



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA

ANDRÉ PENHA VIRGÍNIO

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS EM AMBIENTE BIM POR MEIO DO
NAVISWORKS: ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO DE *CLASH*
DETECTION EM MODELO REAL**

João Pessoa – PB

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL - DECA

ANDRÉ PENHA VIRGÍNIO

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS EM AMBIENTE BIM POR MEIO DO
NAVISWORKS: ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO DE *CLASH*
DETECTION EM MODELO REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal da
Paraíba como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

**Orientadora: Prof. Cibelle Guimarães
Silva Severo**

João Pessoa – PB

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

V817a Virginio, Andre Penha.

Análise de interferências em ambiente BIM por meio do navisworks: estudo de caso com aplicação de clash detection em modelo real / Andre Penha Virginio. - João Pessoa, 2025.
41 f. : il.

Orientação: Cibelle Guimarães Silva Severo.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Construção civil. 2. BIM. 3. Compatibilização. 4. Interferências. I. Severo, Cibelle Guimarães Silva. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANDRÉ PENHA VIRGÍNIO

**ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS EM AMBIENTE BIM POR MEIO DO
NAVISWORKS: ESTUDO DE CASO COM APLICAÇÃO CLASH DETECTION EM
MODELO REAL**

Trabalho de Conclusão de Curso em 03/10/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Cibelle Guimarães Silva Sevro
CIBELLE GUIMARÃES SILVA SEVRO
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Luara Lopes de Araújo Fernandes
LUARA LOPES DE ARAÚJO FERNANDES
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Clovis Dias
CLOVIS DIAS
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a primeiramente à Deus, por ter me dado forças para enfrentar os desafios e pressões diários nessa trajetória que enfrentei sozinho, conciliando a rotina de trabalho, estudos e atividades da casa.

À minha querida minha mãe, por ter me ajudado tanto, mesmo longe. Sempre me incentivando e contribuindo.

À minha preciosa noiva, por sempre ter me apoiado em todos os momentos, pela paciência e compreensão ao longo desta caminhada.

RESUMO

A construção civil, tanto no setor público quanto no privado, enfrenta constantemente desafios relacionados à redução de custos, otimização de recursos e mitigação de problemas construtivos durante a execução das obras. Custos elevados, retrabalhos e atrasos nos cronogramas estão entre os principais fatores que comprometem o sucesso de um empreendimento, geralmente decorrentes da ausência de um planejamento adequado e de falhas na coordenação entre as diversas disciplinas envolvidas. O planejamento minucioso de todas as etapas da construção é essencial para minimizar riscos, antecipar possíveis problemas e adotar medidas preventivas que evitem desperdícios de tempo e recursos, contribuindo para o cumprimento dos prazos, o controle de custos e a melhoria da qualidade final das obras. Nesse contexto, a metodologia BIM (Building Information Modeling) tem se consolidado como uma abordagem inovadora e eficaz para o gerenciamento de projetos na construção civil, ao permitir a integração entre diferentes especialidades e o compartilhamento de informações em um modelo tridimensional. Entre as ferramentas associadas à metodologia, destaca-se o Autodesk Navisworks, amplamente utilizado para compatibilização de projetos e detecção de interferências. Com ele, é possível identificar, ainda na etapa de planejamento, conflitos entre sistemas construtivos, como entre pilares e portas ou tubulações hidrossanitárias e elementos estruturais, o que reduz significativamente a ocorrência de retrabalhos e atrasos, contribuindo para cronogramas mais realistas e maior eficiência na execução. Dessa forma, o presente trabalho busca evidenciar a relevância do planejamento aliado à metodologia BIM e ao uso do Navisworks como instrumentos fundamentais para a detecção de interferências, demonstrando os benefícios que essa aplicação pode proporcionar, como a redução de custos, o aumento da produtividade e a elevação da qualidade final dos empreendimentos.

Palavras-chave: Construção civil; BIM; compatibilização; interferências.

ABSTRACT

The construction industry, both in the public and private sectors, constantly faces challenges related to cost reduction, resource optimization, and the mitigation of construction issues during project execution. High costs, rework, and schedule delays are among the main factors that compromise the success of a project, usually resulting from inadequate planning and failures in coordination among the various disciplines involved. Careful planning of all construction stages is essential to minimize risks, anticipate potential problems, and adopt preventive measures that avoid wasting time and resources—thus contributing to meeting deadlines, controlling costs, and improving the final quality of the works. In this context, the BIM (Building Information Modeling) methodology has established itself as an innovative and effective approach for project management in the construction industry, enabling integration among different specialties and the sharing of information within a three-dimensional model. Among the tools associated with this methodology, Autodesk Navisworks stands out as one of the most widely used for project coordination and clash detection. It allows the identification, still during the planning phase, of conflicts between construction systems—such as between columns and doors or between plumbing systems and structural elements—significantly reducing rework and delays, and contributing to more realistic schedules and greater execution efficiency. Therefore, this study aims to highlight the importance of planning combined with the BIM methodology and the use of Navisworks as fundamental tools for clash detection, demonstrating the benefits that this application can provide, such as cost reduction, increased productivity, and improved final quality of construction projects.

Keywords: Construction industry; BIM; coordination; clashes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das etapas do processo de análise.....	19
Figura 2: Exemplo de relatório de uma interferência.....	20
Figura 3: Modelagem arquitetônica da residência	23
Figura 4: Modelagem estrutural da residência	23
Figura 5: Modelagem hidrossanitária da residência.....	24
Figura 6: Barrilete do 1º pavimento causando interferência no estrutural	26
Figura 7: Pilar causando interferência em esquadria.....	27
Figura 8: Viga causando interferência em esquadria.	27
Figura 9: Pilar causando interferência em porta.....	28
Figura 10:Caixa sinfonada causando interferência em viga baldrame.	29
Figura 11:Tubulação em viga.....	29
Figura 12:Tubulação em pilar.	29
Figura 13: Principais interferências entre estrutural e hidrossanitário.	31
Figura 14:Principais interferências entre Arquitetônico e estrutural.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Criticidade das interferências.....	25
Gráfico 2: Interferências Críticas	28
Gráfico 3: Interferências entre Arquitetônico e Estrutural.. ..	33
Gráfico 4: Interferências entre Estrutural e Hidrossanitário.	34

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	10
2.1	OBJETIVO GERAL	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3.1	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)	11
3.1.1	Conceitos e Níveis de BIM	12
3.1.2	Coordenação e Compatibilização de Projetos	13
3.2	FERRAMENTAS BIM PARA DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS	14
3.2.1	Autodesk NavisworksManage.....	14
3.2.2	Clash Detection e suas Aplicações.....	14
3.3	GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO.....	15
3.3.1	Modelo Tradicional x Gestão Integrada.....	15
3.3.2	<i>Lean Construction</i> e <i>BIM Mandate</i>	15
3.4	IMPACTOS DAS INTERFERÊNCIAS NA OBRA	16
3.4.1	Retrabalho, Atrasos e Custos	16
3.4.2	Comunicação e Falhas de Coordenação.....	17
4	METODOLOGIA	17
4.1	TIPO DE PESQUISA.....	17
4.2	DESCRIÇÃO DO PROJETO UTILIZADO	18
4.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS	18
4.4	ETAPAS DO PROCESSO DE ANÁLISE	18
4.4.1	Seleção do modelo BIM real	19
4.4.2	Importação para o Navisworks.....	19
4.4.3	Aplicação do Clash Detection	20
4.5	REGISTRO E ORGANIZAÇÃO DOS CONFLITOS	20
5	RESULTADOS.....	22
5.1	DETALHAMENTO DO EDIFÍCIO	22
5.1	CRITICIDADE DAS INTERFERÊNCIAS ANALISADAS	24
5.2	INTERFERÊNCIAS ENTRE AS DISCIPLINAS	31
5.2.1	Classificação das Disciplinas envolvidas	31
5.3	CLASSIFICAÇÃO POR LOCALIZAÇÃO NA EDIFICAÇÃO.....	35
5.4	CLASSIFICAÇÃO POR RESPONSABILIDADE TÉCNICA	35
5.5	CLASSIFICAÇÃO POR TIPO DE INTERFERÊNCIA	36

5.6	GANHOS COM A DETECÇÃO ANTECIPADA	38
5.7	INTERFERÊNCIAS NO QUE TANGE A CUSTOS, PRAZOS E RETRABALHOS EVITADOS.....	38
6	CONCLUSÃO	40
7	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, assim como tantas outras áreas, tem passado por grandes transformações nos últimos anos. A pressão por reduzir custos, diminuir prazos e evitar falhas de compatibilidade entre projetos é cada vez maior, exigindo das empresas não apenas eficiência, mas também inovação na forma de planejar e executar obras.

Nesse cenário, o uso da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) surge como uma aliada fundamental. Mais do que um simples recurso tecnológico, o BIM representa uma nova forma de pensar e desenvolver projetos, permitindo arquitetos, engenheiros e construtores trabalharem de forma integrada em um modelo virtual detalhado e confiável.

Para Eastman (2008), o BIM pode ser compreendido como uma filosofia de trabalho colaborativa, que integra diferentes profissionais em torno de um mesmo modelo digital capaz de reunir informações geométricas, técnicas, orçamentárias e até mesmo de manutenção da edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida. Já a Building Smart define a ferramenta como a representação digital das características físicas e funcionais de uma obra, possibilitando uma visão sistêmica que vai desde a concepção até a fase final de demolição.

Dessa forma, o BIM vai muito além de um recurso de modelagem 3D. Ele se consolida como um meio de integrar e tornar mais confiáveis as informações de projeto, oferecendo suporte essencial na previsão de custos, no controle de insumos e na redução de retrabalhos.

