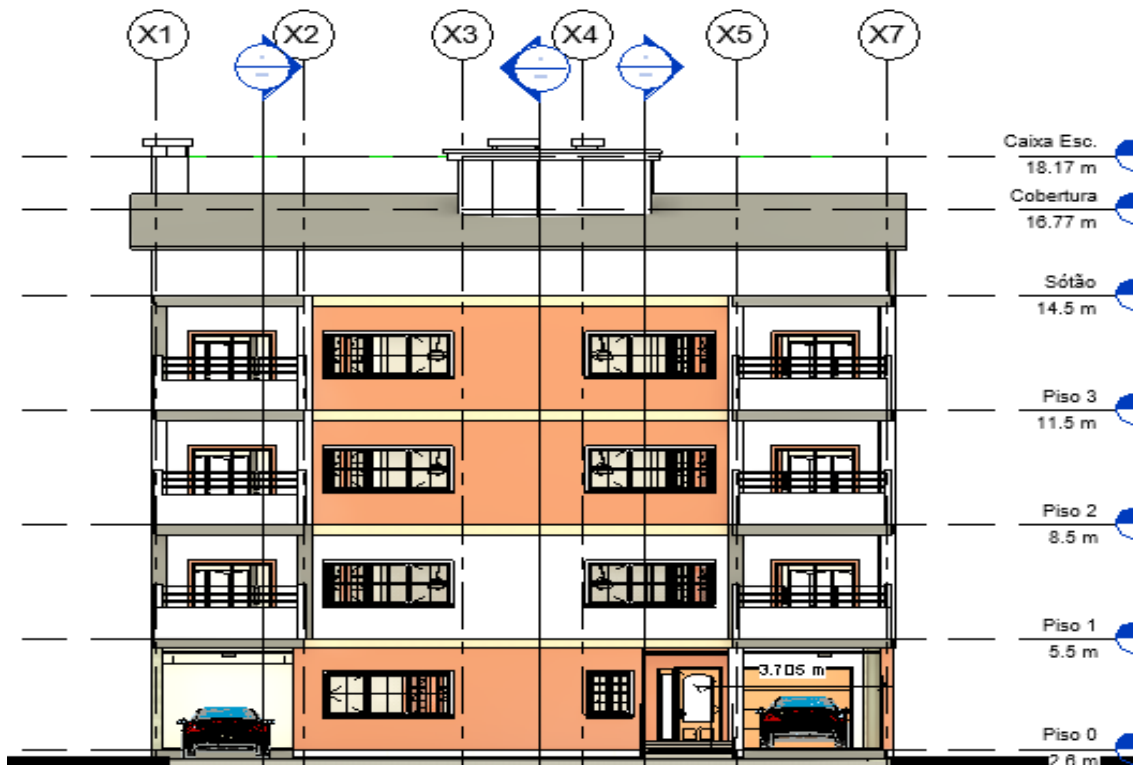




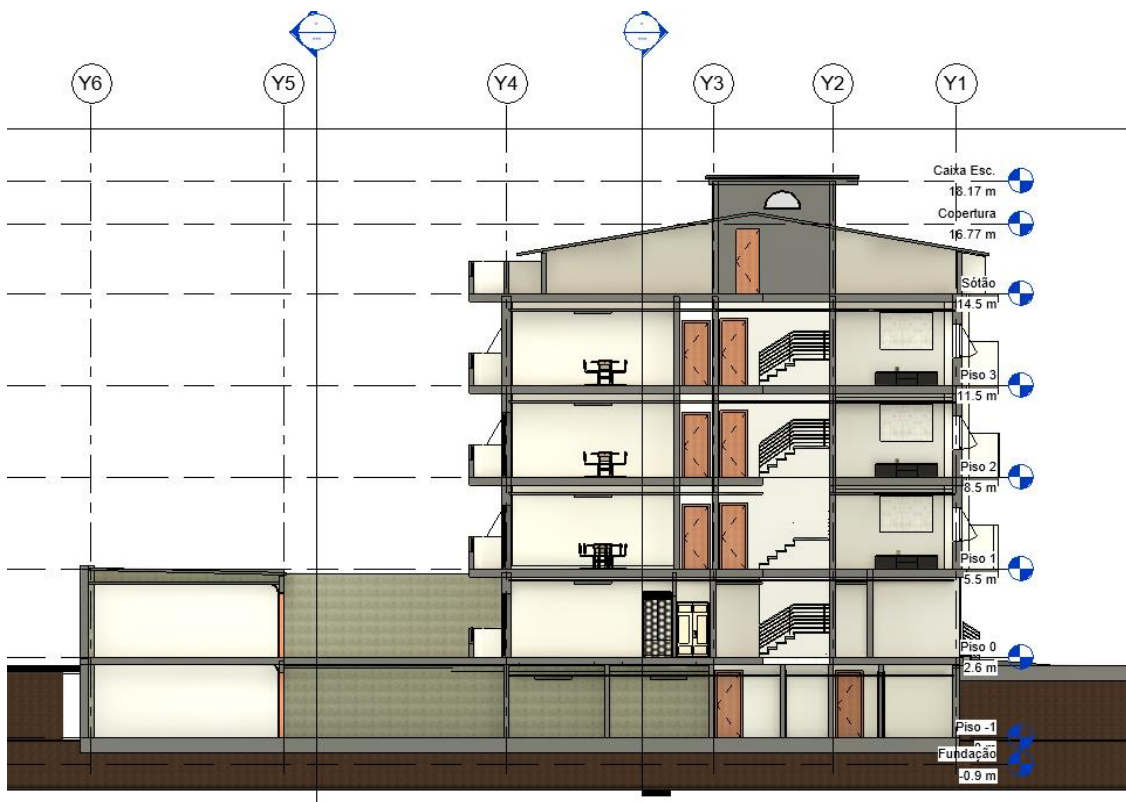
Alçado a Sul



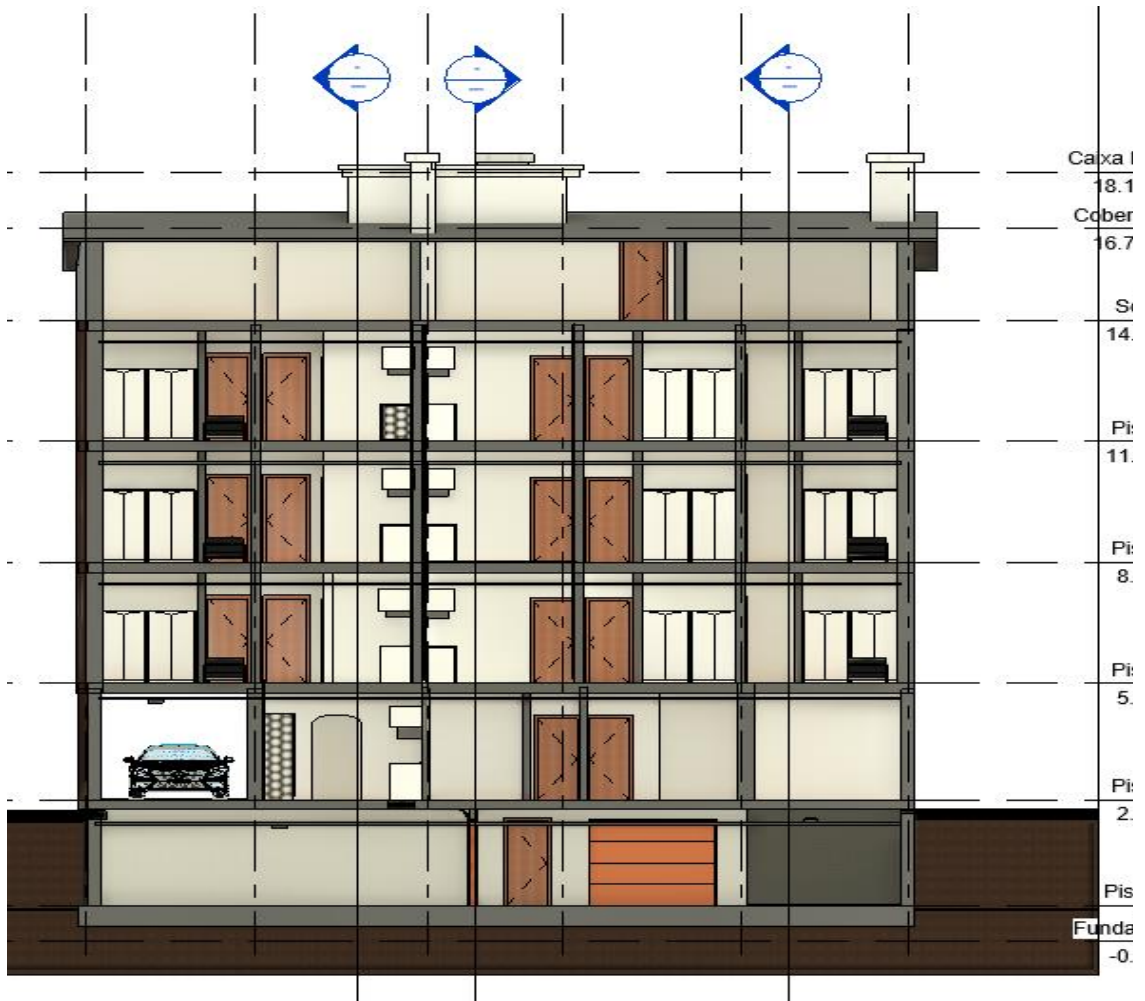
