



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
CAMPUS TRINDADE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL MONTEIRO CARDOSO
GUILHERME CARLOS ROQUE VIEIRA SOUZA

**ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING*
(BIM) NA COMPATIBILIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO WAVE GARDEN
MARINGÁ**

Trindade
2025

GABRIEL MONTEIRO CARDOSO
GUILHERME CARLOS ROQUE VIEIRA SOUZA

**ESTUDO DE CASO DA UTILIZAÇÃO DO *BUILDING INFORMATION MODELING*
(BIM) NA COMPATIBILIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO WAVE GARDEN
MARINGÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil do Instituto
Federal Goiano Campus Trindade, como parte
da exigência para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Jéssica Nayara Dias

Trindade
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

S729e

Souza, Guilherme Carlos Roque Vieira; Cardoso, Gabriel Monteiro

Estudo de Caso da Utilização do Building Information Modeling (BIM) na Compatibilização do Empreendimento Wave Garden Maringá / Guilherme Carlos Roque Vieira Souza; Gabriel Monteiro Cardoso. Trindade 2025.

69f. il.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Jéssica Nayara Dias.

Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0820084 - Bacharelado em Engenharia Civil - Trindade (Campus Trindade).

1. BIM. 2. Interoperabilidade. 3. Compatibilização. 4. Detecção de Conflitos. 5. Custo. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS TRINDADE



ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos Dez dias do mês de Dezembro de 2025, às 19 horas e 00 minutos, na presença da Banca Examinadora presidida pela Professora Dra. Jéssica Nayara Dias e composta pelos avaliadores:

1. Prof. Me. Ítalo Bruno Baleeiro Guimarães e
2. Prof. Me. Joaquim Orlando Parada

os alunos **Guilherme Carlos Roque Vieira Souza** e **Gabriel Monteiro Cardoso** apresentaram o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Estudo de Caso da Utilização do *Building Information Modeling* (BIM) na Compatibilização do Empreendimento Wave Garden Maringá, como requisito curricular indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano Campus Trindade.

A Banca Examinadora deliberou e decidiu pela:

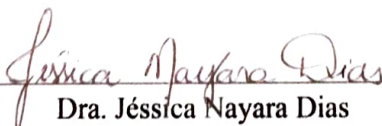
☒ APROVAÇÃO

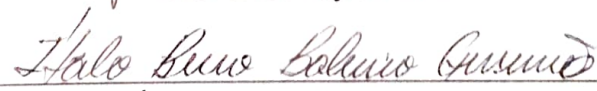
() APROVAÇÃO COM RESSALVAS

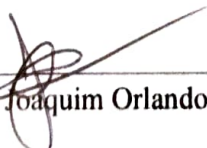
() REPROVAÇÃO

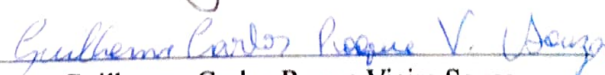
do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelo aluno.

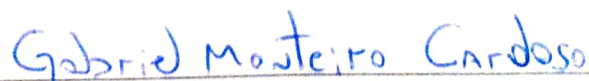
Trindade-GO, 10 de Dezembro de 2025.


Dra. Jéssica Nayara Dias


Me. Ítalo Bruno Baleeiro Guimarães


Me. Joaquim Orlando Parada


Guilherme Carlos Roque Vieira Souza


Gabriel Monteiro Cardoso

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, pelo apoio incondicional, e aos amigos e familiares, que caminharam ao nosso lado nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agrademos a nossa orientadora, Prof^a. Dra. Jéssica Nayara Dias, pela orientação segura, pela paciência no esclarecimento de dúvidas e por compartilhar conosco sua visão acadêmica, fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Agradecemos aos nossos familiares por todo suporte, amor e incentivo para que pudéssemos chegar até aqui.

Aos colegas e amigos da faculdade, que se tornaram parceiros nesta jornada, pelo companheirismo, pelo apoio mútuo nos momentos de maior desafio.

A todo o corpo docente do Instituto Federal Goiano Campus Trindade, pela excelência no ensino e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso.

