

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

OSMAR COVALCHUK JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DA ENGENHARIA
CIVIL – ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.**

GUARAPUAVA

2023

OSMAR COVALCHUK JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DA ENGENHARIA
CIVIL – ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.**

**The Importance of Project Coordination in Civil Engineering – A Case Study in
a Single-Family Residence.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Nome do Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Paulo Henrique Carvalho Mello

GUARAPUAVA

2023



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

OSMAR COVALCHUK JUNIOR

**A IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DA ENGENHARIA
CIVIL – ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Nome do Curso de Engenharia Civil,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 12/dezembro/2023

Camila Isaton
Doutora em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paulo Henrique Carvalho Mello
Especialista em Estruturas de Concreto Armado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lucas Bandeira Gobo
Especialista em Estruturas
Universidade Estadual de Londrina

GUARAPUAVA

2023

RESUMO

Esse estudo aborda a relevância do BIM na indústria da construção. A justificativa do potencial transformador dessa metodologia, destacando sua eficácia na otimização dos processos construtivos, com o foco da prevenção de erros durante a execução. Tendo como objetivo analisar e compatibilizar projetos residenciais, com ênfase na utilização dos softwares Revit© e NavisWorks© para acusar os possíveis erros. A metodologia envolveu o uso dos softwares já citados para o uso do formato .IFC na compatibilização. Os resultados revelam 110 conflitos entre os projetos, a ferramenta *clash detective* do NavisWorks© foi operada para identificar e categorizar os conflitos. Os conflitos foram analisados, permitindo a detecção de problemas. Neste trabalho, foram desconsiderados 308 erros, classificados como erros de modelagem. A importância da compatibilização fica evidente como conclusão do trabalho, otimizando o planejamento construtivo e promovendo uma abordagem mais eficiente e sustentável na execução de projetos residenciais.

Palavras-chave: Compatibilização de projetos; Building Information Modeling; Modelagem 3D; Industry Foundation Classes; Gerenciamento de projetos.

ABSTRACT

This study addresses the relevance of BIM in the construction industry. It justifies the transformative potential of this methodology, emphasizing its effectiveness in optimizing construction processes with a focus on error prevention during execution. The objective is to analyze and coordinate residential projects, with an emphasis on using Revit© and NavisWorks© software to identify potential errors. The methodology involved the use of the mentioned software to implement the .IFC format in coordination. The results revealed 110 conflicts between projects, and the clash detective tool of NavisWorks© was used to identify and categorize these conflicts. The conflicts were analyzed, allowing for the detection of problems. In this study, 308 errors were disregarded, classified as modeling errors. The importance of coordination becomes evident as a conclusion of the study, optimizing construction planning and promoting a more efficient and sustainable approach in the execution of residential projects.

Keywords: Project coordination; Building Information Modeling; 3D modeling; Industry Foundation Classes; Project management.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais etapas dos processos de projeto.....	17
Quadro 2 – Definições/Descrição das etapas.....	17
Quadro 3 – Documentos técnicos do projeto executivo arquitetônico.....	21
Quadro 4 – Elementos constituintes do projeto hidrossanitário.....	24
Quadro 5 – Definições de BIM.....	34
Quadro 6 – Informações dos projetos.....	40
Quadro 7 – Conflitos Arquitetônico x Elétrico.....	53
Quadro 8 – Conflitos Arquitetônico x Sanitário.....	56
Quadro 9 – Conflitos Arquitetônico x Estrutural.....	57
Quadro 10 – Conflitos Arquitetônico x Hidráulico.....	61
Quadro 11 – Conflitos Estrutural x Hidráulico.....	63
Quadro 12 – Conflitos Estrutural x Sanitário.....	64
Quadro 13 – Conflitos nas demais compatibilizações.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Causas de patologias.....	29
Gráfico 2 – Ocorrência das causas das manifestações patológicas.....	30

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e estrutural.....	31
Fotografia 2 – Incompatibilidade entre projeto elétrico e estrutural.....	31
Fotografia 3 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e estrutural.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do trabalho.....	39
Figura 2 – Modelagem do projeto arquitetônico.....	42
Figura 3 – Modelagem do projeto arquitetônico.....	42
Figura 4 – Modelagem do projeto elétrico.....	43
Figura 5 – Modelagem do projeto estrutural.....	43
Figura 6 – Modelagem do projeto hidráulico.....	44
Figura 7 – Modelagem do projeto sanitário.....	45
Figura 8 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico-Hidráulico.....	46
Figura 9 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico-Hidráulico.....	46
Figura 10 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico-Hidráulico.....	47
Figura 11 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico-Hidráulico.....	47
Figura 12 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico-Hidráulico.....	48
Figura 13 – Modelagem do projeto arquitetônico.....	49
Figura 14 – Modelagem do projeto arquitetônico.....	50
Figura 15 – Modelagem do projeto estrutural.....	50
Figura 16 – Modelagem do projeto elétrico.....	51
Figura 17 – Modelagem do projeto hidráulico.....	52
Figura 18 – Modelagem do projeto sanitário.....	52
Figura 19 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Elétrico.....	54
Figura 20 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Sanitário.....	54
Figura 21 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Sanitário.....	55
Figura 22 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Estrutural.....	56
Figura 23 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Estrutural.....	57
Figura 24 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Hidráulico.....	58
Figura 25 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Elétrico.....	59
Figura 26 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Elétrico.....	60
Figura 27 – Ferramenta Clash Detective Arquitetônico x Elétrico.....	60
Figura 28 – Ferramenta Clash Detective Estrutural x Hidráulico.....	62
Figura 29 – Ferramenta Clash Detective Estrutural x Hidráulico.....	62
Figura 30 – Ferramenta Clash Detective Estrutural x Hidráulico.....	63
Figura 31 – Ferramenta Clash Detective Estrutural x Sanitário.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
Cm	Centímetro
CAD	Computer Aided Design
H	Altura
IFC	Industry Foundation Classes
kPa	Quilo Pascal
m.c.a	Metro de coluna d'água
mm	Milímetros
NBR	Normas Brasileiras
2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivo Geral.....	14
1.3 Objetivo Específico	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Os projetos de engenharia civil	15
2.1.1 Processo de concepção de um projeto	16
<u>2.1.1.1 Projeto Arquitetônico</u>	<u>19</u>
<u>2.1.1.2 Projeto Elétrico</u>	<u>21</u>
<u>2.1.1.3 Projeto Hidrossanitário</u>	<u>23</u>
<u>2.1.1.4 Projeto Estrutural</u>	<u>24</u>
2.2 Compatibilização de projetos	26
2.2.1 Patologias decorrente da incompatibilidade	28
2.3 <i>Building Information Modeling</i> e seu conceito	32
2.3.1 Histórico do BIM na construção.....	33
2.3.2 Aplicações de BIM em Softwares computacionais.	34
<u>2.3.2.1 Níveis de BIM</u>	<u>35</u>
2.3.3 IFC – Industry Foundation Classes	36
2.3.4 Barreiras da implantação do BIM	37
2.3.5 Perspectivas futuras	38
3 METODOLOGIA	39
3.1 Projetos	40
3.2 Softwares utilizados	40
3.3 Modelagem 3D	41
3.4 Compatibilização	45
4 RESULTADOS	49

4.1 Projetos modelados	49
4.2 Arquitetônico x Elétrico	53
4.3 Arquitetônico x Sanitário	54
4.3.1 Tubo – Laje e Piso	54
4.3.2 Tubo – Parede.....	55
4.3.3 Discussões	55
4.4 Arquitetônico x Estrutural	56
4.4.1 Telhado – Vigas e Pilares.....	57
4.4.2 Discussões	57
4.5 Arquitetônico x Hidráulico.....	58
4.5.1 Tubo – Laje	58
4.5.2 Tubo – Telhado	59
4.5.3 Tubo – Parede.....	59
4.5.4 Caixa d’água – Telhado.....	60
4.5.5 Discussões	61
4.6 Estrutural x Hidráulico	61
4.6.1 Viga – Tubo	61
4.6.2 Pilar – Tubo	62
4.6.3 Discussões	63
4.7 Estrutural x Sanitário	63
4.7.1 Viga – Tubo	63
4.7.2 Discussões	64
4.8 Demais compatibilizações.....	65
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O conceito de compatibilização de projetos teve início no final da década dos anos 80 e início de 90. Sua abordagem é amplamente adotada em uma variedade de setores, incluindo a construção civil, até os anos 2000, fazendo surgir uma figura de um profissional responsável que compatibilize ou organize todas as informações de um projeto para conceber um empreendimento como um todo (NASCIMENTO, 2015).

Como comentado por Salomão et al. (2019) os projetos são concebidos de maneiras separadas, iniciando-se pelo arquitetônico, seguido do estrutural e os complementares de instalações.

Segundo Balem (2015) vem ocorrendo um importante e complexo processo de transformação durante as últimas décadas no setor da construção civil, devido às condições econômicas do país e à própria estrutura competitiva do setor.

Callegari (2007) diz que como o setor da construção civil tem uma participação significativa na economia, para acompanhar o desenvolvimento na indústria do setor é preciso reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos, atender a demanda e a onda mercadológica.

Para Nascimento (2015), o contexto das construtoras mudou, sendo na década de 80 a mão de obra para os projetos era própria da construtora, onde no início dos anos 2000 ocorreu o início da terceirização de projetos e a partir de 2010 a construtora atuando como gestora de projetos, trabalhando apenas com projetos terceirizados.

Para Àvila (2011) a compatibilização desempenha um papel fundamental no processo de desenvolvimento dos projetos, ajuda a detectar e resolver problemas desde a fase de concepção. Resultando na redução do retrabalho, custos de construção e prazos de execução, além de melhorar a qualidade do empreendimento e aumentando sua competitividade no mercado.

A tecnologia da modelagem da informação da construção, do inglês *Building Information Modeling* (BIM) tem um potencial transformador na indústria da construção. Então é fundamental estudar as perspectivas futuras do BIM e o uso de softwares para a compatibilização e o planejamento de empreendimentos, sendo a compatibilização uma etapa muito importante para o planejamento da obra.

Segundo Salomão et al. (2019) no mercado, a tecnologia BIM se tornou uma realidade e quando aplicada de forma adequada, traz benefícios para a elaboração

de projetos e execução de obras, uma vez que, é possível a criação de modelos virtuais no qual informações relevantes são inseridas, impactando diretamente nas tomadas de decisão.

Volpato (2015, p. 14) diz que: “o BIM facilita o processo de orçamentação, que é demorado e custoso – e muitas vezes nem é realizado, apenas estimado – e proporciona um orçamento muito mais rápido e preciso.”

Quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os erros presentes, assim como as grandes perdas de eficiência na execução (BORGES, 2019).

O BIM na construção civil apresenta uma evolução significativa, com padrões como o *Industry Foundation Classes* (IFC) desempenhando um papel crucial na interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM, apontando que a indústria está caminhando em direção a uma padronização e integração de sistemas, o que resulta em maior eficiência e menos erros.

O impacto e as mudanças provenientes do BIM para o futuro da engenharia no Brasil são inegáveis, tornando-se importante ser estudado para o futuro mercado de trabalho, mesmo apresentando uma forte resistência do setor ao uso de softwares mais modernos.

1.1 Justificativa

Este trabalho se fundamenta na necessidade de aprimorar e otimizar o processo de modelagem em três dimensões (3D) e compatibilização de projetos de uma edificação residencial unifamiliar em concreto armado.

Dentro da construção existem estruturas de diferentes tipos, como madeira, metálicas e o concreto armado, sendo usualmente escolhido em residências unifamiliares o uso do concreto armado.

A incompatibilidade entre projetos é uma das principais causas de retrabalho e atrasos no cronograma, a pesquisa visa destacar os benefícios da modelagem tridimensional para identificar e corrigir os conflitos.

A tecnologia BIM oferece uma solução a esses problemas, com capacidade de criar modelos digitais 3D detalhados, quantificáveis e consultáveis, facilitando a identificação de interferências e incompatibilidades, permitindo a solução dos problemas antes da construção, economizando tempo e recursos.

Com a necessidade crescente de aprimorar a eficácia dos processos de modelagem, identificar incompatibilidades e diminuir futuros problemas durante as fases de projeto o uso do BIM é uma solução.

A implementação do BIM na indústria da construção é justificada pela capacidade comprovada de resolver problemas crônicos, melhorar a coordenação, reduzir atrasos e economizar recursos.

Ao utilizar a metodologia BIM, espera-se otimizar a produção de documentos técnicos, proporcionando uma visão mais ampla e precisa da edificação ao longo de todo o projeto.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar e compatibilizar as peças gráficas de um projeto de uma residência unifamiliar convencional, em concreto armado, de acordo com as normas técnicas vigentes e aplicáveis utilizando a terceira dimensão do BIM. Examinando suas características, aplicações e desafios dentro desses projetos com foco nas dificuldades geradas pela falta da compatibilização, como:

- Desarmonia de projetos, que pode resultar em conflitos entre elementos arquitetônicos, estruturais e complementares.
- Problemas como vazamentos e rachaduras.
- Problema para manutenções futuras devido a incompatibilidade de projetos.
- Erro na disposição de eletrodutos e componentes elétricos, impactando a segurança e eficiência do sistema elétrico da edificação.

1.3 Objetivo Específico

- Desenvolver modelos inteligentes 3D detalhados e precisos que representem com fidelidade as intenções de projeto.
- Encontrar incompatibilidades entre os projetos e discutir problemas patológicos relacionados, juntamente com possíveis soluções.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Os projetos de engenharia civil

Segundo Eastman et al. (2014) o projeto é a atividade onde é especificada a maior parte do conteúdo inicial do empreendimento e onde a estrutura do documento é montada para acomodar a adição de informações posteriormente.

O projeto possui aspecto singular caracterizado pela atividade individual de criação, e que também possui o aspecto coletivo onde se concentra na equipe, trabalhando para resolver um objetivo comum (LIMA, 2016).

A Norma Brasileira (NBR) 16636-1:2017 - Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos define projeto:

“Representação do conjunto dos elementos conceituais, desenvolvida e elaborada por profissional habilitado, necessária à materialização de uma ideia, realizada por meio de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis, leis, regramentos locais e às alternativas que conduzam à viabilidade da decisão.”

A decisão normativa nº106, de 17 de abril de 2015, conceitua o termo "Projeto" e define suas tipificações a decisão normativa categoriza o "Projeto" em duas principais tipologias: o Projeto Básico, que engloba diversos elementos técnicos aplicáveis a obras e serviços, e o Projeto Executivo, que consiste nos elementos necessários para a execução completa da obra, seguindo as normas da Lei nº 8.666/1993 e da ABNT.

Tem-se que o conceito de projeto pode ter sentidos diferentes na língua portuguesa, segundo LIMA, (2016, p. 9) “A palavra projeto na língua portuguesa possui várias formas em função dos diferentes contextos. Em inglês essas formas são distinguidas em duas palavras Design e Project.”

Para Eastman et. al. (2014) o projeto é a atividade onde a maior parte das informações é definida para um empreendimento e a estrutura documental é organizada.

Projetar é uma tarefa complexa que visa alcançar soluções criativas, belas, funcionais e econômicas. Além de responder às necessidades de seu cliente e se ajustarem coerentemente ao meio ambiente (NASCIMENTO, 2015).

Segundo Eastman et. al. (2014, p. 154), os serviços de projeto abrangem uma grande quantidade de questões técnicas envolvidas nos diversos sistemas prediais e diferentes tipos de edifícios, tais quais:

- Análise financeira e fluxo de caixa.
- Análise de funções primárias incluindo serviços em hospitais, asilos, aeroportos, restaurantes, centros de convenção, edifícios-garagem, complexos teatrais, etc.
- Planejamento do canteiro de obras, incluindo estacionamento, drenagem e vias.
- Planejamento e análise/simulação de todos os sistemas do edifício.
- Estimativa de custos.
- Avaliação de acessibilidade.
- Paisagismo, fontes e plantações.
- Limpeza externa e manutenção do edifício.
- Iluminação externa e sinalização.

Para Costa (2013) as etapas que podem ser consideradas como base são a de levantamento de dados, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo e “as built”, em que, a quantidade de projetos pode variar de acordo com o tamanho e complexidade do projeto.

2.1.1 Processo de concepção de um projeto

Segundo Oliveira (2013) durante a etapa de concepção do empreendimento, podem ocorrer erros desde suas fases iniciais do estudo preliminar, no desenvolvimento no anteprojeto ou no processo de preparação para o projeto de execução.

Os projetos são elaborados por diversos projetistas isoladamente, o que aumenta a chance de interferências na execução da construção (Monteiro et al. 2017). Por essa razão, é preferível que o projeto arquitetônico sirva de base para os outros projetos, visando diminuir essas falhas.

Segundo o quadro 1 temos as principais etapas dos processos de projeto por diferentes autores.