Alçado a Leste



Alçado a Oeste



Corte 3-3

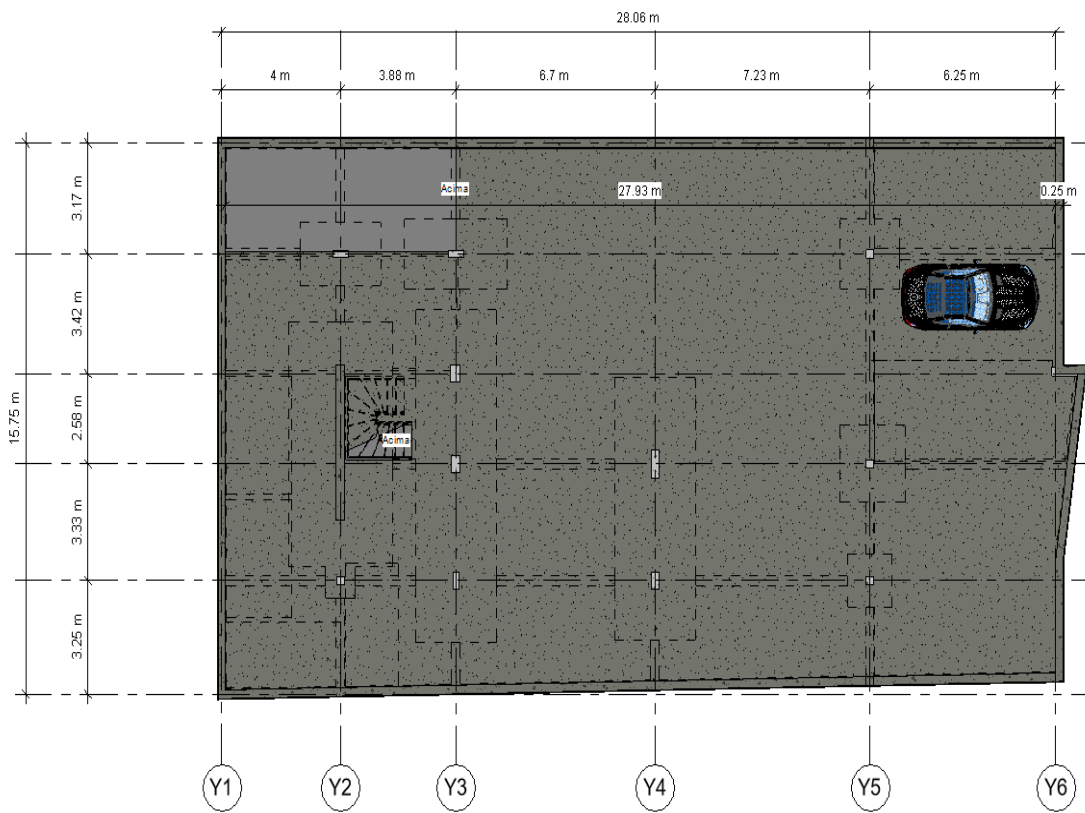


Corte 4-4

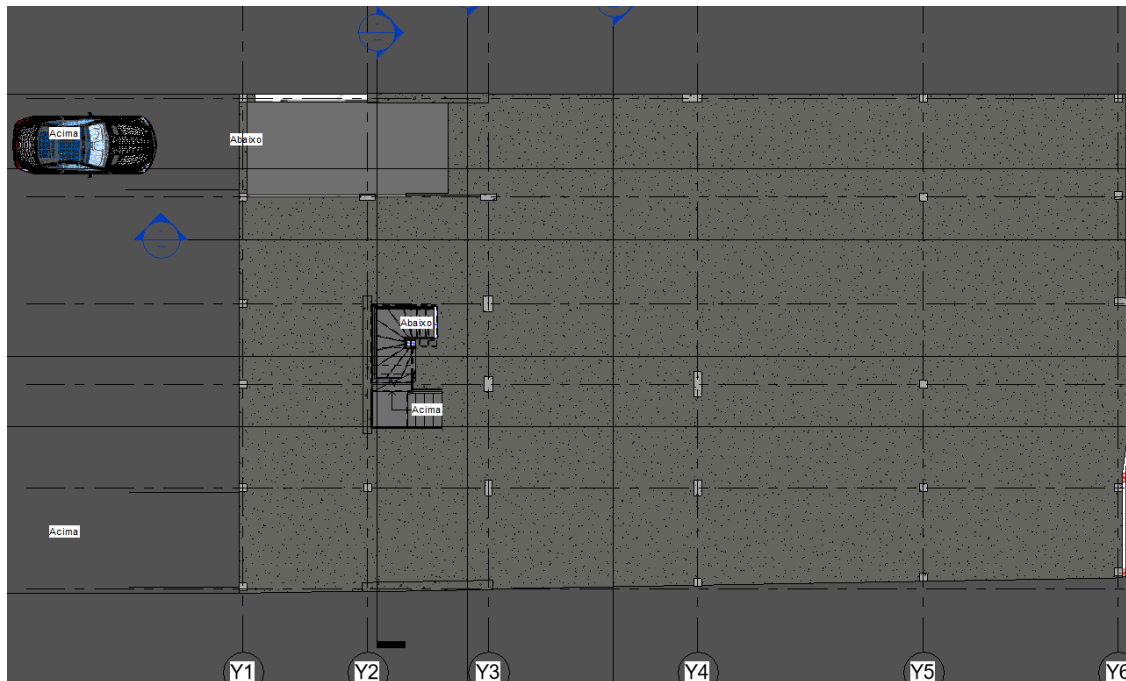