Nesse contexto, as interferências, quando não solucionadas na etapa de planejamento, causam diversos problemas durante a execução da obra, como retrabalhos, custos, atrasos e até mesmo problemas graves, como embargo da obra ou insatisfação do cliente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, por meio da aplicação do *Clash Detection* no software Navisworks, as interferências em um modelo BIM real e discutir os benefícios da compatibilização de

projetos para a melhoria do planejamento, redução de retrabalhos e aumento da eficiência na construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o papel da metodologia BIM como ferramenta integradora e de apoio à gestão no ciclo de vida das edificações;
- Investigar de que forma a compatibilização de projetos em ambiente BIM favorece a tomada de decisão e o controle de qualidade na fase de planejamento;
- Analisar a importância do Clash Detection como recurso de prevenção de conflitos entre disciplinas e de otimização do processo construtivo;
- Avaliar o impacto da detecção antecipada de interferências na redução de custos, retrabalhos e atrasos em obras;
- Evidenciar os ganhos que o uso do BIM e do Navisworks pode proporcionar à produtividade e à gestão integrada dos empreendimentos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM)

O conceito de BIM (Building Information Modeling) não é algo novo. Ele começou a ser discutido há mais de três décadas, inicialmente apresentado por Chuck Eastman no AIA Journal. A expressão Building Modeling já circulava desde 1986, e em 1992 F. Tolman utilizou pela primeira vez o termo Building Information Modeling em um artigo publicado na revista Automation in Construction.

A partir do início dos anos 2000, o Building Information Modeling (BIM) começou a se consolidar, impulsionado pelo aumento da capacidade de processamento e redução de preços dos computadores pessoais, além da demanda por padronização no setor da construção civil. Apesar de já existirem softwares nos anos 1980 capazes de criar modelos 3D com informações associadas, um marco importante para a disseminação do BIM foi a publicação da ISO-PAS 16739-2005 (Industry Foundation Classes – IFC2x Platform Specification). Essa norma foi atualizada em 2007 e se tornou uma referência internacional para a interoperabilidade entre plataformas (EASTMAN et al., 2011).

Ao contrário de um modelo tridimensional simples, o BIM se distingue por representar elementos construtivos como objetos digitais inteligentes, dotados de atributos paramétricos, dados técnicos e comportamentais. Isso possibilita a análise de quantitativos, o desempenho energético e a coordenação automática entre as diversas representações do projeto (SUCCAR, 2009). Eastman (2008) descreve o BIM como uma tecnologia que se integra a processos colaborativos, permitindo a criação, o compartilhamento e a análise integrada de modelos de edificações.

Trata-se de uma inovação disruptiva, pois altera significativamente a maneira como as edificações são projetadas, construídas e gerenciadas, exigindo também transformações culturais nas empresas. Sua execução se baseia em três pilares essenciais:

- Tecnologia - abrange tanto a infraestrutura (hardware, software, redes, segurança da informação) quanto a formação técnica necessária para utilizar essas ferramentas.
- Pessoas – exige profissionais capacitados para trabalhar em equipe, comunicar-se de forma eficiente e resolver problemas de maneira ágil.
- Processos - engloba a determinação de fluxos de trabalho, atribuições, interação entre agentes e integração ao longo do ciclo de vida do empreendimento (SUCCAR, 2010; ISO 19650, 2018).

Assim, a implementação do BIM vai além da simples compra de softwares ou contratação de novos profissionais; trata-se de uma transformação estratégica na organização, fundamentada em normas, políticas de equipe e melhores práticas de gestão, estabelecendo-se como um novo padrão para a indústria da construção civil.

3.1.1 Conceitos e Níveis de BIM

O Building Information Modeling (BIM) é uma abordagem que incorpora dados digitais em todas as etapas do ciclo de vida de um projeto, desde o planejamento até a operação. Essa metodologia possibilita a elaboração de modelos tridimensionais inteligentes, os quais refletem não só a geometria, mas também as características físicas e funcionais dos componentes construtivos. De acordo com Scheer (2015), o BIM deve ser visto como um novo paradigma para o desenvolvimento de empreendimentos de construção, abrangendo todas as fases do seu ciclo de vida, desde os estágios iniciais de

definição e concepção até o uso, incluindo manutenção, reformas e até mesmo demolição.

A implementação do BIM é gradual e é classificada em níveis de maturidade, os quais refletem o nível de digitalização e colaboração em um projeto. Os níveis mais importantes são:

- Nível 0: Uso de CAD 2D sem interação digital.
- Nível 1: Modelagem CAD 3D parcial, com gerenciamento de arquivos distinto.
- Nível 2: Modelos tridimensionais para cada disciplina, com capacidade de interoperabilidade por meio de formatos como IFC e colaboração em um Ambiente Comum de Dados (CDE).
- Nível 3: Modelo federado único, com colaboração em tempo real e integração completa de dados, abrangendo aspectos como tempo (4D), custo (5D), sustentabilidade (6D) e operação (7D).

Esses níveis ajudam a determinar o grau de maturidade de uma empresa ou projeto, orientando as estratégias de implementação e colaboração no uso do BIM.

3.1.2 Coordenação e Compatibilização de Projetos

A coordenação e compatibilização de projetos em BIM envolvem a integração e o ajuste das informações de diversas disciplinas de design, como arquitetura, estrutura e instalações, assegurando que todos os componentes do projeto estejam corretamente alinhados e livres de conflitos. Essa abordagem busca prevenir erros e retrabalhos durante a execução da obra, aumentando a eficiência e a qualidade do processo de construção.

Uma coordenação eficiente em BIM requer o uso de ferramentas e métodos que possibilitam a detecção de interferências (clashdetection), análise de conflitos e ajustes nos modelos digitais antes da construção física. Ademais, a compatibilização garante que as informações estejam atualizadas e coerentes entre as diferentes disciplinas, o que simplifica a comunicação e a tomada de decisões em todas as etapas do projeto.

De acordo com o Grupo AJ (2024), a transição de projetos em CAD para modelos BIM possibilita a análise integrada dos projetos de diversas disciplinas, o que facilita a compatibilização das informações e a identificação e resolução de conflitos de

maneira proativa. Essa estratégia ajuda a diminuir custos, prazos e riscos ligados à realização do projeto.

3.2 FERRAMENTAS BIM PARA DETECÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

O *Building Information Modeling* (BIM) vem se firmando como uma metodologia fundamental para a gestão de projetos na construção civil, fornecendo ferramentas que possibilitam uma integração mais eficaz e precisa entre as disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações prediais. Uma das características mais relevantes do BIM é a detecção de interferências (*clashdetection*), que permite identificar e resolver conflitos entre elementos do projeto antes da execução física, diminuindo retrabalhos, custos e atrasos (AZHAR, 2011).

3.2.1 Autodesk NavisworksManage

Uma das ferramentas mais empregadas na gestão de projetos BIM, especialmente para a detecção de interferências, é o Autodesk NavisworksManage. Essa plataforma possibilita a incorporação de modelos 3D originários de diversos softwares, permitindo a visualização integrada da arquitetura, estrutura e instalações (LEE; KIM, 2019). Ademais, o NavisworksManage disponibiliza funcionalidades de simulação 4D, possibilitando a análise do cronograma da obra em conjunto com o modelo 3D, o que ajuda a identificar possíveis conflitos de tempo e espaço. De acordo com Eastman et al. (2018), o uso do Navisworks para a detecção de conflitos melhora consideravelmente a confiabilidade do planejamento e diminui as dificuldades durante a execução do projeto.

3.2.2 Clash Detection e suas Aplicações

Clash detection é o procedimento de identificação de conflitos entre elementos de um modelo BIM, podendo ser classificado como *hard clash* (interferência física direta), *soft clash* (coincidência de proximidade entre elementos) ou *workflow clash* (problemas de sequência construtiva) (SMITH; TAYLOR, 2020). Essa abordagem é essencial para projetos complexos que envolvem várias disciplinas no mesmo ambiente, como sistemas de ar-condicionado, elétricos e hidráulicos. A utilização da *clashdetection* possibilita a identificação antecipada de problemas que, normalmente, só seriam detectados durante a execução da obra, resultando em economia de tempo e recursos. Pesquisas recentes mostram que projetos que empregam a detecção de conflitos podem diminuir em até 40% os problemas enfrentados em campo, melhorando

a coordenação entre as equipes e elevando a qualidade final da construção (JOHNSON; WILLIAMS, 2021).

Em resumo, ferramentas BIM para detecção de interferências, como o Autodesk NavisworksManage, são essenciais para a gestão de projetos contemporâneos, possibilitando a resolução de conflitos de maneira proativa e melhorando a eficiência e a sustentabilidade do processo de construção.

3.3 GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO

A administração de projetos na construção civil é essencial para assegurar a eficiência, o controle de custos, a pontualidade e a qualidade das obras. De acordo com o Project Management Institute (PMI, 2021), a gestão de projetos envolve a utilização de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades de um projeto para cumprir seus requisitos. No âmbito da construção civil, isso ganha ainda mais importância em virtude da complexidade das fases, da quantidade de partes interessadas envolvidas e do grande impacto financeiro e social das construções (OLIVEIRA; LIMA, 2019).

3.3.1 Modelo Tradicional x Gestão Integrada

O modelo tradicional de gestão de projetos, caracterizado por estruturas sequenciais e departamentalizadas, também conhecido como modelo em cascata, tem sido o predominante na construção civil ao longo da história. Nesse modelo, cada etapa deve ser finalizada antes do início da próxima, o que pode resultar em problemas de comunicação e necessidade de retrabalho (SOUZA; ALMEIDA, 2018).

Em contrapartida, a gestão integrada se apresenta como uma opção para promover a cooperação entre equipes, diminuir conflitos e aprimorar o processo de tomada de decisões. Essa estratégia incentiva um maior intercâmbio de informações entre os participantes do projeto, a integração de softwares e metodologias, além de priorizar a entrega de valor ao cliente (PEREIRA; MENDES, 2020). Em empreendimentos complexos, onde a coordenação entre disciplinas é fundamental, a gestão integrada tem se revelado mais eficiente.

3.3.2 *Lean Construction* e *BIM Mandate*

Nos últimos anos, novas abordagens foram integradas à gestão de projetos na construção civil, com ênfase no *Lean Construction* e no Building Information Modeling (BIM).

O *Lean Construction*, originado do sistema de produção enxuta criado pela Toyota, foi adaptado para o setor da construção por Koskela nos anos 1990. Seu propósito é eliminar desperdícios, melhorar a produtividade e assegurar maior previsibilidade nos projetos de construção (KOSKELA, 1992; FORMOSO et al., 2017). A abordagem lean prioriza a administração eficaz de recursos, a melhoria constante e a integração de processos.