Quadro 1 – Principais etapas dos processos de projeto

Tzortzopoulos (1999)	Rodriguez e Heineck (2002)	Melhado (2005)	Costa (2013)	Nascimento (2015)
Planejamento e concepção do empreendimento	Planejamento e concepção do empreendimento	Idealização	Levantamento de dados	Levantamento de dados
Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar	Estudo preliminar
Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto	Anteprojeto
Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal	Projeto legal
Projeto executivo	Projeto executivo	Projeto para produção	Projeto executivo	Projeto pré-executivo
Acompanhamento da obra	Acompanhamento de execução e uso	Acompanhamento do planejamento e execução	"As built"	Projeto executivo
				Projeto de detalhamento

Fonte: Adaptado de Mateus Pereira Volpato (2015)

Pelas etapas apresentadas, seguem o resumo das fases de projeto segundo os autores Costa (2013) e Nascimento (2015) conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Definições/Descrição das etapas

(continua)

Autor:	Costa (2013)	Nascimento (2015)
Fase do Projeto	Descrição da etapa; Definições.	Descrição da etapa; Definições.
Levantamento de dados	Coleta de informações capaz de delinear o objeto e proporcionar elementos para estudos de viabilidade.	Fase inicial de definições que compreende o objetivo da obra, o programa de necessidades do cliente, informações sobre o terreno e a consulta ao Código de Obras do Município e demais instrumentos e específicos de informação que se façam necessários.
Estudo preliminar	Tem por objetivo apresentar soluções para o partido arquitetônico e obter aprovação inicial do cliente para continuação do processo.	Apresenta o partido arquitetônico adotado, a configuração da edificação e a respectiva implantação no terreno, incorporando as exigências definidas no programa de necessidades do cliente.
Anteprojeto	É o resultado final da solução arquitetônica e informações técnicas necessárias ao inter-relacionamento com os demais projetos. Nessa etapa são contratados também os anteprojetos de estruturas, instalações e demais projetos necessários.	Nesta fase o desenho deve apresentar a solução adotada para o projeto, com as respectivas especificações técnicas. São considerados os aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e concepção básica das instalações, permitindo uma primeira avaliação de custo e prazo.

Quadro 2 – Definições/Descrição das etapas**(conclusão)**

Autor:	Costa (2013)	Nascimento (2015)
Projeto legal	Tem o objetivo de obter licenças e alvarás da obra, de acordo com as normas vigentes, da prefeitura, órgãos de preservação, patrimônio, corpo de bombeiros, ANVISA e outros.	Constitui no projeto arquitetônico proposto considerando todas as exigências contidas no programa de necessidades, no estudo preliminar e no anteprojeto aprovado pelo cliente, nos requisitos legais e nas normas técnicas.
Projeto pré-executivo	-	Consiste no desenvolvimento do anteprojeto arquitetônico de forma a permitir a verificação das interferências com os anteprojetos complementares (fundações, estrutura, instalações, etc.).
Projeto executivo	Nessa etapa são desenvolvidos os projetos executivos de arquitetura, terraplanagem, drenagens externas e sistemas viário, paisagismo, fundações, estruturas, instalações elétricas e hidráulicas, climatização. Tem de apresentar o detalhamento dos projetos e elementos do empreendimento, cujo resultado deve ser um projeto compatibilizado e resolvido em todos os seus aspectos.	Constitui a solução desenvolvida já compatibilizada com todos os projetos complementares, com todas as informações necessárias à execução da obra. Compõe-se dos desenhos de arquitetura devidamente compatibilizados com os projetos complementares.
Projeto de detalhamento	-	Complementação do projeto executivo com detalhes construtivos, em escala apropriada, necessários a um melhor entendimento da obra.
As built	Essa etapa é importante para o gerenciamento pós-execução da edificação. Trata da documentação das medidas existentes na edificação, transformando em desenhos técnicos todas as informações encontradas que se relacionam com o edifício.	-

Fonte: Aatoria própria (2023)

Diversos projetos são necessários para a concepção de uma residência, que seguem normas e orientações técnicas e que podem ser realizados por diferentes profissionais, sendo estes os projetos de fundações, arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário. Esses projetos seguem orientações das seguintes normas brasileiras:

- NBR16636 – Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos.
- NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto.
- NBR 5626 – Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente – Projeto, Execução, Operação e Manutenção.
- NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações.
- Orientação Técnica IBRAOP OT – IBR 001/2006 – Projeto Básico
- Orientação Técnica IBRAOP OT – IBR 006/2016 – Anteprojeto de Engenharia

2.1.1.1 Projeto Arquitetônico

A NBR16636 – Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos, é dividida em 4 partes, que estabelecem diretrizes e requisitos para o planejamento e execução de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Garantindo a qualidade, segurança e cumprimento dos regulamentos e normas.

A etapa inicial envolve as diretrizes e terminologias, seguido do segundo trecho que envolve o projeto arquitetônico, ambas publicadas em 2017. Já a terceira parte de 2020 fala sobre projetos urbanísticos, e a parte mais recente publicada no ano de 2023 sendo relacionada a projeto de arquitetura paisagística.

A norma aborda tópicos das fases de desenvolvimento do projeto, requisitos de documentação e processos de controle de qualidade, promovendo boas práticas em todo o processo do projeto.

Tem-se que segundo Perrone (2008), através da tese ‘Os croquis e os processos de projeto de arquitetura’, entende-se do projeto que a atividade de concepção da arquitetura é uma sequência de operações, que visam aprimorar o conjunto de representações que venham a configurar o modelo perfeito pelo qual poderá ser “edificada” uma obra.

Segundo a NBR 16636-2:2017, a concepção arquitetônica da edificação envolve a determinação e representação dos ambientes e seus compartimentos, seus elementos, componentes e materiais da edificação, com sua organização, agenciamento, definição estética e ordenamento do espaço construído para uso humano ou representativo.

Para a norma os objetos específicos visando à construção da edificação são ambientes exteriores, interiores e intermediários. Os elementos da edificação e seus componentes construtivos em aspectos arquitetônicos são: fundação, estruturas, coberturas, forros, paredes, revestimentos e acabamentos, instalações complementares e paisagismo. Alguns elementos complementares são elementos de comunicação visual, equipamentos sanitários, mobiliário e equipamentos de iluminação.

Dentre as fases do projeto, temos a fase de preparação e a fase de elaboração e desenvolvimento do projeto técnico.

A fase de preparação envolve o levantamento de informações preliminares, programa geral de necessidades, estudo de viabilidade do empreendimento e levantamento das informações técnicas específicas a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto.

Segundo a NBR 16636-2:2017 temos que a fase de elaboração e desenvolvimento de projetos envolve determinação e representação prévia da arquitetura na edificação, desenvolvida com a coordenação e a orientação geral dos projetos de todos os elementos da edificação, por meio do processo de sua compatibilização.

Para a fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos estão envolvidas as etapas de levantamento de dados para arquitetura, levantamento das informações técnicas específicas, programa de necessidades para arquitetura, estudo de viabilidade de arquitetura, estudo preliminar, anteprojeto arquitetônico, estudo preliminar dos projetos complementares, projeto de licenciamentos, anteprojetos complementares, projeto executivo arquitetônico, projetos executivos complementares, projeto completo da edificação e documentação conforme construído (“as built”).

Perrone (2008) ainda afirma que não há só uma maneira de executar um projeto, esse percurso varia com o método de cada arquiteto, com a complexidade de cada obra, com os recursos disponíveis, prazos de elaboração, etc.

Existem informações técnicas essenciais exigidas no projeto, como características de cada elemento construtivo específico, atributos funcionais, formais e técnicos, contendo requisitos de identificação, descrições, condições de localização, requisitos e características relacionados ao desempenho, aplicações, etc.

Quanto às informações técnicas em qualquer etapa do projeto executivo arquitetônico, como desenhos, textos, maquetes, fotografias, planilhas, tabelas, fluxogramas, cronogramas e outras formas de representação, deverão ser apresentadas de acordo com os padrões estabelecidos nas normas brasileiras já citadas.

Em relação ao projeto executivo arquitetônico, as informações referentes a serem usadas são o anteprojeto arquitetônico e anteprojetos produzidos por outras atividades técnicas.

Para o projeto executivo arquitetônico, os documentos técnicos abrangem conforme quadro 3:

Quadro 3 – Documentos técnicos do projeto executivo arquitetônico

Projeto Executivo Arquitetônico	Doc. Técnicos:
DESENHOS:	Planta geral de implantação contendo informações planialtimétricas e de locação
	Planta e cortes de terraplanagem com as cotas de nível projetadas e existentes
	Plantas e detalhes das coberturas
	Cortes (longitudinais e transversais)
	Elevações (frontais, posteriores e laterais)
	Plantas, cortes e elevações de ambientes especiais (tais como banheiros, cozinhas, lavatórios, oficinas e lavanderias), contendo as especificações técnicas de seus componentes e sua quantificação em cada desenho
	Detalhes de elementos da edificação e de seus componentes construtivos em escalas compatíveis
TEXTOS:	Memorial descritivo dos elementos e componentes arquitetônicos da edificação
	Memorial descritivo dos elementos da edificação, das instalações prediais (aspectos arquitetônicos), dos componentes construtivos e dos materiais de construção
	Memorial quantitativo com o somatório dos componentes construtivos e dos materiais de construção
	Planilhas orçamentárias
OPCIONAIS:	Perspectivas (interiores ou exteriores, parciais ou gerais)
	Maquetes construídas em escala ou eletrônicas (interior e exterior)
	Fotografias e montagens
	Recursos audiovisuais

Fonte: Adaptado da NBR 16636-2 (2017)

2.1.1.2 Projeto Elétrico

A NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão, é essencial para a elaboração de projetos residenciais e comerciais de baixa tensão. Esta norma que garante a segurança, desempenho e confiabilidade das instalações elétricas.

“Um projeto de instalações elétricas completo deve apresentar a planta elétrica, contendo as simbologias que transmitem as informações da parte técnica do projeto, memorial de cálculo, memorial descritivo, ART e lista de materiais.” (Pereira e Moreira, 2020).

A norma engloba em seus principais aspectos o dimensionamento de condutores, aterramento, equipotencialização, documentação, sistemas de iluminação, tomadas de uso geral e uso específico, proteção contra sobrecorrentes, choques elétricos e sobretensões.

Esses aspectos são fundamentais para garantir que as instalações elétricas atendam os padrões de desempenho e segurança.

As etapas de projeto de instalação elétrica para Pereira e Moreira (2020) segundo as especificações exigidas pelas Normas Brasileiras estabelecidas pela ABNT devem conter:

- Previsões de carga.
- Fornecimento de energia e padrão dimensionamento.
- Demanda provável.
- Setores de uma instalação.
- Recomendações para a Representação dos Pontos de luz, tomadas e Interruptores.
- Representação de tubulações e fiação.
- Divisão da instalação em circuitos terminais.
- Quadro de distribuição de cargas.
- Dimensionamento dos condutores.
- Dimensionamento dos eletrodos.
- Instalação de condutos e eletrodutos.
- Dispositivos de proteção.

A norma fala sobre as definições gerais, os princípios fundamentais e determinação das características gerais, proteção para garantir a segurança, seleção e instalação de componentes, verificação final, manutenção e requisitos complementares para instalações ou locais específicos.

No item 4.2 tem-se as características a serem seguidas na concepção de uma instalação elétrica, são estas:

- Utilização prevista e demanda: Devem ser computados os equipamentos de utilização a serem alimentados dentro dos limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão.
- Esquema de distribuição: O quadro pode ser trifásico, bifásico ou monofásico.

- Alimentações disponíveis: As características das fontes de suprimento de energia, como valor da tensão nominal, natureza da corrente e frequência, etc.
- Necessidade de serviços de segurança e de fontes apropriadas: As fontes de alimentação para tais serviços devem possuir capacidade, confiabilidade e disponibilidade adequadas ao funcionamento específico.
- Exigências quanto à divisão da instalação: Podem ser divididas a instalação em quantos circuitos necessários.
- Influências externas às quais a instalação for submetida: Divida em natureza da influência externa e a classe de cada influência externa segundo a norma.
- Riscos de incompatibilidade e de interferências: Deve-se tomar as medidas necessárias quando as instalações forem suscetíveis a produzir efeitos prejudiciais em outros componentes, em outros serviços ou ao bom funcionamento da fonte de alimentação.
- Requisitos de manutenção: Estimar a frequência e a qualidade da manutenção com que a instalação deve contar.

A norma de simbologia NBR 5444 de 1989 foi cancelada, porém a simbologia recomendada pela ABNT em substituição a antiga norma é a IEC 60417 e IEC 60617 (PEPPLOW).

2.1.1.3 Projeto Hidrossanitário

A NBR 5626:2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção, é a norma que estabelece diretrizes e requisitos técnicos para o projeto e execução das instalações de água fria e quente, tanto em residência quanto em comércios ou até prédios e indústrias.

Segundo o sumário da norma, temos a Documentação dos sistemas prediais de água fria e água quente, requisitos sobre materiais e componentes, projeto, execução e operação, uso e manutenção.

Alguns dos principais tópicos abordados na norma são o de dimensionamento de tubulações, seleção de materiais, ligação de esgoto e águas pluviais, hidrômetro e medidores de água, proteção contra contaminação e a manutenção e conservação dos sistemas.

Durante a concepção do projeto, na sua elaboração deve conter os elementos constituintes do projeto, em qualquer nível ou etapa do seu desenvolvimento. Considerando o item 6.2, os requisitos para o projeto conforme o quadro 4:

Quadro 4 – Elementos constituintes do projeto hidrossanitário.

Assegurar o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e vazões compatíveis com o funcionamento previsto dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes e em temperaturas adequadas ao uso.	Proporcionar aos usuários peças de utilização adequadas localizadas, de fácil operação	Proporcionar o equilíbrio de pressões da água fria e da água quente a montante de misturadores convencionais, quando empregados
Preservar a potabilidade da água potável.	Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação dos ambientes	Considerar a manutenibilidade
Considerar acesso para verificação e manutenção	Prover setorização adequada do sistema de distribuição	Minimizar a ocorrência de patologias

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (2020)

Sobre as pressões mínima e máxima no sistema de distribuição, conforme item 6.9 da norma, em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa ou 1 m.c.a e em qualquer ponto do sistema de distribuição a pressão dinâmica da água não pode ser inferior a 5 kPa ou 0,5 m.c.a.

Ainda conforme item 6.9 da norma, a pressão estática nos pontos de utilização não pode superar 400 kPa ou 40 m.c.a e em situações de ocorrência de sobrepressões devidas a transientes hidráulicos devem ser consideradas no dimensionamento das tubulações e em relação à pressão dinâmica prevista, são admitidas desde que não superem 200 kPa ou 20 m.c.a.

2.1.1.4 Projeto Estrutural

As principais normas para a concepção do projeto estrutural são a NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto, e a NBR 6122:2022 – Projeto e execução de fundações, são essenciais para o projeto estrutural, juntas elas

abrangem as diretrizes para garantir a segurança, estabilidade e desempenho das edificações.

Outras normas a serem citadas são a norma NBR 6120:2019 – Ações para o cálculo de estruturas de edificações, e a NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações, sendo consideradas como normas complementares das normas NBR 6118:2023 e NBR 6122:2022.

A NBR 6118:2023 estabelece critérios para o desenvolvimento de projetos de estruturas de concreto armado, como pilares, vigas e lajes. Contém as orientações para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais, considerando cargas, armaduras e a resistência do concreto, etc.

Referente a alguns capítulos da norma, que são eles, requisitos gerais de qualidade da estrutura e avaliação da conformidade do projeto, diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto, critérios de projeto que visam a durabilidade, propriedade dos materiais, comportamento conjunto dos materiais, segurança e estados-limites, ações, resistências, limites para dimensões, deslocamentos e aberturas de fissuras, análise estrutural, instabilidade e efeitos de 2ª ordem, princípios gerais de dimensionamento, verificação e detalhamento, dimensionamento e verificação de elementos lineares, detalhamento de elementos lineares, dimensionamento e verificação de lajes, detalhamento de lajes, ações dinâmicas e fadiga, concreto simples, etc.

Para o projeto estrutural, nos requisitos de qualidade da estrutura, item 5.1 da norma, fala que as estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de estabilidade e segurança à ruína, comportamento em serviço e durabilidade, como também deve ser respeitado os requisitos adicionais entre o conjunto autor do projeto e contratante, como por exemplo um projeto arquitetônico.

Durante a concepção do projeto estrutural deve se calcular os estados-limites últimos que o cálculo da estrutura, e também é feito os estados-limites de serviço para calcular as ações das forças sobre a estrutura e sua estabilidade.

Conforme item 10.2 da NBR 6118:2023.

A segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação aos seguintes estados-limites últimos:

- Estado-limite último da perda de equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido.

- Estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais.
- Estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem.
- Estado-limite último provocado por solicitações dinâmicas.
- Estado-limite último de colapso progressivo.
- Estado-limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, considerando ações sísmicas.
- Outros estados-limites últimos que eventualmente possam ocorrer em casos especiais.

Em relação ao item 10.4 referente aos estados-limites de serviço da NBR 6118:2023, temos que os estados-limites de serviço são aqueles relacionados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização.

A NBR 6122:2022 é específica para o projeto e execução de fundações, envolvendo os mesmos aspectos já citados, como dimensionamento e detalhamento dos elementos, armaduras e etc. Também envolve a investigação do solo e os tipos de fundações existentes, como sapatas, estacas, tubulões, entre outros.

A norma é dividida em capítulos, onde os principais falam sobre as investigações geológicas e geotécnicas, ações nas fundações, segurança nas fundações, fundação rasa, fundações profundas e o desempenho das fundações.

Dentre as diferentes fundações citadas na norma, algumas delas são as sapatas, sapatas corridas, sapata associada, tubulões, estacas, estacas pré-moldadas de concreto, etc.

Para a investigação geológica e geotécnica deve ser feito um reconhecimento inicial, depois feito uma investigação geológica, para então calcular as ações na fundação, para garantir segurança nas fundações.

2.2 Compatibilização de projetos

Para Monteiro et al. (2017) a compatibilização é compreendida como a interação dos diversos tipos de projetos da obra, com o objetivo de identificar as

interferências que possam surgir, com o propósito de diminuir o retrabalho, tempo e o desperdício de material.