Modelo 3D -Parte traseira

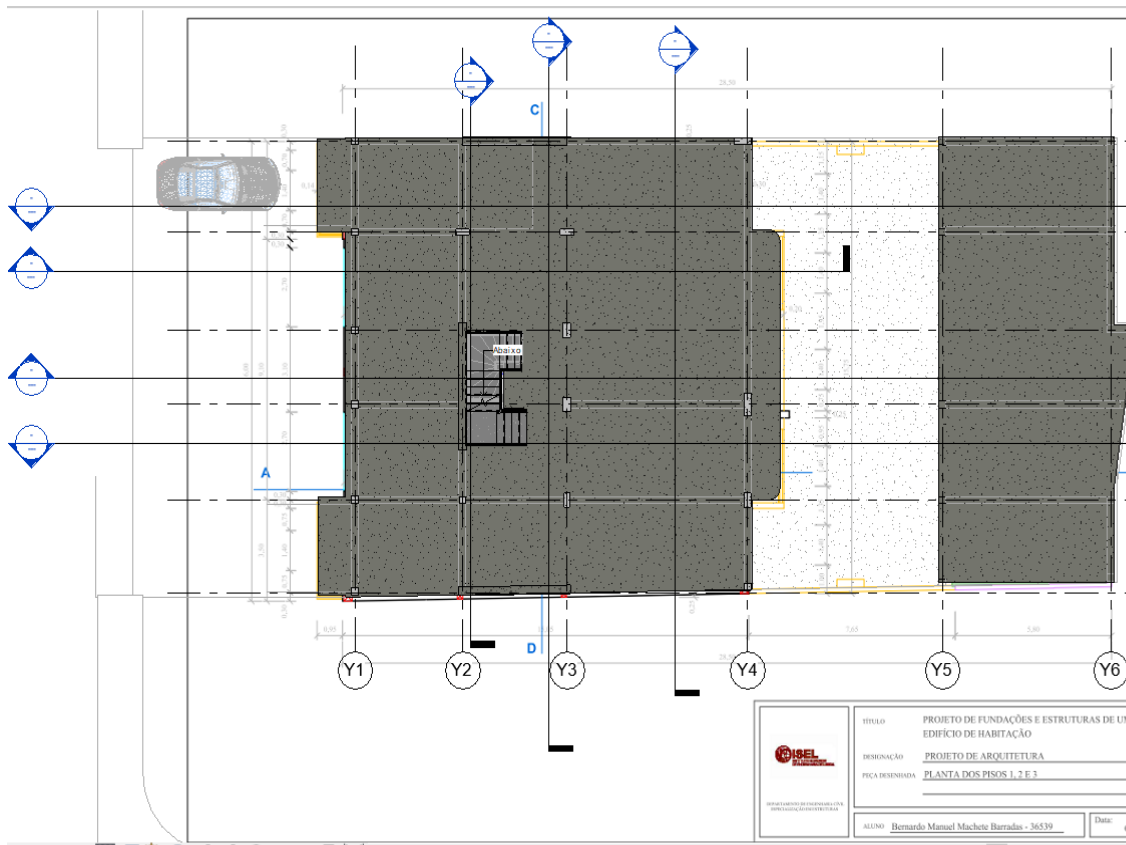
B-PROJETO DE ESTRUTURAS NO REVIT (FIGURAS)