Por outro lado, o *BIM Mandate* diz respeito à exigência de aplicação da metodologia BIM em certos projetos, principalmente em obras públicas, como acontece em vários países e, mais recentemente, no Brasil com a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Decreto n.º 9.983/2019). O BIM permite a modelagem digital das informações da construção, o que possibilita um planejamento mais preciso, simulações de desempenho e diminuição de incompatibilidades (EASTMAN et al., 2018).

A integração do *Lean Construction* com o BIM é vista como uma tendência na construção civil atual, pois une filosofia de gestão e tecnologia digital, promovendo maior eficiência e colaboração entre todos os participantes do ciclo de vida do projeto (SANTOS; FERREIRA, 2021).

3.4 IMPACTOS DAS INTERFERÊNCIAS NA OBRA

Um dos principais fatores que afetam o desempenho dos projetos de construção civil é a interferência, que tem um impacto direto nos prazos, custos e qualidade final do produto. De acordo com Souza e Carvalho (2019), essas interferências podem ser definidas como qualquer evento inesperado que modifica o fluxo normal da execução de um projeto, exigindo ajustes que geralmente têm impactos negativos no planejamento original.

3.4.1 Retrabalho, Atrasos e Custos

A literatura indica que o retrabalho é um dos principais obstáculos à produtividade no setor da construção civil. Segundo Formoso et al. (2017), aproximadamente 30% das tarefas realizadas em um canteiro de obras podem estar ligadas a algum tipo de retrabalho, o que resulta em desperdício de tempo, recursos materiais e mão de obra. Esse fenômeno leva, inevitavelmente, a atrasos no cronograma e aumenta os custos diretos e indiretos do projeto.

Adicionalmente, Love et al. (2020) apontam que a ocorrência de retrabalho está ligada à falta de planejamento, problemas de comunicação entre os participantes e mudanças no projeto durante a execução. Esses fatores levam a aumentos significativos no orçamento inicial, impactando não só a lucratividade da empresa, mas também a satisfação do cliente.

Dessa forma, constata-se que o retrabalho, além de afetar negativamente o prazo de conclusão da obra, compromete a previsibilidade financeira do projeto, configurando-se como um dos principais impactos das interferências.

3.4.2 Comunicação e Falhas de Coordenação

A comunicação inadequada entre os diversos agentes envolvidos no processo é outro fator importante relacionado às interferências em obras. Silva e Oliveira (2018) destacam que a construção civil se caracteriza por um elevado nível de interdependência entre equipes multidisciplinares, tornando a coordenação fundamental para o êxito do projeto.

A probabilidade de falhas na execução aumenta devido à falta de clareza na comunicação das informações, à falta de registros apropriados e ao atraso na transmissão de decisões importantes. De acordo com Alarcón e Mardones (2016), essas questões de comunicação geralmente resultam em incompatibilidades de projeto, atrasos na entrega de materiais e necessidade de ajustes emergenciais no canteiro de obras.

Assim, problemas de coordenação e comunicação ineficaz são causas frequentes de interferências que prejudicam a produtividade e a qualidade da obra, agravando os efeitos já vistos em relação a custos e prazos.

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

O estudo de caso é uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, quantitativa, descritiva e exploratória. O estudo de caso foi escolhido por permitir uma análise de um objeto específico: identificação de interferências entre projetos de uma casa de alto padrão.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO UTILIZADO

O estudo do caso em questão é de uma residência unifamiliar de alto padrão localizada em João Pessoa, contendo 1º andar, total de 302m². A obra está em execução neste momento, 15/09/2025.

O estudo dos projetos apresentados neste trabalho foi autorizado pelo escritório responsável, sob a condição de que não fossem mencionados o nome do cliente nem a localização exata do empreendimento, a fim de preservar a confidencialidade das informações

Para analisar as interferências entre as disciplinas, os modelos foram combinados e examinados no software Autodesk Navisworks, uma ferramenta destinada à detecção de conflitos (*clash detection*) e à compatibilização de projetos. Esse procedimento permitiu identificar sobreposições, inconsistências e incompatibilidades entre os diversos modelos, funcionando como fundamento para a análise dos efeitos dessas interferências no progresso do projeto e, por consequência, na realização da obra.

4.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

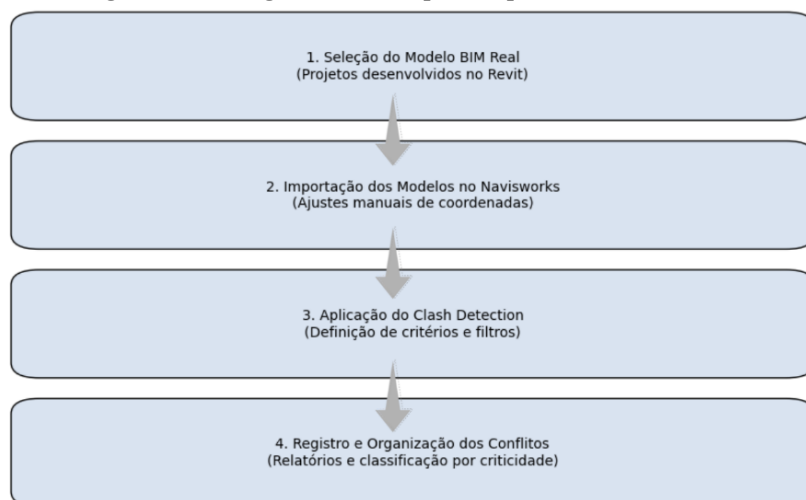
O Autodesk Navisworks é um programa destinado à revisão, simulação e coordenação de projetos no ambiente BIM. Sua principal função é a detecção de interferências (*clash detection*), o que possibilita a identificação de conflitos entre diversas disciplinas de projeto, como arquitetura, estrutura e hidrossanitarismo. Ademais, o Navisworks permite a visualização unificada dos modelos 3D, a navegação interativa no ambiente virtual e a criação de relatórios a respeito dos pontos de conflito identificados.

Já o Autodesk Revit é software de modelagem BIM utilizado para o desenvolvimento dos modelos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. Permite a criação de modelos paramétricos e a integração entre disciplinas.

4.4 ETAPAS DO PROCESSO DE ANÁLISE

O processo de análise das interferências entre disciplinas no ambiente BIM foi conduzido em etapas sequenciais, visando garantir a fidelidade dos dados, a correta integração dos modelos e a efetiva detecção de conflitos relevantes. A partir da Figura 1, pode-se observar um fluxograma das etapas dessa fase de trabalho.

Figura 1: Fluxograma das etapas do processo de análise.



Fonte: Autor, 2025.

4.4.1 Seleção do modelo BIM real

Os projetos foram disponibilizados por um escritório de projetos em formato RVT. O engenheiro responsável enviou os arquivos via *Whatsapp*.

A primeira etapa consistiu na seleção de um conjunto de modelos reais, desenvolvidos por profissionais de um escritório de projetos. Os arquivos contemplavam as disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações hidrossanitárias de uma residência unifamiliar de alto padrão. Todos os modelos foram elaborados na plataforma Autodesk Revit, permitindo compatibilidade nativa com ferramentas de análise BIM.

4.4.2 Importação para o Navisworks

O processo de importação dos modelos foi realizado de forma direta, uma vez que o Autodesk Navisworks possui compatibilidade nativa com arquivos gerados no Autodesk Revit. Assim, ao inserir o arquivo no Navisworks, as disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações foram automaticamente reconhecidas e integradas no ambiente de análise, possibilitando a visualização conjunta e a detecção das interferências.

Entretanto, houve erros quanto à localização das disciplinas nos eixos x, y e z. Tornando necessário realizar a configuração manual dos diferentes projetos dentro do software para unificar e tornar possível a verificação das interferências.

4.4.3 Aplicação do Clash Detection

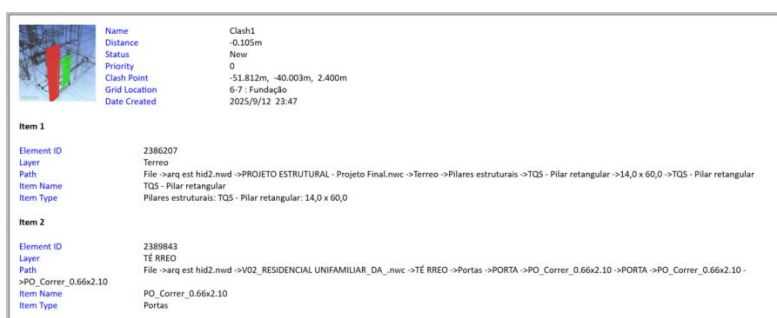
Com os modelos corretamente integrados e alinhados, foi aplicada a ferramenta *Clash Detective* do Navisworks, responsável por identificar interferências entre os elementos das diferentes disciplinas.

Para garantir uma análise relevante, foram definidos filtros e critérios específicos, visando eliminar conflitos irrelevantes ou repetitivos. Por exemplo:

- As paredes arquitetônicas não foram incluídas nas comparações com a estrutura, pois gerariam conflitos considerados normais (como pilares embutidos em paredes), que não configuram incompatibilidades reais.
- A análise priorizou interferências entre elementos críticos, como janelas ou portas sobrepostas a pilares e vigas, além de conflitos entre tubulações e componentes estruturais.
- Também foi observada uma incompatibilidade de nível entre a estrutura e a cobertura, causada por uma diferença de altura no modelo estrutural em relação à cobertura arquitetônica.

As interferências detectadas foram documentadas por meio de relatórios gerados automaticamente (Figura 2) pelo software, contendo imagens, localizações, disciplinas envolvidas e observações adicionais para cada conflito identificado.

Figura 2: Exemplo de relatório de uma interferência.



Fonte: Autor, 2025.

4.5 REGISTRO E ORGANIZAÇÃO DOS CONFLITOS

Após a detecção, os conflitos foram catalogados e organizados em uma planilha de controle. Essa sistematização permitiu uma visão geral dos tipos de interferência encontrados, a frequência por disciplina e a avaliação de sua

criticidade. Os conflitos também foram classificados de acordo com sua gravidade, permitindo identificar aqueles que demandam atenção imediata.