A compatibilização é algo imprescindível para uma produção controlada, detectando falhas e inconsistências geométricas. A compatibilização se inicia no projeto arquitetônico, que tende a ser mais flexível para mudanças durante o desenvolvimento da coordenação com os demais projetos e serviços (CALLEGARI, 2007).

É fundamental que a compatibilização de projetos e seus detalhes construtivos não sejam resolvidos durante a construção. A importância dos detalhes construtivos no projeto, auxiliando a leitura e interpretação do projeto com clareza (OLIVEIRA, 2013).

Para Monteiro et al. (2017) as compatibilizações podem ser feitas de diversas formas, de maneira manual com sobreposição dos desenhos ou com a utilização de desenhos em duas dimensões (2D), este não sendo um método muito efetivo.

Os resultados de um estudo realizado por Ferreira mostraram que o CAD 3D é mais rápido e mais eficiente que o CAD 2D na detecção de interferências espaciais, particularmente em cenários complexos (FERREIRA, 2007).

Ainda pela autora Ferreira (2007) os resultados positivos sobre a aplicação eficiente do projeto 3D auxiliado por computador, em inglês *Computer Aided Design* (CAD) no projeto e coordenação de paredes se dão pelos benefícios notáveis, os quais incluíram uma redução na duração do projeto e uma melhoria na qualidade da visualização de interferência espacial. Os projetistas entrevistados para este artigo também deixaram claro que o uso em etapas anteriores das ferramentas 3D, antes da coordenação, pode ajudar a evitar muitos erros e interferências que surgem.

A sobreposição de projetos é a prática mais usual e mais antiga para a identificação das interferências entre os processos construtivos de um empreendimento. (BORGES, 2019)

A prática de compatibilização de projetos é crucial na busca por processos construtivos eficientes, prevenindo gastos e desperdícios durante a execução. No estudo proposto foi possível identificar grande parte das interferências, como conflitos físicos entre elementos (MONTEIRO et al., 2017).

Segundo Nascimento (2015) o que ocorreram foram avanços tecnológicos, o processo evoluiu de projetos 2D usando o software *AutoCAD*® para projetos CAD 3D e depois para projetos 3D com *Revit*® e *SketchUp*®.

Como destacado por César e Andrade (2022) a importância de um projeto validado por meio de compatibilização disciplina por disciplina, verificando as inconsistências, permite um melhor entendimento do serviço final para os envolvidos no projeto e na execução.

2.2.1 Patologias decorrente da incompatibilidade

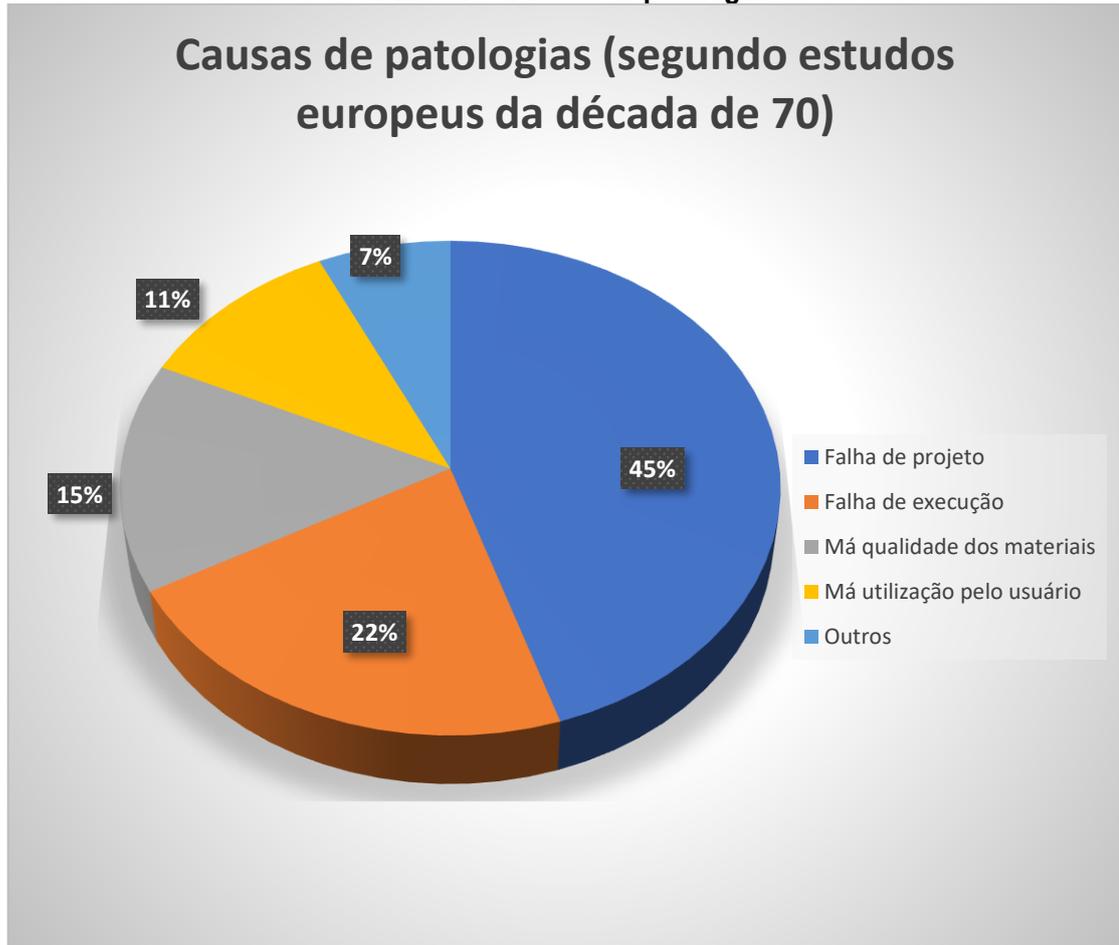
Segundo Nascimento (2015) quando ocorre uma deficiência de informações nos projetos, ocorre uma perda de eficiência na execução e prejuízo nas características do produto, com um grande número de patologias e gastos com retrabalho.

As patologias causadas por projeto em termos de custo contabilizam entre 3 a 10% do custo total do empreendimento. Com uma melhor qualidade dos projetistas, é possível alcançar uma melhor qualidade na construção (OLIVEIRA, 2013).

Segundo estudos realizados em Balneário Camboriú, com o uso da ferramenta BIM para reduzir incompatibilidades, onde foram encontradas 224 incompatibilidades nas instalações hidrossanitárias as quais impactaram em aproximadamente 2,34% do valor total da obra com custos gerados por retrabalho (KAHL et al., 2021)

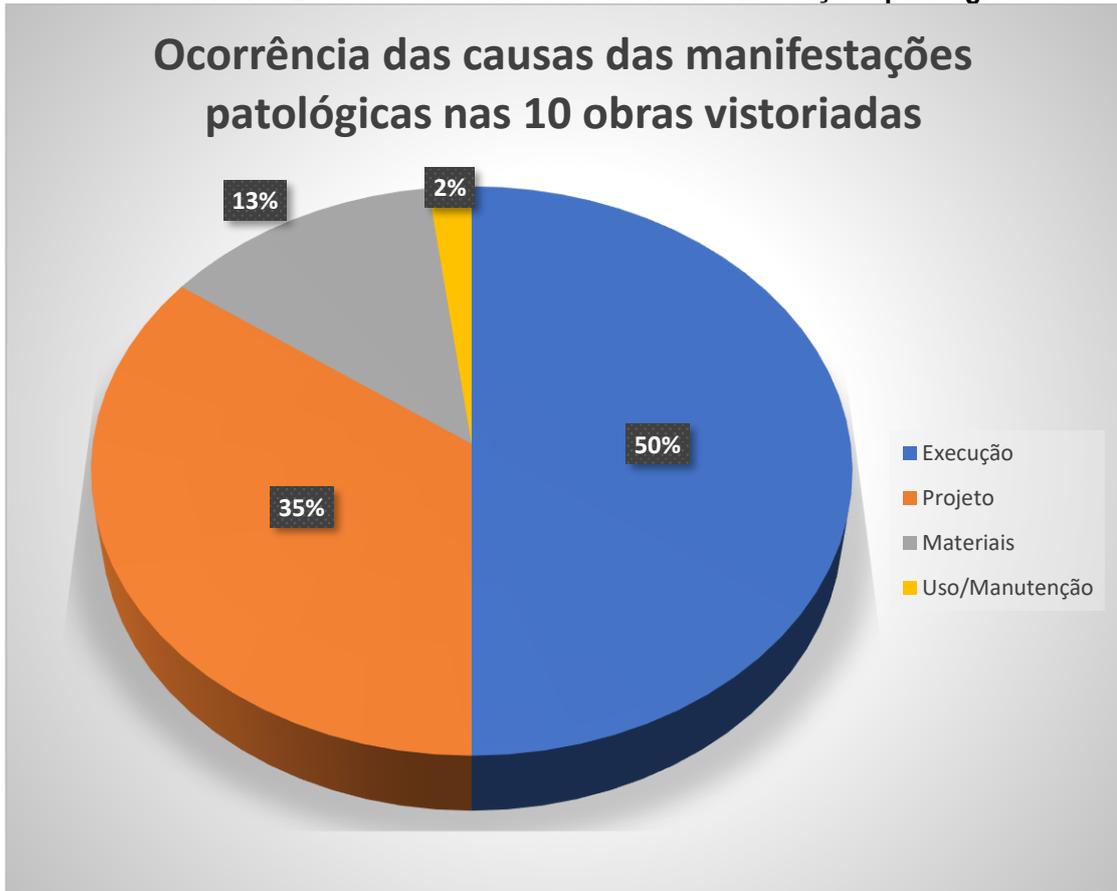
Estudos feitos na Europa, na década de 70, mostram as principais origens das falhas representado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Causas de patologias



Fonte: Adaptado de ConstruçãoFácilRJ (2013)

Fiess et al. (2004) após realizar uma coleta de informações, em vistorias realizadas entre 2001 e 2003 em 10 conjuntos habitacionais, dividindo em grupos das causas das manifestações patológicas sendo execução, projeto, materiais ou uso/manutenção. A partir do gráfico 2 a seguir temos que as principais causas são no projeto e execução.

Gráfico 2 – Ocorrência das causas das manifestações patológicas

Fonte: Adaptado de Fiess et al. (2004)

Podemos perceber que tanto na década de 70 na Europa quanto nos anos 2000 no Brasil, as principais causas patológicas são falhas de projeto e execução, somando respectivamente 67% e 85% das principais causas, mais da metade dos problemas poderiam ser solucionados com a compatibilização de projetos.

Temos alguns exemplos de problemas gerados por essa falta de compatibilização, as fotografias 1 e 2 a seguir demonstram erros graves no momento da execução.

Fotografia 1 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e estrutural



Fonte: Kirsten (2023)

Fotografia 2 – Incompatibilidade entre projeto elétrico e estrutural



Fonte: Kirsten (2023)

No estudo de Fernando Kahl et al (2021), a fotografia 3 mostra o retrabalho devido a alterações do projeto hidrossanitário devido a interferências com o projeto estrutural, gerando atrasos no cronograma.

Fotografia 3 – Incompatibilidade entre projeto hidráulico e estrutural



Fonte: Fernando Kahl et al. (2021)

2.3 Building Information Modeling e seu conceito.

Através do Ministério da Infraestrutura do Brasil, temos que:

“O BIM ou Modelagem da Informação da Construção é um processo criado para gerenciar informações em um projeto de construção em todo seu ciclo de vida. Um dos principais resultados desse processo é o Modelo de informações de construção, que se configura na descrição digital de cada aspecto do ativo construído.”

Ressaltado por Eastman et al. (2014) a definição segundo a *Mortenson Company* para a tecnologia BIM, é como uma simulação inteligente da arquitetura, que os permitia atingir uma implementação integrada, com características que devem ser:

- Digital,
- Espacial (3D),
- Mensurável (Quantificável, dimensionável e consultável),
- Abrangente (Incorporando e comunicando a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade e incluir aspectos sequenciais e financeiros de meios de métodos),
- Acessível (Toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva)
- Durável (Utilizável ao longo de todas as fases da vida de uma edificação).

Devido a automação parcial do detalhamento de modelos de uma edificação, o BIM redistribui a concentração de esforço, dando mais foco à fase de concepção do projeto (EASTMAN et al. 2014).

A maior parte das informações de um empreendimento são definidas e organizadas durante o projeto, e o BIM economiza consideravelmente o tempo necessário para a produção desses papéis nesta fase (EASTMAN et al. 2014).

Ainda para Eastman et al. (2014) além dos desenhos envolvidos, o BIM também envolve a integração da construção e da fabricação dentro do modelo do edifício, espera-se então que o BIM realoque o tempo e recursos que projetistas gastam durante todo o projeto.

2.3.1 Histórico do BIM na construção.

Através do Ministério da Infraestrutura do Brasil, temos que o educador Charles Eastman criou a metodologia *Building Description System* ou Sistema de Descrição da Construção, e em 1986 foi empregado pela primeira vez o termo *Building Information Modeling* – BIM.

Conforme afirma Eastman et al. (2014, p. 27) “A modelagem de edifícios baseada em modelagem de sólidos em 3D foi desenvolvida no final dos anos 1970 e início dos anos 1980”.

Para Gaspar e Ruschel (2017) os primeiros termos apareceram na década de 70, com os termos *Computer-aided Architectural Design* em 1974, *Building Design System* em 1975, *Building Description System* em 1976.

Segundo César e Andrade (2022) o primeiro termo sobre o BIM surgiu em 1974, chamado de *Building Description System* (Sistema de Descrição da Construção). Em 1986 o uso por Robert Aish, intitulado como *Three-dimensional Input and Visualization*, onde já era abordado sobre a modelagem tridimensional, banco de dados e fases da construção.

Para Gaspar e Ruschel (2017) dentre os termos que surgiram na década de 80 e 90, incluem o *Integrated Building Model* em 1980, *Design Data Model* em 1982, *Integrated Product Model* em 1988, *Building Product Model* em 1989, *Building Information Model* e *Integrated Design Model* em 1992.

Conforme César e Andrade (2022) o uso da sigla BIM se tornou popular em 2002 e as definições de BIM já sofreram várias alterações, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Definições de BIM

Fonte	Definição
EASTMAN (2014)	BIM é utilizado como verbo ou adjetivo para descrever ferramentas, processos e tecnologias facilitados pela documentação digital e legível por computador de uma edificação, abrangendo desempenho, planejamento, construção e operação.
National BIM Standard – United States (NBIMS, 2015)	BIM é a representação digital das características físicas e funcionais de uma construção, abrangendo informações desde a concepção inicial até a demolição, com colaboração integrada entre as partes do projeto.
Ministério da Infraestrutura (2021)	O BIM é um processo para gerenciar informações em todo o ciclo de vida de um projeto de construção. Seu principal resultado é o Modelo de Informações de Construção, uma descrição digital abrangente do ativo construído. Este modelo é criado colaborativamente, otimizando ações e proporcionando maior valor ao ativo. A efetiva implementação do BIM na organização depende da integração de tecnologia, pessoas e processos por meio de procedimentos.
AutoDesk (2023)	BIM é um processo holístico que envolve a criação e gestão de informações para um recurso construído. Utilizando um modelo inteligente em uma plataforma na nuvem, a BIM integra dados multidisciplinares para gerar uma representação digital abrangente do recurso ao longo de seu ciclo de vida, desde o planejamento até as operações.

Fonte: Adaptado de Cesáro e Andrade (2022)

2.3.2 Aplicações de BIM em Softwares computacionais.

Segundo Eastman et al. (2014) as ferramentas BIM variam de projetos arquitetônicos, utilizando o *Revit*® produzido pela *AutoDesk*® ou o *ArchiCAD*® comercializado pela *Ghaphisoft*®, até ferramentas em nível de fabricação, como o *Tekla Structures*®, o *SDS/2*® e O *Structureworks*®, com capacidade de modelagem paramétrica, existem parâmetros que podem ser definidos, outros podem ser fixos e outros obtidos por outras formas.

Ainda para Eastman et al. (2014) o projeto paramétrico é definido por uma família de modelos ou classe de elementos, que envolve um conjunto de relações e regras. Onde através de dimensões iniciais definidas é possível fazer alterações e edições, essa capacidade paramétrica é algo não oferecido por sistemas CAD anteriores.

Conforme observado por Nascimento (2015) existem ferramentas elaboradas de padrão simples até sofisticadas, com exemplos do *Edificius*® comercializado pela *Acca Software*®, *ArchiCAD*® e o *Revit*®.

Segundo pesquisa na cidade de João Pessoa, Monteiro et al. (2017) chegou à conclusão que o software mais utilizado nas empresas que utilizam BIM é o *Revit*®, seguido pelo *Tekla*®, outros softwares utilizados são o *TQS*®, *Navisworks*®, *Robot Structural Analysis*®, *Solibri*® e *BIMcollab*®.

O *Navisworks*® gerencia e controla interferências em projetos de construção utilizando modelos 3D. Com ele é possível identificar conflitos, produzir relatórios e compartilhar informações com outros usuários, auxiliando a solucionar problemas. De acordo com Salomão et al. (2019), a análise em modelos 3D pode identificar interferências e a ferramenta é capaz de gerenciar e controlar conflitos, produzindo relatórios que podem ser compartilhados. O programa, além disso, pode armazenar informações para aplicar em projetos futuros. O *Navisworks*® é uma ferramenta útil para gerenciamento de interferências em projetos de construção, ajudando a melhorar a eficiência e reduzir erros.

Para Volpato (2015) o *Revit*® é intuitivo e de fácil aprendizagem, além de possuir integração com programas como o *Primavera*®, *MS Project*®, *SketchUp*®, *Google Earth*®, entre outros.

