



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



HEVERTON ALVES CARDOSO

**METODOLOGIA BIM APLICADA A UM PROJETO RESIDENCIAL
UNIFAMILIAR**

UBERLÂNDIA (MG)

2022

HEVERTON ALVES CARDOSO

**METODOLOGIA BIM APLICADA A UM PROJETO RESIDENCIAL
UNIFAMILAIR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito obrigatório para conclusão do curso de Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Carolina Fernandes Maciel

UBERLÂNDIA (MG)

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me permitir conquistar esse sonho e em segundo lugar ao meus pais que nunca pouparam esforços para que eu e meu irmão tivéssemos uma educação de qualidade mesmo morando em uma cidade pequena, além de todo o suporte ao longo desses anos de estudos longe de casa e da família.

Agradeço também a minha orientadora Ana Carolina, que desde o início me apoiou e me ajudou a desenvolver este trabalho, fornecendo todo acompanhamento durante percurso e repassado muito conhecimento em cada reunião realizada.

Por fim, agradeço meus amigos, que estiveram comigo durante esses anos e me ajudaram a chegar nesta etapa final, em especial aos meus amigos Edson e Rogério que foram verdadeiramente meus irmãos durante esse tempo.

RESUMO

A Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é responsável por uma parcela importante do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, sendo capaz de fortalecer a economia, proporcionar desenvolvimento social e reduzir o déficit habitacional, com isso, o desenvolvimento desse setor pode impactar de forma relevante a evolução da economia nacional. A metodologia BIM (*Build Information Modelling*) é uma grande aliada no desenvolvimento da construção civil. Contudo para que seja eficaz, políticas de implantação e modelagem da informação devem ser produzidas para que este recurso seja aplicado da forma correta. Dessa forma, este estudo analisou os benefícios da aplicação da metodologia BIM durante a elaboração e compatibilização de um projeto residencial de alto padrão. Iniciou-se a partir da elaboração do projeto arquitetônico modelado no *software* Autodesk Revit® e em seguida realizou-se o projeto estrutural no *software* TQS® e, para finalizar a etapa de elaboração dos projetos, foi feita a modelagem do projeto elétrico e do projeto hidrossanitário no *software* Autodesk Revit®. A última etapa consistiu-se na compatibilização dos projetos utilizando o *software* Autodesk Navisworks®, sendo possível gerar um relatório com todas as incompatibilidades encontradas. Ao final deste estudo, foi possível concluir que a aplicação da metodologia BIM na elaboração e compatibilização de projetos pode evitar diversos problemas e inconsistências nos projetos sendo que, a comunicação entre os projetistas e o tratamento correto das informações durante a elaboração dos projetos, são pontos essenciais para a aplicação correta da metodologia.

Palavras-Chave: BIM 3D; compatibilização; Metodologia BIM.

ABSTRACT

The Architecture, Engineering and Construction Industry (AEC) is responsible for an important part of Brazil's Gross Domestic Product (GDP), being able to strengthen the economy, provide social development and reduce the housing deficit, with this, the development of this sector can significantly impact the evolution of the national economy. The BIM (Build Information Modeling) methodology is a great ally in the development of civil construction, however, for this methodology to be applied correctly. Thus, this study sought to analyze the benefits of applying the BIM methodology during the study and compatibility of projects. The structural design was started in the TQS® software, the electrical design and the hydrosan project were modeled in the design software, the electrical design and the hydrosanitary design were modeled in the software Autodesk Revit®. In addition, the last step consists of making the projects compatible using the Autodesk Navisworks® software, making it possible to generate a compatibility report with all nonconformities in terms of property. At the end of this study, it was possible to deal with the possible problems of applying the BIM methodology in the elaboration and compatibility of projects that can avoid several projects and avoid that the essential points for the preparation of projects are carried out. the correct application of the methodology.

Keywords: BIM 3D; compatibilização; Metodologia BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida da edificação (Fonte: adaptado por CRASA, 2020).....	14
Figura 2 - Os fundamentos do BIM (Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2022).....	15
Figura 3 - Dimensões do BIM (Fonte: Bomfim,2016).....	16
Figura 4 - Aplicação de informação ao modelo 3D (Fonte: Autor, 2022)	16
Figura 5 - Nível de desenvolvimento (Fonte: YODERS. 2013)	18
Figura 6 - Fluxo de projetos em BIM (Fonte: ABDI, 2022)	19
Figura 7 - Distribuição percentual da origem das falhas registradas em obras (Fonte: VANNI, 1999).....	21
Figura 8 - Fluxo de trabalho BIM (Fonte: Autor, 2022)	22
Figura 9 - Projeto fornecido para o estudo (Fonte: ATTA Engenharia)	23
Figura 10 - Planta da topografia natural do terreno (Fonte: ATTA Engenharia, 2021).....	24
Figura 11 - Modelagem do terreno (Fonte: Autor, 2022).....	25
Figura 12 - Níveis de corte e aterro do terreno (Fonte: Autor, 2022)	25
Figura 13 - Níveis da casa (Fonte: Autor, 2022).....	26
Figura 14 – Camadas materiais da alvenaria (Fonte: Autor, 2022).....	26
Figura 15 - Camadas de materiais dos pisos (Fonte: Autor, 2022)	27
Figura 16 - Modelagem da arquitetura em LOD 300 (Fonte: Autor, 2022).....	28
Figura 17 - Modelagem da arquitetura em LOD 300 (Fonte: Autor, 2022).....	28
Figura 18 - Exportação do modelo arquitetônico para o TQS (Fonte: Autor, 2022)	29
Figura 19 - Importação do modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022)	29
Figura 20 – Importação do modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022).....	30
Figura 21 - Importando modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022).....	30
Figura 22 - Lançamento dos elementos estruturais (Fonte: Autor, 2022).....	31
Figura 23 - Exportando parede do Autodesk Revit para o TQS (Fonte: Autor, 2022)	32
Figura 24 – Cargas das paredes no TQS (Fonte: Autor, 2022)	32
Figura 25 - Modelagem do projeto hidrossanitário (Fonte: Autor, 2022).....	33
Figura 26 - Planilhas de dimensionamento sanitário (Fonte: Autor, 2022)	34
Figura 27 - Planilhas de dimensionamento hidráulica (Fonte: Autor, 2022)	34
Figura 28 - Modelagem do projeto hidrossanitário (Fonte: Autor, 2022).....	35
Figura 29 - Incompatibilidade de eletroduto com a janela (Fonte: Autor, 2022).....	36
Figura 30 - Solução adotada para a incompatibilidade encontrada (Fonte: Autor, 2022).....	36

Figura 31 - Projeto elétrico completo (Fonte: Autor, 2022).....	37
Figura 32 - Fluxo de informação para o Navisworks (Fonte: Autor,2022).....	37
Figura 33 - Exportação modelo Arquitetônico para o Navisworks (Fonte: Autor, 2022).....	38
Figura 34 - Importação dos modelos no Navisworks (Fonte: Autor,2022).....	39
Figura 35 - Aplicação do Navisworks (Fonte: Autor, 2022).....	39
Figura 36 - Análise das incompatibilidades encontradas (Fonte: Autor, 2022).....	40
Figura 37 - Incompatibilidade com solução fácil (Fonte: Autor, 2022).....	41
Figura 38 - Incompatibilidades importantes (Fonte: Autor, 2022).....	41
Figura 39 - Relatório de incompatibilidade (Fonte: Autor, 2022).....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAIN - Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA - *American Institute of Architects*

BCF - *BIM Collaboration Format*

BIM – *Building Information Modeling*

CAD – *Computer Aided Design*

IFC - *Industry Foundation Classes*

LOD – *Level of Development*

PSCIP - Processo de Segurança Contra Incêndio e Pânico

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivo geral	12
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1	Conceito BIM	13
2.2	Implementação do BIM	14
2.3	Dimensões do BIM	15
2.4	Nível de desenvolvimento	17
2.5	Fluxo de informação com ferramentas BIM.....	18
2.6	Compatibilização	20
3.	ESTUDO DE CASO.....	22
3.1	Descrição da edificação	23
3.2	<i>Template</i>	23
3.3	Modelagem do projeto arquitetônico.....	24
3.3.1	Modelagem do terreno	24
3.3.2	Níveis da edificação.....	25
3.3.3	Definição dos materiais	26
3.4	Elaboração do projeto estrutural	28
3.4.1	Exportando o modelo arquitetônico do Autodesk Revit® para o TQS®	29
3.4.2	Levantamentos das cargas através da interoperabilidade entre softwares...	31
3.5	Elaboração do projeto hidrossanitário	33
3.6	Elaboração do projeto elétrico	35
3.7	Compatibilização dos projetos.....	37
3.7.1	Classificação e análise das incompatibilidades encontradas.....	40
3.7.2	Relatório de incompatibilidades.....	42
4.	RESULTADOS	43

4.1 Padronização dos processos e fluxo de trabalho.....	43
4.2 Requisitos mínimos de modelagem	44
4.3 Conhecimento das ferramentas a serem utilizadas	44
4.4 Execução de projetos com qualidade e produtividade.....	45
5. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

A Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é responsável por uma parcela importante do Produto Interno Bruto - PIB nacional, capaz de fortalecer a economia, proporcionar desenvolvimento social e reduzir o déficit habitacional, sendo que historicamente, quando a construção civil está em crescimento é possível perceber que a economia brasileira também se desenvolve. De acordo com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC), a construção civil contribuiu com 8,8% do PIB brasileiro até o 3º trimestre de 2021 gerando 134.211 empregos em um ano no qual o país enfrentava a pandemia do coronavírus (ABRAINC, 2021).

Além disso, a construção civil tem grande participação na geração de resíduos. De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), os resíduos de construção e demolição (RCDs) coletados pelos municípios registraram aumento quantitativo, passando de 33 milhões de toneladas, em 2010 para 44,5 milhões em 2019, um aumento de aproximadamente 35%, (ABRELPE, 2020). Com isso, existe a necessidade de um sistema de planejamento e controle de obras que trate de forma eficiente os insumos aplicados assim como evite desperdícios no canteiro de obras.

Amorim e Costa (2016), destacam que a construção civil é, a muito tempo, reconhecida por seu baixo nível de planejamento e grande nível de improviso, tendo resultados negativos como o desperdício de materiais e insumos. Em sentido contrário, é possível ter como exemplo a indústria automobilística, que aplica desde 1950, o conceito *Lean Construction* ou Construção Enxuta, com o qual é possível obter redução sistemática dos desperdícios desde a elaboração do projeto até a conclusão da obra. Dessa forma, Demirkesen e Bayhan (2020), afirmam que a filosofia *Lean* visa maximizar a satisfação do cliente e minimizar os desperdícios.

Os impactos ambientais de uma edificação são determinados principalmente a partir de decisões tomadas nos estágios iniciais de projeto (BASBAGILL et al., 2013; DIAZ; ANTON, 2014; KULAHCIOGLU et al., 2012). Com isso, Charles Eastman começou a desenvolver, em 1974, o que hoje é conhecido como BIM, *Building Information Modeling*, com o intuito de buscar uma produção mais industrial aplicando a tecnologia ao mercado da construção civil.

O BIM, é um avanço tecnológico que está se tornando realidade no Brasil e no mundo e consiste em um processo criado para gerenciar informações técnicas e construtivas anexadas aos projetos, durante todo seu ciclo de vida (desde sua concepção até o final de sua vida útil,

representada pela demolição da edificação). Quando implementado de forma correta, a modelagem da informação oferece benefícios em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento (BECERIK-GERBER; KENSEK, 2010), tendo em vista que, contém dados relevantes anexados a geometria, fornecendo suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção (EASTMAN et al., 2014).

1.1 Justificativa

A construção civil, assim como outras áreas, depende de várias informações como projetos, quantitativos, orçamentos, detalhamentos e diagramas para que as obras possam ser executadas com qualidade e da maneira que fora projetado. Com isso, é necessário que exista um fluxo coordenado das informações para que essas não sejam perdidas durante o processo.

A maneira tradicional de entrega dos projetos de uma construção são desenhos 2D, normalmente desenvolvidos em plataformas CAD (*Computer Aided Design*), onde, por falta de compatibilização e alinhamento de informação entre as partes, são entregues com diversas inconsistências. Para Ayres e Scheer (2007), os arquivos CAD são constituídos por informações geométricas básicas e genéricas, que competem ao projetista interpretar e atribuir significado às linhas e demais elementos. Por fim, de acordo com Eastman et al. (2014), os processos produzidos da maneira tradicional desencadeiam situações suscetíveis à falha, inconsistência, insegurança e por muitas vezes, produções repetitivas.

Com o avanço da tecnologia e o surgimento da modelagem de informação da construção (BIM), sua aplicação tem crescido nos últimos anos, tornando os projetos e produtos da construção civil mais colaborativos, auxiliando os profissionais a trabalhar melhor as informações de maneira que as mesmas não se percam. Segundo Takim et al. (2013), o BIM é reconhecido como uma tecnologia de gerenciamento que oferece soluções integradas à indústria da construção civil, melhorando a satisfação do cliente em relação ao tempo, custo, segurança, qualidade e funcionalidade dos projetos.

A aplicação do BIM nos projetos pode contribuir tanto na elaboração desses quanto no levantamento de quantitativos com alta precisão (BIM 4D), além da possibilidade de se planejar a obra (BIM 5D). Segundo AZEVEDO (2009), a construção virtual permite coordenar as alternativas de desenho e planejamento, servindo para sincronizar e analisar as mudanças entre o desenho, o custo e o cronograma. Outro ponto importante é a facilidade no processo de

compatibilização das disciplinas, que ao contrário dos programas baseados no sistema CAD, onde interferências/alterações de projeto devem ser corrigidas manualmente, os *softwares* BIM permitem alterações dinâmicas no modelo (HILGENBERG ET AL., 2012).

Entretanto, mesmo com as vantagens que o BIM pode fornecer, a implementação da Modelagem da Informação da Construção envolve uma variedade de barreiras e processos organizacionais que tendem a influenciar a resistência em usar o BIM e continuar com a metodologia CAD 2D. Além do aspecto financeiro, uma vez que as ferramentas BIM tem valores mais elevado no mercado e necessitem de máquinas mais potentes, são necessários profissionais qualificados para que a metodologia seja aplicada corretamente e gere resultados.

Com isso, este trabalho se justifica pela necessidade de estudar os processos existentes na elaboração de projetos utilizando a metodologia BIM, sendo algo que está cada vez mais presente no dia a dia do engenheiro projetista, além de ter a capacidade de auxiliar o setor da construção civil.

1.2 Objetivo geral

Avaliar as facilidades e desafios na utilização da metodologia BIM, com a utilização de softwares de diferentes empresas, no desenvolvimento dos principais projetos, por meio do estudo de caso de um projeto de uma edificação residencial.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como finalidade fornecer o embasamento teórico dos assuntos que envolvem o objetivo deste trabalho. Os referenciais teóricos fundamentam, principalmente, os conceitos atribuídos à Modelagem da Informação para Construção, a interoperabilidade entre *softwares* e a padronização de arquivos, além de analisar os níveis de desenvolvimento, suas dimensões e qual a importância do sistema de classificação para um modelo.