Agradecemos a equipe da Mitech Consultoria e Projetos, pelas valiosas contribuições técnicas e pelo suporte nos processos adotados durante a etapa de compatibilização.

Agradecemos a Marcella Cáffer, pela solicitude e confiança ao autorizar e facilitar o acesso aos documentos necessários, viabilizando a realização deste estudo de caso.

Por fim, a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste objetivo e torceram pelo nosso sucesso.

RESUMO

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) enfrenta historicamente desafios relacionados à fragmentação de processos e falhas de comunicação, onde o uso de representações bidimensionais tradicionais frequentemente resulta em incompatibilidades detectadas apenas no canteiro de obras. Neste cenário, o *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma metodologia capaz de integrar informações e projetos multidisciplinares elaborados em diferentes softwares e antecipar soluções. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM, aplicando técnicas de detecção de interferências em um estudo de caso do empreendimento comercial Wave Garden Maringá. A metodologia consistiu na estruturação de um modelo federado no *software Autodesk Navisworks*, integrando as disciplinas de Arquitetura, Estrutura e Instalações. Foram realizados testes automatizados baseados em uma matriz de interferências, seguidos de uma análise crítica para filtragem de falsos positivos e gestão da resolução de conflitos junto aos projetistas. Os resultados apontaram a identificação conflitos reais (*issues*) que demandaram correções de projeto, além de apresentar uma estimativa de otimização de custos, proveniente da prevenção de retrabalhos. Assim, este trabalho demonstra a eficácia da compatibilização antecipada na mitigação de riscos e na viabilidade econômica de empreendimentos complexos.

Palavras-chave: BIM; Interoperabilidade; Compatibilização; Detecção de conflitos; Navisworks; Projetos; Custo

ABSTRACT

The Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry has historically faced challenges related to process fragmentation and communication failures, where the use of traditional two-dimensional representations often results in incompatibilities detected only at the construction site. In this context, Building Information Modeling (BIM) emerges as a methodology capable of integrating information and multidisciplinary projects developed in different software, and anticipating solutions. This study aimed to analyze the design coordination process using the BIM methodology by applying clash detection techniques in a case study of the Wave Garden Maringá commercial development. The methodology involved structuring a federated model using Autodesk Navisworks software, integrating the Architecture, Structure, and Installation disciplines. Automated tests based on a clash matrix were conducted, followed by a critical analysis to filter false positives and manage conflict resolution with the designers. The results indicated the identification of real conflicts (issues) that required design corrections, in addition to presenting an estimate of cost optimization derived from the prevention of rework. Thus, this work demonstrates the effectiveness of early coordination in mitigating risks and ensuring the economic viability of complex projects.

Keywords: BIM; Interoperability; Design Coordination; Clash Detection; Navisworks; Project Design; Cost

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 – Deslocamento de primitivos geométricos	17
Figura 2 – Interface do software Navisworks	19
Figura 3 – Fluxo de compatibilização de projetos em CAD	20
Figura 4 – Fluxo de compatibilização de projetos em BIM.....	20
Figura 5 – Estágios de maturidade BIM	22
Figura 6 – Localização da cidade de Maringá.....	26
Figura 7 – Fachada frontal do empreendimento	27
Figura 8 – Renderização da fachada do empreendimento	27
Figura 9 – Categorias de classificação de Clashes	28
Figura 10 – Seleção dos critérios de detecção de conflito	32
Figura 11 – Tipos de verificações.....	32
Figura 12 – Testes rodados no software.....	33
Figura 13 – Conflitos aprovados na verificação	34
Figura 14 – Conflitos aprovados na verificação	35
Figura 15 – Definição da coordenada do projeto	37
Figura 16 - Perspectiva Arquitetônica 01.....	39
Figura 17 – Vista do ambiente do Reservatório inferior.....	40
Figura 18 – Vista do ambiente do Reservatório inferior.....	40
Figura 19 – Isométrico projeto Hidrossanitário.....	41
Figura 20 – Isométrico dos projetos Elétrico, Automação e SPDA	42
Figura 21 – Isométrico do projeto de Climatização.....	43
Figura 22 – Modelo federado	44
Figura 23 – Configuração de cores dos modelos.....	45
Figura 24 – Testes rodados no software.....	47
Figura 25 – Testes rodados no software.....	48
Figura 26 – Conflito entre vigas e venezianas.....	50
Figura 27 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura.....	51
Figura 28 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura.....	51
Figura 29 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura.....	52
Figura 30 – Estrutura para mezaninos previstos.....	52
Figura 31 – Dutos da Climatização conflitando com porta e shaft.....	53