Além da classificação por criticidade, foram consideradas outras formas de organização, visando ampliar a compreensão das incompatibilidades encontradas e facilitar a tomada de decisões durante o processo de compatibilização. As principais categorias adicionais foram:

a) Classificação por Disciplinas Envolvidas

- Os conflitos foram agrupados conforme as disciplinas em que ocorreram as interferências, permitindo identificar os pares mais críticos. Exemplos:
- Arquitetura x Estrutura
- Estrutura x Instalações

Essa categorização permite identificar áreas recorrentes de conflito e orientar ajustes no fluxo de trabalho entre os profissionais envolvidos.

b) Classificação por Tipo de Elemento

Os conflitos também foram organizados segundo os elementos construtivos envolvidos, como:

- Aberturas (portas e janelas)
- Vigas e pilares
- Tubulações e conexões
- Cobertura
- Caixas de passagem / equipamentos hidráulicos

Essa abordagem facilita a identificação de padrões de modelagem que precisam ser corrigidos ou otimizados.

c) Classificação por Localização na Edificação

Outra organização adotada foi por setor ou pavimento da edificação (ex: térreo, pavimento superior, cobertura), o que auxilia a equipe técnica a priorizar correções por fase da obra.

d) Classificação por Responsabilidade Técnica

Em alguns casos, os conflitos foram categorizados com base na disciplina responsável pela correção, seja por inconsistência de modelagem, omissão de informação, ou erro de inserção. Essa divisão facilita a coordenação e o planejamento das revisões necessárias.

e) Classificação por Tipo de Interferência

Com base na natureza geométrica do conflito, os registros foram classificados como:

- **Físico:** sobreposição de volumes (ex: tubulação atravessando viga)
- **Espacial:** violação de zonas de manutenção ou circulação
- **Técnico-funcional:** conflito entre sistemas incompatíveis (ex: duto em área de ventilação natural)
- **Visual/estético:** impacto na aparência ou na composição arquitetônica

A documentação detalhada das interferências, organizada por essas categorias, possibilitou não apenas a geração de relatórios técnicos, mas também a elaboração de recomendações específicas para correção de erros e melhorias no processo de projeto. Além disso, permitiu avaliar os impactos potenciais das incompatibilidades na execução da obra, como retrabalho, atraso no cronograma ou aumento de custos.

5 RESULTADOS

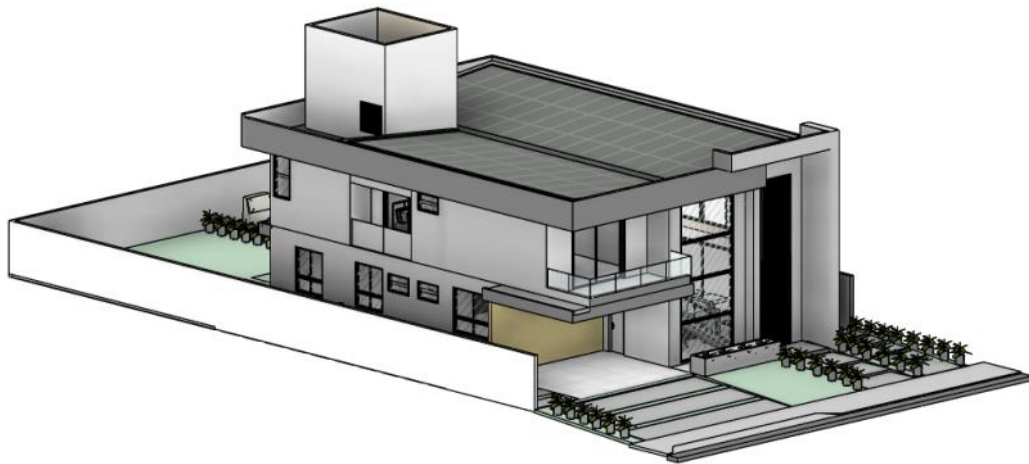
5.1 DETALHAMENTO DO EDIFÍCIO

O edifício em questão é ilustrado nas figuras abaixo, onde a Figura 3 é a modelagem arquitetônica; Figura 4 Modelagem estrutural; e Figura 5 a modelagem hidrossanitária.

A análise das interferências detectadas entre as disciplinas arquitetônica, estrutural e hidrossanitária forneceu uma visão muito importante para entender o efeito que erros de compatibilização podem ter no ciclo de vida de um projeto. A utilização do Autodesk Navisworks foi essencial para a identificação precoce desses conflitos,

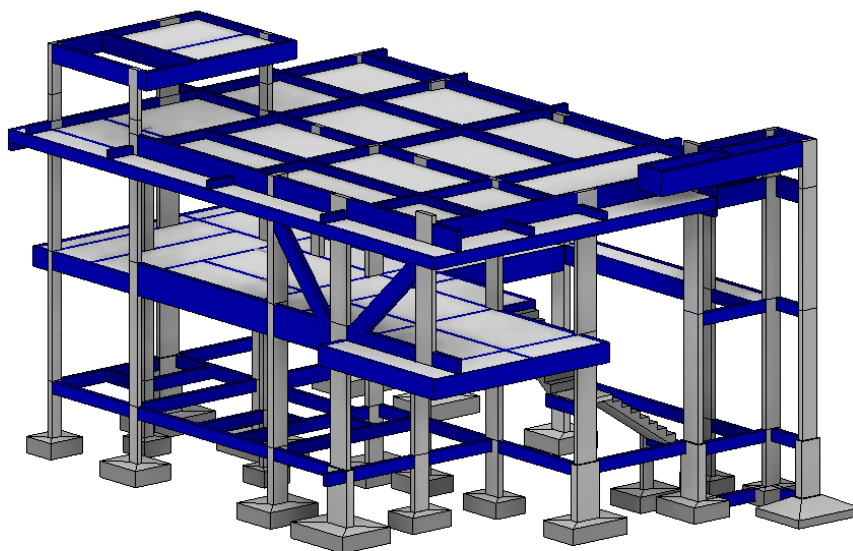
possibilitando que as correções fossem implementadas na etapa de projeto, antes que se tornassem questões mais complicadas durante a execução da obra.

Figura 3: Modelagem arquitetônica da residência



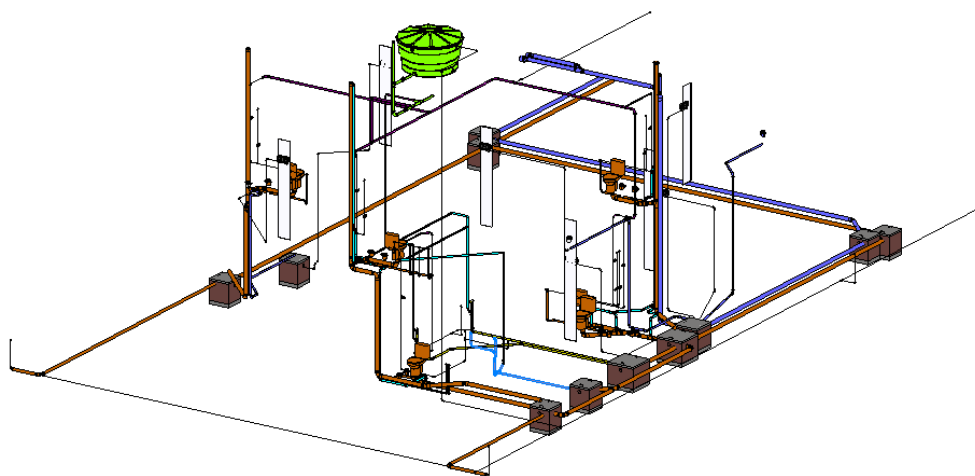
Fonte: Autor, 2025.

Figura 4: Modelagem estrutural da residência



Fonte: Autor, 2025.

Figura 5: Modelagem hidrossanitária da residência



Fonte: Autor, 2025.

A análise das interferências detectadas entre as disciplinas arquitetônica, estrutural e hidrossanitária forneceu uma visão muito importante para entender o efeito que erros de compatibilização podem ter no ciclo de vida de um projeto. A utilização do Autodesk Navisworks foi essencial para a identificação precoce desses conflitos, possibilitando que as correções fossem implementadas na etapa de projeto, antes que se tornassem questões mais complicadas durante a execução da obra.

5.1 CRITICIDADE DAS INTERFERÊNCIAS ANALISADAS

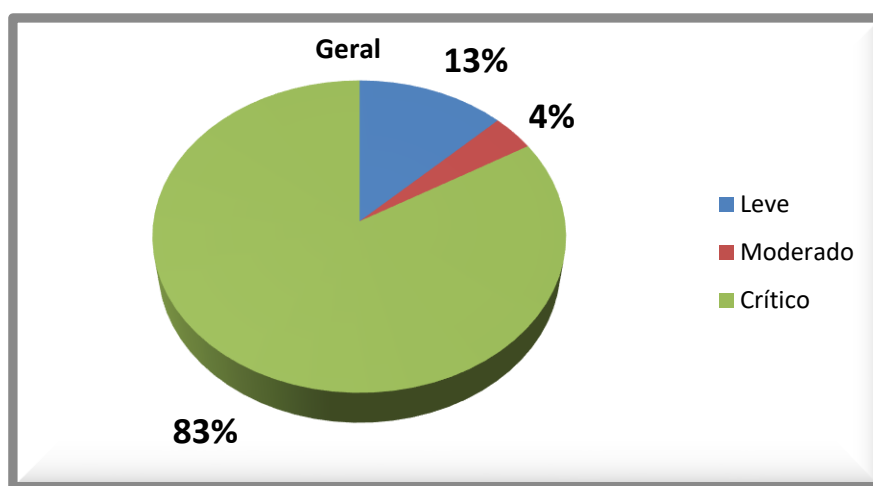
Os resultados mostraram um total de 267 interferências, das quais 223 foram classificadas como críticas. Essa elevada taxa de interferências críticas destaca a relevância da gestão preventiva na fase de planejamento/projeto, como indicado por vários autores. Por exemplo, Bitaraf et al. (2024) mostram que priorizar “hard clashes” entre estruturas e sistemas MEP, com base em critérios como função dos espaços, volumes e adjacências, ajuda a reduzir atrasos e custos elevados no canteiro de obras. Braa F. Abdalhameed et al. (2023) demonstram que a identificação precoce de interferências em modelos federados de projeto diminui a necessidade de retrabalho e melhora a eficiência operacional antes da construção.