2.1 Conceito BIM

O BIM - *Building Information Modeling*, ou Modelagem da informação em português, é uma concepção digital das características físicas e funcionais que compõem uma edificação com o objetivo de integrar e compatibilizar informações elaborando um modelo virtual de um imóvel a ser construído. É um conceito que surgiu com Charles Eastman no então AIA (*American Institute of Architects*) *Journal*, entretanto, de acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2022), a terminologia *Building Modeling* começou a ser utilizada em dezembro de 1992. O conceito BIM é algo recente, sendo que, sua disseminação acompanhou os avanços da tecnologia aplicada aos computadores.

Com o tempo a metodologia BIM vem substituindo a metodologia CAD, que consiste na representação de elementos em duas dimensões. Por consequência, diversos conflitos ocorrem durante a construção do empreendimento, como por exemplo, em casos onde a tubulação do sistema hidrossanitário confronta com uma viga, pelo fato do projetista não ter analisado o nível que a tubulação estaria naquela região. Hoje em dia, a distância entre projeto e construção diminuiu, à medida que os projetos necessitam de representações mais complexas a serem enviadas aos canteiros de obras (EASTMAN et al., 2014)

A modelagem da informação da construção é mais que um modelo 3D parametrizado, é uma forma de coordenar informações por intermédio de bancos de dados. Com isso, o empreendimento não acontece somente na modelagem paramétrica 3D, mas também é possível incluir mais informações ao modelo como planejamento 4D, quantitativos e orçamentos 5D, análises de sustentabilidade 6D e manutenção 7D como é possível ver na Figura 1.

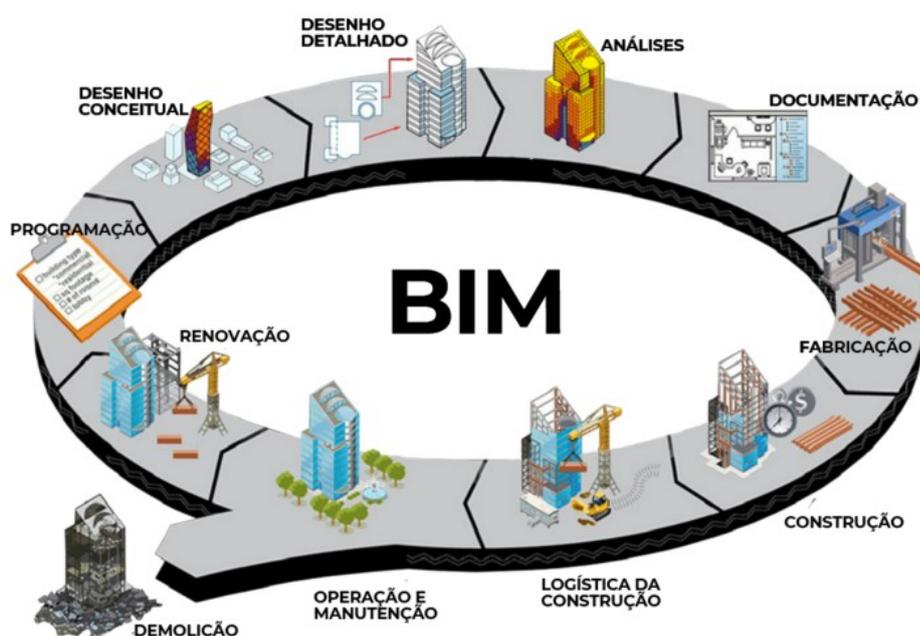


Figura 1- Ciclo de vida da edificação (Fonte: adaptado por CRASA, 2020)

Rech (2012) cita as vantagens do BIM, tanto na fase de projeto, quanto na de planejamento e construção. Na fase do projeto, destaca como principal vantagem a informação de cada elemento pertencente à obra, já na fase de planejamento é possível antecipar problemas e realizar compatibilização entre as instalações, estruturas e arquitetura. Sendo assim, essas vantagens refletem na fase de construção, onde reduzem-se os problemas durante execução, evitando gastos extras e retrabalho.

2.2 Implementação do BIM

Atualmente, a metodologia CAD ainda é bastante utilizada na representação e gestão de projetos. Com isso, implementar o BIM da maneira correta a ponto de gerar resultados, como evitar incompatibilidades e inconsistências nos projetos é importante, entretanto, pode ser uma tarefa difícil e que demande tempo. De acordo com César e Nunes (2013), as barreiras para a implantação do BIM nas empresas, decorrem de processos e mudanças, especialmente em treinamentos dos funcionários, levando à alteração na cultura já estabelecida.

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), é possível afirmar que a implementação da metodologia BIM se baseia em 3 pilares fundamentais:

tecnologia, pessoas e processos (ABDI, 2022). Como é mostrado na Figura 2, a união desses três pilares irá gerar os procedimentos que devem ser aplicados no dia a dia da empresa, com o objetivo de otimizar a elaboração dos projetos e a implementação do BIM.

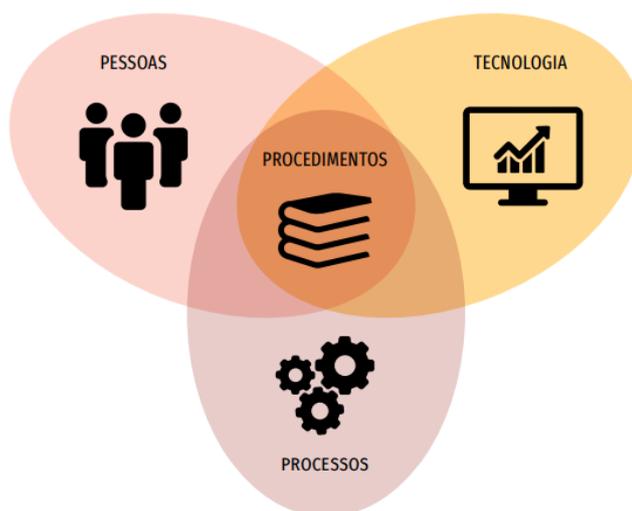


Figura 2 - Os fundamentos do BIM (Fonte: ABDI, 2022)

A ABDI (2022), descreve que a tecnologia fornece a estrutura necessária para a utilização dos softwares, pelo fato de se ter vários dados e informações sendo processadas, é necessário que o profissional tenha bons computadores. Além da tecnologia, os profissionais devem ter experiência e capacidade de trabalhar tanto em equipe interna quando com profissionais externos, para que a informação seja tratada da maneira correta. Ademais, o fluxo de trabalho, cronograma, especificações de cada entrega, método de comunicação e o plano de trabalho da empresa devem estar ajustados. Com isso, tem-se procedimentos bem definidos para que a metodologia BIM seja aplicada efetivamente.

2.3 Dimensões do BIM

De acordo com Bomfim (2016), o sistema BIM reduz a probabilidade de erros tanto no projeto, quanto na execução. Isso acontece por meio da parametrização de componentes que irão compor o projeto arquitetônico a ser criado. Essa parametrização é capaz de transformar um sistema produtivo de 2D para 3D, 4D, 5D, 6D e 7D a depender do nível de informações que o projetista forneça ao modelo em produção (Figura 3).



Figura 3 - Dimensões do BIM (Fonte: Bomfim,2016)

A dimensão 3D permite visualizar o projeto em perspectiva, facilitando o entendimento. No caso da metodologia BIM, a dimensão 3D possui informações atreladas a cada elemento de maneira que possa ser feita uma construção virtual do empreendimento. Como é possível ver na Figura 4, para criar uma parede o projetista deve adicionar informações como estrutura, revestimento, espessura desse elemento, dentre outros dados importantes, com isso essas informações são armazenadas durante todo o processo e podem ser extraídas futuramente.

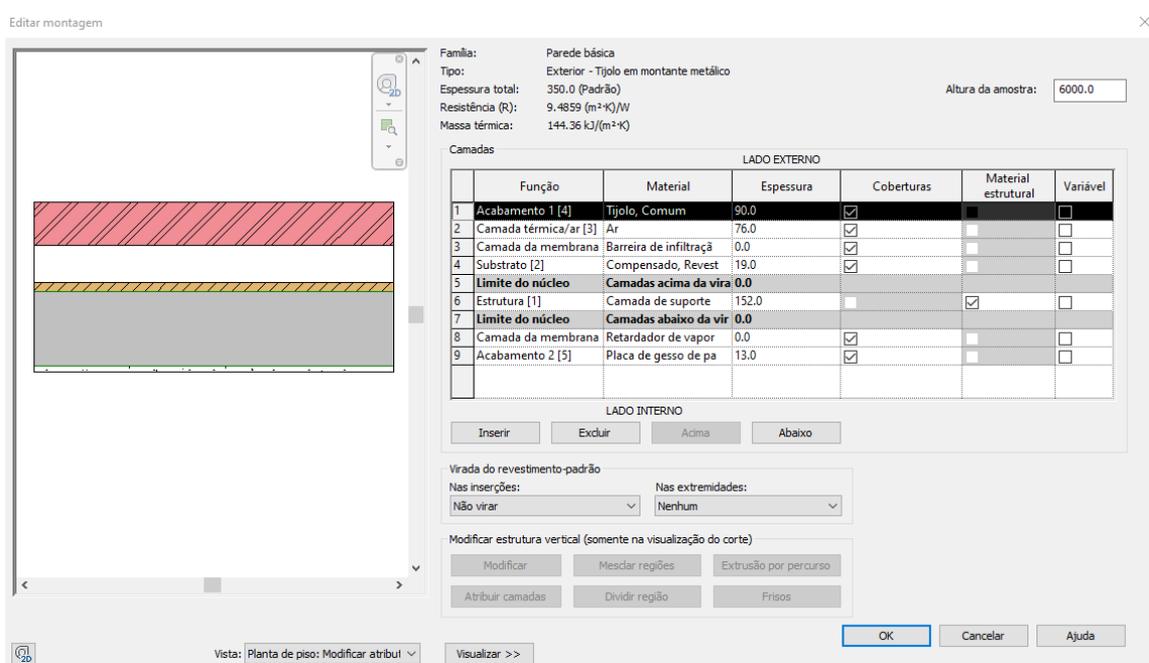


Figura 4 - Aplicação de informação ao modelo 3D (Fonte: Autor, 2022)

A quantidade de informação adicionada ao elemento vai definir o nível de projeto que será entregue para o cliente. Sendo assim, é importante ressaltar que um projeto realmente desenvolvido na metodologia Bim, possuirá informações associadas ao elemento criado e não apenas visualizações em três dimensões. Ademais, se o modelo não possui inteligência paramétrica, ele não pode ser chamado modelo BIM (MOTTER; CAMPELO, 2014).

A dimensão BIM 4D introduz a variável tempo ao modelo, sendo possível simular as etapas de construção antes do início das mesmas e permite estabelecer melhores estratégias de planejamento (MOTTER; CAMPELO, 2014). Com isso, é possível prever em que momento cada elemento projetado será executado na obra, sendo possível trabalhar a logística do canteiro de obra de modo que otimiza os trabalhos durante a construção.

O BIM 5D consiste na adição do custo de cada elemento projetado. O modelo 5D permite a extração de quantitativos e custos com precisão e de forma automática, diferente da metodologia CAD, onde tudo é feito manualmente. De acordo com SMITH (2014), o BIM 5D permite que os orçamentistas invistam mais tempo no processo de redução destes valores, do que no levantamento de quantitativos. Por fim, é importante ressaltar que para que o modelo 5D seja preciso, o projetista deve deter de conhecimento dos processos construtivos executados na obra.

De acordo com Rodrigues (2018), no BIM 6D é estudada a parte sustentável do empreendimento, ou seja, são feitas as análises de eficiência energética e consumo de energia. Com isso, o objetivo desta dimensão é obter construções mais sustentáveis com a aplicação da tecnologia.

O BIM 7D diz respeito a operações e gerenciamento de instalações, ou seja, onde o usuário final poderá extrair informações de como o empreendimento funciona, além de informações de gerenciamento e manutenção da edificação em uso. De acordo com Pestana (2019), o modelo BIM 7D permite que os gestores façam uma administração mais eficaz da edificação e dos planos de manutenção durante seu ciclo de vida dessa, conseguindo aumentar de eficiência e acréscimo de vida útil do empreendimento.

2.4 Nível de desenvolvimento

Os Níveis de desenvolvimentos ou LOD (*Level of Development*) são métricas criadas para quantificar a informação que tem no modelo. Esta caracterização criada pela AIA

(*American Institute of Architects*) em 2008, definiu cinco níveis de LOD, variando entre o 100 e o 500 sendo que quanto maior o LOD aplicado maior será a quantidade de informações inseridas no modelo.

De acordo com AIA (2008) os LOD podem ser definidos como:

- **LOD 100** – Fase de concepção do projeto, na qual o modelo permite visualizar a volumetria, orientação do edificado e estimativas de custos iniciais;
- **LOD 200** – Fase esquemática de projeto, onde já é possível analisar critérios generalizados de desempenho;
- **LOD 300** – Possibilidade de realizar simulações detalhadas de elementos e de sistemas. O detalhe dos modelos já inclui quantidade, tamanho, forma, localização e orientação de objetos, estando adequado a desenhos de construção;
- **LOD 400** – Modelo desenvolvido para fabricação e montagem, adequado a fabricantes, contendo informação precisa sobre formas e dimensões;
- **LOD 500** – Modelo que representa como foi executado o projeto, sendo utilizado para futura manutenção e gestão.

Na Figura 5 abaixo, é possível visualizar um exemplo feito por NATSPEC (2013), o qual são aplicados os níveis de desenvolvimento. É possível ver, destacado em vermelho, que o nível de informação inserida aumenta quando o LOD é aumentado.

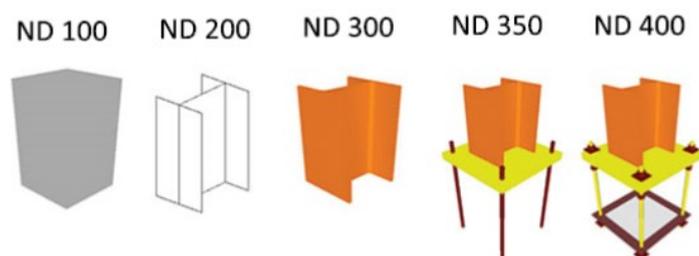


Figura 5 - Nível de desenvolvimento (Fonte: YODERS. 2013)

2.5 Fluxo de informação com ferramentas BIM

Segundo AOUAD (2000), a fragmentação da cadeia produtiva, a falta de padronização para troca de informação entre sistemas, a falta de transparência nos processos e a baixa qualidade de gerenciamento são os motivos que interferem na integração de tecnologias e

informação na indústria da construção. Por isso, a integração dos projetos e troca de informação entre seus respectivos projetistas, são elementos importantes para que o produto final tenha qualidade. Sendo assim, a *BuildingSMART*, organização internacional sem fins lucrativos, desenvolveu um formato de arquivo que permite o compartilhamento de informação entre os programas independente do formato que esse trabalhe, definido como IFC (*Industry Foundation Classes*).

De acordo com Pacheco, Delegregó e Pereira (2010), a extensão .ifc é o formato de arquivo padrão para transferência de modelos BIM. Sendo assim, para que uma ferramenta aplique de fato a metodologia BIM, é necessário que ela possua interoperabilidade com o formato IFC.