Figura 32 – Eletroduto rígido conflitando com tubulação pluvial.....	53
Figura 33 – Conflito entre junção pluvial e pilar estrutural	54
Figura 34 – Porta da arquitetura conflitando com elementos estruturais.....	54
Figura 35 – Porta da arquitetura conflitando com elementos estruturais.....	55
Figura 36 – Eletroduto de Automação conflitando com viga e tubulação	55
Figura 37 – Tubulação pluvial conflitando com duto de exaustão	56
Figura 38 – Tomada conflitando com ponto de gás.....	56
Figura 39 – Caixa de passagem da Elétrica conflitando com pluvial.....	57

Gráficos

Gráfico 1 – Porcentagem de conflitos por Disciplina	50
--	----

Quadros

Quadro 1 – Comparativo entre principais Softwares utilizados na indústria AEC	18
Quadro 2 – Classificação das categorias de detecção de conflitos.....	28
Quadro 3 – Classificação e aplicação das extensões do Navisworks	31
Quadro 4 – Modelos utilizados e projetistas responsáveis	38
Quadro 5 – SETs para compatibilização.....	44
Quadro 6 – Lista de clashes	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – CUB/m ² de Projetos comerciais de alto padrão – agosto/2025	36
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)
CAD	Computer-Aided Design (Desenho Assistido por Computador)
CDE	Common Data Environment (Ambiente Comum de Dados)
CUB	Custo Unitário Básico
IFC	Industry Foundation Classes
PEB	Plano de Execução BIM
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
NWC	Navisworks Cache
NWD	Navisworks Document
NWF	Navisworks File Set
IBM	International Business Machines
ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A EVOLUÇÃO DO BIM.....	16
2.2 APLICABILIDADE DO BIM.....	18
2.3 ENTRAVES DA UTILIZAÇÃO DO BIM.....	21
2.4 GESTÃO DA COORDENAÇÃO E DETECÇÃO DE CONFLITOS EM BIM	22
2.4.1 O Modelo Federado e a Estruturação da Informação	22
2.4.2 Detecção de conflitos	23
2.4.3 Interoperabilidade entre softwares.....	24
2.4.4 O Processo de Gestão e Resolução de Conflitos	24
3 METODOLOGIA	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	25
3.2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	26
3.2.1 Características do Empreendimento	26
3.3 PLANO DE EXECUÇÃO BIM (PEB).....	27
3.4 ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA	28
3.5 COMPATIBILIZAÇÃO.....	29
3.5.1 Ordem de Prioridade na Compatibilização.....	29
3.5.2 Aplicabilidade do software na compatibilização	30
3.6 ESTIMATIVA DE CUSTO	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 PLANO DE EXECUÇÃO BIM (PEB).....	37
4.2 APRESENTAÇÃO DOS MODELOS	37
4.2.1 Modelo Arquitetônico	38
4.2.2 Modelo Estrutural e Metálico	39
4.2.3 Modelos de Instalações.....	40
4.3 COMPATIBILIZAÇÃO.....	43
4.3.1 Configuração de Sets.....	43
4.3.2 Determinação das Regras de Clashes	45
4.3.3 Conflitos Identificados	47

4.3.4 Análise Geral das Interferências.....	49
4.4 RESOLUÇÃO DOS CONFLITOS.....	57
4.5 ESTIMATIVA DE OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS	59
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	63
ANEXO A – PROJETO DE ARQUITETURA DO PAVIMENTO TÉRREO	65
ANEXO B – PROJETO DE ARQUITETURA DO 1º PAVIMENTO	66
ANEXO C – PROJETO DE ARQUITETURA DO 2º PAVIMENTO	67
ANEXO D – ORÇAMENTO EXECUTIVO DO EMPREENDIMENTO	68