2.3.2.1 Níveis de BIM

Temos segundo Silva et al. (2021) que é possível diferentes níveis do BIM relacionados às dimensões dos processos, como:

1. **BIM 2D (Representação ou Documentação):**

- Corresponde à representação detalhada da edificação em duas dimensões, semelhante à abordagem tradicional de projetos em CAD. Envolve pranchas e documentos bidimensionais.

2. **BIM 3D (Modelo Paramétrico):**

- Implica na criação de um modelo tridimensional paramétrico da edificação, onde as coordenadas são funções de variáveis. Permite a visualização, compatibilização e análise de possíveis interferências entre os elementos do projeto.

3. **BIM 4D (Tempo e Planejamento de Execução da Obra):**

- Integra a dimensão temporal ao modelo tridimensional, vinculando a geometria 3D com as atividades do programa de trabalho. Possibilita a simulação virtual do cronograma da construção.

4. **BIM 5D (Análise de Custos):**

- Adiciona a dimensão de custo ao modelo tridimensional, vinculando cada elemento do projeto a dados orçamentários. Facilita a estimativa de custos e proporciona uma visão mais precisa conforme o projeto evolui.

5. **BIM 6D (Avaliação da Sustentabilidade):**

- Envolve a avaliação da sustentabilidade em projetos de edificações, integrando informações sobre desempenho ambiental, uso de recursos naturais, energia renovável e outras práticas sustentáveis ao modelo BIM.

6. **BIM 7D (Manutenção e Operação):**

- Compreende a gestão da construção após a conclusão, abrangendo os processos de manutenção e operação. Busca integrar informações para dar suporte às atividades de manutenção e operação ao longo do ciclo de vida da edificação.

7. **BIM 8D (Segurança e Prevenção de Acidentes):**

- Envolvendo a segurança e prevenção de acidentes na construção civil, esta dimensão utiliza simulações computacionais para identificar riscos na fase de projeto, contribuindo para a higiene e segurança do trabalho.

2.3.3 IFC – Industry Foundation Classes

Associado ao processo BIM tem-se a especificação IFC - Industry Foundation Classes, um formato de arquivo baseado em objeto, que independe de um fornecedor.

Esse processo que torna possível guardar e trocar dados entre softwares BIM de forma a aumentar a interoperabilidade (FERRAZ e MORAIS, 2012).

Vários softwares BIM permitem a exportação com um formato de arquivos de dados de arquitetura aberta, para que haja troca entre os diferentes modelos (BALEM, 2015).

Segundo Laakso e Kiviniemi (2012) o desenvolvimento e criação do IFC, foi para a interoperabilidade BIM, como um ciclo de vida do processo de padronização que foi iterado várias vezes com objetivo da padronização à medida que o desenvolvimento avança.

Para Kelly (2021) o programa IFC 4.3 estende os benefícios da IFC para infraestruturas como estradas, ferrovias, rodovias, portos e hidrovias. A ISO aceitou a submissão do IFC 4.3 como um projeto de padrão internacional e está progredindo para ser publicado como nova versão da ISO 16739 em 2023.

Ainda para Kelly (2022) a primeira fase do programa foi concluída em 2019 e a segunda fase desse projeto consistiu em validar os softwares de padrão IFC 4.3.

A ISO 16739-1:2018 segundo o site oficial, tem o nome de Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries, ou seja, IFC para compartilhamento de dados nos setores de construção e gerenciamento de instalações.

Segundo BibLusBIM (2022), A ISO 16739 define o IFC como o formato aberto, não proprietário, indispensável para troca de dados entre usuários que utilizam softwares diferentes dentro de um mesmo processo BIM.

2.3.4 Barreiras da implantação do BIM

Para Balem (2015) a maior barreira para a implementação do BIM refere-se ao tempo e aos recursos humanos envolvidos para a sua implementação. Ficando com o segundo lugar os custos com direitos autorais e treinamento das equipes.

Segundo análise de Costa (2013) as maiores desvantagens envolvem a resistência da equipe de projeto de mudar de software e a falta de tempo para implantação.

Para Nardelli e Tonso (2014) ocorre uma ausência de ações do Estado brasileiro e falta de metas de curto, médio e longo prazo estabelecidos. Tratando-se de uma revolução mental, onde o Estado deveria contratar visando espaços públicos

com maior desempenho durante a sua vida útil, não focar em contratações pelo baixo custo.

Ainda pela análise de Costa (2013), uma pesquisa com 588 profissionais indicou que 90% desejavam implantar o BIM em até cinco anos, com as principais barreiras sendo o preço alto dos softwares, seguido que os projetistas colaboradores não trabalham com BIM, acompanhado do alto investimento em treinamento profissional.

2.3.5 Perspectivas futuras

Costa (2013) considerou a metodologia BIM como benéfica para a indústria a longo prazo, visando um futuro onde todos os profissionais sejam aptos a trabalhar com ela.

Ainda para Costa (2013), com a redução dos custos dos softwares e treinamentos com o passar do tempo, à medida que o método se torne mais difundido entre os profissionais.

Para Monteiro et al. (2017) pode-se notar o crescimento da tecnologia BIM, na cidade de João Pessoa, foi feito um questionário sobre o grau de implementação do BIM em 14 empresas, com 93% das respostas sendo que já utilizam a plataforma BIM, onde desses 93%, temos 57% em processo de implantação e 36% já implementado, onde apenas 7% ainda não utiliza o BIM.

Conforme observado por Andrade e Ruschel (2009), existe o perigo do IFC se tornar um formato desacreditado pela indústria, pois embora a evolução na qualidade de troca de informações, observa-se que o progresso ainda é lento.

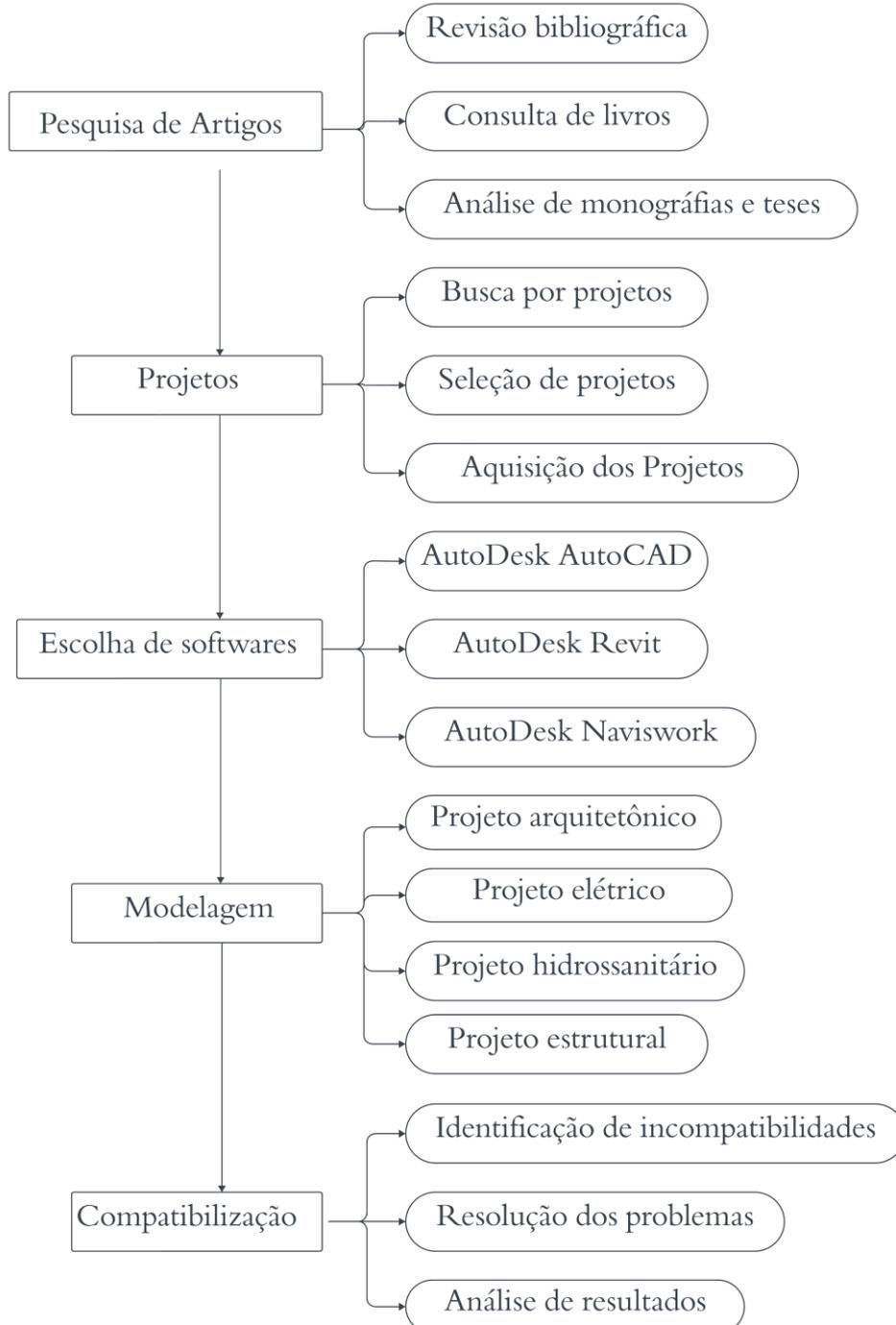
A lei nº 14.133/2021, foi sancionada em 1º de abril de 2021 e entrou em vigor dia 1º de julho de 2021, nomeada de Lei de Licitações e Contratos Administrativos, segundo o Art. 19. Os órgãos da Administração com competências regulamentares relativas às atividades de administração de materiais, de obras e serviços e de licitações e contratos deverão: (...)

§ 3º Nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura, sempre que adequada ao objeto da licitação, será preferencialmente adotada a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modelling - BIM) ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la.

3 METODOLOGIA

Tem-se um fluxograma baseado nos processos desenvolvidos do início a conclusão do trabalho, apresentando as etapas desenvolvidas pelo autor, conforme figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do trabalho



Fonte: Autoria própria (2023)

Para esse trabalho, foram utilizados os projetos de uma residência para o estudo da compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural e complementares. Com o conhecimento dos softwares *Revit*® e *AutoCAD*®, para a leitura e modelagem da edificação.

Com o projeto é realizado a modelagem 3D da edificação, sendo feita a modelagem do projeto estrutural, projeto elétrico e projeto hidrossanitário. Com o intuito de transformar todos os arquivos em .IFC e compatibilizar no *NavisWorks*®.

3.1 Projetos

Os projetos fornecidos para a modelagem e estudo incluem o projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto elétrico e projeto hidrossanitário, cada um fornecido em formatos específicos, conforme quadro 6. Cada projeto fornece as informações necessárias para modelagem e exportação desses arquivos em formato .IFC.

Quadro 6 – Informações dos projetos

Projeto	Fornecido em	Software utilizado	Elementos Modelados
Arquitetônico	.DWG e PDF	<i>Revit</i> ®	Portas, janelas, paredes, detalhes arquitetônicos, etc.
Estrutural	PDF	<i>Revit</i> ®	Vigas, pilares, lajes, sapatas, etc.
Elétrico	PDF	<i>Revit</i> ®	Eletrodutos, tomadas, interruptores, painel de quadro de força, etc.
Hidrossanitário	PDF	<i>Revit</i> ®	Caixas d'água, conexões, acessórios, tubos, etc.

Fonte: Autoria própria (2023)

Através do quadro 6 anterior podemos perceber alguns elementos que foram modelados, também o software utilizado para a modelagem.

3.2 Softwares utilizados

O *Autodesk Revit*® desempenhou um papel crucial nas modelagens 3D do projeto arquitetônico, projeto elétrico, projeto hidrossanitário e projeto estrutural.

Enquanto isso, o *Autodesk AutoCAD*®, um software estabelecido na engenharia civil desde o começo do século 21, desempenhou um papel para visualização de documentos fornecidos pela construtora.

Para a visualização dos arquivos em PDF foi utilizado o programa Microsoft Edge PDF Reader, programa padrão do Windows 10 e 11.

Para a compatibilização dos projetos modelados, o *Autodesk NavisWorks*® demonstrou eficiência e precisão para detectar e evidencia os principais problemas entre os projetos.

3.3 Modelagem 3D

Para a modelagem e compatibilização dos projetos, utilizando o software *Revit*® para o lançamento das estruturas e complementares, onde será utilizado o formato .IFC para o lançamento dos projetos no software *NavisWorks*® onde será feita a conferência de toda a edificação a fim de mostrar possíveis erros, como detecção de conflitos e possíveis causas patológicas envolvendo esses conflitos.

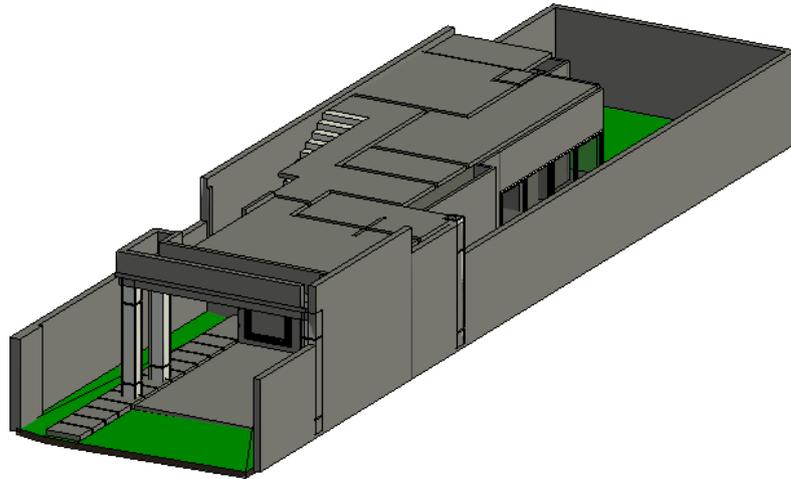
Durante a utilização do *Revit*®, para facilitar a criação de modelos mais precisos com informações detalhadas, foi utilizado um template específico para cada projeto.

Na modelagem foi necessário a criação de um novo modelo já preestabelecido pelo template, onde é possível alterar seus parâmetros e deixar sua representação o mais próximo dos projetos recebidos, isso foi feito em todos os projetos, envolvendo todos os elementos construtivos representados nos projetos recebidos.

Para a modelagem no arquitetônico, foi utilizado o arquivo .DWG, por apresentar mais detalhes construtivos que o arquivo .PDF, para os projetos complementares e estrutural, os arquivos utilizados foram os .PDF.

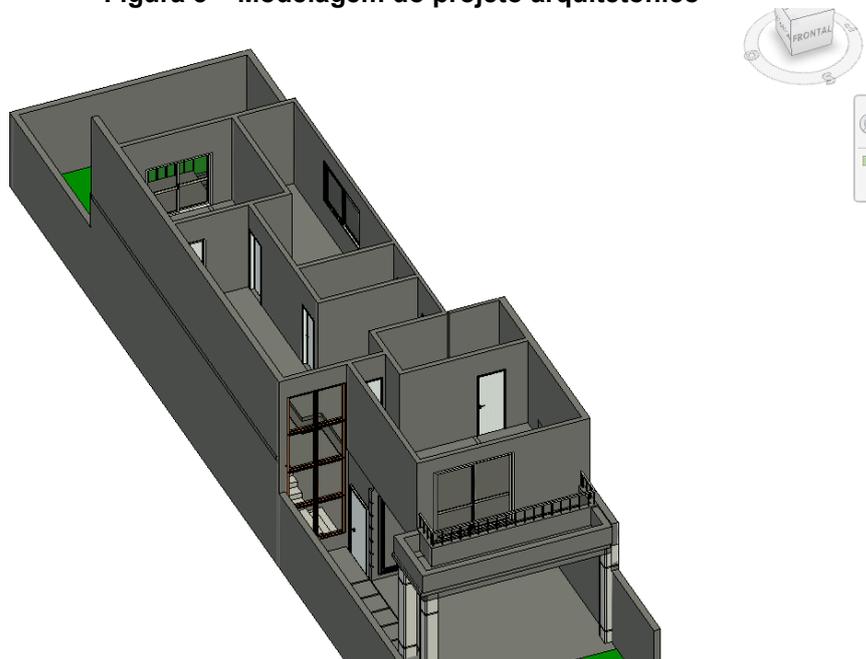
Durante a modelagem do projeto arquitetônico, foram lançadas as paredes, sendo modificada suas espessuras conforme projeto. Após as paredes lançadas, foram feitas as lajes, portas, janelas, escada e telhado, sendo feito as correções necessárias nos modelos para se adequar ao projeto fornecido. Conforme observado nas figuras 2 e 3 a seguir.

Figura 2 – Modelagem do projeto arquitetônico



Fonte: Autoria própria (2023)

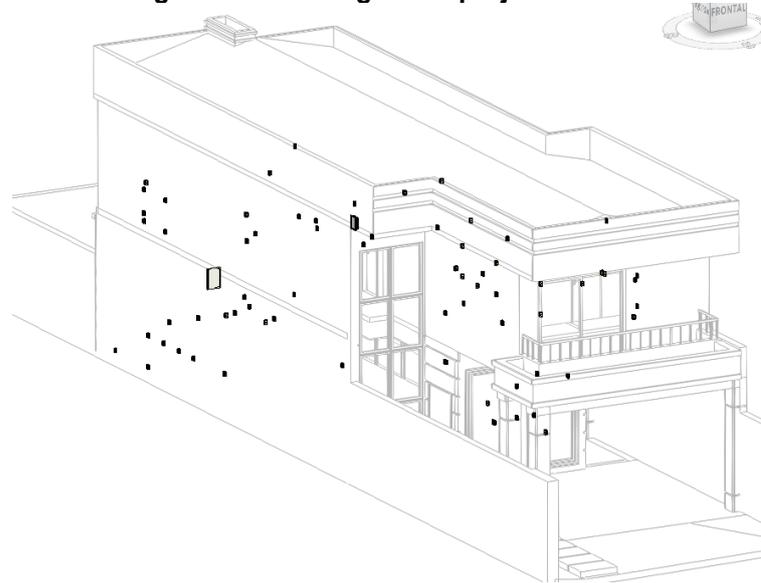
Figura 3 – Modelagem do projeto arquitetônico



Fonte: Autoria própria (2023)

Na fase do projeto elétrico, foram inseridos os eletrodutos, tubos, interruptores, lâmpadas, tomadas e disjuntores, onde foram respeitados os detalhes do projeto. Conforme a figura 4 a seguir.