Entretanto, a colaboração entre todos os projetistas de forma ativa e interativa é imprescindível para o fluxo de projetos em BIM, notificando as incompatibilidades que estão ocorrendo por intermédio das análises de interferências e do próprio processo de projeto.

De acordo com Campestrini et al. (2015) a gestão da informação no desenvolvimento de projetos produz impacto na qualidade final do produto, e é de suma importância que as informações estejam disponíveis aos profissionais em todas as etapas do projeto. As tomadas de decisão realizadas sem precisão geram retrabalho e/ou afetam na qualidade do projeto (CAMPESTRINI et al., 2015).

Na Figura 6, é possível visualizar um fluxo de trabalho que descreve o processo dos projetos, desde a elaboração da arquitetura até a entrega de todas as pranchas. É importante citar que esse fluxo deve ser ainda mais detalhado em cada escritório, para que a informação não se perca durante o processo.

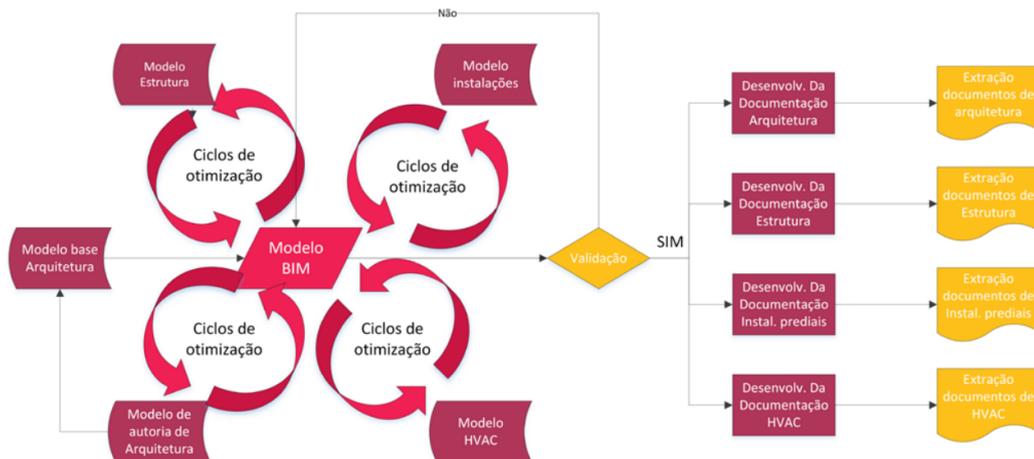


Figura 6 - Fluxo de projetos em BIM (Fonte: ABDI, 2022)

Para a melhoria do fluxo de projeto, pode-se utilizar a troca de arquivos IFC dos modelos em conjunto com arquivos BCF denominados *BIM Collaboration Format*, que são responsáveis por codificar e transmitir os problemas encontrados no modelo BIM de um *software* para outro, informando apenas as situações inconsistentes encontradas nos modelos.

No fluxo de projeto em BIM, com aplicação do BCF, é possível efetuar a comunicação de forma eficaz, ordenada, documentada e com rastreabilidade próxima a 100%, visando a validação do modelo. Essa aplicação permite que as equipes trabalhem em uma plataforma nas nuvens, com gerenciamento de arquivos, revisões, diferentes níveis de permissões e maior integração.

É importante ressaltar que o fluxo de trabalho em BIM pode variar de acordo com a empresa, sendo que o ponto mais importante a ser trabalhado é o tratamento da informação durante o processo de elaboração do projeto, entre as equipes multidisciplinares e o cliente, que é o grande detentor do produto final.

2.6 Compatibilização

Mesmo utilizando a metodologia BIM para elaborar os projetos e visualizar os elementos em 3D com informações anexadas a este, ao sobrepor todas as disciplinas podem aparecer não conformidades. A compatibilização de projetos pode ser compreendida como uma forma de interação entre os diversos tipos de projetos envolvidos em uma construção civil, tendo, como objetivo, identificar as interferências que possam existir e não foram vistas durante a elaboração dos projetos.

Segundo Melhado (2001), é necessário ter na equipe um coordenador de projetos, responsável por resolver os problemas que surgirem decorrer no processo com mais de uma especialidade, devendo ser capaz de alcançar o comprometimento de todos os membros da equipe. Por fim, Segundo Tavares Junior (2001) a “compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade e eliminação das divergências encontradas”.

A falta de compatibilidade dos projetos pode gerar altos custos futuros, além de comprometer a qualidade da construção. De acordo com Vanni (1999), o desperdício em obras pode chegar a 30% do custo total do empreendimento, e é ocasionado por falhas na especificação de materiais, falhas de projeto, falhas de durabilidade dos componentes, erro da mão-de-obra, serviço terceirizado, e manutenção dos materiais utilizados. Na Figura 7, é

possível ver no gráfico os custos extras que acabam aumentando o valor aplicado no empreendimento.

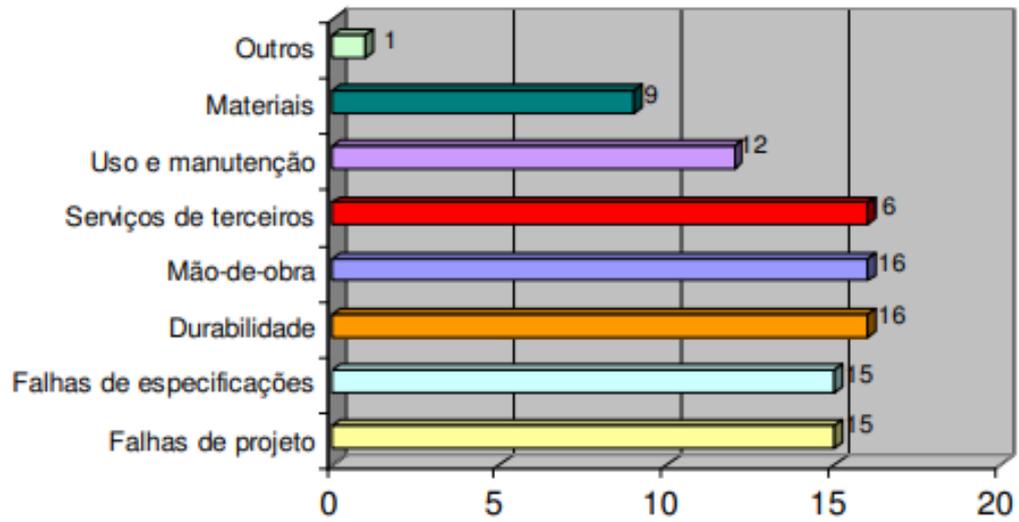


Figura 7 - Distribuição percentual da origem das falhas registradas em obras (Fonte: VANNI ,1999)

3. ESTUDO DE CASO

O objetivo deste estudo é analisar o fluxo de trabalho de um projeto utilizando a metodologia BIM. Primeiramente, foi necessário buscar um projeto, elaborado utilizando a metodologia CAD, de uma casa já construída para que fosse possível ter uma comparação entre as metodologias. Com isso, os projetos foram fornecidos pela construtora ATTA Engenharia para o discente.

Na primeira etapa, foi realizada a modelagem da arquitetura com base no projeto arquitetônico fornecido, em seguida foi feita a elaboração dos 3 projetos complementares principais para a residência, sendo eles: o Projeto Estrutural, Projeto Hidrossanitário e o Projeto Elétrico. Para o projeto arquitetônico, hidrossanitário e elétrico utilizou-se o *software* Autodesk Revit®, tendo em vista a qualidade de informação que pode ser extraída. Para o projeto estrutural, utilizou-se o TQS®, por ser mais completo, uma vez que, além de modelar, calcula a estrutura da edificação, além da proposta englobar a utilização de softwares de diferentes desenvolvedoras para confirmar a interoperabilidade entre esses.

A escolha pelo TQS® para elaboração do projeto estrutural também foi embasada nas funcionalidades de integração entre esse e o Autodesk Revit®, por meio de *plugins* criados pelos fabricantes, sendo possível, com isso, facilidade no fluxo de trabalho, uma vez que se torna possível manter apenas uma origem para todos os projetos. Na Figura 9, é possível ver o fluxo de trabalho adotado nesse estudo.

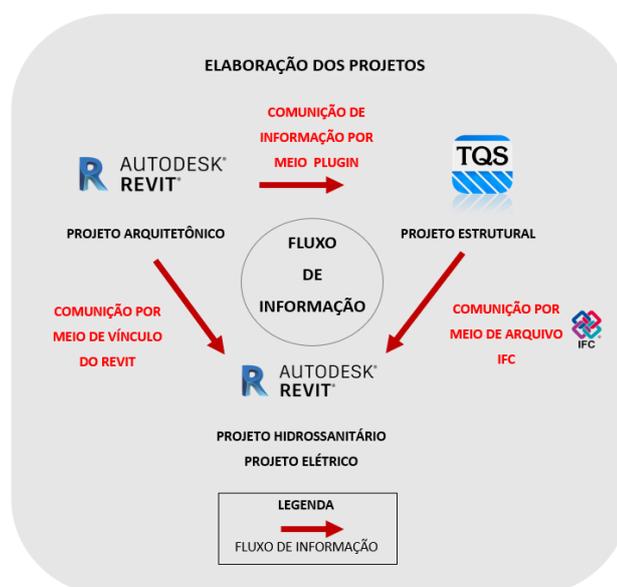


Figura 8 - Fluxo de trabalho BIM (Fonte: Autor, 2022)

Para este estudo foram utilizados os três templates distintos: *template* arquitetônico, *template* hidrossanitário e *template* de elétrica.

3.3 Modelagem do projeto arquitetônico

A partir dos projetos fornecidos, iniciou-se a modelagem do projeto arquitetônico a partir de informações extraídas do arquivo com extensão arquivo CAD (*Computer Aided Design*).

3.3.1 Modelagem do terreno

Primeira etapa na elaboração do projeto arquitetônico é analisar o terreno no qual será edificada a casa. Tendo o projeto topográfico com as curvas de nível em arquivo com extensão .dwg (Figura 11), foi feita a transferência dessas informações para o modelo arquitetônico. Para isso importou-se o arquivo para o Autodesk Revit® e realizou-se a modelagem com base nas curvas de nível (Figura 12).

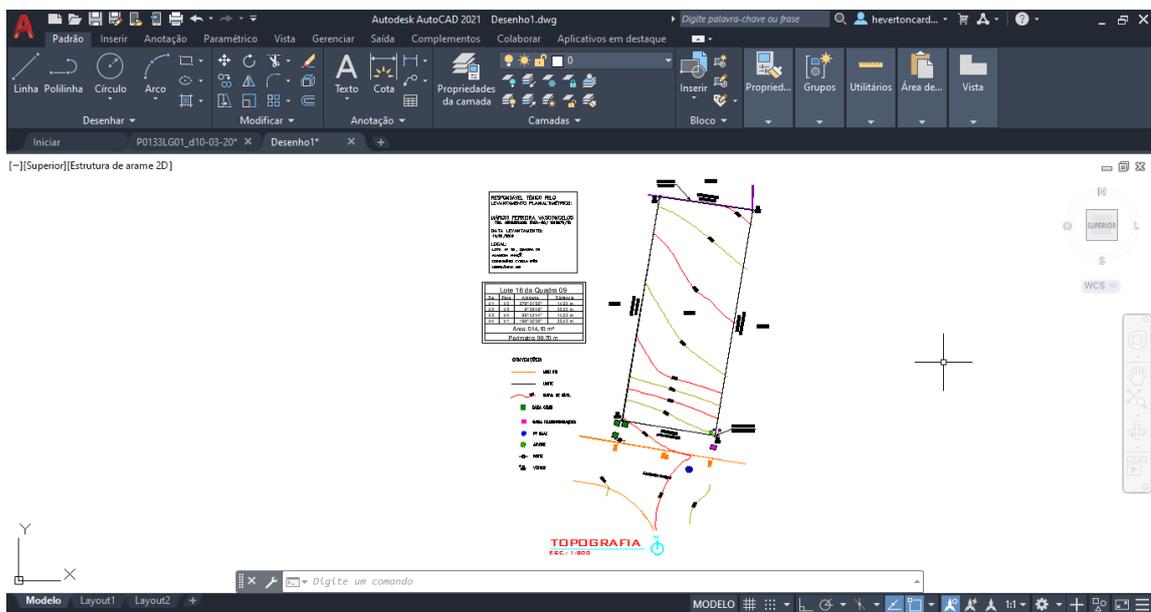


Figura 10 - Planta da topografia natural do terreno (Fonte: ATTA Engenharia, 2021)

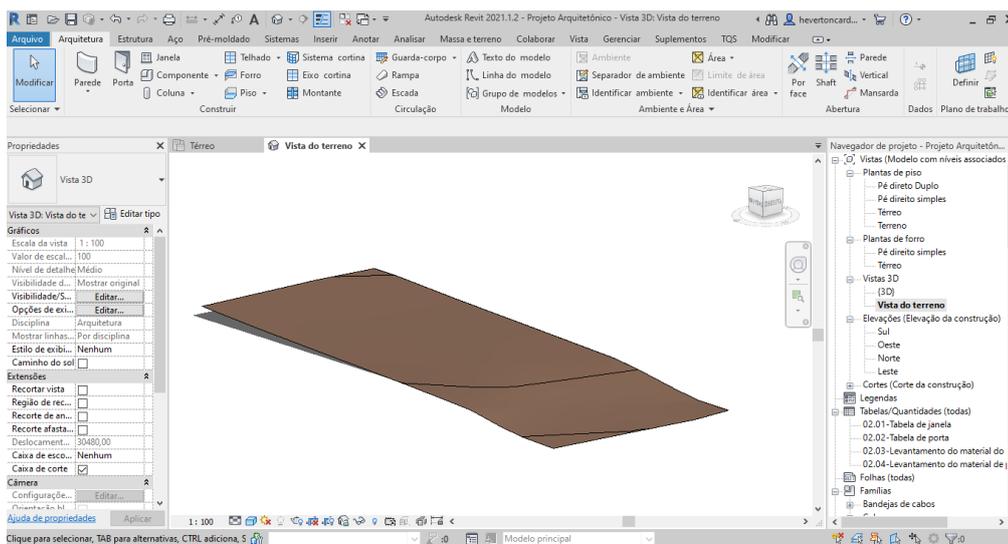


Figura 11 - Modelagem do terreno (Fonte: Autor, 2022)

Com a modelagem do terreno natural finalizada, o próximo passo foi definir o corte e aterro com base nos níveis de piso acabado do projeto arquitetônico. Na Figura 13, é possível ver que será necessário um grande volume de corte devido o relevo natural do lote.