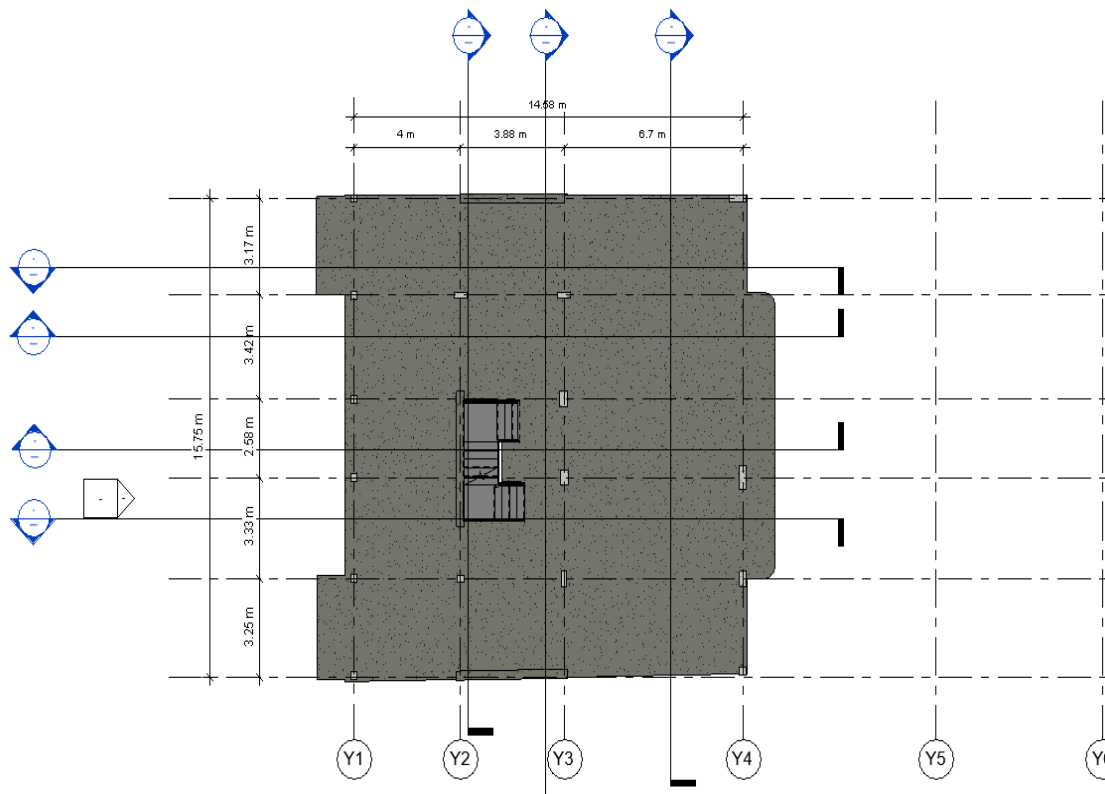
Piso -1



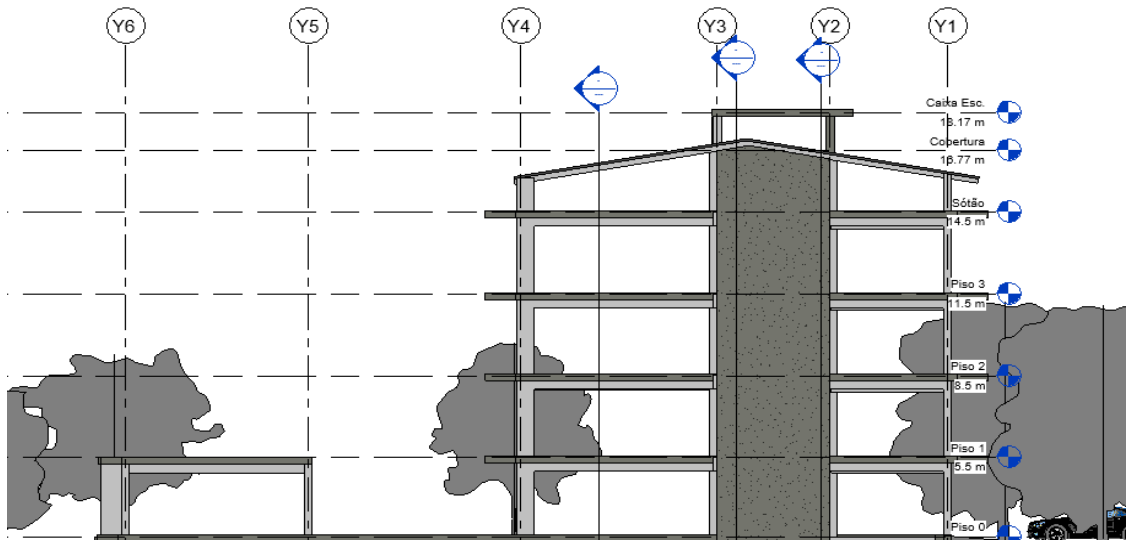
Piso 0