1 INTRODUÇÃO

A Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) possui como característica histórica processos fragmentados especialmente relacionados ao desenvolvimento de projetos, além da complexidade durante a comunicação entre as diversas disciplinas de projetos envolvidos em um empreendimento. Tradicionalmente a representação de projetos baseava-se em documentos bidimensionais (CAD), que limitavam a compreensão espacial dos elementos modelados, a interação entre eles e a análise interdisciplinar, resultando frequentemente em inconsistências/incompatibilidades que só eram detectadas no canteiro de obras (Hardin & McCool, 2015).

O *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é uma metodologia inovadora que permite o desenvolvimento de projetos nos quais os parâmetros do modelo representam informações, características físicas e funcionais do empreendimento real. Por meio dos modelos de informação da construção, é possível compartilhar conhecimento e dados úteis para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (Wang *et al.*, 2024). Segundo Eastman *et al.* (2008), o BIM não se resume a uma evolução do desenho 3D, mas constitui um processo de geração e gerenciamento de dados do edifício durante todo o seu ciclo de vida e constitui uma das evoluções mais promissoras na indústria AEC, possibilitando a elaboração de modelos virtuais precisos que representam fielmente a geometria e demais atributos do empreendimento. Esses modelos fornecem dados essenciais para apoiar atividades de construção, fabricação e aquisição, para a execução do edifício. Quando implementado corretamente, o BIM permite integrar as etapas de projeto e construção, resultando na redução de custos e prazos.

A modelagem BIM cria um banco de dados integrado, gerando informações simultaneamente à modelagem tridimensional, o que proporciona avanços significativos no desenvolvimento dos projetos e na gestão da construção. Manzione (2013) destaca a importância da modelagem colaborativa para a gestão eficaz do fluxo de informações, pois ao centralizar os dados em um modelo federado, as equipes podem aplicar técnicas de detecção de interferências, solucionando conflitos físicos ainda na fase virtual. Essa abordagem auxilia os profissionais da indústria AEC a otimizar processos em todas as fases do projeto, promovendo ganhos em qualidade, produtividade e a antecipação de problemas críticos (Charehzehi *et al.*, 2017).

Os primeiros usos da computação na engenharia, voltados ao desenvolvimento gráfico, datam da década de 1950, com os primeiros projetos tridimensionais surgindo em 1962. A partir

da década de 1970, os padrões desenvolvidos pela IBM impulsionaram o avanço do sistema CAD (*Computer-Aided Design*), que se consolidou como principal ferramenta de projeto, especialmente após o lançamento do AutoCAD, no início dos anos 80, pela empresa *Autodesk*, promovendo uma revolução na forma de conceber e desenvolver projetos (Souza *et al.*, 2020). Apesar de representar um avanço frente ao desenho manual em prancheta, o CAD se baseia em representações bidimensionais compostas por linhas e polígonos, limitando-se a aspectos geométricos e desconsiderando informações como custo, propriedades físicas e térmicas dos materiais (Hardin; Mccool, 2015).

Além disso, a metodologia tradicional baseada em CAD apresenta limitações relacionadas à fragmentação entre as equipes técnicas, o que pode gerar inconsistências e incompatibilidades que somente são detectadas durante a execução da obra, resultando em retrabalhos, atrasos e aumento de custos. Por outro lado, o BIM possibilita um ambiente colaborativo, no qual todos os profissionais envolvidos trabalham de forma integrada em um modelo digital unificado, permitindo a identificação e resolução antecipada de conflitos, ainda na fase de planejamento. Segundo Charehzechi *et al.* (2017), a aplicação do BIM para o gerenciamento de conflitos atua preventivamente sobre causas comuns de disputas, como erros de design, omissões e inconsistências entre disciplinas (arquitetura, estrutura e instalações), que tradicionalmente só seriam percebidas durante a execução.