Nesse contexto, gerenciar criticidade envolve não apenas identificar as interferências, mas também classificá-las, estabelecer prioridades e tratá-las adequadamente ainda na fase de planejamento. Essa abordagem contribui diretamente

para a redução de impactos nos custos, prazos e qualidade do projeto, como demonstram diversos estudos sobre a implementação do BIM aliado à gestão de riscos.

A seguir, apresenta-se o Gráfico 1, que ilustra a distribuição das interferências identificadas de acordo com o grau de criticidade. Em complemento, são exibidas imagens extraídas do software, evidenciando visualmente algumas das interferências apontadas e sua respectiva gravidade.

Gráfico 1: Criticidade das interferências

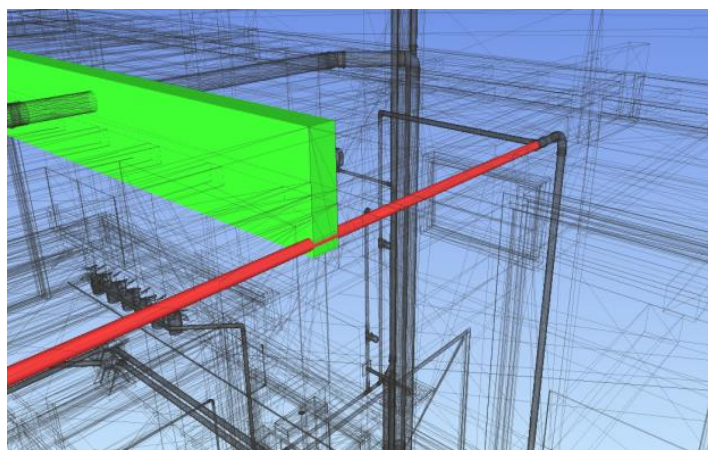


Fonte: Autor, 2025.

Leves

Quantos as interferências leves destacam-se 34, as quais são relativas a altura incorreta do barrilete do 1º pavimento, que está aproximadamente 20cm acima do correto conforme é visto na Figura 6. Embora essa colisão seja classificada como leve — pois, na prática, pode ser facilmente ajustada pelo encanador durante a execução —, a ocorrência ainda representa um problema real. Mesmo interferências de baixa criticidade podem gerar retrabalho, desperdício de materiais, atrasos pontuais e aumento de custos, especialmente quando não são detectadas e resolvidas previamente na fase de planejamento.

Figura 6: Barrilete do 1º pavimento causando interferência no estrutural



Fonte: Autor, 2025.

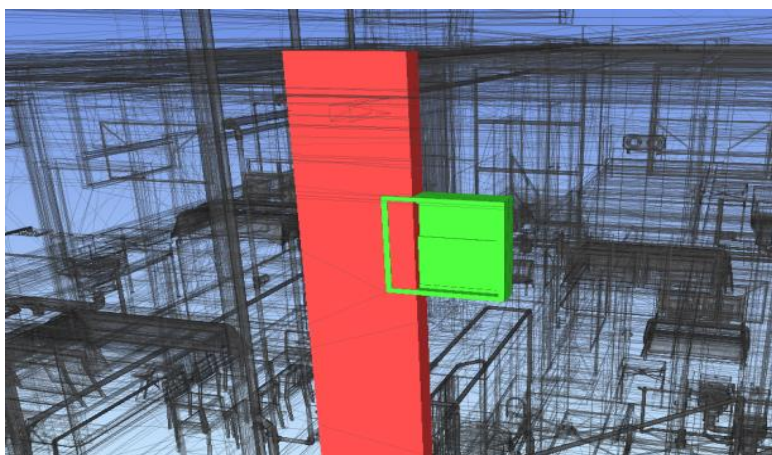
As interferências classificadas como de criticidade moderada representam situações que, embora não inviabilizem a execução da obra, exigem maior atenção e planejamento para evitar impactos mais significativos. Nesse caso específico, observou-se a ocorrência de dez interferências moderadas, divididas igualmente entre pilares posicionados em áreas destinadas a janelas e vigas localizadas em vãos de portas (Figuras 7 e 8).

No estudo, foi classificado como interferências moderadas Os Pilares em Janelas(5) e Vigas em Portas(5), representando 50% de cada.

Esses tipos de conflitos demandam soluções técnicas que podem envolver alterações no projeto estrutural ou de esquadrias, o que, se não identificado previamente, pode gerar retrabalho em obra, comprometimento da funcionalidade dos ambientes e até a necessidade de adaptações improvisadas, que afetam diretamente a qualidade da construção. Além disso, ajustes desse tipo em fase de execução tendem a acrescentar custos não previstos e atrasar o cronograma.

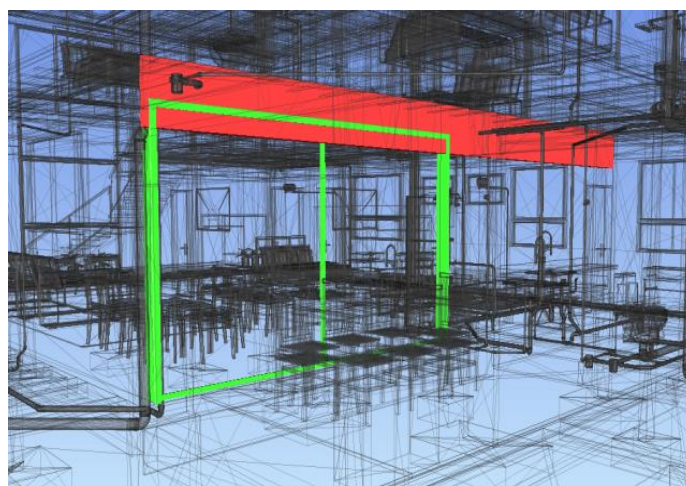
A identificação dessas interferências na fase de compatibilização, por meio da utilização de ferramentas como o Navisworks, reforça a importância da detecção antecipada de conflitos e da classificação adequada de sua criticidade como estratégia fundamental para a gestão de riscos na construção civil.

Figura 7: Pilar causando interferência em esquadria.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 8: Viga causando interferência em esquadria.



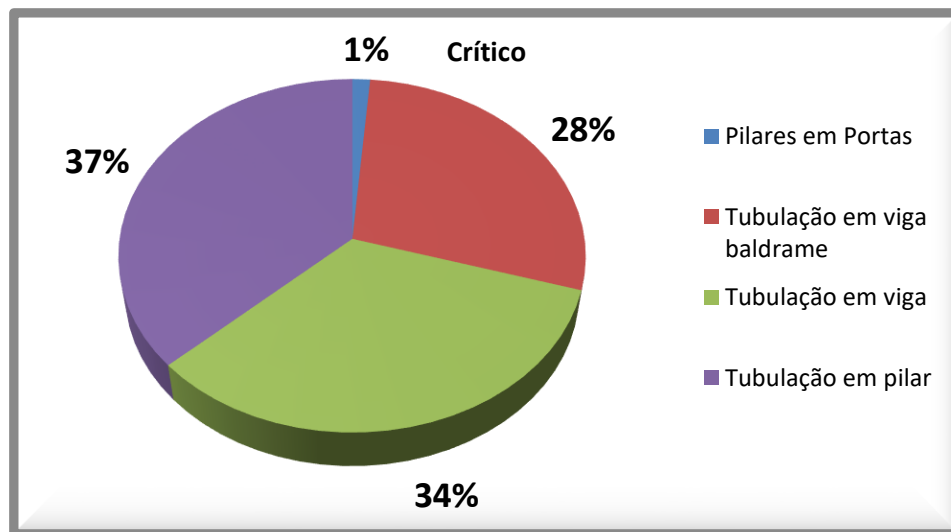
Fonte: Autor, 2025.

As interferências classificadas como críticas representam os conflitos mais severos detectados durante a fase de compatibilização, pois têm alto potencial de comprometer significativamente o andamento da obra, a integridade estrutural ou os sistemas prediais. Essas interferências exigem correções imediatas em projeto, já que sua resolução em campo pode gerar elevados custos, retrabalho complexo e impactos diretos no cronograma da construção.

A distribuição dessas interferências pode ser observada na análise do gráfico 3, que identifica os principais tipos de conflitos críticos encontrados no modelo: tubulação em pilar (37%)(Figura 12), tubulação em viga (34%)(Figura 11), tubulação

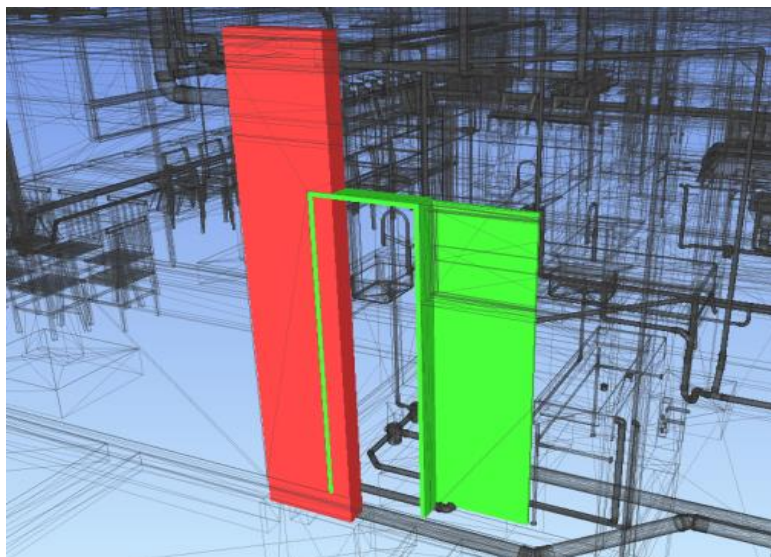
em viga baldrame (28%)(Figura 10) e pilares posicionados em portas (1%) (Figura 9). Esses dados reforçam a importância da compatibilização entre os projetos estrutural e hidrossanitário, uma vez que a maioria das colisões envolve elementos desses dois sistemas.