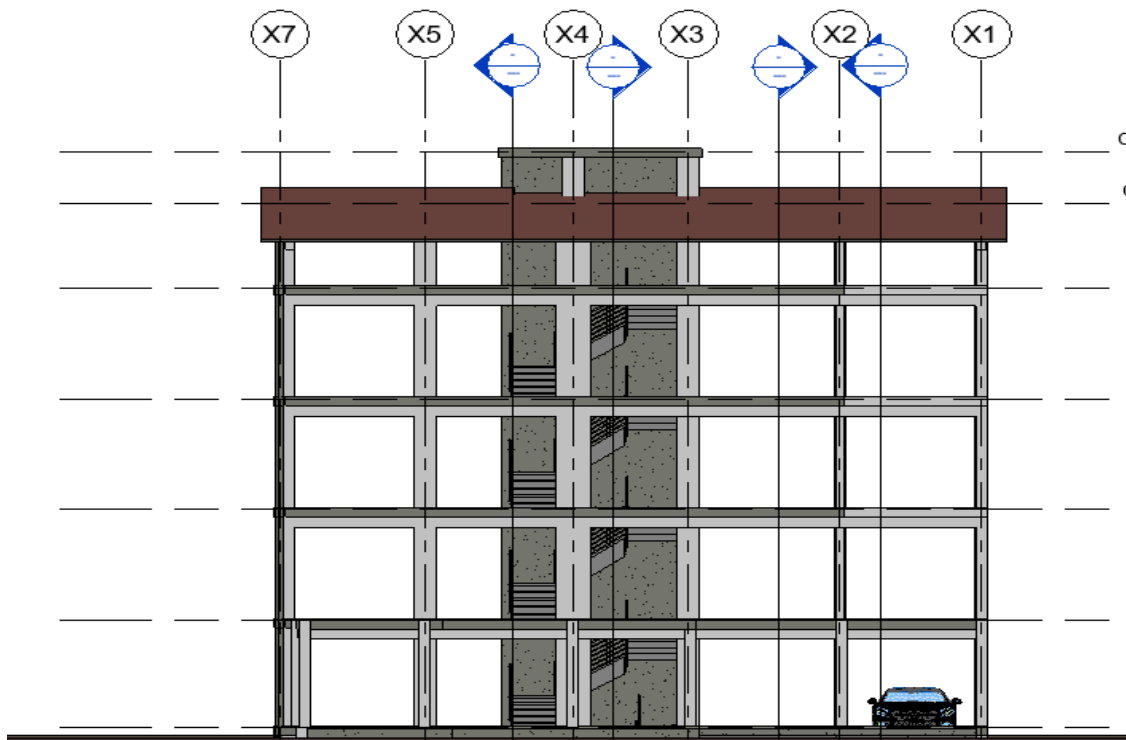
Piso 1



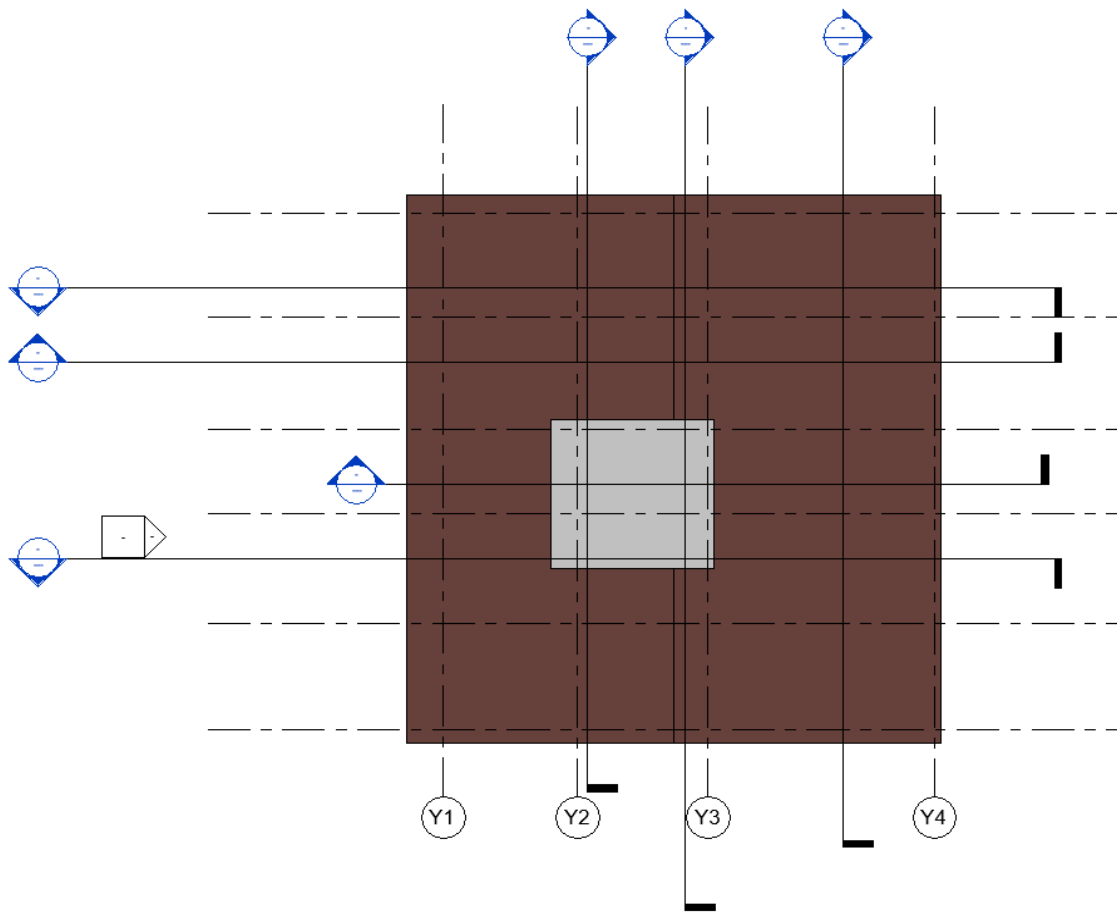
Piso 2,3 e Sótão (semelhantes em planta)