Enquanto o CAD depende fortemente do trabalho manual dos projetistas, os *softwares* BIM automatizam processos e desenhos (Souza *et al.*, 2020). A simples utilização de *softwares* de modelagem não garante o sucesso do empreendimento, sendo necessário um processo estruturado de coordenação e compatibilização. Charehzechi *et al.* (2017) argumentam que a gestão de conflitos baseada em BIM atua preventivamente sobre as causas raiz de disputas contratuais e retrabalhos. Ao utilizar essa metodologia busca-se a redução de desperdícios e a otimização de valor, transformando problemas que seriam resolvidos de forma reativa e custosa na obra em soluções proativas de projeto (Sacks *et al.*, 2010).

O presente trabalho insere-se neste contexto, explorando a aplicação prática da coordenação BIM em um empreendimento de complexidade real. Através da utilização de ferramentas especializadas de verificação, busca-se demonstrar como a estruturação de regras de compatibilização e a análise crítica de conflitos impactam diretamente na qualidade final do produto e na viabilidade econômica da construção.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar o processo de compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM, aplicando técnicas de detecção e gestão de interferências (*Clash Detection*) no estudo de caso do empreendimento Wave Garden Maringá, visando mensurar a mitigação de erros de projeto e estimar a otimização de custos na fase de execução da obra.

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Estruturar o modelo federado do empreendimento, integrando as disciplinas de Arquitetura, Estrutura e Instalações (Hidrossanitário, Elétrico, Climatização, Prevenção de Incêndio e Automação) em um ambiente de coordenação (*Navisworks*);
- Estabelecer uma matriz de interferências e configurar conjuntos de seleção (*Sets*) para a execução automatizada de testes de conflitos;
- Analisar e filtrar os resultados da detecção de interferências, aplicando metodologias de agrupamento para distinção entre falsos positivos e problemas reais (*issues*);
- Demonstrar o fluxo de resolução de conflitos e a gestão da comunicação entre a coordenação e os projetistas;
- Estimar o impacto financeiro da compatibilização, comparando o custo potencial dos retrabalhos evitados com o orçamento previsto da obra, fundamentando-se em indicadores de mercado e literatura especializada.

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A construção civil, historicamente, enfrenta desafios relacionados à baixa produtividade, à baixa qualidade das obras e às elevadas taxas de retrabalho, tanto durante a execução quanto no período pós-entrega. Esses problemas são frequentemente agravados por falhas de comunicação entre as diferentes disciplinas envolvidas no desenvolvimento dos projetos, o que resulta em modificações ao longo da execução. Nesse cenário, o *Building Information Modeling* (BIM) surge como uma ferramenta estratégica capaz de transformar a realidade da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), ao promover maior integração entre as etapas de projeto e obra (Azhar, 2011).

A justificativa para o desenvolvimento deste estudo fundamenta-se na necessidade de demonstrar, através de dados empíricos, como a gestão da informação pode mitigar esses riscos. Segundo Manzione (2013), o BIM propõe uma ruptura com o modelo tradicional de processos sequenciais e isolados, introduzindo uma dinâmica de "Engenharia Simultânea". Ao centralizar as informações em um modelo federado único, elimina-se a assimetria de informações entre os

projetistas, permitindo que decisões críticas sejam tomadas na fase virtual, onde o custo de alteração é significativamente menor do que na fase física.

Com o avanço tecnológico, torna-se relevante investigar como a compatibilização de projetos por meio do BIM contribui para a diminuição de retrabalhos, com isto, o *Building Information Modeling* se destaca por permitir a integração de informações multidisciplinares em um ambiente digital unificado. Ao centralizar dados arquitetônicos, estruturais e de instalações em um único modelo, o BIM possibilita a identificação precoce de conflitos entre sistemas, reduzindo a ocorrência de inconsistências apenas percebidas durante a execução da obra. Conforme Sacks *et al.* (2018), a identificação precoce de conflitos entre disciplinas é essencial para minimizar retrabalhos e custos adicionais durante a execução. Ainda de acordo com Sacks *et al.* (2010), existe uma sinergia direta entre as funcionalidades do BIM, como a visualização 3D e a detecção automática de conflitos, e a redução de atividades que não agregam valor (desperdícios). Ao identificar e resolver os conflitos interdisciplinares antes do início da obra, conforme explorado neste estudo de caso, o processo de compatibilização atua diretamente na redução da variabilidade e na garantia de fluxo contínuo de produção.