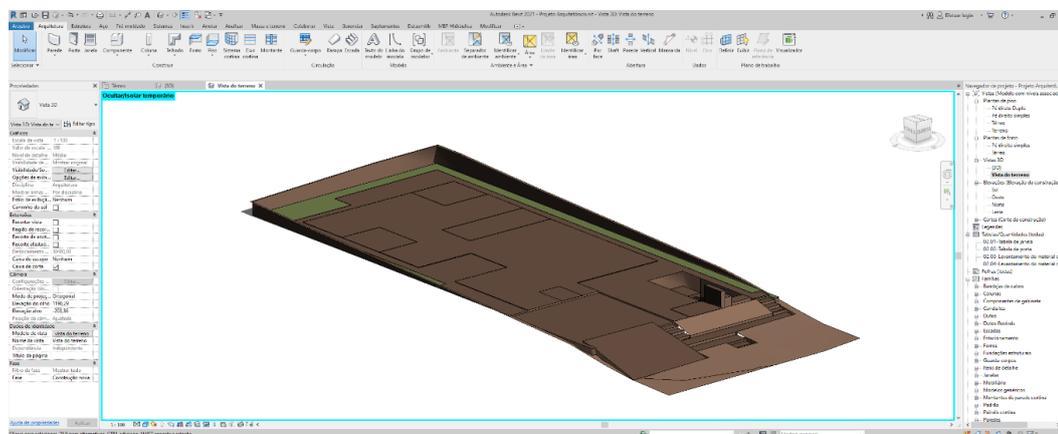


Figura 12 - Níveis de corte e aterro do terreno (Fonte: Autor, 2022)

3.3.2 Níveis da edificação

Antes de iniciar a modelagem arquitetônica é necessário definir todos os níveis principais da casa, no qual delimitam os pavimentos que a residência possui, logo o Autodesk Revit® utiliza desses níveis para criar as paredes, janelas e outros elementos necessários. Como este trabalho embasou-se em elaborar um modelo BIM a partir de uma residência já projetada

por meio da metodologia CAD (*Computer Aided Design*), a modelagem da arquitetura respeitou os níveis existentes (Figura 14).

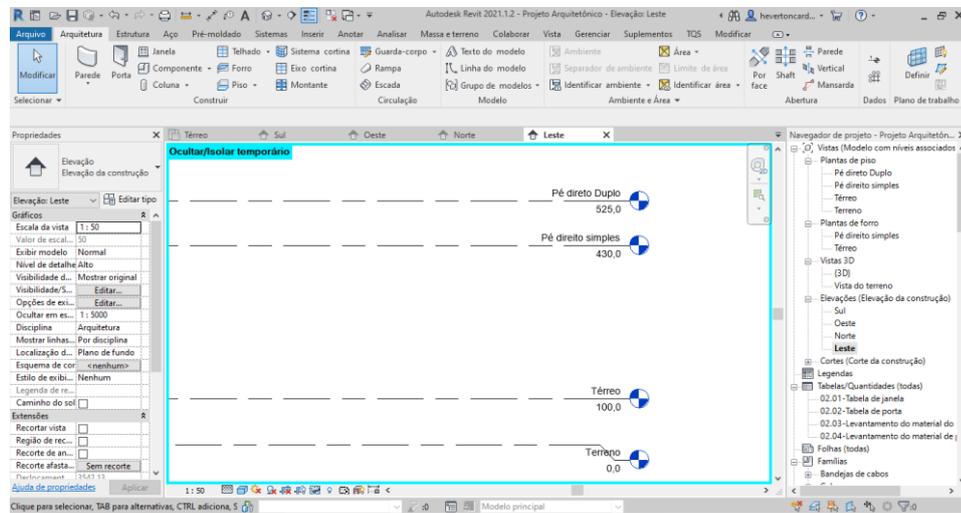


Figura 13 - Níveis da casa (Fonte: Autor, 2022)

3.3.3 Definição dos materiais

No *template* utilizado, foram configuradas todas as paredes que a edificação poderia ter, sendo que cada uma possui diferentes configurações de camadas, sendo: Bloco cerâmico (núcleo), chapisco, reboco, argamassa colante, massa pva e pintura (Figura 15). Feito isso, o processo de modelagem passa a ser mais rápido, tendo em vista que todas as possíveis alvenarias que a edificação possa ter já foram pré-configuradas.

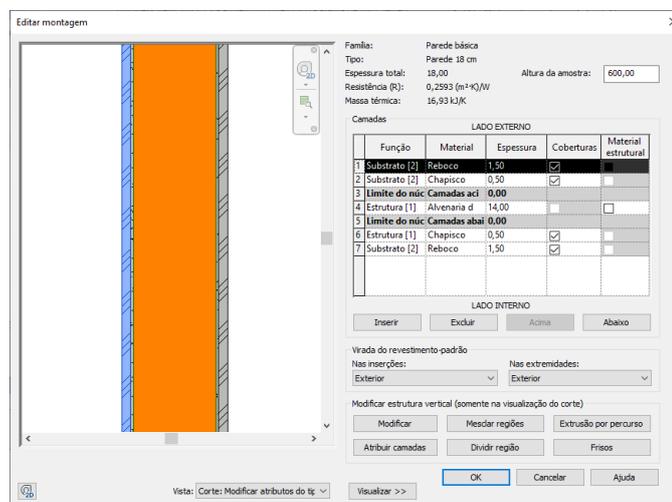


Figura 14 – Camadas materiais da alvenaria (Fonte: Autor, 2022)

Os pisos e as lajes são estruturas que precisam estar associadas aos níveis de projetos, que são a parametrização que relaciona as alturas das alvenarias e lajes. Assim como as alvenarias, os pisos e lajes também são compostos por camadas e a estruturação de cada uma pode variar conforme cada projeto. Dessa forma, as camadas que formaram a estrutura do piso foram: contrapiso, regularização, argamassa colante e piso cerâmico (Figura 16). Foi atribuído um piso genérico com dimensões de 60x60cm, um revestimento externo para a piscina e para a sauna. Uma observação importante é que as lajes modeladas no projeto arquitetônico têm apenas efeito visual e de quantitativo de volume.

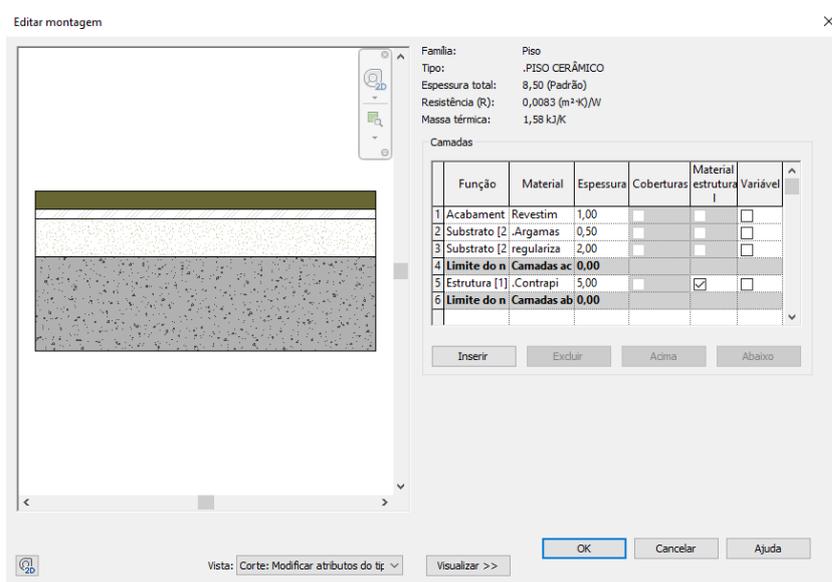


Figura 15 - Camadas de materiais dos pisos (Fonte: Autor, 2022)

Elaborou-se a modelagem da arquitetura, iniciando pelos pisos e alvenarias, em seguida adicionou-se as portas e janelas de acordo as especificações do projeto arquitetônico fornecido (Figuras 17 e 18). É importante frisar que em ambientes como cozinhas e banheiros, na qual faz se necessário um revestimento cerâmico na parede ou um revestimento diferente no piso, criou-se tipos de alvenarias diferentes para suprir a necessidade.

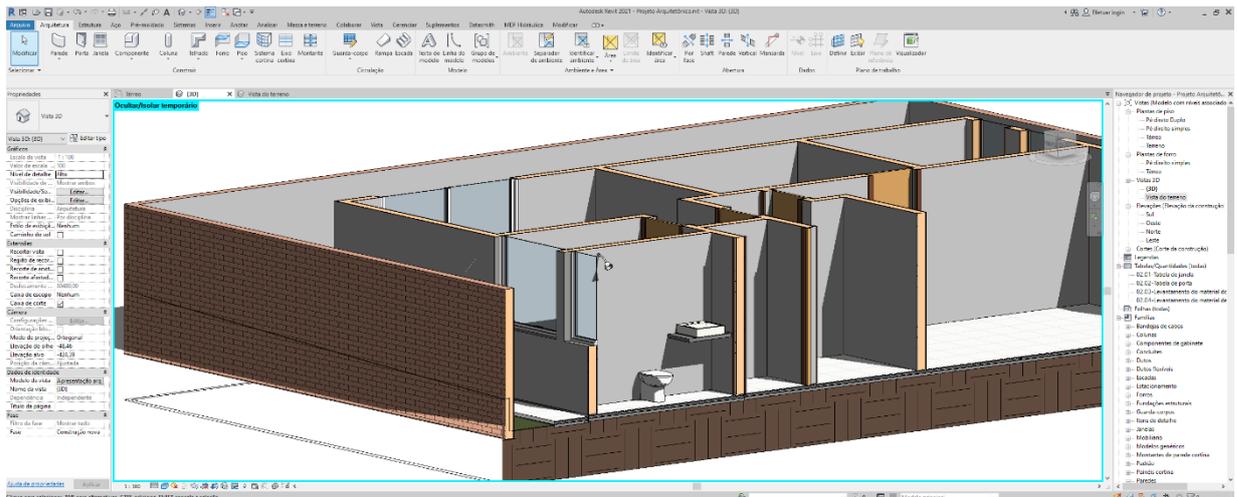


Figura 16 - Modelagem da arquitetura em LOD 300 (Fonte: Autor, 2022)

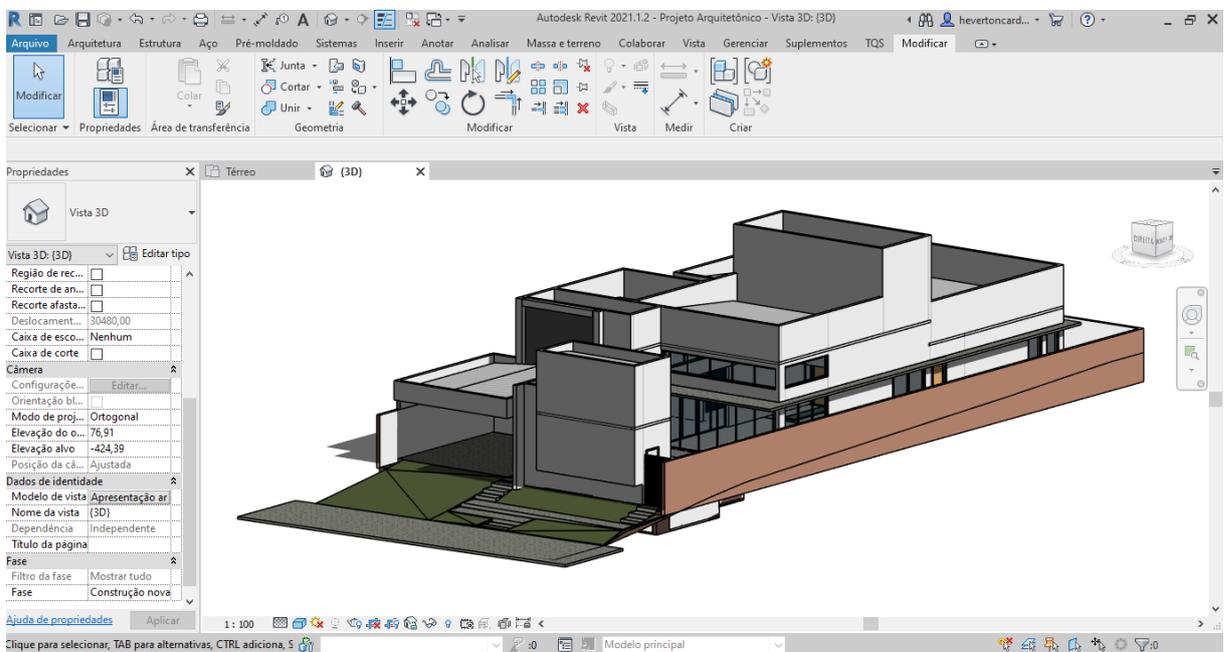


Figura 17 - Modelagem da arquitetura em LOD 300 (Fonte: Autor, 2022)

3.4 Elaboração do projeto estrutural

O projeto estrutural foi elaborado no *Software* TQS®, uma ferramenta brasileira, utilizada por grande parte dos projetistas estruturais no país e que segue a ABNT NBR 6118:2014, norma utilizada para desenvolvimento de projetos de estruturas de concreto armado. A escolha desta ferramenta se baseou na interoperabilidade com outros *softwares*, visando ter um fluxo de informações precisas, algo essencial na metodologia BIM.

3.4.1 Exportando o modelo arquitetônico do Autodesk Revit® para o TQS®

Na metodologia tradicional, o projetista extrai do projeto arquitetônico as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto estrutural, tais como divisas, alvenarias, entre outras, em seguida, a base é importada para o *software*, onde são definidos os níveis e a origem, sendo que, a origem escolhida dificilmente é compatível com a origem definida pela arquitetura por ser tratar de projetos compartilhados em plataforma CAD.

Com isso, foram utilizadas as ferramentas de interoperabilidade disponíveis do TQS®. Instalou-se o Plugin do próprio TQS®, vinculado ao Autodesk Revit® (Figura 19), com isso, foi possível exportar as informações do modelo arquitetônico para o TQS® em um formato que o *software* pudesse reconhecer essas informações (Figura 20 e 21). Na sequência, níveis, origem e demais elementos desenvolvidos no Autodesk Revit® foram vinculados dentro do TQS®.