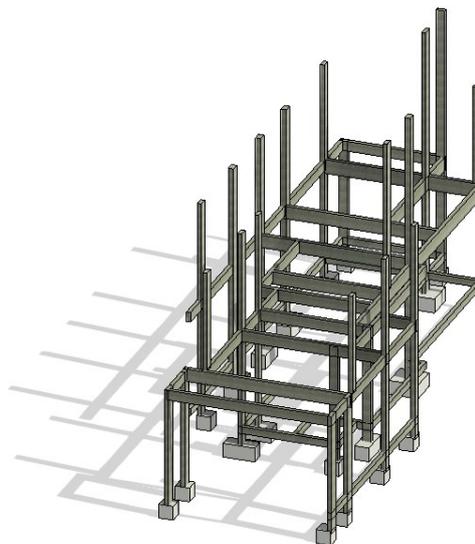
Figura 4 – Modelagem do projeto elétrico



Fonte: Autoria própria (2023)

Após o término dos projetos anteriores, foi feito o projeto estrutural, utilizando estacas, sapatas, pilares e vigas, todas as dimensões e distâncias foram respeitadas conforme o projeto recebido. Pode-se observar a estrutura conforme figura 5.

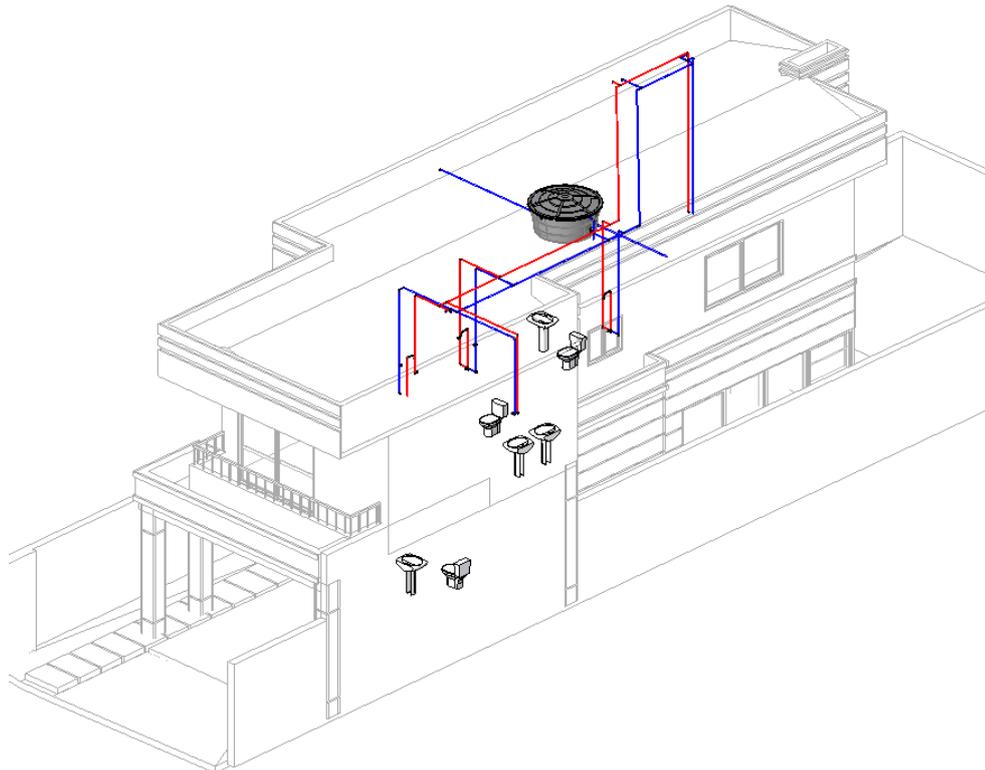
Figura 5 – Modelagem do projeto estrutural



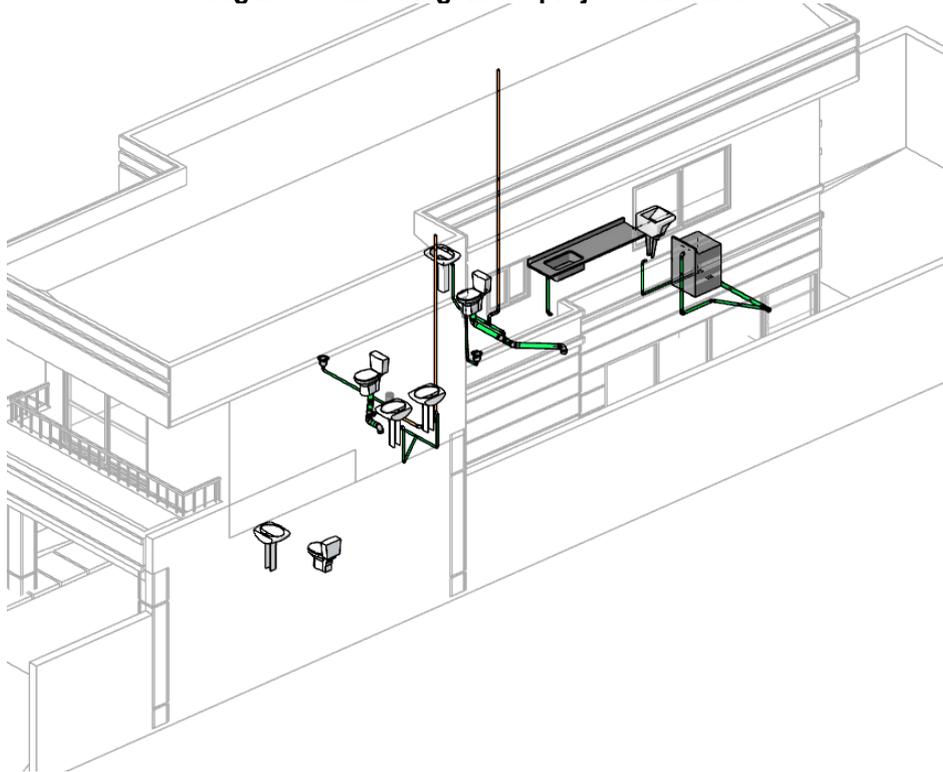
Fonte: Autoria própria (2023)

Para o projeto hidrossanitário foi feito dois arquivos diferentes no *Revit*®, separados por projeto de água fria e água quente, e o projeto de esgoto. No projeto de água fria e quente, foi disposto para água fria dutos de 25mm de diâmetro nominal, a água quente de 28mm conforme projeto, no projeto de esgoto foram respeitadas todas as especificações do projeto, como pode-se observar nas figuras 6 e 7.

Figura 6 – Modelagem do projeto hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

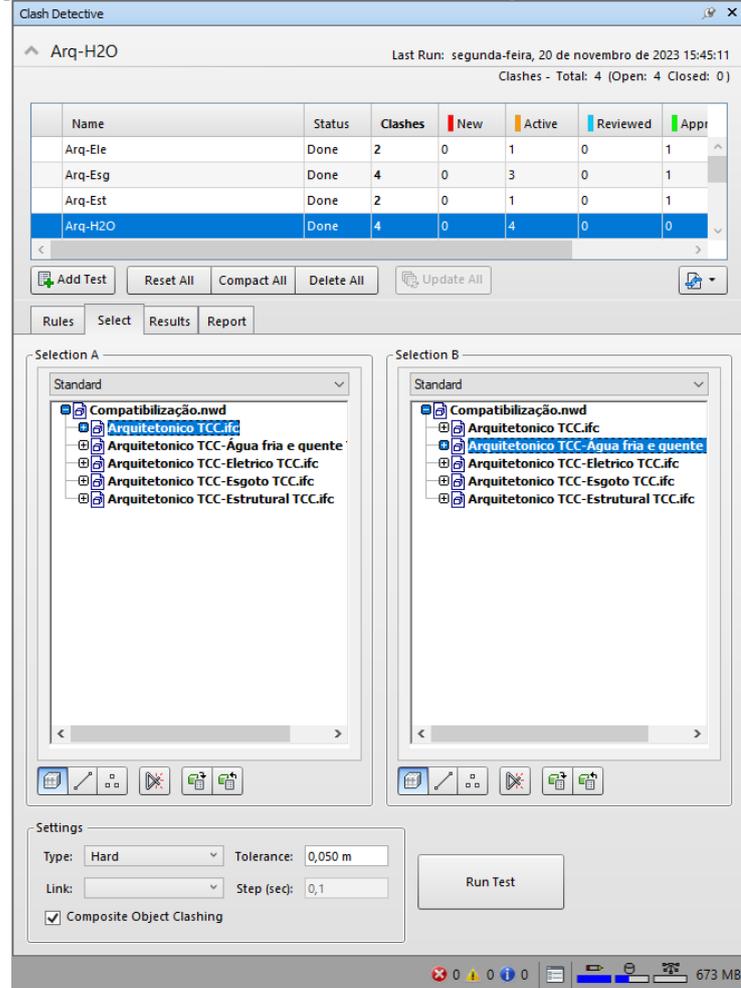
Figura 7 – Modelagem do projeto sanitário

Fonte: Autoria própria (2023)

3.4 Compatibilização

Para a compatibilização dos projetos foi usado o software *NavisWorks*® para a junção dos arquivos .IFC, esse software possui várias ferramentas, como a principal usada nesse trabalho sendo a *Clash Detective* do inglês, detecção de conflitos em português, possuindo configurações para o nível de precisão considerado no programa e sua tolerância máxima permitida, como na figura 8 onde podemos ver o uso da ferramenta com o projeto de água fria e quente e o projeto arquitetônico.

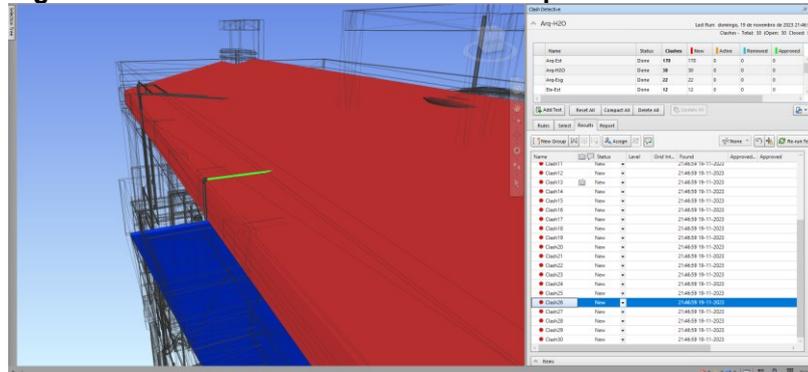
Figura 8 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico-Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

E após esse teste ser feito, são apresentados os resultados, como podemos ver o tubo de fornecimento de água atravessando o telhado na figura 9.

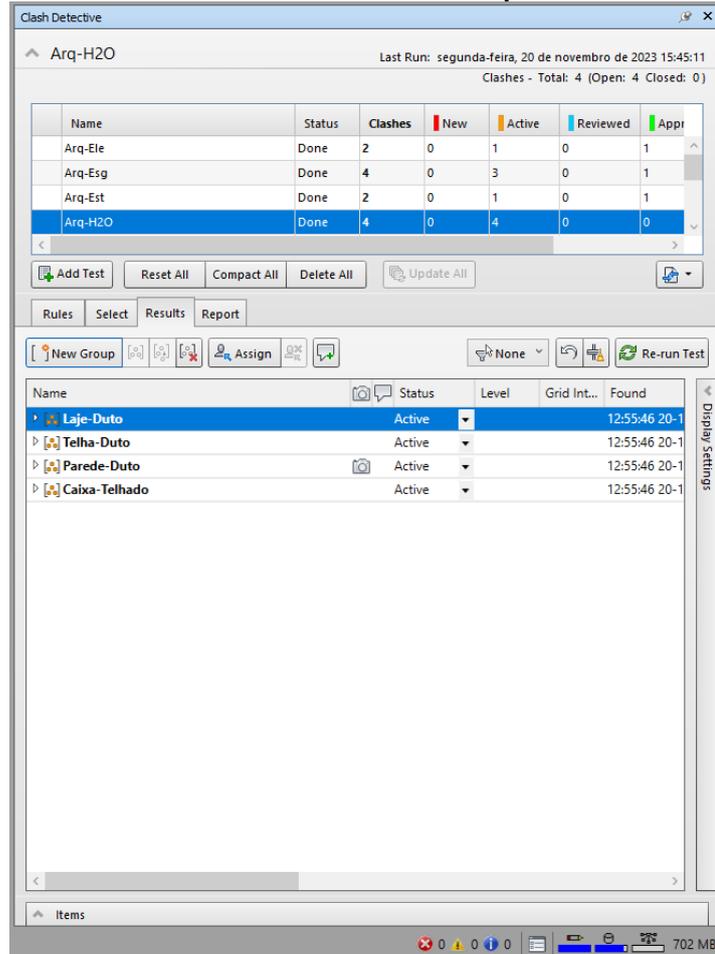
Figura 9 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico-Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

Através desses resultados foram separados os conflitos em diferentes grupos, dentro do *NavisWorks*®, como o exemplo a seguir da figura 10.

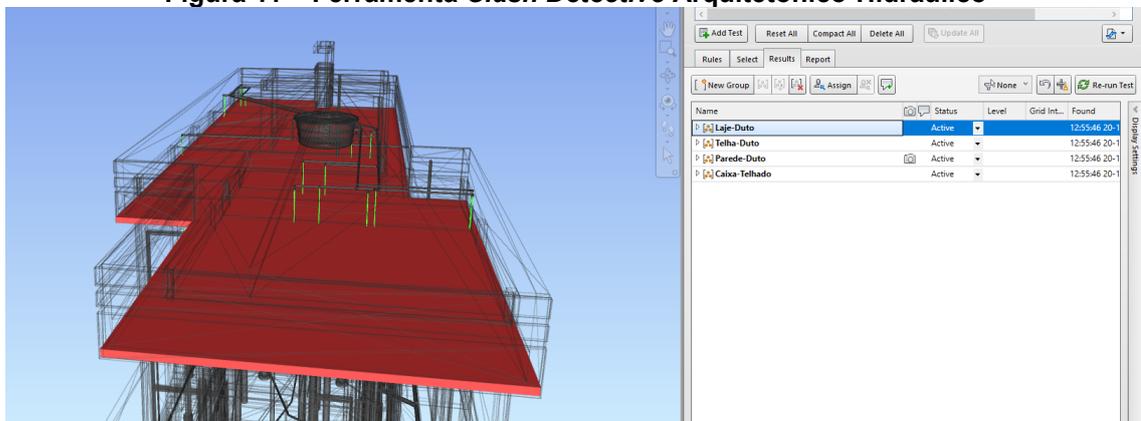
Figura 10 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico-Hidráulico



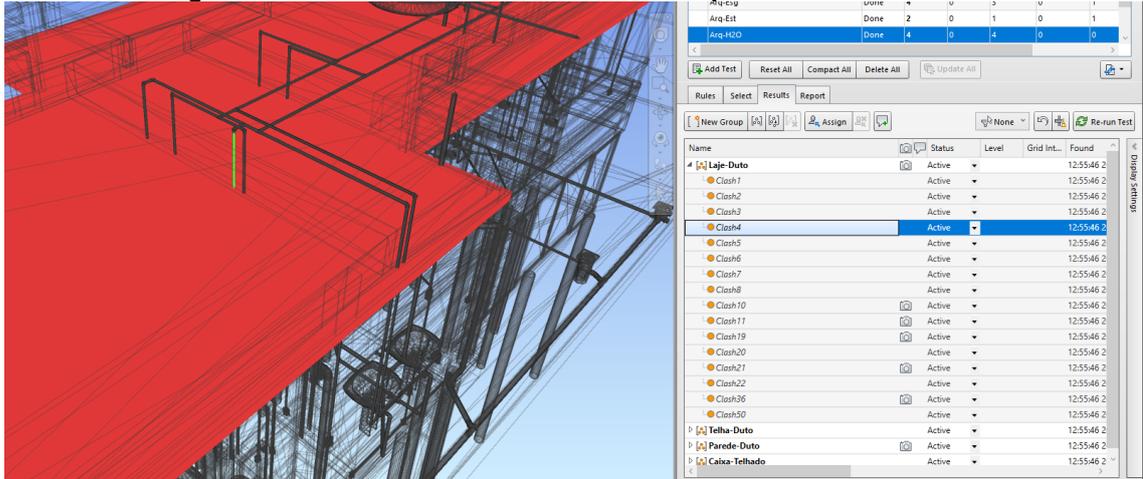
Fonte: Autoria própria (2023)

Com essa separação de grupos, fica mais fácil extrair esses dados do programa para uma análise, onde pode-se visualizar todas as ocorrências do grupo de uma só vez ou separadas, conforme figuras 11 e 12.