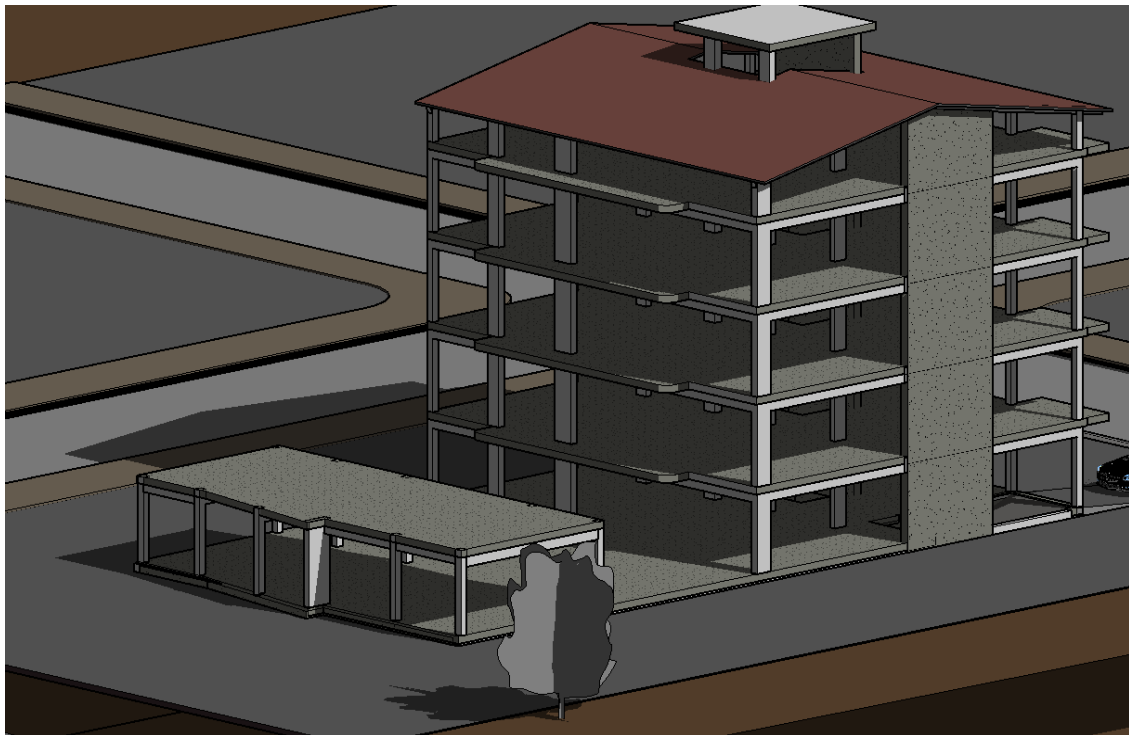
Alçado a Norte similar ao Alçado a Sul



Alçado a Leste similar ao Alçado a Oeste



Cobertura



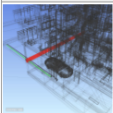
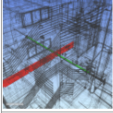
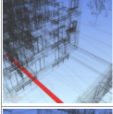
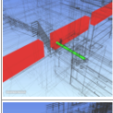
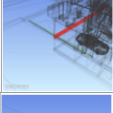
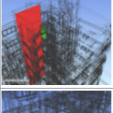
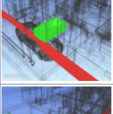
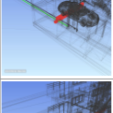
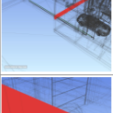
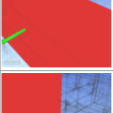
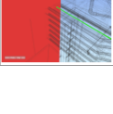
Modelo Estrutural 3D

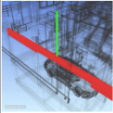
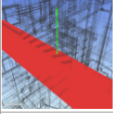
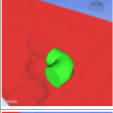

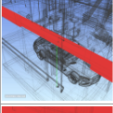

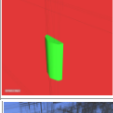
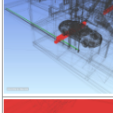
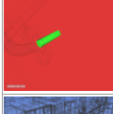
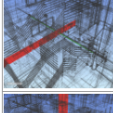
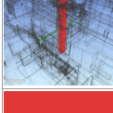
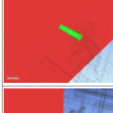
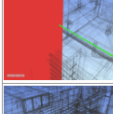
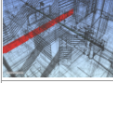
C-RELATÓRIO DE COMPATIBILIDADE BIM, ESTUDO DE CASO


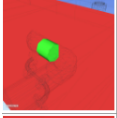
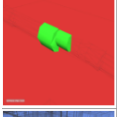
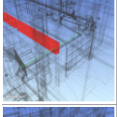
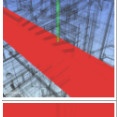
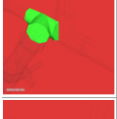
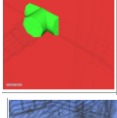
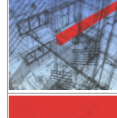
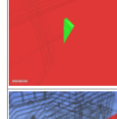
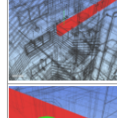
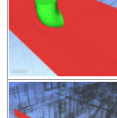
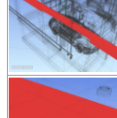


**AUTODESK®
NAVISWORKS®**

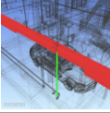
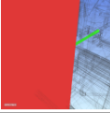
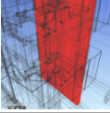
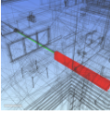

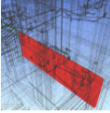

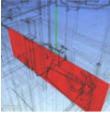
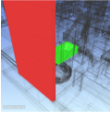
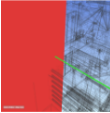
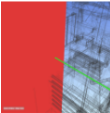
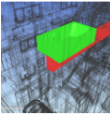
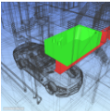
Clash Report





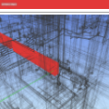

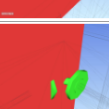
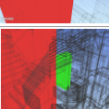
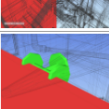
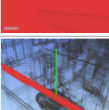
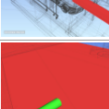
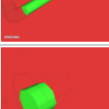
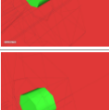
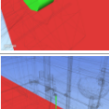
Estrut. VS Redes	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0.001m	148	148	0	0	0	0	Hard	OK



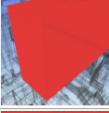


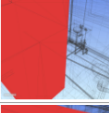
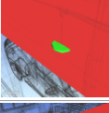

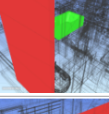

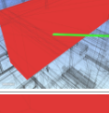



Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.164	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:-5.547, z:2.200	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 751275	Piso 0	Plástico	Line
	Clash2	New	-0.153	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:6.987, z:2.336	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 760932	Piso 0	Plástico	Line
	Clash3	New	-0.137	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-6.835, y:0.808, z:2.442	Element ID: 637031	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 683956	Piso 0	Plástico	Line
	Clash4	New	-0.129	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.151, y:1.059, z:2.305	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 683976	Piso 0	Plástico	Line
	Clash5	New	-0.120	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:-5.320, z:2.231	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 751748	Piso 0	Plástico	Line
	Clash6	New	-0.060	X3-Y2 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.485, z:11.560	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745080	Piso 3	865 mmx815 mm - Público 2	Solid
	Clash7	New	-0.060	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.796, y:-5.602, z:5.560	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 645224	Piso 1	1675 mmx915 mm - Privado	Solid
	Clash8	New	-0.054	X7-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.301, y:-5.591, z:2.156	Element ID: 627018	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 751275	Piso 0	Plástico	Line
	Clash9	New	-0.054	X7-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.276, y:-5.406, z:2.309	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 752213	Piso 0	Aço, Carbono	Line
	Clash10	New	-0.054	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-5.102, y:0.808, z:2.404	Element ID: 637031	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 686355	Piso 0	Aço, Carbono	Line
	Clash11	New	-0.053	X3-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.405, z:5.509	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 705349	Piso 1	Aço, Carbono	Line

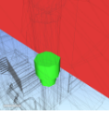
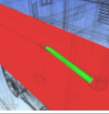

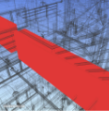
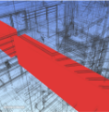
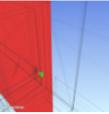
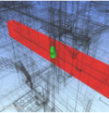

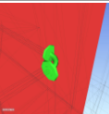
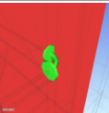