Gráfico 2: Interferências Críticas



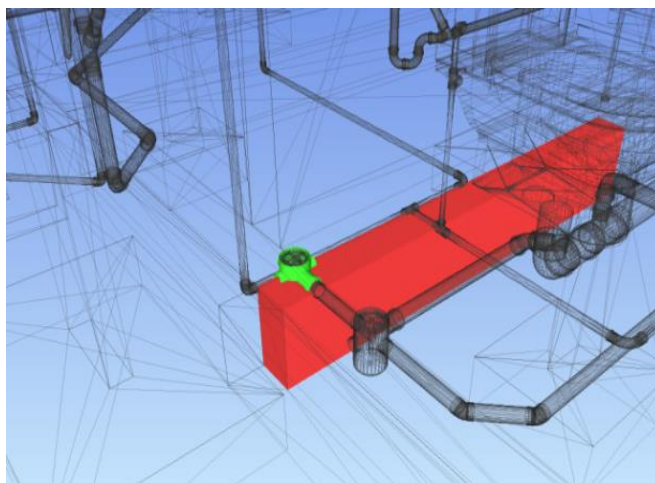
Fonte: Autor, 2025.

Figura 9: Pilar causando interferência em porta.



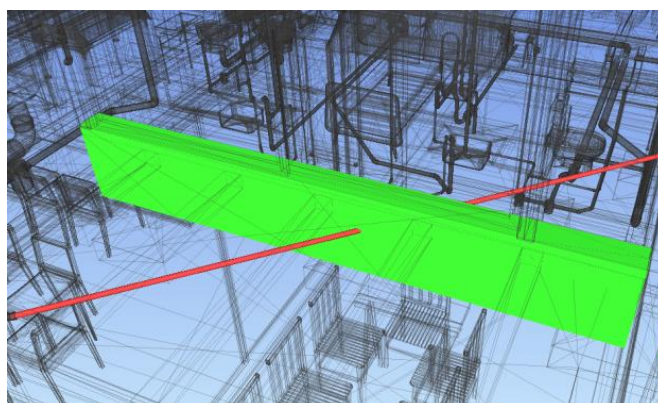
Fonte: Autor, 2025.

Figura 10: Caixa sinfonada causando interferência em viga baldrame.



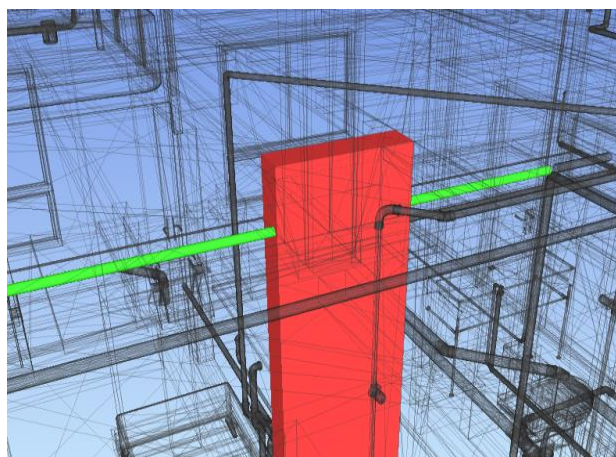
Fonte: Autor, 2025.

Figura 11: Tubulação em viga.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 12: Tubulação em pilar.



Fonte: Autor, 2025.

Quando se trata das interações entre arquitetura e estrutura, a presença de pilares atravessando portas e janelas afetaria diretamente a funcionalidade e a usabilidade dos espaços. A presença de um pilar em uma abertura pode impedir totalmente a instalação de esquadrias, diminuindo a entrada de luz natural e ventilação em certos ambientes, além de impactar a estética arquitetônica. Corrigir esse tipo de problema em uma obra exigiria a remoção ou o deslocamento de pilares estruturais, o que é tecnicamente complicado, caro e arriscado, pois afeta a estabilidade da construção.

As interferências entre a estrutura e as instalações hidrossanitárias geram conflitos ainda mais preocupantes. A passagem de tubulações por vigas e pilares afeta diretamente a estabilidade estrutural. Se não fossem identificadas, essas falhas poderiam resultar em soluções improvisadas no local, como perfurações inadequadas em componentes estruturais, o que compromete a capacidade de carga e pode causar problemas como fissuras e infiltrações. Ademais, essas mudanças poderiam levar à não conformidade com as normas técnicas, afetando a durabilidade e a segurança da edificação.

O cronograma de execução seria outro efeito direto. A identificação tardia de interferências durante a obra exige a paralisação das frentes de trabalho até que a equipe técnica desenvolva soluções de correção. Isso gera um efeito dominó: atraso na entrega de materiais, necessidade de replanejamento das tarefas subsequentes e, em diversos casos, interrupção da sequência lógica de execução, elevando os custos indiretos da obra.

Além dos atrasos e custos, é fundamental levar em conta o efeito na qualidade final do projeto. Soluções improvisadas em campo geralmente são menos eficazes e podem afetar a estética do projeto, diminuir a vida útil de certos sistemas ou elevar os custos de manutenção a longo prazo.

Assim, se essas interferências não tivessem sido detectadas antecipadamente, a obra poderia enfrentar retrabalhos consideráveis, desperdício de materiais, atrasos no cronograma e, possivelmente, comprometer a segurança da edificação.

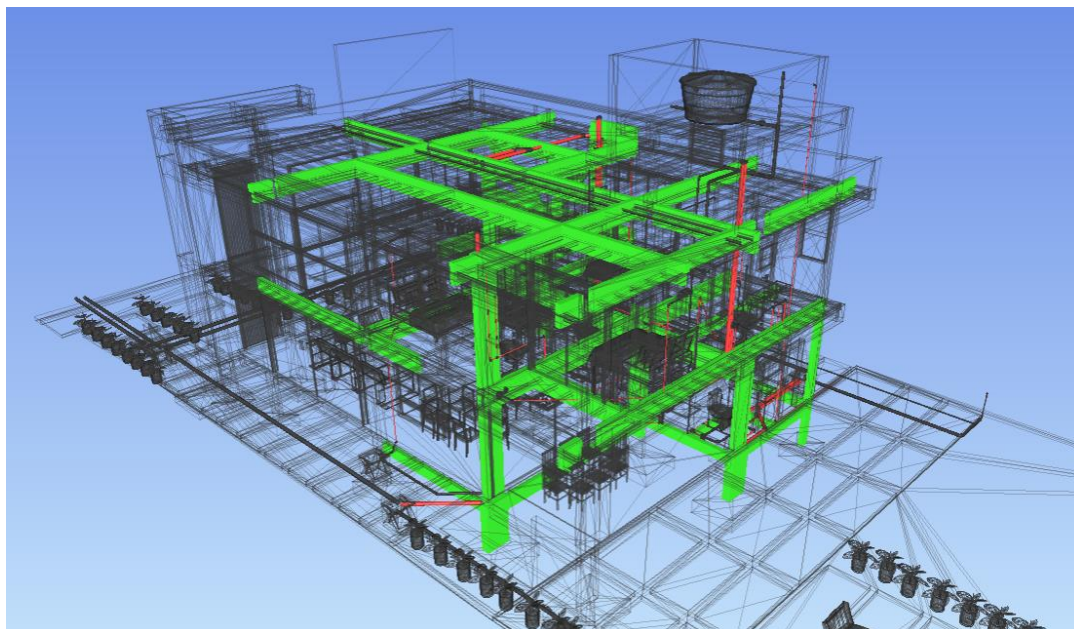
5.2 INTERFERÊNCIAS ENTRE AS DISCIPLINAS

5.2.1 Classificação das Disciplinas envolvidas

Um dos principais objetivos da fase de compatibilização de projetos é prever conflitos entre diferentes disciplinas, que geralmente ocorrem por falta de comunicação e integração entre os projetistas. Neste estudo, os resultados mostraram um total de 267 interferências, sendo 223 delas consideradas críticas. Esse número é relevante, pois demonstra o quanto problemas de coordenação poderiam afetar a viabilidade do projeto se fossem detectados somente durante a execução da obra.

A quantidade de interferências entre a estrutura e os sistemas hidrossanitários (Figura 13) foi um dos aspectos mais significativos observados. Esse tipo de conflito é comum, já que tubulações, conexões e caixas de inspeção frequentemente ocupam o mesmo espaço reservado para elementos estruturais, como vigas e pilares. Quando não detectadas antecipadamente, essas circunstâncias podem exigir modificações em campo, resultando em retrabalho, despesas extras, atrasos no cronograma e, em certas situações, comprometimento da segurança estrutural.

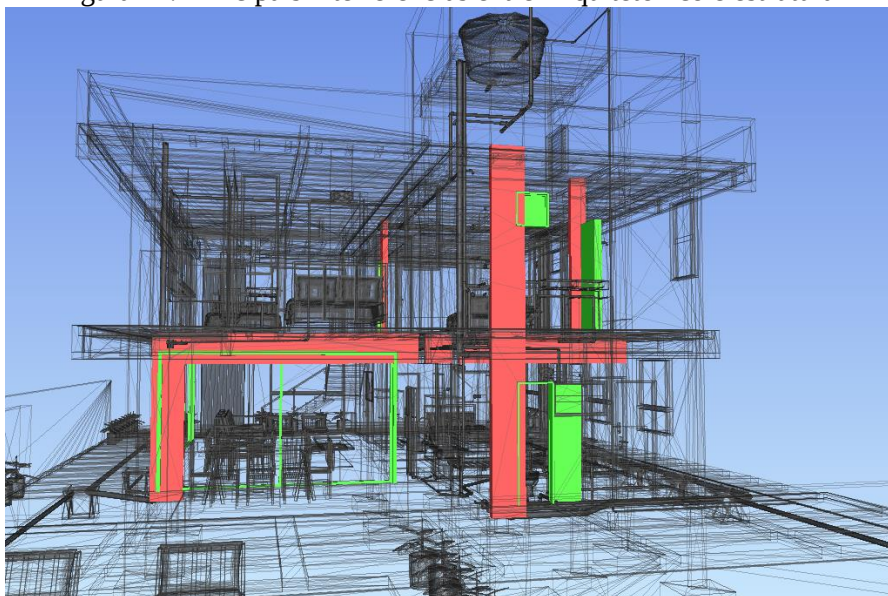
Figura 13: Principais interferências entre estrutural e hidrossanitário.