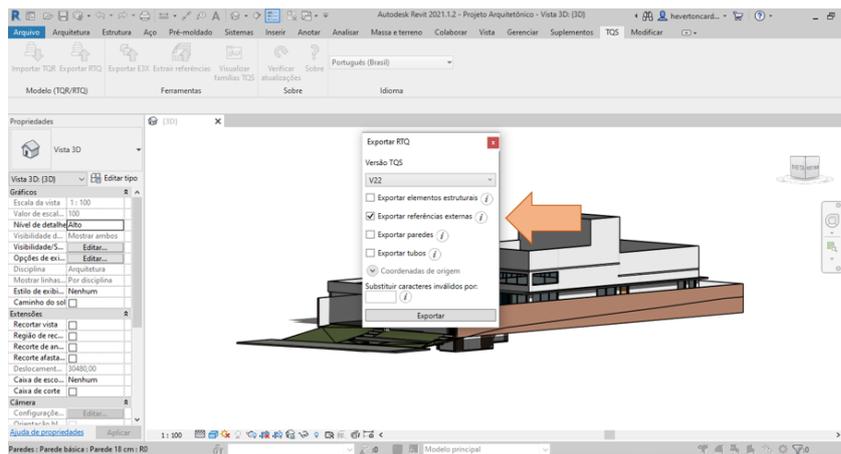


Figura 18 - Exportação do modelo arquitetônico para o TQS (Fonte: Autor, 2022)

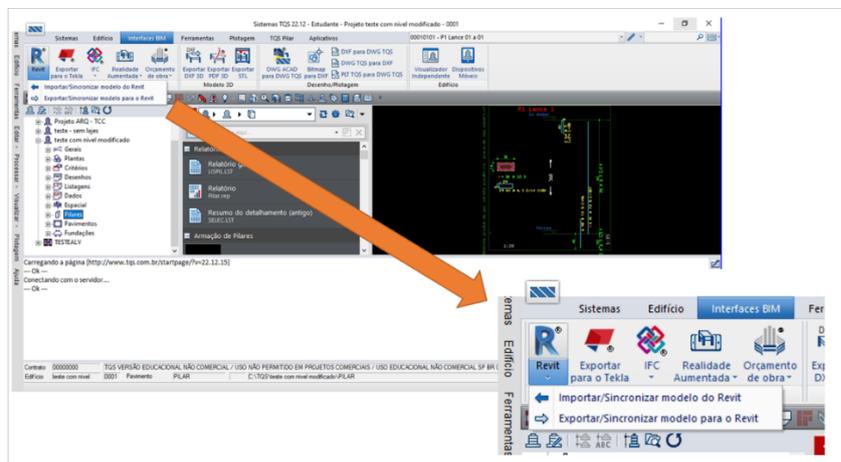


Figura 19 - Importação do modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022)



Figura 20 – Importação do modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022)

Além de reconhecer o modelo 3D exportado do Autodesk Revit®, o TQS® tem a capacidade importar as informações do modelo arquitetônico, algo relativamente novo para *softwares* estruturais. Na Figura 22, é possível ver que, ao clicar no elemento janela abre-se uma caixa de propriedades listando todas as informações inseridas no modelo durante a elaboração do arquitetônico. Essa característica facilita a compatibilização entre as disciplinas e a comunicação entre projetistas.

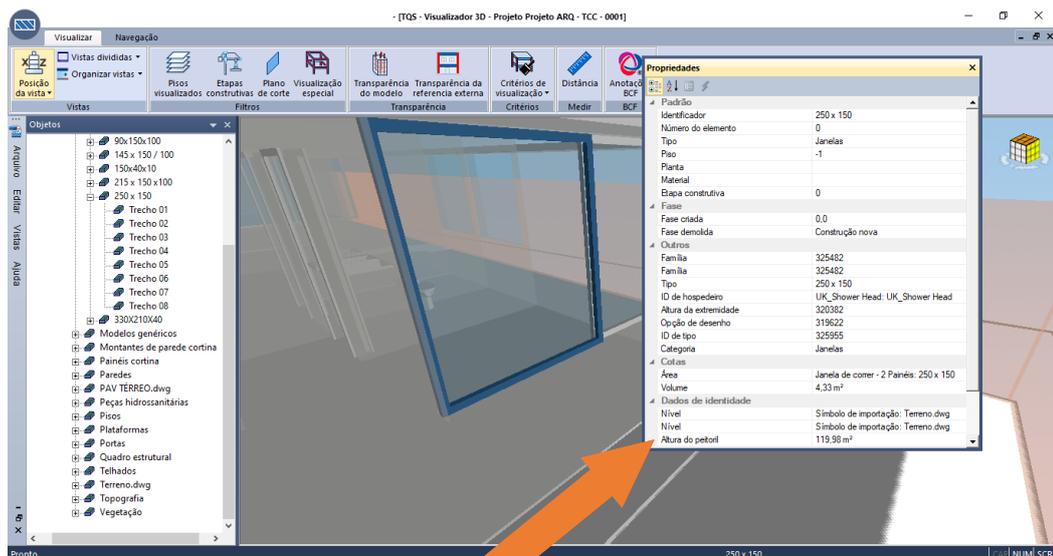


Figura 21 - Importando modelo arquitetônico no TQS (Fonte: Autor, 2022)

Depois, foi realizado o lançamento de todos os elementos estruturais, começando pelos pilares, em seguida as vigas, lajes e por último a fundação, sendo que, adotou-se blocos sobre estacas, pelo fato de ter sido o sistema de fundação aplicada pelo projetista responsável. Na Figura 23, pode-se visualizar o resultando final do lançamento dos elementos estruturais.

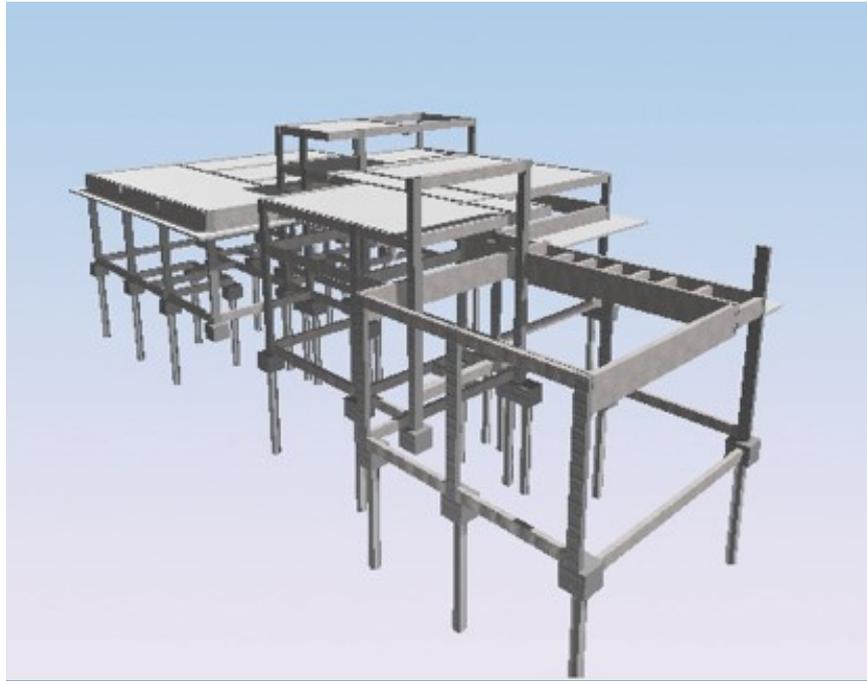


Figura 22 - Lançamento dos elementos estruturais (Fonte: Autor, 2022)

3.4.2 Levantamentos das cargas através da interoperabilidade entre softwares

Outra possibilidade que o TQS® tem é a opção de importar as paredes do modelo arquitetônico do Autodesk Revit®, com isso, é possível transformar as mesmas em cargas e posiciona-las automaticamente no local adequado dentro do modelo estrutural evitando erros no lançamento das cargas. Entretanto, isso não exclui a responsabilidade de análise do projetista estrutural, pois é o projetista que informará qual carga linear cada alvenaria possui, de acordo com os materiais empregados. Na Figura 24, é possível visualizar a exportação das alvenarias do modelo arquitetônico por meio do *plugin*.

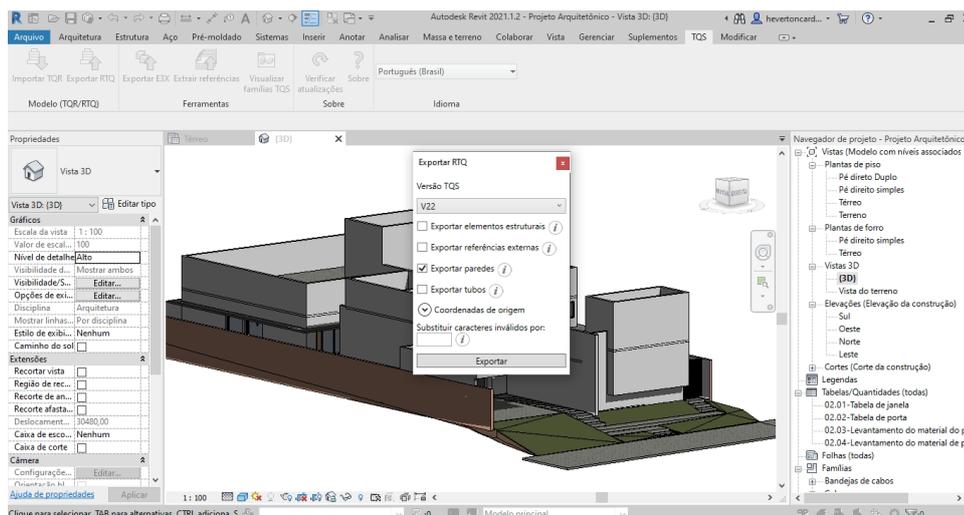


Figura 23 - Exportando parede do Autodesk Revit para o TQS (Fonte: Autor, 2022)

O próximo passo foi importar as alvenarias criadas no TQS®. Na Figura 25, é possível visualizar que o programa lê cada tipo de parede existente no modelo arquitetônico e o projetista estrutural deve informar ao programa qual carga linear considerar em cada tipo.

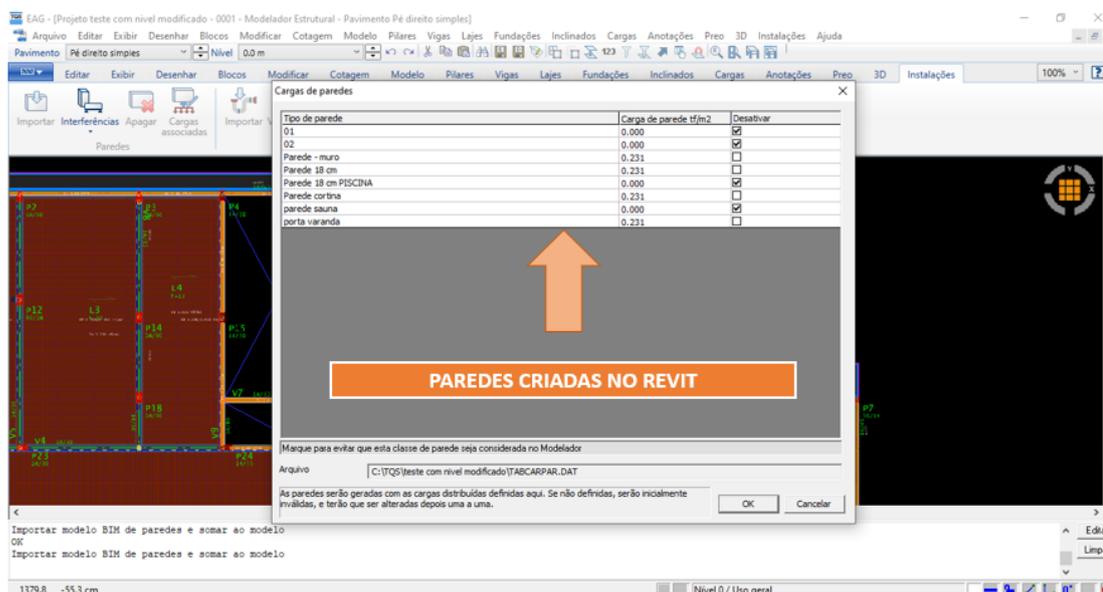


Figura 24 – Cargas das paredes no TQS (Fonte: Autor, 2022)

Assim que o TQS® posiciona as cargas, o projetista estrutural tem o papel de conferir o posicionamento e o valor alocado, além de lançar cargas que o TQS® não considerou. Ainda, o TQS® lê apenas as cargas lineares, ficando à responsabilidade do projetista o lançamento das cargas nas lajes.

A última etapa do projeto foi o dimensionamento e verificação da estrutura, para resolver os problemas de deslocamento, flechas e/ou elementos que inicialmente não resistiram aos esforços. Entretanto, alguns erros que apareceram durante o dimensionamento foram difíceis de solucionar, pois o suporte do programa não forneceu as explicações necessárias para as resoluções, com isso, fez-se necessário buscar auxílio de projetistas que trabalham na área.

Com o projeto finalizado, foi possível gerar um arquivo com extensão .ifc para que a estrutura pudesse ser visualizada em outras ferramentas.

3.5 Elaboração do projeto hidrossanitário

O próximo projeto a ser desenvolvido é o das instalações hidrossanitárias, e é importante que o projeto estrutural tenha sido finalizado para melhor posicionar e encaminhar as tubulações, reduzindo a lista de incompatibilidades. O projeto hidrossanitário foi desenvolvido no Autodesk Revit®.

Na primeira etapa do projeto, vinculou-se a base arquitetônica em arquivo com extensão .rvt e estrutural em arquivo com extensão .ifc. Com isso, iniciou-se o projeto pelas instalações sanitárias, pelo fato dessa subdisciplina ter a maior probabilidade de inconsistências com as outras disciplinas. Na Figura 27 é possível visualizar as instalações sanitárias e hidráulicas da edificação que seguiram as diretrizes da ABNT NBR 8160:1997 (Sistemas prediais de esgoto sanitário).

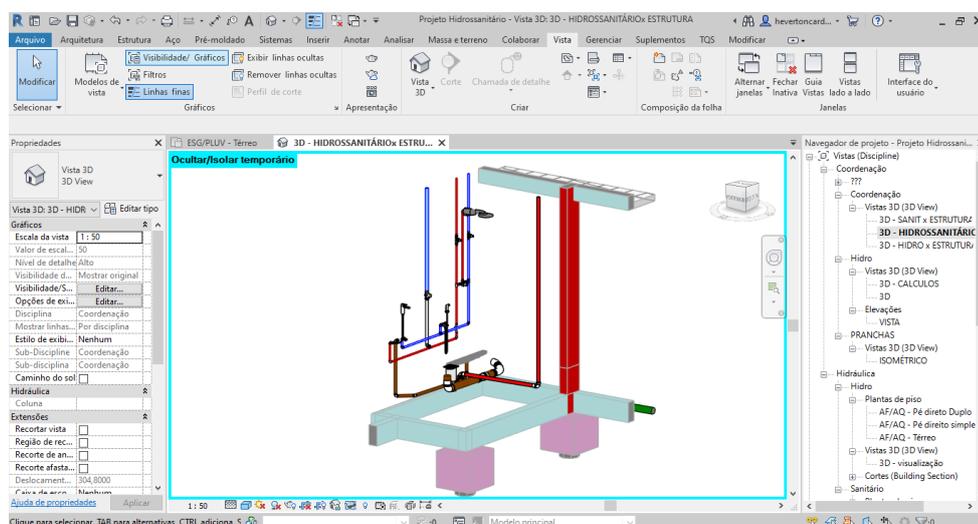


Figura 25 - Modelagem do projeto hidrossanitário (Fonte: Autor, 2022)

O dimensionamento das instalações sanitárias também foi feito de acordo com as diretrizes da ABNT NBR 8160:1997 (Sistemas prediais de esgoto sanitário) e foi feito por meio de tabelas no Microsoft Excel® (Figura 27).