Assim, a relevância deste estudo está em contribuir para a consolidação do BIM como ferramenta estratégica na indústria AEC, por meio da aplicabilidade na compatibilização de projetos de um empreendimento real. Ao evidenciar os impactos diretos da adoção do BIM e da compatibilização de projetos, busca-se demonstrar que sua aplicação vai além de uma inovação tecnológica, constituindo-se como elemento fundamental para a redução de custos e da eficiência nos processos construtivos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A EVOLUÇÃO DO BIM

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) representa uma transformação significativa na forma como os projetos de construção são concebidos, desenvolvidos e gerenciados. Segundo Eastman *et al.* (2008), o BIM difere dos métodos tradicionais baseados em CAD (*Computer-Aided Design*) ao integrar informações geométricas e dados em um modelo digital tridimensional, possibilitando uma visão abrangente do empreendimento ao longo de seu ciclo de vida.

De acordo com Hardin e McCool (2015), a indústria da construção operava, historicamente, de forma fragmentada, com cada integrante do projeto focado em seus próprios interesses, o que comprometia o objetivo comum de desenvolvimento integrado. Essa falta de colaboração resultava em conflitos, desperdícios, alterações durante a obra e estouros de orçamento, evidenciando as limitações do modelo tradicional.

Souza *et al.* (2020) destacam que, a partir da década de 1970, padrões desenvolvidos pela IBM possibilitaram a criação dos primeiros sistemas CAD, os quais se popularizaram com o lançamento do AutoCAD, na década de 1980. Esse sistema tornou-se amplamente utilizado na representação técnica de projetos. Conforme Ayres e Scheer (2007), os CADs mais compatíveis com as restrições dos computadores da época eram baseados na representação vetorial de elementos geométricos, como polígonos, linhas e textos.

Embora o CAD tenha representado um avanço em relação ao desenho manual em pranchetas, não promoveu uma mudança de paradigma. Segundo Souza *et al.* (2020), ele apenas transferiu as ferramentas de desenho para o meio digital, tornando o processo mais ágil e prático, porém sem alterar a lógica de produção. Para Ayres e Scheer (2007), o CAD pode ser compreendido como uma digitalização do desenho técnico, que embora elimine tarefas manuais e facilite verificações, apresenta avanços limitados.

Ainda segundo Ayres e Scheer (2007), as representações de projetos em CAD contêm pouca ou nenhuma informação realmente significativa quando avaliadas isoladamente. O conjunto de elementos geométricos só é interpretado corretamente porque os profissionais envolvidos são treinados para reconhecer padrões e convenções técnicas. No entanto, alterações simples, como o deslocamento de elementos geométricos, podem comprometer a leitura e a compreensão do projeto, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Deslocamento de primitivos geométricos

Fonte: (Ayres; Scheer, 2007)

A evolução dos softwares de desenho levou ao surgimento das ferramentas de representação gráfica em três dimensões (3D), permitindo uma visualização mais precisa do que está sendo projetado (CBIC, 2016). O CAD 3D surgiu como uma extensão natural do sistema inicialmente bidimensional, possibilitando a representação volumétrica dos elementos. Apesar de ampliar significativamente a quantidade de informações contidas no modelo, o CAD 3D ainda mantinha a fragmentação de dados presente nas versões 2D (Ayres; Scheer, 2007).

Ayres e Scheer (2007) destacam que, embora os sistemas CAD 3D fossem tecnicamente viáveis, exigiam um processamento incompatível com os computadores da época e apresentavam dificuldades de documentação. Por isso, sua aplicação restringia-se à criação de maquetes eletrônicas com fins visuais, prática que ainda é comum.