Fonte: Autor, 2025.

Da mesma maneira, foram encontradas interferências entre os projetos estrutural e arquitetônico (Figura 14), demonstrando inconsistências entre as soluções propostas (como a localização de paredes e aberturas) e as dimensões de vigas e pilares. Quando não são abordados, esses conflitos afetam diretamente a funcionalidade dos ambientes, a estética arquitetônica e a lógica da construção.

Figura 14: Principais interferências entre Arquitetônico e estrutural



Fonte: Autor, 2025.

A análise das interferências identificadas evidencia que a maior parte dos conflitos ocorre justamente nas interfaces entre disciplinas que deveriam estar mais integradas. A recorrência de problemas entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário revela uma deficiência na comunicação entre os profissionais envolvidos, apontando para uma falha na gestão do processo de planejamento.

Esse cenário reforça a importância da adoção de metodologias colaborativas, como o uso do Navisworks, que permite a detecção antecipada de colisões e a análise conjunta entre as equipes de projeto, promovendo uma melhor coordenação interdisciplinar.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de interferências identificadas entre os projetos arquitetônico e estrutural, ilustrando quantitativamente a dimensão desses conflitos e sua recorrência no modelo analisado. Já a Tabela 2 traz a quantidade de interferências entre os projetos estrutural e hidrossanitário, evidenciando outra interface crítica que demanda atenção no processo de compatibilização.

Tabela 1: Quantidade de interferências entre Arquitetônico e Estrutural

Arquitetônico x Estrutural	
Interferência	13
Pilares em Portas	3
Pilares em Janela	5
Vigas em Portas	5

Fonte: Autor, 2025.

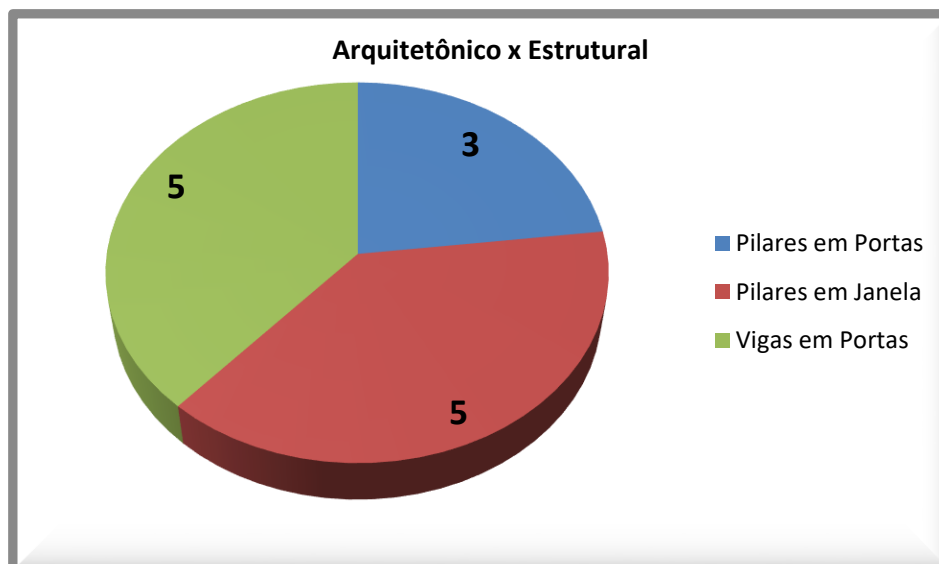
Tabela 2: Quantidade de interferências entre Estrutural e Hidrossanitário.

Estrutural x Hidrossanitário	
Interferência	254
Altura 1º andar incorreta	34
Tubulação em viga baldrame	63
Tubulação em viga	75
Tubulação em pilar	82

Fonte: Autor, 2025.

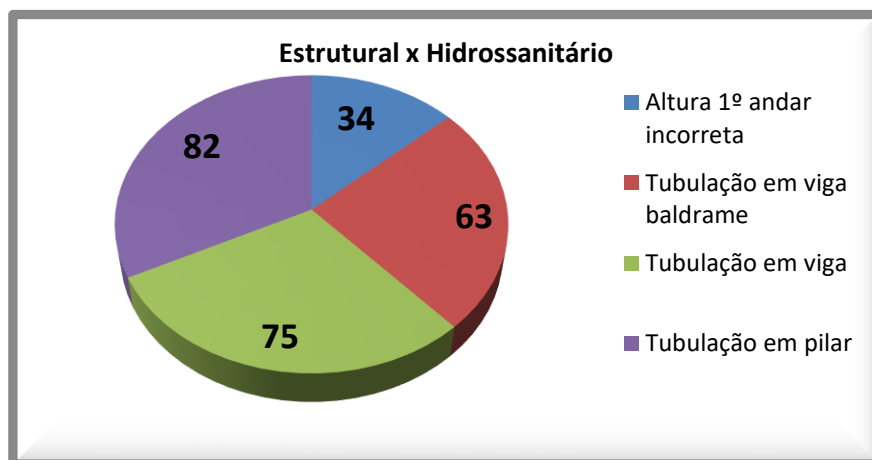
Desse modo, pode ser melhor visualizado através dos Gráficos 4 e 5.

Gráfico 3: Interferências entre Arquitetônico e Estrutural.



Fonte: Autor, 2025.

Gráfico 4: Interferências entre Estrutural e Hidrossanitário.



Fonte: Autor, 2025.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de interferências entre os projetos estrutural e hidrossanitário, revelando que essa interface concentrou a maior parte dos conflitos detectados durante o processo de compatibilização. Esse dado é especialmente relevante, pois indica que muitos dos choques ocorrem justamente entre elementos fundamentais para o funcionamento e a estabilidade da edificação, como vigas, pilares e tubulações.

Essa predominância de interferências pode estar diretamente relacionada ao modelo tradicional de gestão de projetos, no qual a concepção parte, inicialmente, do projeto arquitetônico e, em seguida, os projetos complementares (estrutural, hidrossanitário, elétrico etc.) são desenvolvidos de forma sequencial e, muitas vezes, com pouca ou nenhuma interação entre si. Nesse cenário, a falta de comunicação entre os profissionais responsáveis pelos projetos estrutural e hidrossanitário contribui significativamente para a geração de conflitos que só seriam percebidos em obra, resultando em retrabalho, desperdício de materiais, aumento de custos e atrasos no cronograma.

Portanto, os resultados reforçam a importância da adoção de metodologias de trabalho colaborativas, que promovam a integração entre as diversas disciplinas desde as etapas iniciais do projeto. O uso de ferramentas de compatibilização digital, como o Navisworks, permite identificar essas interferências ainda na fase de planejamento,

possibilitando sua resolução antes da execução e garantindo maior eficiência e segurança no processo construtivo.

5.3 CLASSIFICAÇÃO POR LOCALIZAÇÃO NA EDIFICAÇÃO

Além da análise por criticidade e por disciplina, as interferências também foram categorizadas conforme sua posição na edificação, permitindo a identificação dos ambientes mais propensos a conflitos entre projetos. Essa abordagem é essencial, uma vez que nem todas as interferências têm o mesmo efeito. Interferências em áreas técnicas, por exemplo, podem exigir soluções distintas das que são aplicadas em áreas de uso comum ou em ambientes de circulação.

Os resultados mostraram que a maioria das interferências ocorre em regiões de banheiros cozinhas e shafts técnicos, onde há uma alta concentração de tubulações hidrossanitárias que atravessam vigas e pilares. Essa concentração destaca a importância de uma compatibilização cuidadosa nesses locais, pois eles abrigam sistemas de instalações de alta complexidade.

Também foram observadas interferências significativas em áreas de circulação, acessos, geralmente associadas ao posicionamento inadequado de elementos estruturais em relação às aberturas arquitetônicas (portas e janelas). Nesses casos, a funcionalidade do edifício é afetada de forma imediata, pois pilares em aberturas prejudicam tanto a estética quanto a usabilidade dos espaços.

Essa classificação espacial possibilita que os projetistas concentrem os esforços de correção nos pontos mais críticos, diminuindo a probabilidade de retrabalhos e assegurando um desempenho global superior para a edificação. Ademais, destaca a relevância de metodologias colaborativas, como o BIM, que permitem simulações e análises preventivas em diversas áreas do projeto antes do começo da obra.

5.4 CLASSIFICAÇÃO POR RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Além da análise por criticidade, disciplina e localização, as interferências foram também categorizadas de acordo com a responsabilidade técnica para correção. Essa estratégia é essencial, pois possibilita que cada equipe de projeto seja encarregada de revisar os componentes sob sua responsabilidade, prevenindo ambiguidades e acelerando a solução de conflitos.

Em diversos casos, as questões identificadas estavam ligadas a inconsistências na modelagem (como alturas erradas ou posicionamentos desalinhados), falta de informações (elementos não representados de forma adequada no modelo) ou falhas de inserção (colisão de elementos devido a um erro de posicionamento durante a modelagem). Nesses casos, é fundamental atribuir a responsabilidade corretamente para que a equipe adequada faça o ajuste, evitando retrabalho para outras disciplinas.

Por exemplo, as interferências identificadas entre pilares e tubulações hidrossanitárias foram principalmente atribuídas à equipe responsável pelo projeto hidrossanitário, uma vez que era sua responsabilidade ajustar os percursos das tubulações para que os elementos estruturais fixos fossem respeitados. Em contrapartida, os conflitos em que pilares cruzavam aberturas arquitetônicas foram atribuídos à equipe estrutural, uma vez que exigiam a reavaliação do posicionamento dos elementos de sustentação em relação ao projeto arquitetônico.

Essa classificação por responsabilidade técnica simplifica tanto a realização das revisões quanto o planejamento da compatibilização, pois possibilita a criação de um fluxo de correções organizado, dando prioridade às disciplinas que afetam diretamente outras partes do projeto. Como enfatizado por Abdalhameed et al. (2023), a identificação precoce de interferências em modelos federados só é eficiente se houver uma definição precisa de responsabilidades, assegurando que cada conflito seja gerenciado pela equipe mais apropriada.