Dimensionamento sistema de esgoto			
RAMAIS DE DESCARA			
Item	UHC	Ø (mm)	
LAVATÓRIO (RESIDÊNCIA)	1	40	
CHUVEIRO (RESIDENCIA)	2	40	
	0	0	
	0	0	
	0	0	
	0	0	
	0	0	
Caixa sinfonada	3	100	
RAMAIS DE ESGOTO			
Item	UHC	Ø (mm) CALCULADO	Ø (mm) ADOTADO
Caixa sinfonada	3	40	50
BACIA SANITÁRIA	6	100	100
DIRECIONAMENTO RAMAIS			
RAMAL	DIAMETRO FINAL	TOTAL	AMBIENTE
R11	100	9	BANHEIRO

Figura 26 - Planilhas de dimensionamento sanitário (Fonte: Autor, 2022)

Com o dimensionamento das instalações sanitárias finalizado, iniciou-se os lançamentos das instalações hidráulicas que foi feito conforme as diretrizes da ABNT NBR 5626:2020 (Instalação predial de água fria). Para facilitar o dimensionamento e levantamento das vazões em cada tubulação, cadastrou-se os pesos relativos da norma em cada aparelho e o Autodesk Revit® somou as vazões de acordo com os tubos que foram conectados e trechos definidos (Figura 28). Essa funcionalidade permite o desenvolvimento de rotinas de trabalho para que o dimensionamento seja realizado de forma automática sem a utilização de planilhas, entretanto esse desenvolvimento não faz parte do escopo deste trabalho.

Ambiente(tubo)	Trecho	Peso	Vazão (l/s)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)	L equivalente (m)	Total (m)	Desnivel	Perda de carga unitária (m/m)	Perda de carga total (m/m)	Montante	Jusante	Necessária	Verificação
BARRILETE															
BARRILETE	11-AF12	0,8	0,27	21,6	0,7	1,78	1,9	3,68	0	0,0411	0,151	16,51	16,36	0,50	OK
BARRILETE	11-AF11	0,6	0,23	21,6	0,6	0,66	3,1	3,76	0	0,0310	0,117	16,51	16,39	0,50	OK
BARRILETE	10-AF09	0,1	0,09	21,6	0,3	0,58	3,1	3,68	0	0,0060	0,022	16,80	16,78	0,50	OK
BARRILETE	10-11	1,4	0,35	21,6	1	1,66	2,9	4,56	0	0,0647	0,295	16,80	16,51	0,50	OK
BARRILETE	9-AF13	0,8	0,27	21,6	0,7	1,6	1,8	3,4	0	0,0411	0,140	16,86	16,72	0,50	OK
BARRILETE	9-10	1,5	0,37	27,8	0,6	1,56	0,9	2,46	0	0,0215	0,053	16,86	16,80	0,50	OK
BARRILETE	8-AF16	1,7	0,39	21,6	1,1	2,43	2	4,43	0	0,0782	0,346	17,29	16,94	0,50	OK
BARRILETE	8-AF15	1,6	0,38	21,6	1	2,9	1,9	4,8	0	0,0747	0,359	17,29	16,93	0,50	OK
BARRILETE	8-9	2,3	0,45	27,8	0,7	5,56	8,6	14,16	0	0,0303	0,429	17,29	16,86	0,50	OK
BARRILETE	7-8	3,3	0,54	21,6	1,5	1,09	2	3,09	0	0,1382	0,427	17,71	17,29	0,50	OK
BARRILETE	6-AF07	0,3	0,16	21,6	0,4	0,39	3,1	3,49	0	0,0164	0,057	18,28	18,23	0,50	OK
BARRILETE	6-7	3,3	0,54	27,8	0,9	6,78	6,9	13,68	0	0,0417	0,570	18,28	17,71	0,50	OK
BARRILETE	5-AF06	0,1	0,09	21,6	0,3	1,29	3,1	4,39	0	0,0060	0,026	18,58	18,56	0,50	OK
BARRILETE	5-6	3,6	0,57	27,8	0,9	3,66	2,9	6,56	0	0,0458	0,391	18,58	18,28	0,50	OK
BARRILETE	4-AF02	0,8	0,27	27,8	0,4	0,22	4,6	4,82	0	0,0124	0,060	19,04	18,98	0,50	OK
BARRILETE	4-5	3,7	0,58	27,8	1	8,08	1,5	9,58	0	0,0472	0,453	19,04	18,58	0,50	OK
BARRILETE	3-AF01	0,8	0,27	27,8	0,4	0,17	4,6	4,77	0	0,0124	0,059	19,12	19,06	0,50	OK
BARRILETE	3-4	4,5	0,64	27,8	1	0,05	1,5	1,55	0	0,0561	0,087	19,12	19,04	0,50	OK
BARRILETE	2-AF08	0,7	0,25	21,6	0,7	3,67	3,1	6,77	0	0,0359	0,243	19,12	18,88	0,50	OK
BARRILETE	2-3	5,3	0,69	27,8	1,1	0,16	0,9	1,06	0	0,0640	0,068	19,19	19,12	0,50	OK
BARRILETE	1-2	6	0,73	27,8	1,2	4,59	6,6	11,19	0	0,0707	0,791	19,98	19,19	0,50	OK
BARRILETE	SAIDA - 01	8,3	0,86	35,2	0,9	0,09	0,5	0,59	0	0,0307	0,018	20,00	19,98	0,50	OK
BARRILETE BS															

Figura 27 - Planilhas de dimensionamento hidráulica (Fonte: Autor, 2022)

Por fim, realizou-se o lançamento do sistema hidrossanitário como pode ser visto na Figura 29.

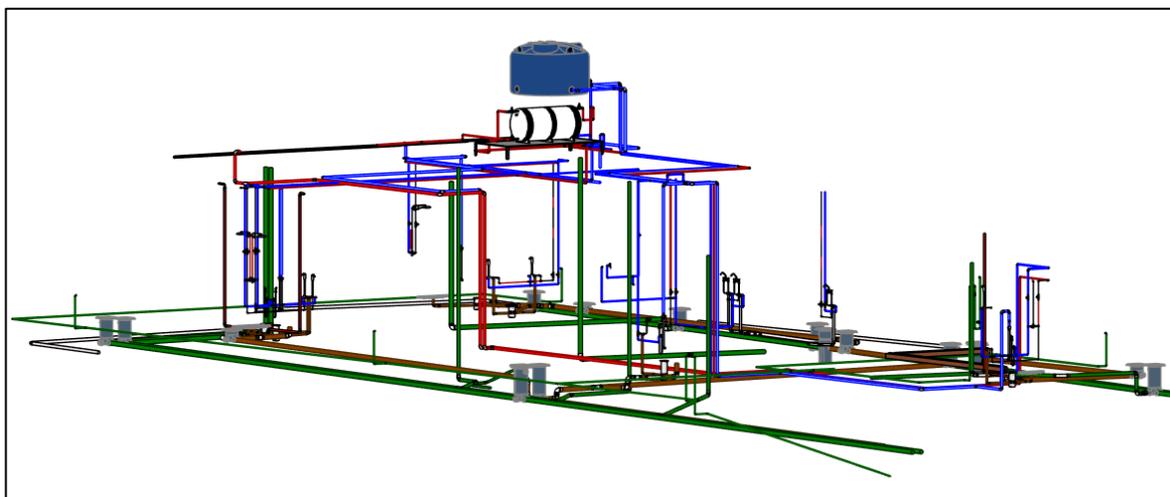


Figura 28 - Modelagem do projeto hidrossanitário (Fonte: Autor, 2022)

3.6 Elaboração do projeto elétrico

O projeto elétrico segue a ABNT NBR-5410 (Instalações elétricas de baixa tensão), logo, de início, já foram dimensionadas a potência de iluminação e a quantidade mínima de tomadas.

A elaboração do projeto elétrico foi realizada considerando o projeto desenvolvido pelo projetista responsável do sistema elétrico da edificação, incluindo a parte de automação de alguns aparelhos. Entretanto, durante a modelagem, foi possível perceber diversas incompatibilidades, como é demonstrado na Figura 30, onde é possível ver duas caixas de interruptores e um eletroduto confrontando com a janela. Provavelmente, esse erro foi corrigido durante a execução da obra, o que demonstra a importância de se projetar utilizando a metodologia BIM, com a qual é possível encontrar essas inconsistências ainda na fase projetual, evitando retrabalhos na execução.

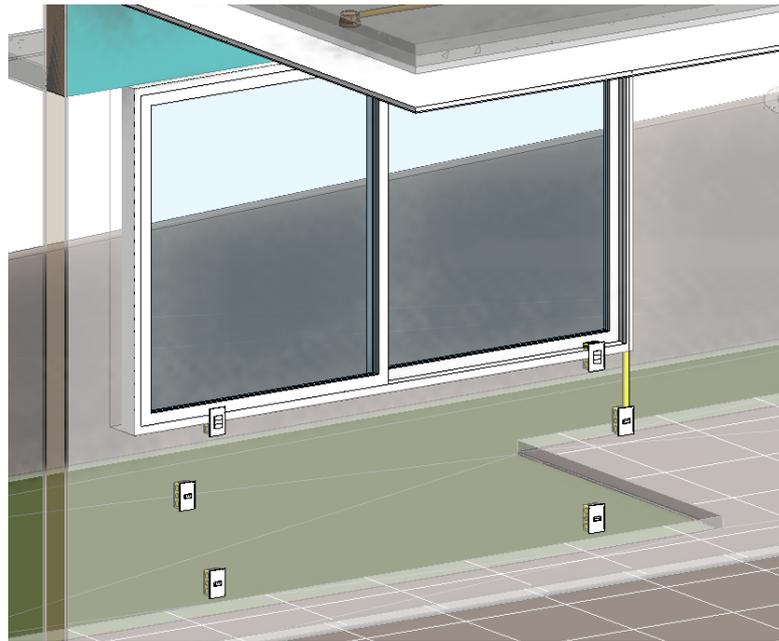


Figura 29 - Incompatibilidade de eletroduto com a janela (Fonte: Autor, 2022)

Durante a elaboração do projeto, essas incompatibilidades foram corrigidas. Na Figura 31 é mostrado a solução adotada para corrigir o problema apresentado na Figura 30.

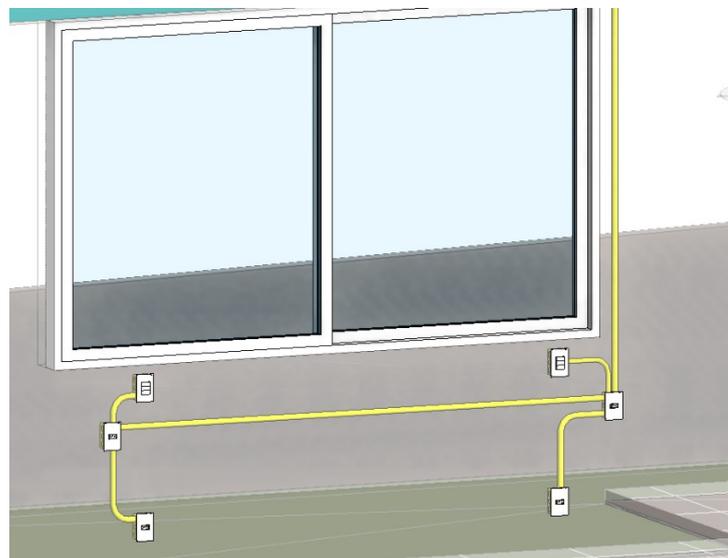


Figura 30 - Solução adotada para a incompatibilidade encontrada (Fonte: Autor, 2022)

Portanto foi feito o lançamento dos eletrodutos e cabos (Figura 32) e em seguida foi realizado o dimensionamento do sistema, calculando a quantidade de tomadas, pontos de iluminação e a bitola dos cabos.

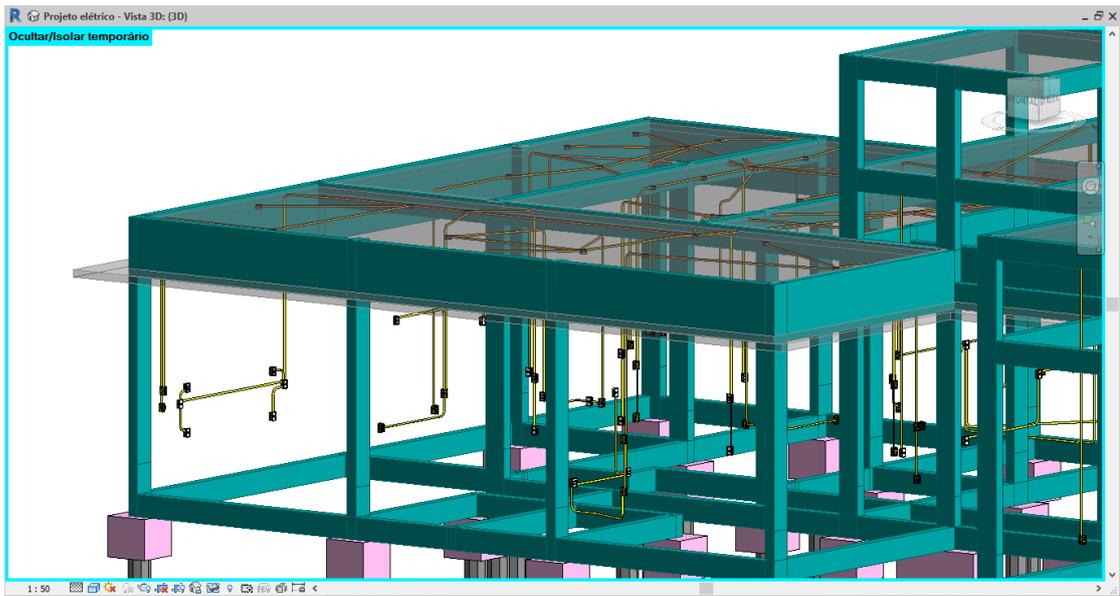


Figura 31 - Projeto elétrico completo (Fonte: Autor, 2022)

3.7 Compatibilização dos projetos

Tendo terminado a etapa de elaboração dos projetos, iniciou-se a etapa de compatibilização. Primeiramente foi feita uma compatibilização interna em cada disciplina para verificar se existiam conflitos no lançamento antes de se realizar a compatibilização com outras disciplinas, essa etapa pode ser feita no próprio *software* de modelagem. Em seguida, realizou-se a compatibilização entre disciplinas diferentes, sendo que para essa etapa foi utilizado o Autodesk Navisworks®. Com isso, primeiramente foi feito a exportação dos arquivos do Autodesk Revit® e do TQS® para o Autodesk Navisworks®, como é mostrado na Figura 33.

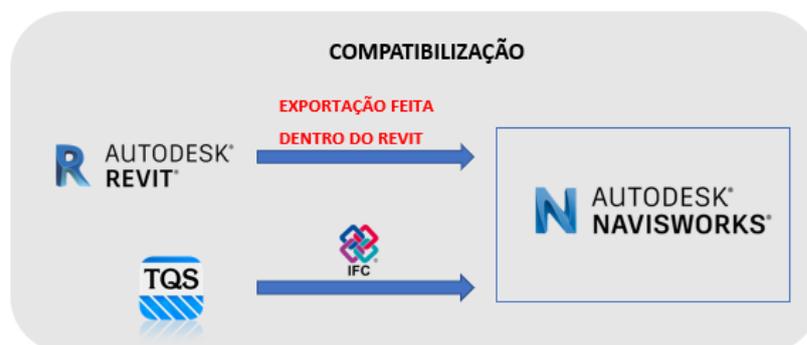


Figura 32 - Fluxo de informação para o Navisworks (Fonte: Autor,2022)

Uma das vantagens de se utilizar das ferramentas de uma mesma empresa é a comunicação entre os programas desenvolvidos por essa. Na Figura 34, é possível ver que o Autodesk Revit® tem a possibilidade de exportar o modelo em um arquivo com extensão .nwc, sendo um formato próprio para o Autodesk Navisworks®. Entretanto, o TQS®, software de outra empresa, não possui esta funcionalidade, com isso utilizou-se o arquivo com extensão .ifc para exportar o modelo estrutural.