O surgimento do BIM foi impulsionado pela evolução do CAD 3D, pela introdução de objetos paramétricos, pelo aumento da capacidade computacional e pela demanda por maior produtividade e qualidade (Ayres; Scheer, 2007). Segundo Eastman, (2008), os primeiros registros sobre *Building Modeling* datam de 1986, sendo que o termo “BIM” foi utilizado oficialmente em 1992 por Van Nederveen e Tolman, ao defenderem a modelagem baseada em informações reais da construção.

Para Leusin, (2020), a disseminação do BIM só se efetivou com a popularização dos microcomputadores e com a padronização dos processos, especialmente após a publicação da norma ISO-PAS 16739:2005, que definiu o padrão IFC (*Industry Foundation Classes*) para compartilhamento de dados.

Desde então, diversos softwares voltados à construção civil foram desenvolvidos. Inicialmente baseados em CAD, como *AutoCAD* e *SketchUp*, não possuíam modelagem paramétrica. Com o BIM, surgiram ferramentas específicas como *Revit* e *ArchiCAD*, com foco na modelagem integrada e na gestão do ciclo de vida do projeto (Hardin; Mccool, 2015). O

Quadro 1 apresenta um comparativo entre esses programas, suas funções, vantagens e limitações.

Quadro 1 – Comparativo entre principais Softwares utilizados na indústria AEC

Software	Função Principal	Vantagens	Desvantagens
Autocad	Desenho técnico 2D/3D	Ampla aceitação no mercado	Limitado a integração de informações
Sketchup	Modelagem 3D	Facilidade de uso e aprendizado rápido	Pouca precisão para objetos específicos
Revit	Modelagem BIM multidisciplinar	Integração de informações e colaboração	Curva de aprendizado acentuada
Archicad	Modelagem BIM focada em arquitetura	Interface intuitiva e ferramentas específicas	Menor compatibilidade com softwares de terceiros

Fonte: Adaptado de Hardin e Mccool, (2015) e Eastman et al., (2008)

2.2 APLICABILIDADE DO BIM

A introdução do *Building Information Modeling* (BIM) na indústria da construção civil tem promovido uma transformação significativa na forma como os projetos são concebidos, gerenciados e executados. Entre os principais benefícios dessa metodologia, destacam-se a compatibilização de projetos, a interoperabilidade entre plataformas, otimização de custos, a melhoria da qualidade das obras e a redução de falhas e retrabalhos ao longo do processo construtivo (Manziona, 2013).

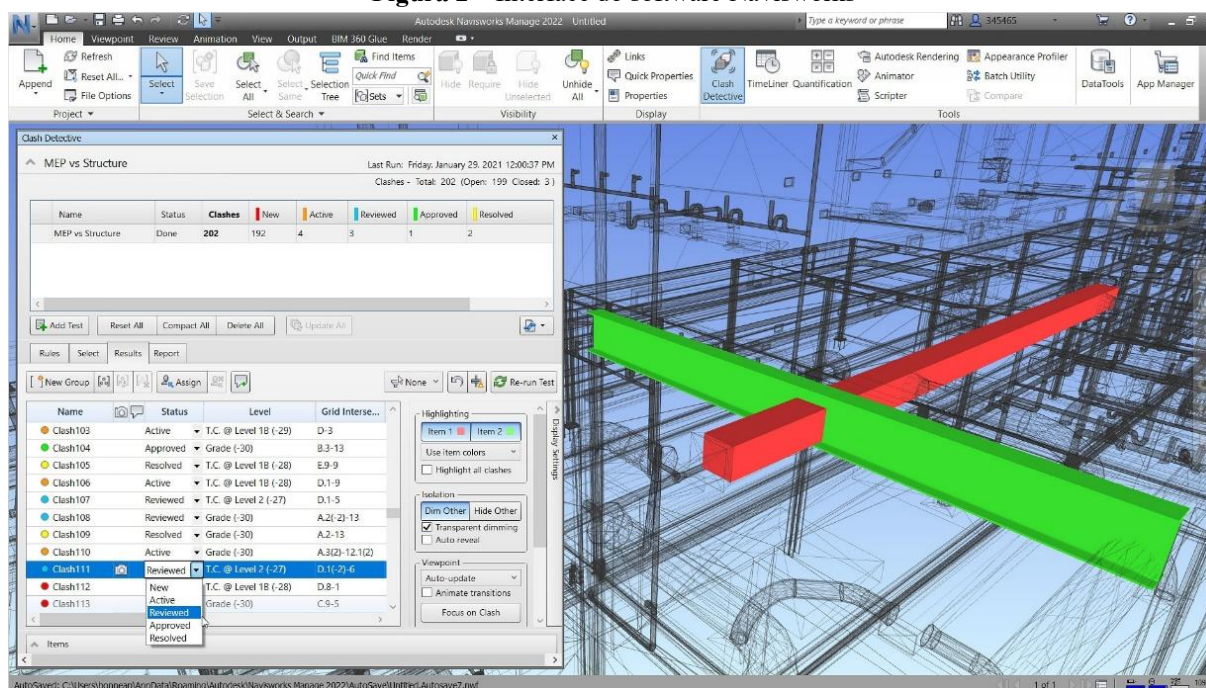
Eastman *et al.*, (2008) relatam que, nos métodos tradicionais, os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações eram desenvolvidos separadamente, muitas vezes em plataformas distintas e com representações bidimensionais, dificultando a identificação de conflitos e aumentando a suscetibilidade a erros humanos. A CBIC (2016) complementa que, antes do advento do CAD, a verificação de interferências era realizada manualmente, por sobreposição de pranchas físicas. Com o CAD, esse processo foi transferido ao ambiente digital, mantendo-se a lógica da sobreposição de plantas 2D. No entanto, a compatibilização mais abrangente entre disciplinas ainda ocorria de forma tardia, muitas vezes apenas no canteiro de obras, gerando retrabalhos, desperdício de materiais e atrasos no cronograma (Hardin; Mccool, 2015).