Assim, ao associar as interferências às disciplinas responsáveis, o processo de compatibilização fica mais estruturado, claro e eficaz, diminuindo as chances de conflitos entre equipes, atrasos na análise dos modelos e efeitos prejudiciais no cronograma da obra.

5.5 CLASSIFICAÇÃO POR TIPO DE INTERFERÊNCIA

As interferências foram classificadas de acordo com sua natureza geométrica e funcional, além de serem analisadas por criticidade, disciplina, localização e responsabilidade técnica. Essa classificação é essencial, uma vez que cada tipo de conflito requer soluções específicas e causa efeitos variados no processo de execução da obra.

Arquitetônico x Estrutural

- Pilares em portas (3 casos) → configura uma interferência física e espacial, uma vez que há sobreposição direta entre o elemento estrutural e a abertura, além de obstruir a circulação de pessoas. Esse tipo de conflito afeta a funcionalidade do espaço, impedindo a instalação da esquadria e exigindo mudanças na estrutura ou na posição da porta.
- Pilares em janelas (5 casos) → pode ser classificado como visual/estético e funcional, pois interfere na entrada de luz e ventilação natural, além de comprometer a estética da fachada. Trata-se de uma intervenção de alta complexidade, uma vez que a correção em obra exigiria a realocação de pilares estruturais.
- Vigas em portas (5 casos) → implica uma interferência tanto física, devido à sobreposição de volumes, quanto espacial, em razão da limitação da altura livre para circulação. Esse problema afeta diretamente a funcionalidade e requer ajustes que ainda estão em fase de projeto, evitando soluções improvisadas que possam comprometer a estética e a segurança.

Estrutural x Hidrossanitário

- Altura inadequada no primeiro andar (34 casos) → classifica-se como técnico-funcional, devido a um erro de cota no barrilete. Embora o Navisworks indique isso como uma interferência, trata-se de um problema simples de resolver durante a execução, sem causar um impacto estrutural significativo.
- Tubulação em viga baldrame (63 casos) → representa uma interferência física, com volumes sobrepostos diretamente. Se não for identificada, pode resultar em cortes inadequados nos elementos estruturais da fundação, colocando em risco a estabilidade do prédio.
- Tubulação em viga (75 casos) → também é uma interferência física, constituindo um dos grupos mais significativos identificados. O principal efeito é a redução da resistência da viga se ela for perfurada, o que pode causar sérios problemas estruturais e altos custos para reparação.
- Tubulação em pilar (82 casos) → é a interferência física mais significativa identificada, uma vez que a preservação do pilar é fundamental para a estabilidade geral da estrutura. Nesse caso, uma perfuração ou imprevisto pode

causar fissuras, infiltrações e até risco de colapso, além de violar normas técnicas.

5.6 GANHOS COM A DETECÇÃO ANTECIPADA

A principal vantagem de empregar a metodologia BIM neste estudo foi a capacidade de identificar e corrigir interferências em um ambiente virtual durante a fase de projeto. Essa antecipação gera benefícios tangíveis em várias dimensões:

Técnica: possibilita que arquitetos, engenheiros estruturais e projetistas hidrossanitários analisem as incompatibilidades de maneira colaborativa, sugerindo soluções que mantenham a integridade estrutural, o funcionamento das instalações e a estética arquitetônica.

Econômica: estudos indicam que o custo de corrigir um erro detectado na fase de projeto pode ser até 10 vezes menor do que o custo de corrigir o mesmo erro durante a execução da obra. Em situações de conflito estrutural, essa relação pode se intensificar, levando em conta a complexidade das intervenções em elementos já estabelecidos.

Temporal: A identificação precoce elimina a necessidade de interrupções imprevistas na obra para ajustes de projeto, assegurando um cronograma mais fluido e uma entrega mais previsível.

Gestão integrada: O BIM facilita a cooperação entre as diversas disciplinas envolvidas, minimizando erros de comunicação.

5.7 INTERFERÊNCIAS NO QUE TANGE A CUSTOS, PRAZOS E RETRABALHOS EVITADOS

A avaliação dos efeitos possibilita estimar como os benefícios da detecção precoce se traduzem em economia de recursos. Conforme pesquisas na área (como Eastman et al., 2011), o retrabalho resultante de problemas de compatibilização pode corresponder de 5% a 15% do custo total da construção.

Ao aplicar esse raciocínio ao caso em questão, pode-se concluir que os custos de execução são geralmente altos em um empreendimento residencial de luxo. Se essas 223 interferências críticas não tivessem sido identificadas, os custos extras poderiam facilmente chegar a dezenas de milhares de reais, levando em conta serviços de demolição, reforços estruturais, redimensionamento de instalações e atrasos contratuais.

Em relação aos prazos, cada interferência crítica corrigida na obra pode resultar em atrasos que variam de dias a semanas, a depender da severidade do conflito. Dessa forma, o conjunto de interferências identificadas poderia atrasar a conclusão do projeto, resultando em custos extras para a gestão da obra e possíveis penalidades contratuais.

Em relação ao retrabalho, os dados encontrados indicam que a maioria das incompatibilidades estava relacionada a conflitos entre a estrutura e as instalações. Se não forem abordados antecipadamente, esses casos exigiriam cortes, realocações ou até mesmo reconstruções de partes estruturais e instalações. Com a identificação precoce, foi possível eliminar praticamente esse retrabalho, melhorando a eficiência da obra e contribuindo para a sustentabilidade do projeto, uma vez que menos recursos seriam desperdiçados.

6 CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a relevância da metodologia BIM e da utilização do software Autodesk Navisworks para a identificação prévia de interferências em projetos de construção civil. A análise do modelo real de uma residência unifamiliar de alto padrão destacou a importância da compatibilização digital entre as disciplinas arquitetônica, estrutural e hidrossanitária para assegurar eficiência, diminuir custos e aprimorar a qualidade final da construção.

Os objetivos específicos estabelecidos foram totalmente alcançados:

- A fundamentação teórica expôs os conceitos e níveis de maturidade do BIM, destacando sua importância para a gestão integrada de projetos;
- As funcionalidades do Navisworks voltadas à detecção de conflitos entre disciplinas foram identificadas e descritas, enfatizando a importância da ferramenta na coordenação e compatibilização de projetos;
- A utilização do Clash Detection possibilitou a identificação de 267 interferências, sendo 223 delas consideradas críticas. Isso permitiu o planejamento de soluções antes da execução física da obra;
- As interferências foram categorizadas de acordo com a criticidade, localização, disciplina responsável e tipo de conflito, proporcionando informações precisas para a tomada de decisões estratégicas durante a fase de planejamento.

Em resumo, os resultados indicam que a identificação precoce de conflitos em um ambiente BIM favorece uma gestão de projetos mais eficaz, colaborativa e segura. O uso do Navisworks não só auxiliou na detecção antecipada de questões que poderiam resultar em retrabalho e altos custos, como também destacou a relevância da colaboração entre as equipes de projeto e do planejamento organizado como um instrumento para a mitigação de riscos.

Assim, a adoção de metodologias BIM voltadas para a compatibilização e detecção de conflitos se revela um recurso essencial para empreendimentos complexos, proporcionando vantagens tangíveis em todas as fases do ciclo de vida da construção, desde a concepção até a execução, assegurando maior confiabilidade, produtividade e sustentabilidade nos projetos de engenharia civil.

7 REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. F.; MARDONES, R. *Communication and coordination in construction projects*. Journal of Construction Engineering and Management, v. 142, n. 7, 2016.
- AZHAR, S. *Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry*. Leadership and Management in Engineering, v. 11, n. 3, p. 241–252, 2011.
- BITARAF, M.; et al. *Managing hard clashes in BIM federated models to reduce delays and costs*. Automation in Construction, v. 58, 2024.
- BRAA, F.; ABDALHAMEED, F.; et al. *Early clash detection in federated BIM models: a case study*. Journal of Civil Engineering and Management, v. 29, n. 2, 2023.
- EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.
- FORMOSO, C. T.; et al. *Lean Construction: principles and applications*. Lean Construction Journal, v. 4, n. 1, 2017.
- JOHNSON, P.; WILLIAMS, T. *Impact of clash detection on construction project efficiency*. Journal of Construction Project Management, v. 8, n. 1, 2021.
- KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. Technical Report No. 72, CIFE, Stanford University, 1992.
- LEE, S.; KIM, J. *Integration of BIM and Navisworks for project coordination*. Automation in Construction, v. 105, 2019.
- LOVE, P.; et al. *Causes and consequences of rework in construction projects*. Engineering, Construction and Architectural Management, v. 27, n. 4, 2020.
- OLIVEIRA, J.; LIMA, R. *Gestão de projetos na construção civil: desafios e perspectivas*. Revista Brasileira de Gestão de Projetos, v. 10, n. 2, 2019.
- PEREIRA, M.; MENDES, A. *Gestão integrada de projetos de construção: conceitos e práticas*. Engenharia Civil e Arquitetura, v. 12, n. 1, 2020.
- SANTOS, R.; FERREIRA, L. *Lean Construction e BIM: integração de metodologias para eficiência de projetos*. Revista Engenharia e Construção, v. 18, n. 2, 2021.
- SILVA, F.; OLIVEIRA, A. *Falhas de comunicação em projetos de construção: análise de casos*. Revista de Engenharia Civil, v. 15, n. 3, 2018.
- SMITH, D.; TAYLOR, J. *Clash detection techniques in BIM: classifications and applications*. Journal of Digital Construction, v. 7, n. 2, 2020.

SOUSA, M.; ALMEIDA, R. *Modelo tradicional versus gestão integrada em obras de construção civil*. Revista de Gestão e Engenharia, v. 8, n. 1, 2018.

SOUZA, R.; CARVALHO, P. *Impacto de interferências em obras: custos, atrasos e retrabalho*. Revista Brasileira de Construção Civil, v. 12, n. 4, 2019.

SUCCAR, B. *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, B. *The Five Components of BIM Performance Measurement*. CIB World Congress Proceedings, 2010.

ISO. *ISO 16739: Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. Geneva: ISO, 2005.

ISO. *ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling*. Geneva: ISO, 2018.