Figura 11 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico-Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 12 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico-Hidráulico

Fonte: Autoria própria (2023)

4 RESULTADOS

4.1 Projetos modelados

A renderização do projeto arquitetônico proporcionou um resultado satisfatório, pode-se visualizar as paredes, telhado, chaminé, janelas e demais elementos, conforme as figuras 13 e 14.

Figura 13 – Modelagem do projeto arquitetônico



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 14 – Modelagem do projeto arquitetônico



Fonte: Autoria própria (2023)

O projeto estrutural também foi renderizado, proporcionando uma visualização satisfatória, pode-se observar tanto as sapatas, como as estacas, vigas, pilares e demais elementos estruturais, conforme figura 15.

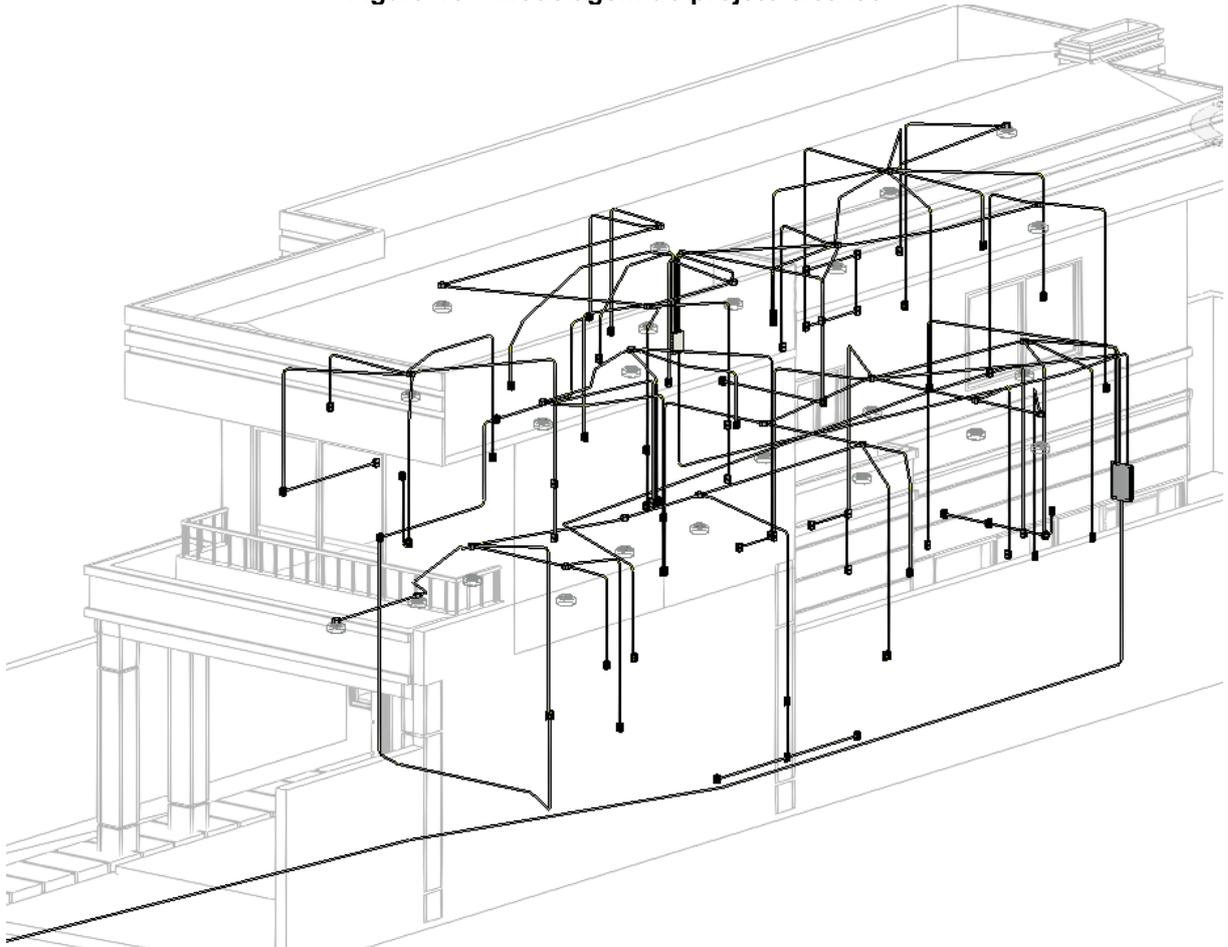
Figura 15 – Modelagem do projeto estrutural



Fonte: Autoria própria (2023)

Os projetos complementares não foram renderizados, apenas com a visualização do programa podemos perceber que a modelagem apresenta todos os elementos necessários para sua representação, assim como no projeto elétrico, pode-se visualizar os eletrodutos, tomadas, lâmpadas e demais elementos, conforme a figura 16.

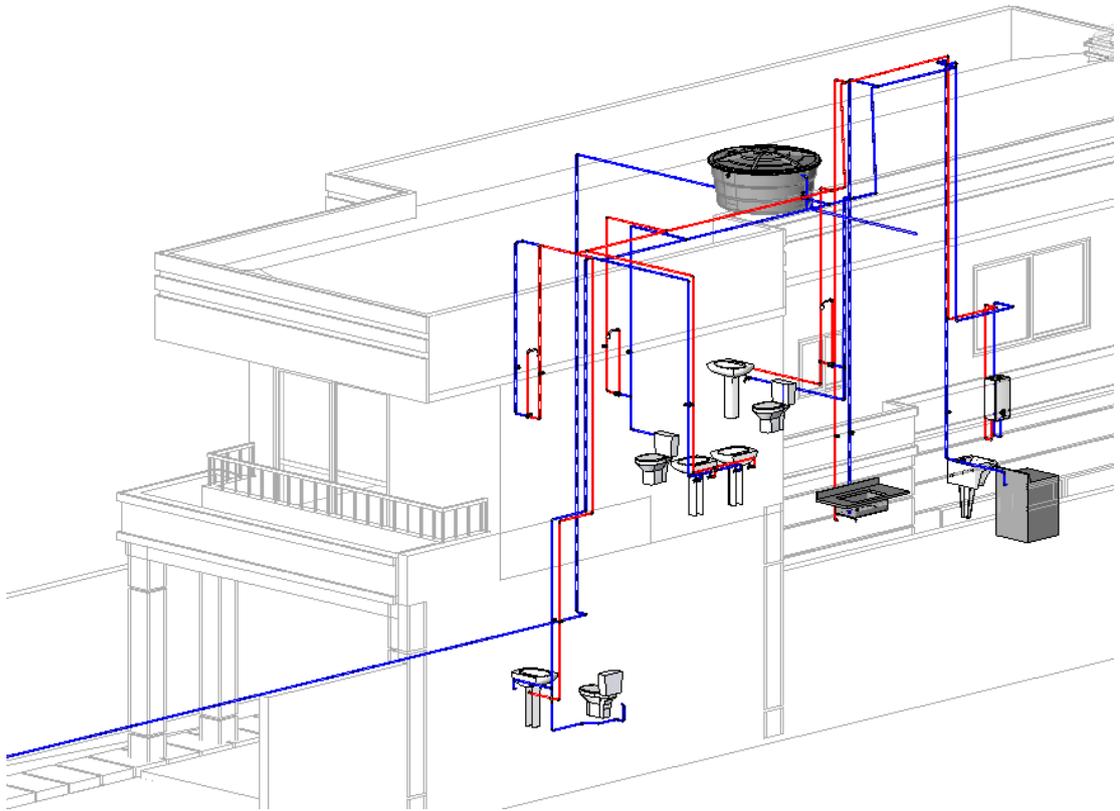
Figura 16 – Modelagem do projeto elétrico



Fonte: Autoria própria (2023)

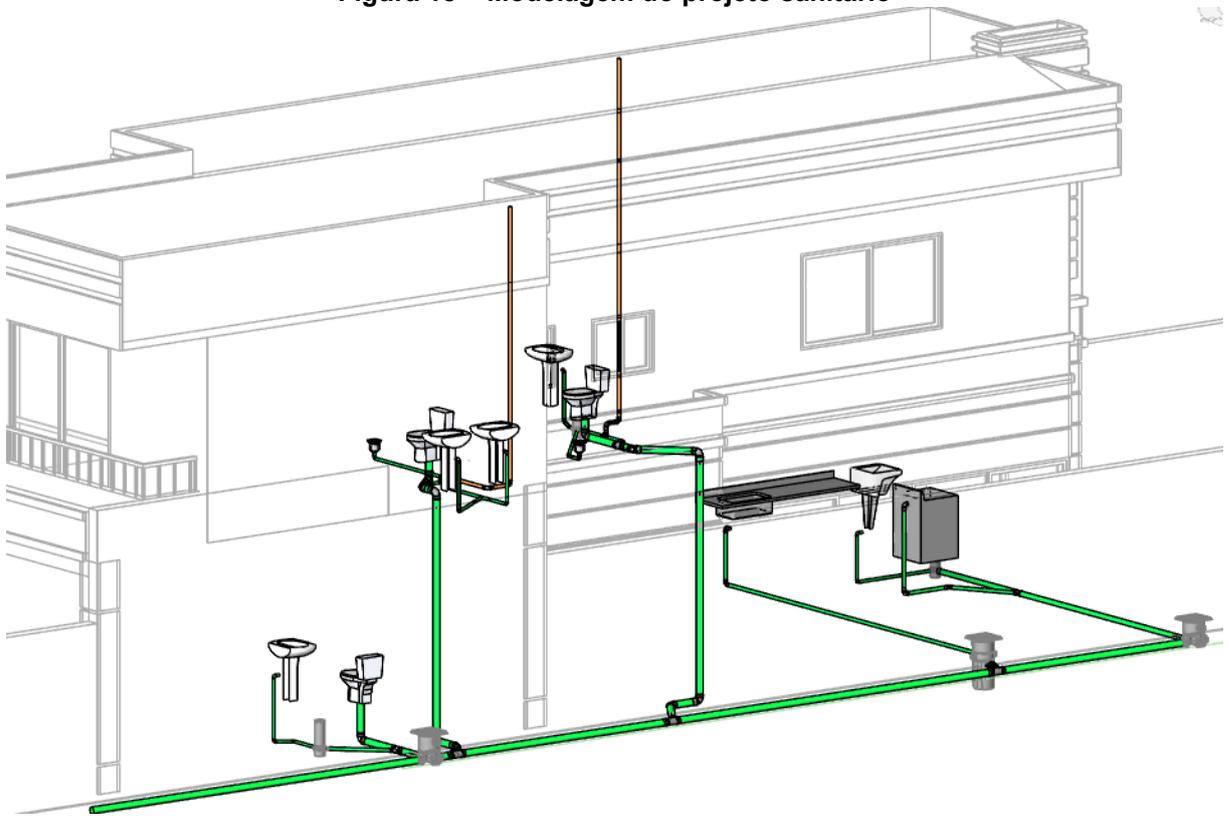
Para o projeto hidráulico e de esgoto, a representação do modelo apresenta todos os elementos necessários para a execução, como tubos, caixa d'água, caixa de gordura e etc, como pode-se observa nas figuras 17 e 18

Figura 17 – Modelagem do projeto hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 18 – Modelagem do projeto sanitário



Fonte: Autoria própria (2023)

4.2 Arquitetônico x Elétrico

Nesse teste foram encontrados 6 problemas, os quais todos os conflitos são apenas erros na modelagem, como o terreno em conflito com eletrodutos, casos assim foram desconsiderados no decorrer dos outros testes, sendo classificados no grupo modelagem, conforme o quadro 7.

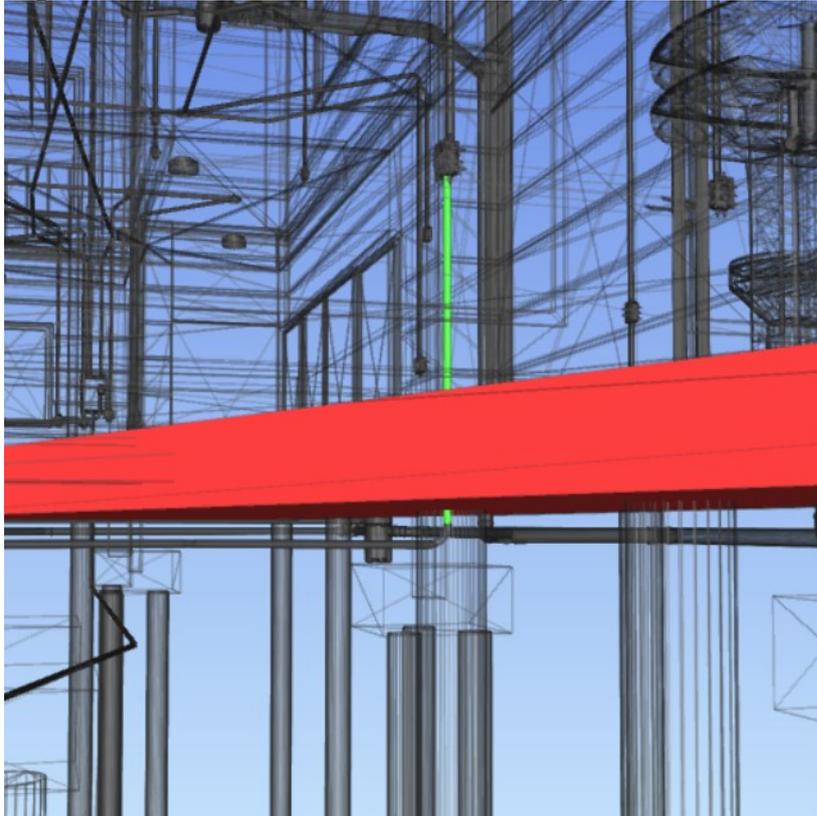
Quadro 7 – Conflitos Arquitetônico x Elétrico

Arq-Ele	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Modelagem	6

Fonte: Autoria própria (2023)

A figura 19 a seguir demonstra esses erros, como o eletroduto atravessando o terreno.

Figura 19 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Elétrico



Fonte: Autoria própria (2023)

Após observar essas detecções, não foram constatados erros considerados significativos.

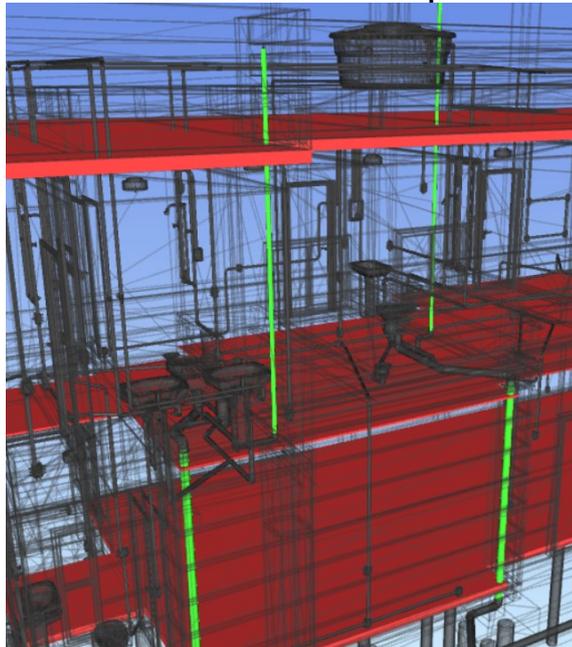
4.3 Arquitetônico x Sanitário

Foram resultados 41 conflitos nesse teste, problemas envolvendo falta de especificação das alturas dos tubos, se são embutidos na laje ou por cima do forro, os tubos cruzando paredes, os quais foram separados em 3 grupos, sendo tubos com as paredes, laje e piso e erros de modelagem.

4.3.1 Tubo – Laje e Piso

Essa incompatibilidade entre os modelos de tubos e os modelos das lajes e pisos aparece 6 vezes, conforme a figura 20.

Figura 20 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Sanitário



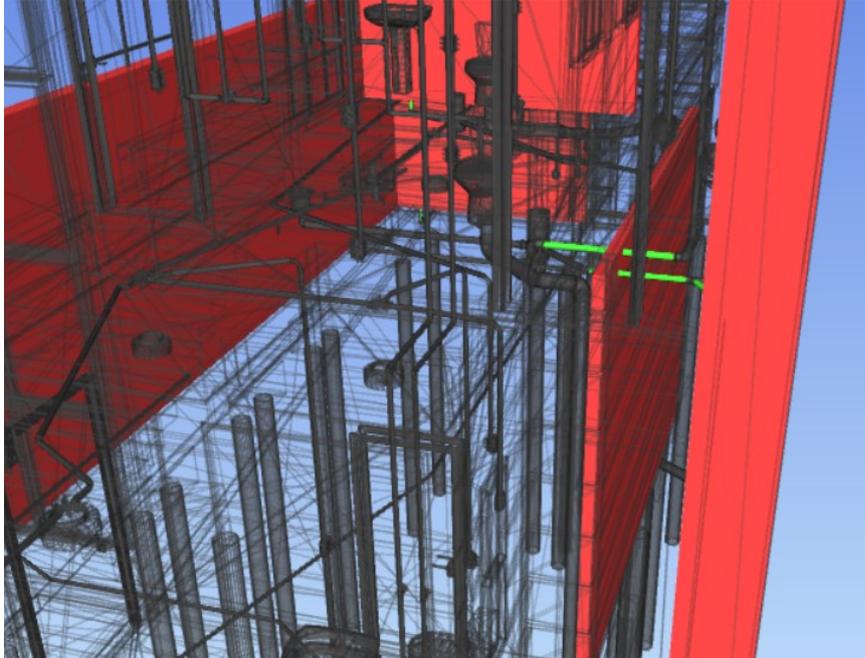
Fonte: Autoria própria (2023)

Pode-se observar que esses furos são necessários para a concepção da edificação, onde é fundamental a aprovação do engenheiro estrutural junto com o engenheiro responsável pelo projeto sanitário. A execução malfeita pode gerar problemas de infiltração, se executado os furos de forma correta não deve apresentar maiores problemas para a edificação, não apresentando outra solução a não ser furar as lajes.