	Clash26	New	-0.031	X7-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.556, y:-5.621, z:5.560	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 711537	Piso 1	Plástico	Line
	Clash27	New	-0.031	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.281, y:3.317, z:8.520	Element ID: 694129	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 742739	Piso 2	Aço, Carbono	Line
	Clash28	New	-0.031	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.483, y:6.558, z:2.331	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663648	Piso 0	Standard	Solid
	Clash29	New	-0.031	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.580, y:6.558, z:2.349	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663663	Piso 0	Standard	Solid
	Clash30	New	-0.028	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.850, y:-5.609, z:5.060	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 712488	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash31	New	-0.026	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.538, y:-5.631, z:5.350	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 711398	Piso 1	Standard	Solid
	Clash32	New	-0.026	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.538, y:-5.631, z:8.383	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 714122	Piso 2	Standard	Solid
	Clash19	New	-0.041	X7-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.301, y:-5.276, z:2.225	Element ID: 627018	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 751748	Piso 0	Plástico	Line
	Clash20	New	-0.041	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.260, y:6.808, z:2.092	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 684565	Piso 0	Aço, Carbono	Line
	Clash21	New	-0.040	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:6.848, z:2.291	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 759999	Piso 0	Plástico	Line
	Clash22	New	-0.038	X3-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.413, y:3.014, z:2.306	Element ID: 624239	Piso -1	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 684008	Piso 0	Plástico	Line
	Clash23	New	-0.036	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.151, y:1.122, z:2.402	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 686386	Piso 0	Aço, Carbono	Line
	Clash24	New	-0.035	X3-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.433, z:6.038	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 739099	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash25	New	-0.032	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.026, y:7.106, z:2.109	Element ID: 632169	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 684514	Piso 0	Aço, Carbono	Line


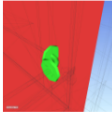
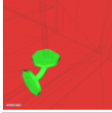


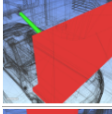
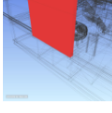
	Clash33	New	-0.026	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.538, y:-5.631, z:5.350	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 711398	Piso 1	Standard	Solid
	Clash34	New	-0.025	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.483, y:6.558, z:2.275	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663642	Piso 0	Plástico	Line
	Clash35	New	-0.025	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.882, y:6.808, z:2.266	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 758294	Piso 0	Standard	Solid
	Clash36	New	-0.025	X3-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.509, y:3.389, z:2.393	Element ID: 627446	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 686411	Piso 0	Aço, Carbono	Line
	Clash37	New	-0.025	X3-Y2 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.271, y:3.315, z:11.520	Element ID: 694144	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745571	Piso 3	Aço, Carbono	Line
	Clash38	New	-0.025	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.169, y:6.808, z:2.266	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 758508	Piso 0	Standard	Solid
	Clash39	New	-0.025	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.454, y:6.808, z:2.266	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 760013	Piso 0	Standard	Solid
	Clash40	New	-0.025	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.092, y:3.772, z:8.520	Element ID: 638021	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 743035	Piso 2	Plástico	Line
	Clash41	New	-0.025	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:6.328, z:2.110	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 685588	Piso 0	Standard	Solid
	Clash42	New	-0.024	X3-Y2 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.097, y:3.774, z:11.512	Element ID: 638065	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745591	Piso 3	Plástico	Line
	Clash43	New	-0.024	X4-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-6.819, y:0.558, z:2.553	Element ID: 637031	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 683972	Piso 0	Standard	Solid
	Clash44	New	-0.024	X7-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.253, y:-5.613, z:5.560	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 722827	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash45	New	-0.024	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.767, y:6.808, z:2.113	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 685617	Piso 0	Standard	Solid
	Clash46	New	-0.023	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:6.406, z:2.258	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 663648	Piso 0	Standard	Solid

	Clash47	New	-0.022	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.583, y:-5.609, z:5.060	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 711386	Piso 1	Plástico	Line
	Clash48	New	-0.022	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:6.184, z:2.574	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 757655	Piso 1	Standard	Solid
	Clash49	New	-0.022	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.115, y:3.514, z:8.911	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 738525	Piso 2	Aço, Carbono	Line
	Clash50	New	-0.021	X1-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.263, y:9.703, z:5.708	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 698314	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash51	New	-0.021	X2-Y1 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-16.151, y:6.788, z:2.291	Element ID: 626640	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 759999	Piso 0	Plástico	Line
	Clash52	New	-0.021	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.304, y:6.808, z:2.312	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 760014	Piso 0	Plástico	Line
	Clash53	New	-0.021	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.590, y:6.808, z:2.270	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 759999	Piso 0	Plástico	Line
	Clash54	New	-0.021	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.075, y:6.808, z:2.312	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 758275	Piso 0	Plástico	Line
	Clash55	New	-0.021	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.165, y:6.808, z:2.359	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 695539	Piso 0	Plástico	Line
	Clash56	New	-0.020	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.139, y:-5.607, z:5.957	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 645224	Piso 1	1675 mmx915 mm - Privado	Solid
	Clash57	New	-0.020	X3-Y2 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.312, z:11.806	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745539	Piso 3	Aço, Carbono	Line
	Clash58	New	-0.020	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.312, z:8.906	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 738343	Piso 2	Aço, Carbono	Line
	Clash59	New	-0.020	X7-Y3 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.151, y:-5.483, z:11.500	Element ID: 638058	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745077	Piso 3	1675 mmx915 mm - Privado	Solid
	Clash60	New	-0.020	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:-5.552, z:5.500	Element ID: 632294	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 645224	Piso 1	1675 mmx915 mm - Privado	Solid