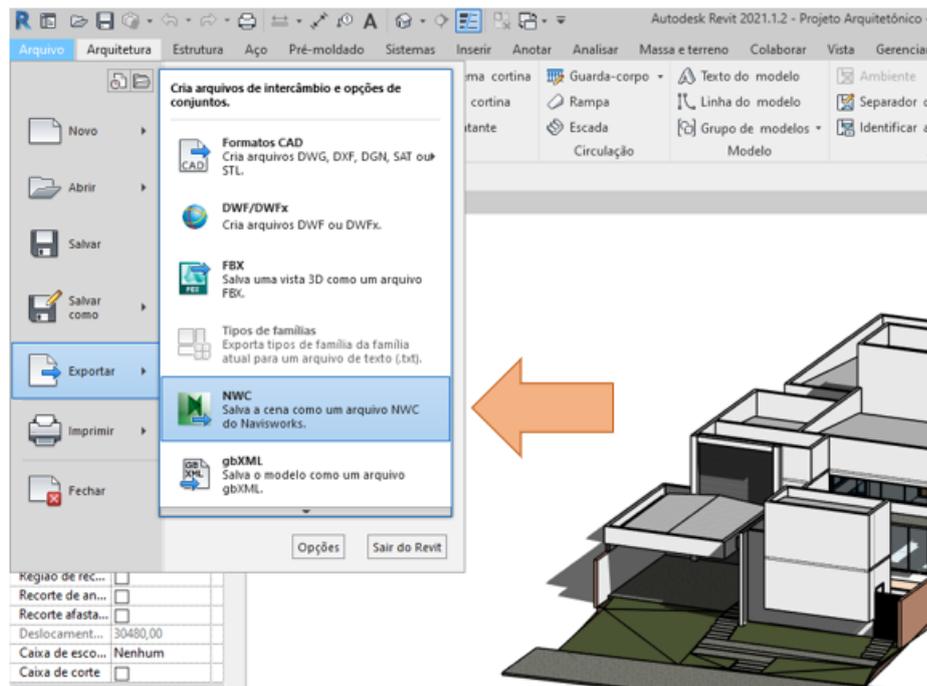


Figura 33 - Exportação modelo Arquitetônico para o Navisworks (Fonte: Autor, 2022)

Na sequência, foi realizada a importação de todos os modelos no Autodesk Navisworks®, como pode ser visto na Figura 35. O programa tem como objetivo principal permitir que o usuário realize a compatibilização com diversas ferramentas, além do planejamento do empreendimento, assim, é possível ver que a representação gráfica do software é simplificada, focando na informação e geometria do modelo.

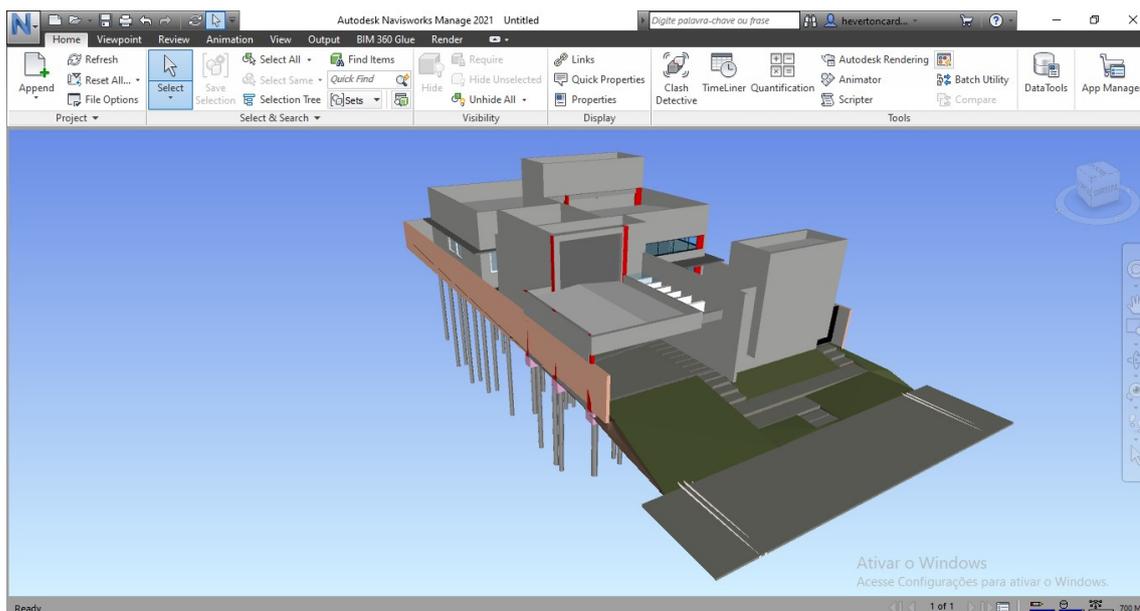


Figura 34 - Importação dos modelos no Navisworks (Fonte: Autor,2022)

Para a compatibilização, utilizou-se a ferramenta *Clash Detective*, que permite comparar duas disciplinas por vez (Figura 36). O Autodesk Navisworks®, permite que o usuário classifique cada incompatibilidade como nova, ativa, revisada, aprovada e resolvida para que os projetistas possam se organizar durante o processo.

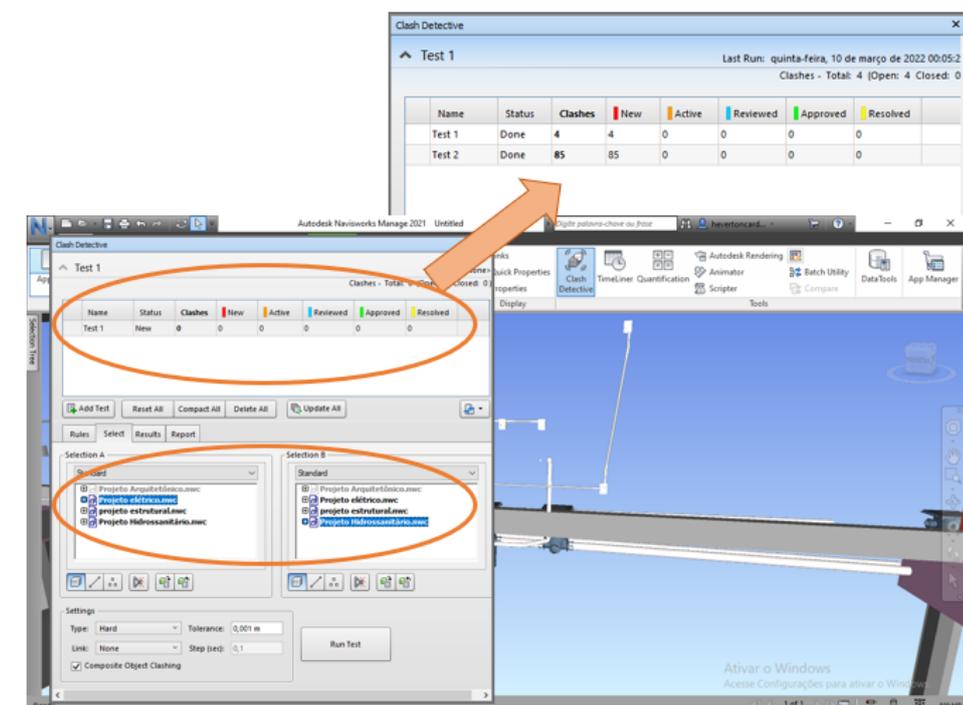


Figura 35 - Aplicação do Navisworks (Fonte: Autor, 2022)

3.7.1 Classificação e análise das incompatibilidades encontradas

Um ponto importante na etapa de compatibilização é conferir cada incompatibilidade encontrada e analisar se é realmente um problema ou se aquele aviso é um equívoco. Um exemplo pode ser visualizado na Figura 37, onde tem-se uma tubulação furando uma laje. Este é um conflito que aparece, no entanto, não é um erro, pois realmente será executado dessa forma, portanto não poder ser classificado como uma incompatibilidade, pelo fato de ser algo que deve acontecer, diferente disso seria se a tubulação tivesse atravessado uma viga, algo que pode e deve ser corrigido e evitado.

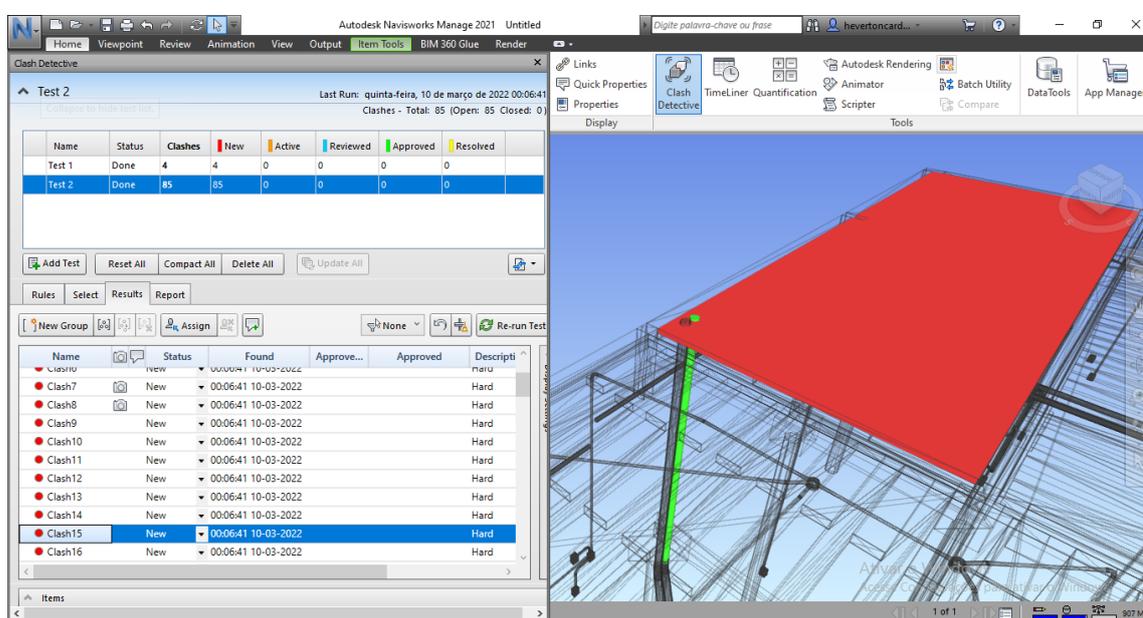


Figura 36 - Análise das incompatibilidades encontradas (Fonte: Autor, 2022)

Ainda existem incompatibilidades que aparecem devido as limitações da modelagem, que apesar de ter evoluído significativamente, ainda não representa perfeitamente a forma como será executado na obra. Na Figura 38 é possível visualizar um eletroduto em conflito com uma tubulação hidráulica, porém, o eletroduto é um material flexível, e seria desviado facilmente no momento da execução do serviço na obra.

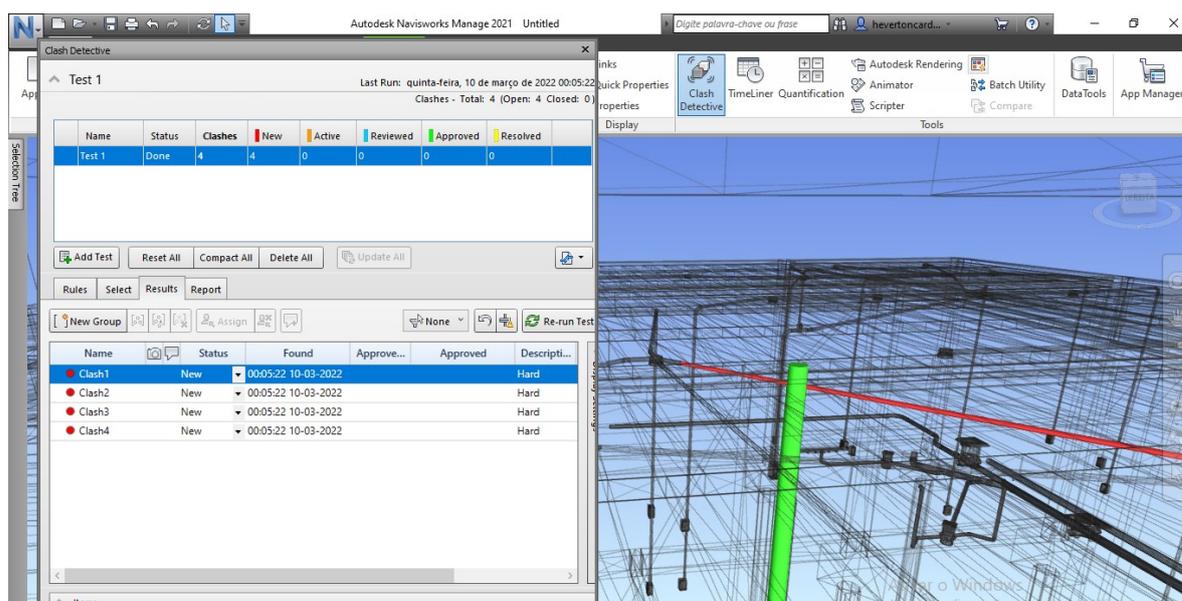


Figura 37 - Incompatibilidade com solução fácil (Fonte: Autor, 2022)

Existem incompatibilidades de grande relevância que devem ser resolvidas o quanto antes. Exemplo disso é a incoerência ilustrada na Figura 39, onde é possível ver uma tubulação furando um bloco de fundação, algo que não deve acontecer. Sendo assim, essa é uma incompatibilidade que deve ser repassada ao projetista hidráulico e ao projetista estrutural, para que seja tomada uma decisão.