4.3.2 Tubo – Parede

A incompatibilidade de tubos e paredes apareceu 11 vezes nos resultados, conforme a figura 21.

Figura 21 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Sanitário



Fonte: A autoria própria (2023)

Os furos na parede se bem executados não apresentam problema para a vida útil da edificação, porém é preferível que este problema seja discutido pelo engenheiro responsável do projeto sanitário e o engenheiro executivo visando encontrar a melhor fase da obra para que seja executado essa tubulação, buscando uma alternativa para gerar menos retrabalhos e maior agilidade na execução.

4.3.3 Discussões

Podemos observar através o quadro 8 quantas vezes foram repetidos os mesmos erros, as possíveis patologias por infiltração ou problemas na manutenção podem ser evitadas através da análise 3D, sendo que em conclusão nenhum problema irá gerar algo que prejudique a vida útil da edificação. A especificação através da vista isométrica de um modelo 3D pode prevenir que erros assim possam acontecer no momento da execução.

Quadro 8 – Conflitos Arquitetônico x Sanitário

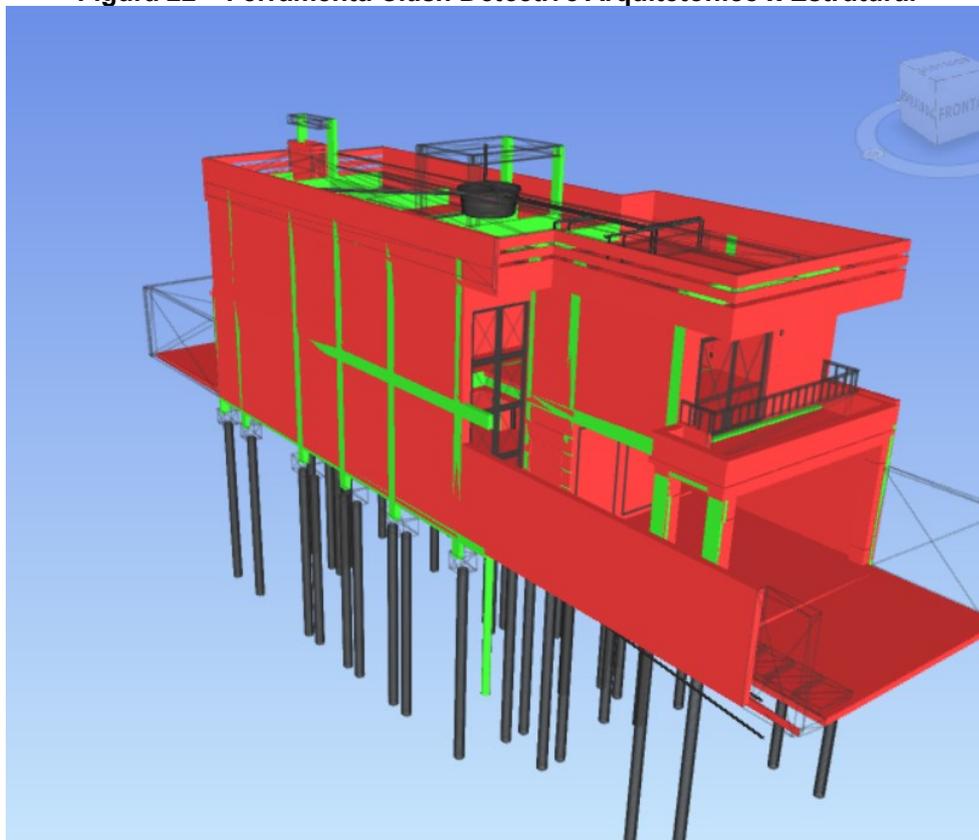
Arq-San	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Tubo - Laje e Piso	6
Tubo - Parede	11
Modelagem	24

Fonte: Aatoria própria (2023)

4.4 Arquitetônico x Estrutural

Nesse teste ocorreram 259 erros de modelagem, os quais na maior parte dos casos é devido aos elementos estruturais atravessando as paredes, algo que pode ser desconsiderado devido a incompatibilidade ser esperada, pois as paredes modeladas e as vigas e pilares modelados ocupam o mesmo espaço quando alinhados. Os níveis do projeto arquitetônico e os níveis do projeto estrutural diferem no ultimo piso, diferem também em relação à altura da chaminé da churrasqueira e apresenta ausência da estrutura para a caixa d'água no projeto arquitetônico, pode-se observar todos esses detalhes através da figura 22.

Figura 22 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Estrutural

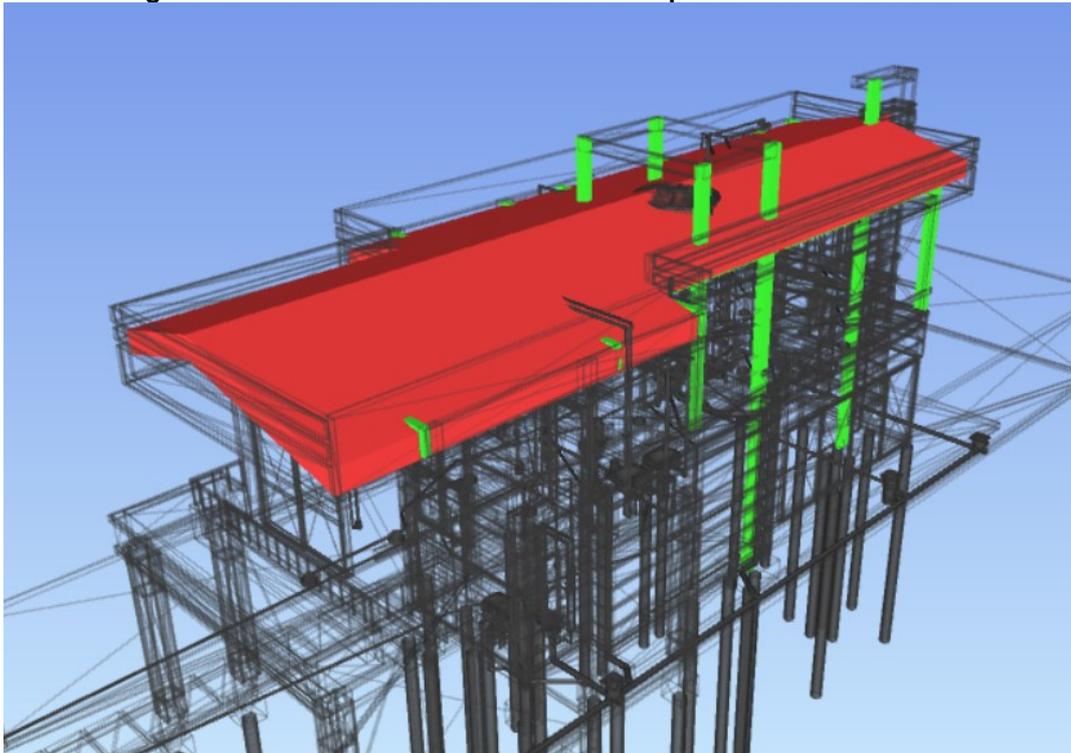


Fonte: Aatoria própria (2023)

4.4.1 Telhado – Vigas e Pilares

Ocorreram conflitos entre o telhado e as vigas e pilares, onde foram percebidos 22 vezes, fato que se dá a diferença de nível presente nos projetos, podendo causar problemas construtivos na hora da execução, como solução o projeto arquitetônico deverá passar por uma revisão, pode-se observar isso na figura 23 a seguir.

Figura 23 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Estrutural



Fonte: Autoria própria (2023)

4.4.2 Discussões

Então tem-se todos os conflitos separados entre esses dois grupos, conforme o quadro 9 a seguir.

Quadro 9 – Conflitos Arquitetônico x Estrutural

Arq-Est	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Telhado – Vigas e Pilares	22
Modelagem	259

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a solução desses conflitos a modelagem do projeto arquitetônico vinculado ao projeto estrutural, reduziria esse erro que pode gerar mais problemas futuros a edificação, pois na execução podem aparecer problemas construtivos derivados desses erros, como problemas na execução telhado, sendo este um problema que deve passar por revisão antes da execução.

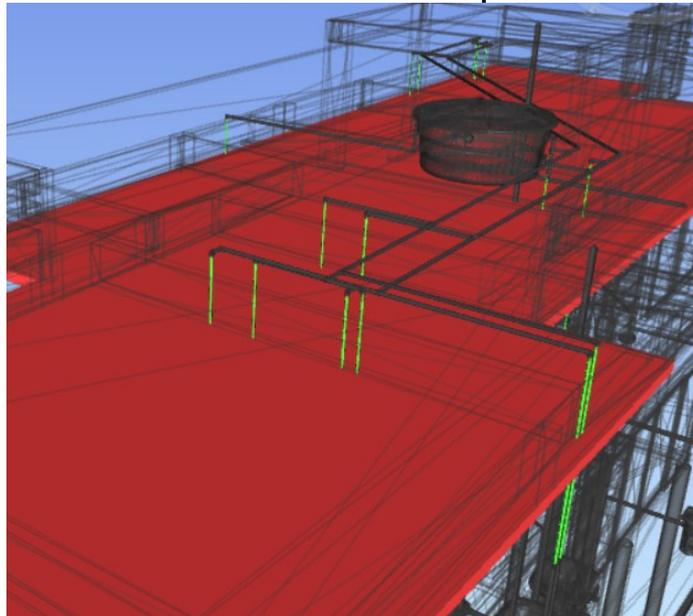
4.5 Arquitetônico x Hidráulico

Foram criados 5 grupos para os resultados desse teste, onde apenas um erro foi considerado erro de modelagem, os principais problemas nesse teste foram derivados do arquitetônico, onde a diferença do nível superior causou as maiores falhas executivas.

4.5.1 Tubo – Laje

Para os dutos hidráulicos e as lajes, foram encontradas 16 incompatibilidades, conforme a figura 24.

Figura 24 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

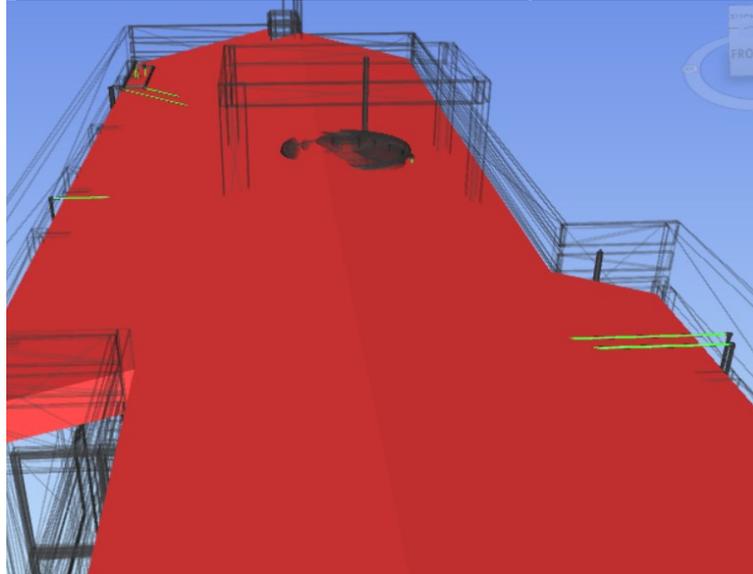
Essas aberturas nas lajes devem respeitar as condições segundo a norma NBR 6118, as dimensões da abertura devem corresponder no máximo a 1/10 do vão

menor, a distância entre a face de uma abertura e o eixo teórico de apoio da laje deve ser igual ou maior que $1/4$ do vão, na direção considerada e a distancia entre faces de aberturas adjacentes deve ser maior que a metade do menor vão, onde os furos são inevitáveis nas lajes, não devem apresentar maiores problemas para a vida útil da edificação.

4.5.2 Tubo – Telhado

Em relação ao telhado e aos tubos hidráulicos, esse problema dá-se pela diferença de nível dos projetos, conforme observado na figura 25, para a modelagem da caixa d'água foi usado o projeto estrutural, para respeitar a vazão dos tubos, onde esse erro pode gerar problemas na hora da execução e para a vida útil da edificação.

Figura 25 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Elétrico

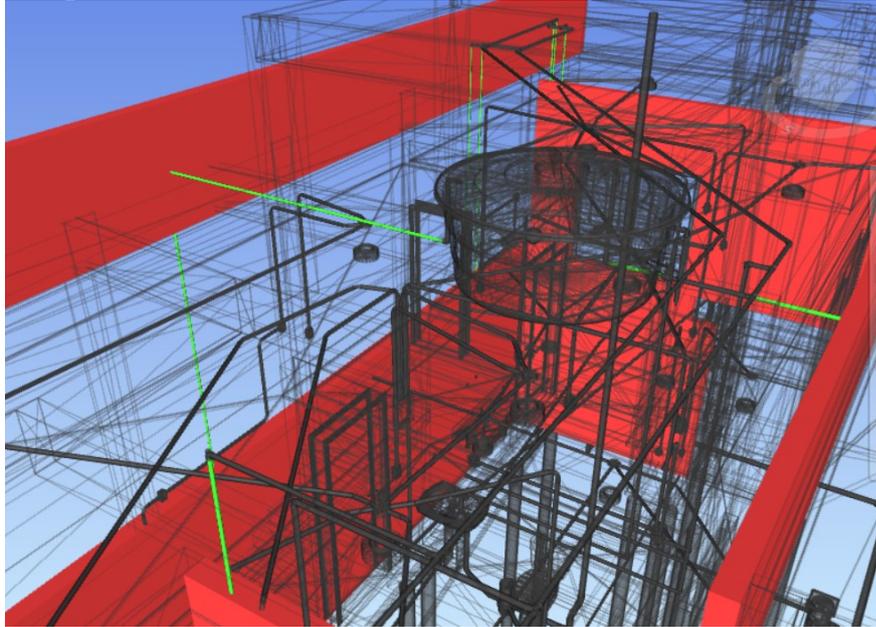


Fonte: Autoria própria (2023)

4.5.3 Tubo – Parede

Para as incompatibilidades de tubos e paredes, conforme a figura 26, erros que não afetaram a vida útil da edificação, porém é válida a discussão entre os engenheiros responsáveis pelos projetos para identificar a melhor fase para executar a tubulação e por consequência gerar menos resíduos.

Figura 26 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Elétrico

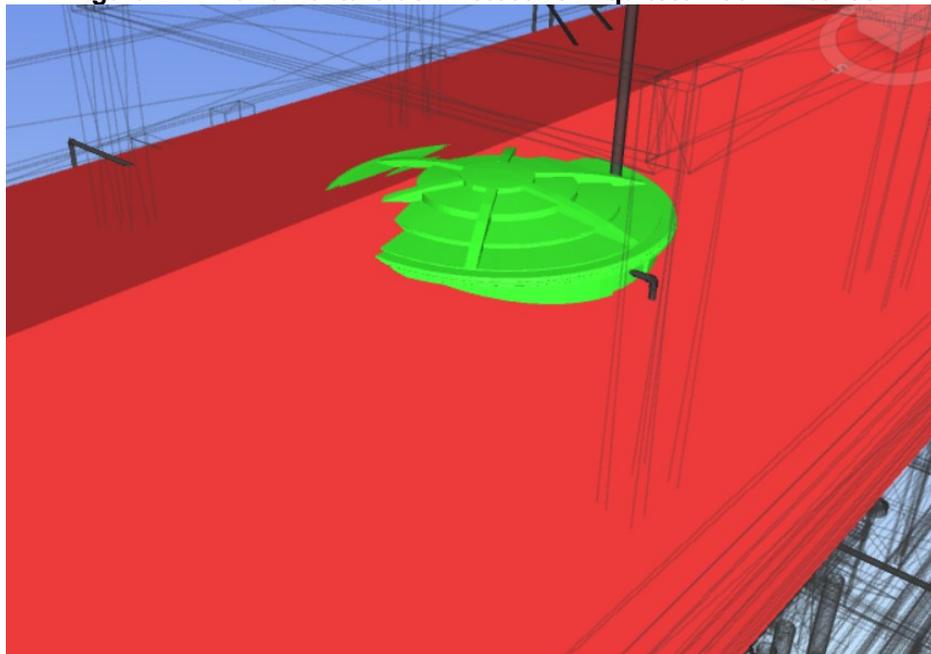


Fonte: Autoria própria (2023)

4.5.4 Caixa d'água – Telhado

Problema encontrado 4 vezes pelo programa, esse erro se dá devido ao problema de nível já citado anteriormente, onde a tampa e o corpo da caixa d'água ficam em contato com o telhado, como pode-se observar conforme a figura 27. Havendo, portanto, necessidade de se elevar a altura do barrilete.

Figura 27 – Ferramenta *Clash Detective* Arquitetônico x Elétrico



Fonte: Autoria própria (2023)

4.5.5 Discussões

Esses grupos tem apenas um erro de modelagem, a quantidade de cada erro está especificada no quadro 10 a seguir.

Quadro 10 – Conflitos Arquitetônico x Hidráulico

Arq-Hid	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Tubo - Laje	16
Tubo - Telhado	18
Tubo - Parede	16
Caixa d'água - Telhado	4
Modelagem	1

Fonte: Autoria própria (2023)

A análise seria feita pelo responsável executivo e o engenheiro responsável pelo projeto hidráulico, a solução para essas incompatibilidades seria modelar de novo o arquitetônico respeitando a posição da caixa d'água para evitar maiores problemas, o projeto arquitetônico deve passar por revisão antes da execução para evitar maiores complicações.