	Clash68	New	-0.018	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:5.898, z:2.358	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 757290	Piso 0	Standard	Solid
	Clash69	New	-0.018	X7-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.575, y:-5.632, z:2.322	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 751746	Piso 1	Standard	Solid
	Clash70	New	-0.018	X7-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.296, y:-5.644, z:11.326	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 747820	Piso 1	Standard	Solid
	Clash71	New	-0.018	X7-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.219, y:-5.643, z:8.426	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 722826	Piso 2	Standard	Solid
	Clash72	New	-0.018	X3-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.518, y:3.139, z:5.209	Element ID: 632309	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 705816	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash73	New	-0.018	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:6.406, z:2.341	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 663632	Piso 0	Plástico	Line
	Clash74	New	-0.016	X2-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.906, y:6.650, z:2.896	Element ID: 624417	Piso -1	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 687058	Piso 0	Standard	Solid
	Clash61	New	-0.020	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.006, y:3.514, z:8.572	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 647799	Piso 2	865 mmx815 mm - Público 2	Solid
	Clash62	New	-0.020	X3-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.759, y:3.389, z:5.466	Element ID: 632309	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 705348	Piso 1	Standard	Solid
	Clash63	New	-0.019	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.565, y:-5.582, z:5.560	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 714123	Piso 1	Plástico	Line
	Clash64	New	-0.019	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.456, y:6.558, z:2.317	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663428	Piso 0	Plástico	Line
	Clash65	New	-0.018	X3-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.142, y:3.514, z:5.500	Element ID: 220132	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 705100	Piso 1	Standard	Solid
	Clash66	New	-0.018	X3-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.142, y:3.514, z:5.500	Element ID: 632307	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 705100	Piso 1	Standard	Solid
	Clash67	New	-0.018	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.263, y:6.657, z:2.500	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 684581	Piso 0	Aço, Carbono	Line

	Clash82	New	-0.015	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.075, y:6.808, z:2.303	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 691607	Piso 0	Standard	Solid
	Clash83	New	-0.015	X7-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.839, y:-5.636, z:2.374	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 752194	Piso 1	Standard	Solid
	Clash84	New	-0.014	X7-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:-5.278, z:11.100	Element ID: 638058	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745125	Piso 3	Plástico	Line
	Clash85	New	-0.014	X7-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.576, y:-5.632, z:2.271	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 751744	Piso 1	Standard	Solid
	Clash86	New	-0.014	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.702, y:6.808, z:2.357	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663665	Piso 0	Plástico	Line
	Clash87	New	-0.014	X3-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.517, y:3.389, z:5.213	Element ID: 632309	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 705826	Piso 1	Standard	Solid
	Clash88	New	-0.013	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.771, y:-5.635, z:5.317	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 712764	Piso 1	Standard	Solid
	Clash75	New	-0.016	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:-5.294, z:8.200	Element ID: 638014	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 714152	Piso 2	Plástico	Line
	Clash76	New	-0.016	X7-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.139, y:-8.515, z:8.515	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 647193	Piso 2	1675 mmx915 mm - Privado	Solid
	Clash77	New	-0.016	X3-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.051, y:3.809, z:8.406	Element ID: 638021	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 742964	Piso 2	Plástico	Line
	Clash78	New	-0.016	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-12.051, y:3.817, z:11.306	Element ID: 638065	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745589	Piso 3	Plástico	Line
	Clash79	New	-0.015	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.845, y:6.808, z:2.290	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 758292	Piso 0	Standard	Solid
	Clash80	New	-0.015	X1-Y3 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.176, y:9.703, z:11.786	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745375	Piso 3	Standard	Solid
	Clash81	New	-0.015	X1-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.175, y:9.703, z:8.766	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 730338	Piso 2	Standard	Solid

	Clash96	New	-0.011	X4-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-5.984, y:0.558, z:5.083	Element ID: 627854	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 750071	Piso 1	Standard	Solid
	Clash97	New	-0.011	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.653, y:-5.633, z:5.491	Element ID: 625875	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 712761	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash98	New	-0.011	X7-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.619, y:-5.632, z:5.502	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 712761	Piso 1	Aço, Carbono	Line
	Clash99	New	-0.011	X3-Y2 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.155, y:3.389, z:11.314	Element ID: 694144	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 745583	Piso 3	Standard	Solid
	Clash100	New	-0.011	X3-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-11.155, y:3.389, z:8.414	Element ID: 694129	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 742811	Piso 2	Standard	Solid
	Clash101	New	-0.011	X1-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.276, y:9.779, z:5.700	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 729908	Piso 1	Standard	Solid
	Clash102	New	-0.010	X4-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-5.952, y:0.558, z:5.282	Element ID: 627854	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 708615	Piso 1	Standard	Solid
	Clash89	New	-0.013	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.771, y:-5.635, z:5.317	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 712764	Piso 1	Standard	Solid
	Clash90	New	-0.013	X1-Y3 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.402, y:9.703, z:11.755	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745417	Piso 3	Standard	Solid
	Clash91	New	-0.013	X1-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.402, y:9.703, z:8.855	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 731328	Piso 2	Standard	Solid
	Clash92	New	-0.013	X1-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.069, y:9.703, z:8.926	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 731338	Piso 2	Standard	Solid
	Clash93	New	-0.013	X1-Y3 : Piso 3	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.069, y:9.703, z:11.826	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745419	Piso 3	Standard	Solid
	Clash94	New	-0.012	X2-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:5.626, z:2.088	Element ID: 626248	Piso 0	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 685565	Piso 0	Standard	Solid
	Clash95	New	-0.012	X2-Y2 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.735, y:6.808, z:2.321	Element ID: 296776	Piso -1	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 663445	Piso 0	Plástico	Line

	Clash103	New	-0.010	X1-Y2 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.252, y:9.703, z:5.733	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 699548	Piso 1	Standard	Solid
	Clash104	New	-0.010	X1-Y3 : Piso 1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.328, y:9.703, z:5.796	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 700929	Piso 1	Standard	Solid
	Clash105	New	-0.010	X1-Y2 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-10.228, y:9.703, z:5.378	Element ID: 631943	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 699591	Piso 1	Standard	Solid
	Clash106	New	-0.010	X7-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.739, y:-5.635, z:11.411	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 745183	Piso 3	Aço, Carbono	Line
	Clash107	New	-0.010	X7-Y3 : Piso 2	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.739, y:-5.635, z:8.511	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 722725	Piso 2	Aço, Carbono	Line
	Clash108	New	-0.009	X7-Y3 : Piso 0	Hard	2021/6/29 13:10	x:-8.401, y:-5.312, z:5.308	Element ID: 632294	Fundação	Concrete, Cast-in- Place gray	Solid	Element ID: 710150	Piso 1	Plástico	Line
	Clash109	New	-0.009	X7-Y3 : Piso -1	Hard	2021/6/29 13:10	x:-9.519, y:-5.631, z:2.381	Element ID: 631649	Piso 0	Concreto, Moldado in loco, cinza	Solid	Element ID: 711386	Piso 1	Plástico	Line