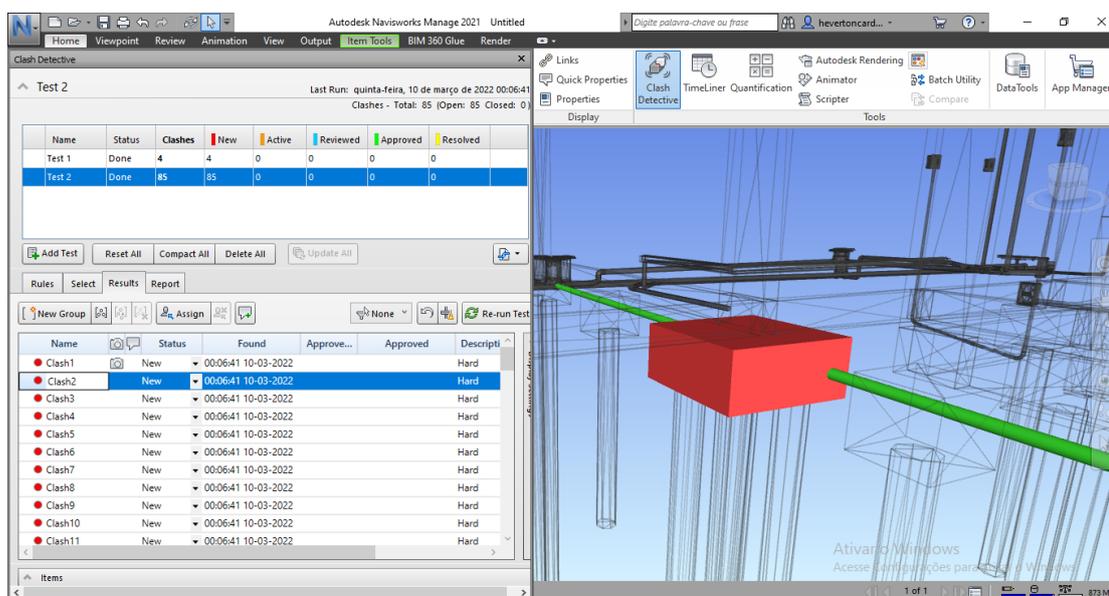


Figura 38 - Incompatibilidades importantes (Fonte: Autor, 2022)

3.7.2 Relatório de incompatibilidades

Feita a análise e classificação das incompatibilidades encontradas, a próxima etapa foi a exportação do relatório de incompatibilidades para os respectivos profissionais. O Autodesk Navisworks®, permite que o profissional exporte esse relatório de forma automática. Na Figura 40, é possível visualizar um exemplo de como o relatório do é exportado.

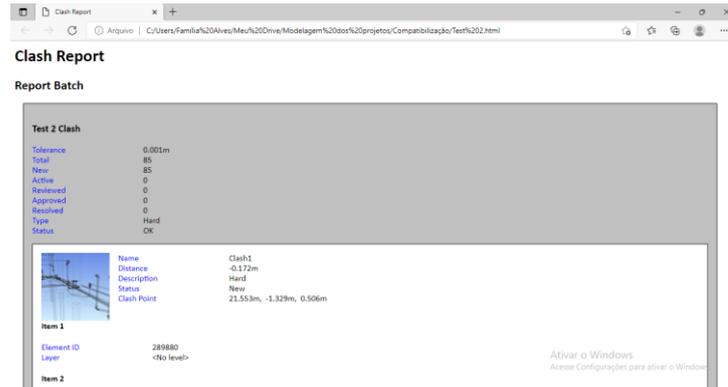


Figura 39 - Relatório de incompatibilidade (Fonte: Autor, 2022)

4. RESULTADOS

Modelar e compatibilizar diferentes disciplinas de projetos de uma edificação possibilitou avaliar e entender o fluxo de informações que é necessário para que a metodologia BIM seja aplicada da maneira correta. É importante ressaltar que cada escritório tem a sua forma de trabalhar, definindo seus processos do início até o final do projeto, entretanto, a comunicação entre os projetistas garante que a informação seja repassada e os conflitos sejam resolvidos.

Foi possível perceber que existem diversas ferramentas para a ajudar os profissionais a enriquecerem seus projetos com informação, de maneira que o produto final seja de qualidade e represente de fato o que será executado durante o empreendimento.

Ainda, é importante salientar que a capacidade do profissional em relação às ferramentas e ao processo construtivo é essencial tanto para a implementação da metodologia quanto para o desenvolvimento do BIM e da construção em si, independente do instrumento BIM utilizado neste estudo de caso.

Os resultados deste trabalho foram divididos em quatro pontos correlacionados entre si:

- a) Padronização dos processos e fluxo de trabalho;
- b) Requisitos mínimos de modelagem;
- c) Conhecimento das ferramentas a serem utilizadas;
- d) Execução de projetos com qualidade e produtividade.

4.1 Padronização dos processos e fluxo de trabalho

Neste estudo todos os projetos foram realizadas por uma pessoa, entretanto, é possível afirmar que no mercado trabalho existem diferentes escritórios, sendo que alguns são especializados em apenas uma disciplina e outros em várias disciplinas. Com isso, é muito importante determinar qual metodologia será utilizada do início ao final do projeto.

Foi possível observar que mesmo trabalhando em todos os projetos, algumas divergências não foram vistas, e apenas durante a elaboração da modelagem de outra disciplina que o problema foi visualizado e resolvido. Na Figura 40 é possível ver uma situação que ilustra esse fato, onde uma tubulação está confrontando um bloco de fundação. Mesmo trabalhando com um *software* que tem a representação do modelo em 3D, este erro foi visualizado apenas

na etapa de compatibilização. Com isso, foi possível confirmar a importância do Autodesk Navisworks® durante essa etapa, evitando que o problema fosse resolvido no canteiro de obra.

Um dos objetivos de se utilizar o TQS® foi retratar fielmente o fluxo de trabalho que pode acontecer entre diferentes escritórios de projeto. Com isso, foi possível observar o quanto o *software* evoluiu e se integralizou com outras plataformas de trabalho, entretanto, para que se tenha a produtividade desejada com a ferramenta, é necessário que se padronize a metodologia de trabalho e essa tenha correlação entre o projetista estrutural e arquitetônico, para que o modelo arquitetônico entregue as informações corretas, de maneira que a exportação para o TQS® seja eficaz.

Portanto, é necessário o uso de ferramentas para definir o fluxo de trabalho durante a execução do projeto, definindo as etapas do projeto, como executar cada processo e como exportar as informações da maneira correta, sendo algo que deve ser aplicado no dia a dia de cada escritório.

4.2 Requisitos mínimos de modelagem

O Objetivo do trabalho foi realizar a modelagem dos projetos representando ao máximo os elementos que seriam executados em obra. Entretanto, foi possível observar elementos de alguns sistemas que para serem modelados dependem de um alto conhecimento prático e técnico. Um exemplo disso, pode-se citar o sistema elétrico e hidráulico da casa máquinas, os sensores de acionamento e pressurização do sistema de aquecimento do solar, sistema de aquecimento da sauna, sistema de iluminação da piscina, entre outros elementos.

Entretanto, foi possível realizar a compatibilização com o nível de detalhamento utilizado e por isso é importante definir o LOD no início do projeto, para que o projetista tenha em mente o nível de projeto que irá entregar para o cliente.

4.3 Conhecimento das ferramentas a serem utilizadas

Existem vários *softwares* voltados para engenharia disponíveis no mercado, mas, mais importante que ter um bom programa, o projetista deve dominar suas ferramentas e interpretar os resultados para que o projeto tenha qualidade. Neste estudo, foram utilizadas 3 ferramentas

de grande relevância, entretanto, foi possível observar a necessidade do profissional se especializar nelas para que consiga explorar todos os recursos.

O Autodesk Revit® é um programa muito intuitivo, entregando ao projetista a possibilidade de trabalhar de diversas formas alcançando o mesmo objetivo, em contrapartida, o TQS® é um programa com diversas ferramentas, mas que solicita do projetista um domínio muito grande da ferramenta para se projetar. Com isso, além de saber a parte técnica, é necessário que o profissional estude a lógica do programa para alcançar os objetivos desejados.

Ademais, TQS® é um programa que possui certa dificuldade em relação ao dimensionamento, onde além de necessitar de muito tempo para processar o dimensionamento, o software gera avisos com erros que o próprio suporte do programa não explicava o motivo, causando atraso na elaboração do projeto.

4.4 Execução de projetos com qualidade e produtividade

No mercado de trabalho, o tempo gasto para executar uma tarefa é um fator muito importante para precificar os serviços, sendo que, quanto maior a produtividade do profissional, maior será o lucro obtido. Entretanto, foi possível observar que a qualidade de um projeto utilizando a metodologia BIM demanda tempo e gestão de informação, algo que acaba frustrando profissionais que querem deixar de usar a metodologia CAD.

Foi possível observar neste trabalho que existem diversas ferramentas disponíveis, mas, para aplicá-las é necessário ter um processo bem definido, com domínio dos programas, além da capacitação, sendo que tudo isso deve ser realizado com o melhor custo e benefício para o cliente.

5. CONCLUSÃO

A partir da elaboração dos principais projetos e da compatibilização desses utilizando a metodologia BIM, as vantagens e desafios de sua implementação puderam ser avaliadas. Mesmo com a limitação da modelagem de elementos específicos, e não tendo o contato com o proprietário para confirmação de dados, a modelagem dos projetos seguiu as diretrizes normativas e com isso, retratou de maneira satisfatória o que será executado em obra.

Conclui-se que a utilização da metodologia BIM na elaboração e compatibilização de projetos é muito importante para a construção civil, fazendo com que problemas e não conformidades possam ser previstos antes de se iniciar a execução da obra, onde a energia e o custo para resolver um problema são mais elevados.

No processo de modelagem o uso do Autodesk Revit® foi bem-sucedido e o TQS® se mostrou muito eficaz na interoperabilidade com o Autodesk Revit®, assim como na exportação do modelo para compatibilização, entretanto, mostrou certa dificuldade em relação ao dimensionamento, com erros que o próprio suporte do programa não explicava, causando atraso na elaboração desse, sendo algo que pode ser minimizado com o uso repetitivo do *software* em diversos projetos, aumentando o domínio dos projetistas, além da padronização do fluxo de trabalho.

Para a compatibilização, o Autodesk Navisworks® se mostrou muito eficiente por ter boa comunicação com o Autodesk Revit® e também pelo fato de o arquivo de compatibilização ser relativamente fácil de se trabalhar, não ocorrendo travamentos mesmo tendo todos os projetos vinculados e, além disso, o programa fornece ótimas ferramentas de visualização das incompatibilidades. Entretanto, foi possível observar que o relatório de compatibilidade é exportado apenas em Inglês, algo que pode dificultar a comunicação entre os profissionais brasileiros.

Por fim, o conhecimento da metodologia BIM e das ferramentas que a utilizam são importantes para que essa forma de se elaborar projetos seja grandemente aplicado, entretanto isso depende da determinação dos profissionais envolvidos para que ocorra a implementação efetiva do BIM nas empresas. Para isso, os profissionais devem investir em conhecimento para dominar as ferramentas e a metodologia, além de criar processos bem definidos nos escritórios, a fim de que as informações sejam tratadas de maneira correta e o produto final seja de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAIN, Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/construcao-civil/2021/12/02/pib-da-construcao-cresce-39-no-3o-trimestre-e-acumula-alta-de-88-no-ano/>>. Acesso em 13/12/2021

ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Processo de Projeto BIM. **Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**, [S. l.], p. 13, 1 jan. 2022.

ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2008-2020). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo**. ABRELPE. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>

AIA, American Institute of Architects. Building Information Modeling Protocol Exhibit – **E202. AIA Document E20**. 2008. 9p.

AMORIM, Andriele Pinto de; COSTA, Larisse Oliveira. (2016). A logística dentro da construção enxuta: estudo de caso em uma construtora de Fortaleza. **R. Gest. Anál. v. 4**, n. 2, pp. 61-68.

AOUAD, G. et al. **An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER**. Automation in Construction, n. 10, p. 79–99, 2000.

ATTA engenharia. [S. l.], 5 abr. 2020. Disponível em: <https://attaengenharia.com/>. Acesso em: 10 dez. 2021.

AZEVEDO, O.J.M. Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras. 82 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho**. Braga. 2009.

BASBAGILL, J.; FLAGER, F.; LEPECH, M.; FISCHER, M. Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. **Building and Environment**, v. 60, p. 81–92, 2013.

BECERIK-GERBER, B.; KENSEK, K. Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 136, n. 3, p. 139–147, 2010.

BOMFIM, Carlos. Gestão de Obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil. **SIGraDi 2016, XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**, [S. l.], p. 3, 9 nov. 2016.

CAMPESTRINI, Tiago; GARRIDO, Marlon; JR., Ricardo; SCHEER, Sérgio; FREITAS, Maria. **Entendendo BIM**. [S. l.: s. n.], 2015.

CESAR, F. V. O., NUNES, F. **BIM na Construção Civil – Implantação, Vantagens e Desvantagens**, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2013

CRASA. **Entendendo a Modelagem de Informação da Construção (BIM)**. Disponível em: <https://www.crasainfra.com/post/entendendo-a-modelagem-de-informa%C3%A7%C3%A3o-da-constru%C3%A7%C3%A3o-bim>. Acesso em: 15 de jan. 2020

DEMIRKESEN, Sevilay; BAYHAN, Hasan Gokberk. (2020). **A Lean Implementation Success Model for the Construction Industry**, Engineering Management Journal, 32:3, 219-239.

DIAZ, J.; ANTON, L. Á. Sustainable construction approach through integration of LCA and BIM tools. In: **COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING – PROCEEDINGS OF THE 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING**, 23-25 jun. 2014, Orlando. Conference Paper... Orlando: 2014. Disponível em: . Acesso em: 23 mar. 2018.

EASTMAN et al. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. **1.ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda**, 2014. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al.

EASTMAN, C. M.; LISTON, K.; SACKS, R.; TEICHOLZ, P. Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. **Tradução de C. G. Ayres Filho et al.; Revisão Técnica de E. T. Santos.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

HILGENBERG, F. B.; ALMEIDA, B. L.; SCHEER, S.; AYRES FILHO, C. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. In: **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos.** São Paulo, SP: USP, 2012.

KULAHCIOGLU, T; DANG, Jb ; TOKLU, C., 2012. **A 3D analyzer for BIM-enabled Life Cycle Assessment of the whole process of construction.** HVAC&R Research. V. 18

MANZIONE, L. Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM. 2013. 311 p. **Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo,** São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios. 2001. (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOTTER, A.G.; CAMPELO H.Q. Implantação da tecnologia BIM em escritórios de projetos na região de Curitiba - estudo de casos. **Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil, Setor de Tecnologia, da Universidade Federal do Paraná,** Curitiba, 2014.

NATSPEC, National Building Specification. BIM and LOD – Building Information Modeling and Level of Development. **NATSPEC BIM, NATSPEC BIM Paper 001. Construction Information Systems Limited, Australia, 2013.** Disponível em: <https://bim.natspec.org/documents/natspec-bim-papers> Acesso em: mai. 2018.

PACHECO, Bruna; DELEGREGO, Victor; PEREIRA, Victor. **Guia Básico IFC.** [S. l.]: LA BIM, 2020.

PESTANA, António. APLICAÇÃO DE BIM 7D E REALIDADE AUMENTADA EM FACILITY MANAGEMENT. **Trabalho de Projecto ou Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil**, [S. l.], p. 7, 1 dez. 2019.

RECH, A. R. BIM: **Aplicação em Projeto e Gerenciamento de Obras Industriais – AUBR 42**. Autodesk University Brasil 2012

SMITH, P. **BIM & the 5D project cost manager**. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2014, 119: 475-484

SMITH, P. BIM & the 5D project cost manager. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 2014, 119: 475-484.

RODRIGUES, Priscilla. Uma proposta de integração do modelo BIM ao sistema last planner. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, [S. l.], p. 4, 5 dez. 2018.

TAKIM, R.; HARRIS, M.; NAWAWI, A. H. Building Information Modeling (BIM): A new paradigm for quality of life within Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, Elsevier, 2013.

TAVARES JUNIOR, W. Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte. Florianópolis, 2001. **Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina**.

VANNI, Cláudia. Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios. **Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais**, [S. l.], p. 19, 1 jan. 1999.