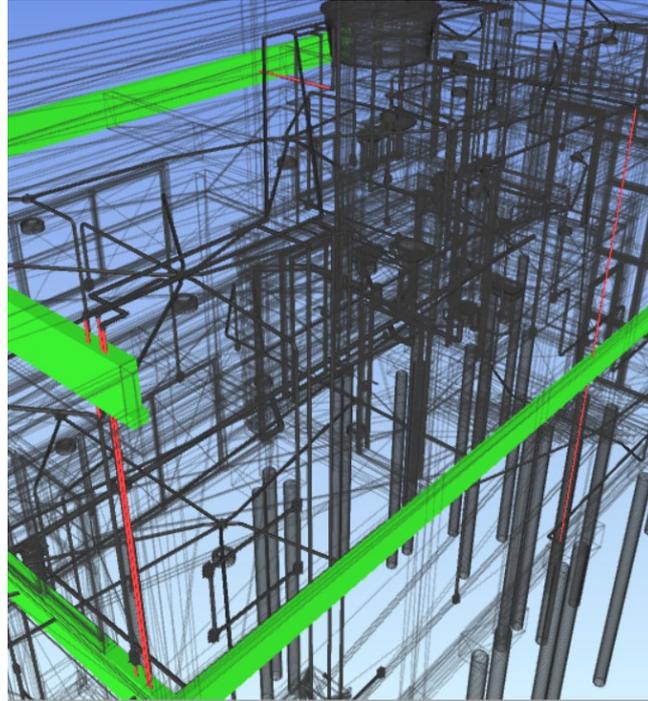
4.6 Estrutural x Hidráulico

As incompatibilidades do projeto estrutural com o projeto hidráulico foram divididas em 2 grupos, sendo eles os tubos com vigas e pilares, problema que pode comprometer a resistência do elemento estrutural.

4.6.1 Viga – Tubo

Grupo com o maior número de incompatibilidades desse teste, onde os furos das vigas na direção de sua largura, devem respeitar as condições segundo a NBR 6118, onde os furos na zona de tração e a uma distância da face do apoio de no mínimo $2h$, onde h é a altura da viga, dimensão do furo de no máximo 12 cm e $h/3$, distância entre faces de furos, em um mesmo tramo, de no mínimo $2h$. Garantindo assim a resistência da estrutura, conforme demonstrado pela figura 28.

Figura 28 – Ferramenta *Clash Detective* Estrutural x Hidráulico

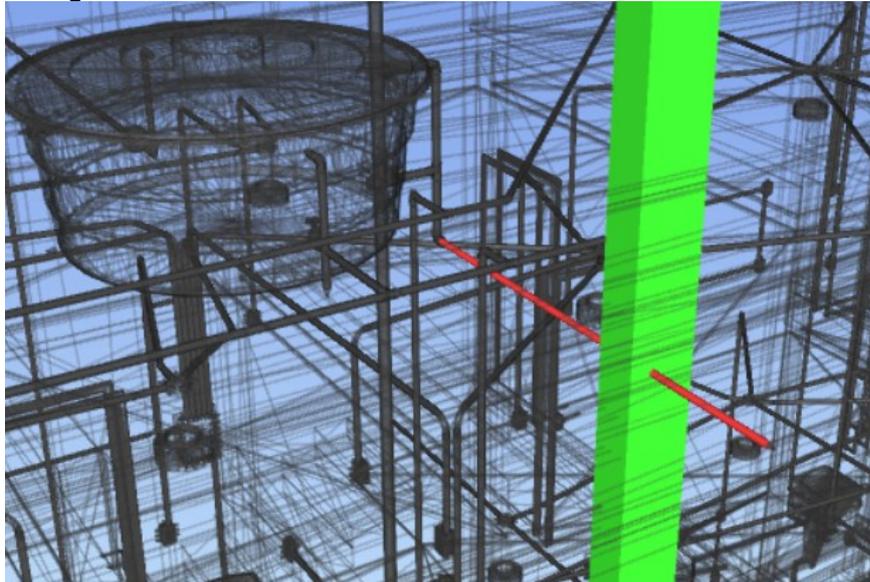


Fonte: Autoria própria (2023)

4.6.2 Pilar – Tubo

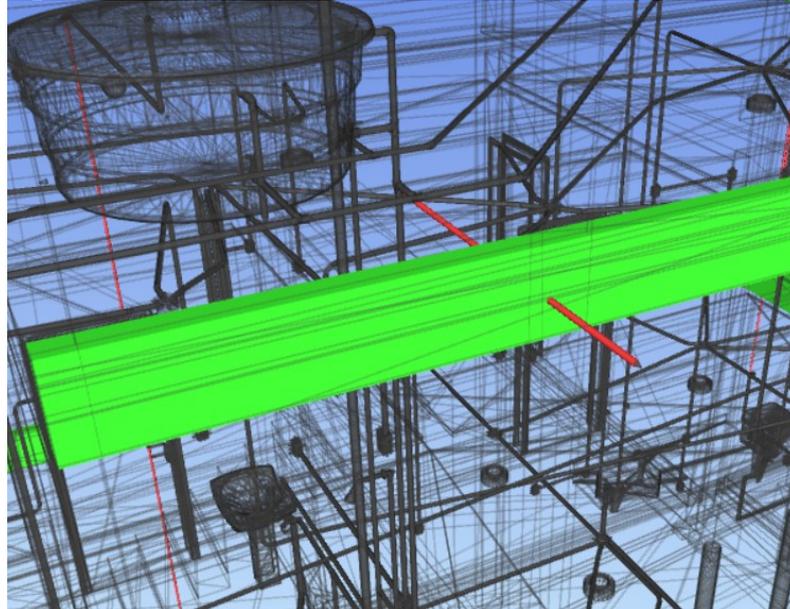
Encontrado apenas um conflito nesse grupo, onde o mesmo tubo cruza tanto o pilar quanto a viga do modelo, onde a NBR 6118 proíbe passagem de tubos no interior de pilares, seja em qualquer direção, como podemos observar nas figuras 29 e 30 a seguir.

Figura 29 – Ferramenta *Clash Detective* Estrutural x Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 30 – Ferramenta *Clash Detective* Estrutural x Hidráulico



Fonte: Autoria própria (2023)

4.6.3 Discussões

Foram encontrados 9 conflitos nesse teste, onde foram separados em dois grupos, conforme quadro 11 a seguir.

Quadro 11 – Conflitos Estrutural x Hidráulico

Est-Hid	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Viga - Tubos	8
Pilar - Tubos	1

Fonte: Autoria própria (2023)

Incompatibilidades que podem gerar ou não problemas futuros na edificação, dependendo da execução do serviço, como uma das soluções seria mudar os canos hidráulicos e/ou mudar as dimensões das vigas e do pilar.

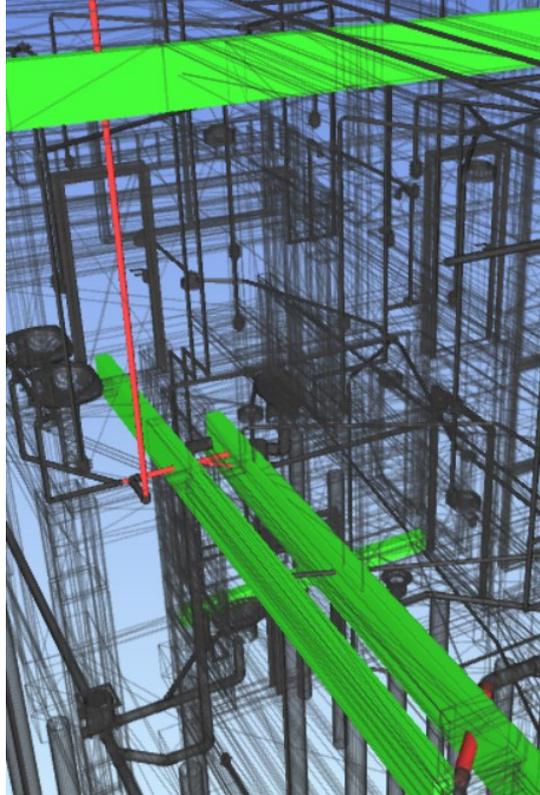
4.7 Estrutural x Sanitário

4.7.1 Viga – Tubo

Foi encontrado apenas um grupo de conflitos nesse teste, onde os tubos cruzam as vigas, com um potencial comprometedor em relação a resistência dessas

estruturas, como os tubos sanitários apresentam maiores dimensões, conforme figura 31.

Figura 31 – Ferramenta *Clash Detective* Estrutural x Sanitário



Fonte: Aatoria própria (2023)

4.7.2 Discussões

Essas incompatibilidades foram encontradas 8 vezes, conforme o quadro 12.

Quadro 12 – Conflitos Estrutural x Sanitário

Est-San	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Viga - Tubos	8

Fonte: Aatoria própria (2023)

Uma solução para esse problema, pode ser mudar a altura dos tubos e vigas, como mudar os caminhos dos tubos, para diminuir ou até mesmo eliminar essa incompatibilidade, esse erro só é possível detectar através do modelo 3D, pois apenas visualizando as pranchas sobrepostas esse problema seria mais difícil de detectar.

4.8 Demais compatibilizações

Para a compatibilização do projeto estrutural com o projeto elétrico, foram encontrados conflitos os quais pode ser feita uma alteração na altura dos eletrodutos, passando pela laje ou por baixo do forro, sendo classificado apenas como erro de modelagem, conforme quadro 13.

Quadro 13 – Conflitos nas demais compatibilizações

Est-Ele	
Tipo de Incompatibilidade	Quantidade
Modelagem	18

Fonte: Autoria própria (2023)

Os demais testes não apresentaram nenhum conflito, sendo desconsiderados no resultado final.

5 CONCLUSÃO

A utilização da metodologia BIM para a modelagem do projeto auxilia no aumento da qualidade do projeto, onde apresenta representações mais detalhadas e precisas, além de possibilitar o uso de vínculos entre projetos para acelerar o processo de percepção de incompatibilidades.

Com a utilização do software *NavisWorks*© e sua ferramenta *clash detective*, foram identificados um total de 110 conflitos e 308 erros de modelagem, considerando a redução de retrabalhos e erros durante a execução, mesmo após desconsiderar os 308 erros de modelagem, demonstra a capacidade do BIM em antecipar e solucionar os mais variados desafios. A detecção previa das incompatibilidades e a resolução delas antes da execução evidenciam a agilidade proporcionada.

A antecipação dos problemas e a otimização do planejamento construtivo pode ser um ponto crucial para evitar atrasos e promover construções mais eficientes, a colaboração e coordenação pelo *NavisWorks*© resulta em projetos mais eficientes, melhorando assim a eficiência da construção caso as equipes de campo estejam em constante treinando para leitura e interpretação dos projetos.

Em conclusão, o processo de compatibilização é indispensável antes do início das execuções para prever e combater conflitos, promovendo uma abordagem mais integrada e inteligente da edificação, poupando desperdícios e retrabalhos que possam ocasionar problemas futuros, aumentando assim a qualidade, a eficiência e a sustentabilidade dos projetos.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Juliano Fonseca; PROVEZI, Guilherme; KAHL, Fernando. Uso da ferramenta BIM para reduzir incompatibilidades na execução de obra em Balneário Camboriú: Estudo de caso. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente – Projeto, Execução, Operação e Manutenção. Rio de Janeiro. 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro. 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e Execução de Fundações. 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16636-1**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16636-2**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16636-3**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 3: Projeto urbanístico. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16636-4**: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 4: Projeto de arquitetura paisagística. Rio de Janeiro. 2023.

AVILA, Vinicius Martins. Compatibilização de projetos na construção civil: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011.

BALEM, Amanda Forgiarini. Vantagens da Compatibilização de projetos na Engenharia Civil aliada ao uso da metodologia BIM. **Orientador: Juliana Pippi Antoniazzi**, v. 76, 2015.

BORGES, Evair da Silva. Compatibilização de projetos: um estudo de caso utilizando ferramentas de modelagem 3D. **MBA Gestão de Obras e Projetos- Florianópolis**, 2019.

BRASIL. **Decreto n. 10.306, de 02 de abril de 2020**. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

BRASIL. **Lei n. 14.133, de 01 de abril de 2021**. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. Brasília: Casa Civil, 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/14133.htm. Acesso em: 28 nov. 2023.

CALLEGARI, Simara et al. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. 2007.

ConstruFacil RJ. Patologia da Construção Civil: Principais Causas. 18, jul. 2013. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>. Acesso em: 28 nov. 2023

COSTA, Eveline Nunes. Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos. 2013.

DA MOTTA GASPARGAR, João Alberto; RUSCHEL, Regina Coeli. A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo. In: **SIGraDi 2017, XXI Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**. 2017. p. 8.

DE ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & tecnologia de projetos**, v. 4, n. 2, p. 76-111, 2009.

DE CÉSARO, Antonio Eduardo Castello. **Compatibilização de projetos na metodologia BIM**. 2022.

DO NASCIMENTO, Rafael Lucas. **Compatibilização de projetos de edificações**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DOS REIS, Gabriella Gonçalves; MEDEIROS, Joao Victor Yousef; CARRIJO, Selma Araújo. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2019.

EASTMAN, Chuck et al. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção Para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.

EDIRISINGHE, Ruwini et al. Comparative analysis of international and national level BIM standardization efforts and BIM adoption. In: **Proceedings of the 32nd CIB W78 Conference, Eindhoven, The Netherlands**. 2015. p. 27-29.

FERRAZ, Miguel; MORAIS, Ruben. O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão. **Encontro Nacional BETÃO ESTRUTURAL-BE2012 FEUP**, p. 24-26, 2012.

FERREIRA, Rita Cristina. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIESS, Julio Ricardo F. et al. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo. In: **CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**. 2004.

FISTAROL, Bruno Guerreiro et al. *Elaboração de Projeto Arquitetônico, Hidrossanitário e Orçamento de Residencial Multifamiliar utilizando software em plataforma BIM*. 2015.

FLORES, Matheus Dalmedico et al. *Comparação das incompatibilidades de um projeto residencial unifamiliar elaborado em CAD 2D com a sua modelagem em BIM 3D*. 2017.

FURTADO, Claudio Soares Braga. *Matéria e modelos na arquitetura de Joaquim Guedes*. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, n. 7, p. 177-180, 2008.

Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP). *Orientação Técnica IBRAOP OT – IBR 001/2006 – Projeto Básico*.

Instituto Brasileiro de Auditoria de Obras Públicas (IBRAOP). *Orientação Técnica IBRAOP OT – IBR 006/2016 – Anteprojeto de Engenharia*.

KELLY, Richard. *IFC 4.3 – A Major Milestone Introduction and Overview of the Current Status*. BuildingSMART, mar. 2022. Disponível em <https://www.buildingsmart.org/ifc-4-3-a-major-milestone-introduction-and-overview-of-the-current-status/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

KELLY, Richard. *The status of IFC 4.3 and the benefit of further extensions as IFC 4.4*. BuildingSMART, 2021. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/the-status-of-ifc-4-3-and-the-benefit-of-further-extensions-as-ifc-4-4/>. Acesso em: 28, nov. 2023.

LIMA, Camila Fonseca Melo. **Gestão do processo de projeto hidrossanitário**. 2016.

LAAKSO, Mikael; KIVINIEMI, A. O. *The IFC standard: A review of history, development, and standardization, information technology*. **ITcon**, v. 17, n. 9, 2012.

MONTEIRO, Ana Caroline Nogueira et al. Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. **Revista Campo do Saber**, v. 3, n. 1, 2017.

NARDELLI, Eduardo Sampaio; TONSO, Lais Guerle. BIM–Barreiras institucionais para a sua implantação no Brasil. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 8, p. 408-411, 2014.

NEUFER, Ernst; PETER, Neufer. A arte de projetar em arquitetura. São Paulo: GG Brasil, 2014.

NUNES, Vítor Schreiber. Projeto hidrossanitário de um edifício residencial. 2021.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. Levantamento de causas de patologias na construção civil. 2013.

Pepplow, L. A; **NBR 5444/1989 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais CANCELADA PELA ABNT**. Disponível em:

http://paginapessoal.utfpr.edu.br/luizpepplow/desenho-eletrico/normas-abnt/NBR_5444-1989_Simbolos_Graficos_para_Instalacoes_Prediais.pdf/view.

Acesso em: 8 nov. 2023.

PERRONE, Rafael Antonio Cunha. **Os croquis e os processos de projeto de arquitetura**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador et al. Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha Vida em software de plataforma BIM. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 8, p. e33881230, 2019.

SCHIMIDT, Rafael Patrick et al. Projeto de arquitetura: um estudo sobre os procedimentos projetuais do arquiteto Joaquim Guedes. 2016.

SILVA, Antônio Carlos Pereira da et al. **PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL: COMPARAÇÃO CÁLCULO MANUAL E SOFTWARE COMPUTACIONAL**. 2020.

SILVA, G.; BALZ, Andréia; PEDROZO, Éder Claro. Eficiência Das Dimensões Dos Processos Building Information Modeling No Ciclo De Vida Das Edificações. 2021.

SILVA, Rosimaria. A importância do projeto elétrico residencial. 2021.

TEIXEIRA, Juliano Domingos et al. Compatibilização de projetos através da modelagem 3D com uso de software em plataforma BIM. 2016.

VOLPATO, Mateus Pereira et al. Modelagem, Compatibilização de projetos e Orçamentação de um Edifício Residencial através da Metodologia BIM. 2015.