Com o desenvolvimento e consolidação da filosofia BIM, a compatibilização passou a ser integrada e antecipada, realizada já na fase de projeto. Isso permitiu a identificação e resolução de interferências antes da execução, reduzindo significativamente os erros humanos, graças à automação de processos e à visualização em ambiente tridimensional (Hardin; Mccool, 2015).

Nesse contexto, o *software Autodesk Navisworks* destaca-se como uma das principais ferramentas utilizadas, por permitir a agregação de modelos 3D provenientes de diferentes

disciplinas e plataformas, centralizando as informações do projeto em um ambiente digital unificado. Esse recurso tem sido um dos principais fatores de incentivo à adoção do BIM por parte das construtoras. A Figura 2 apresenta a interface do *software*.

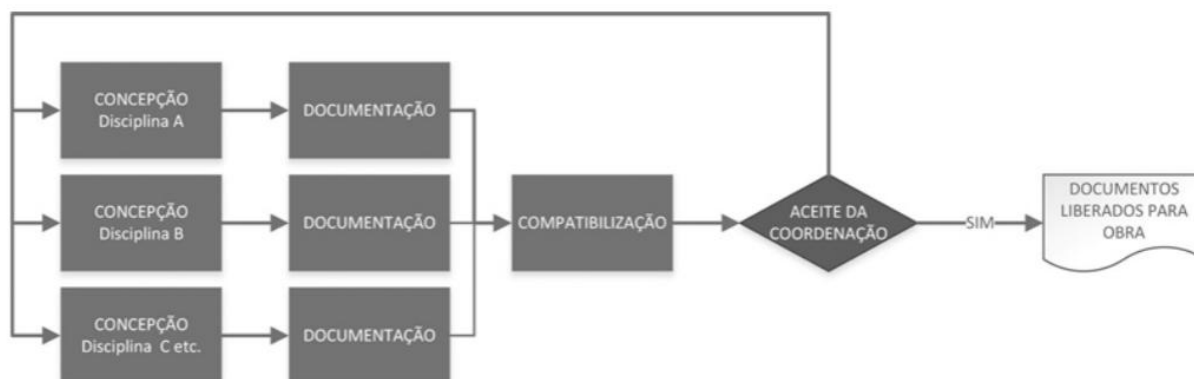
Figura 2 – Interface do software Navisworks



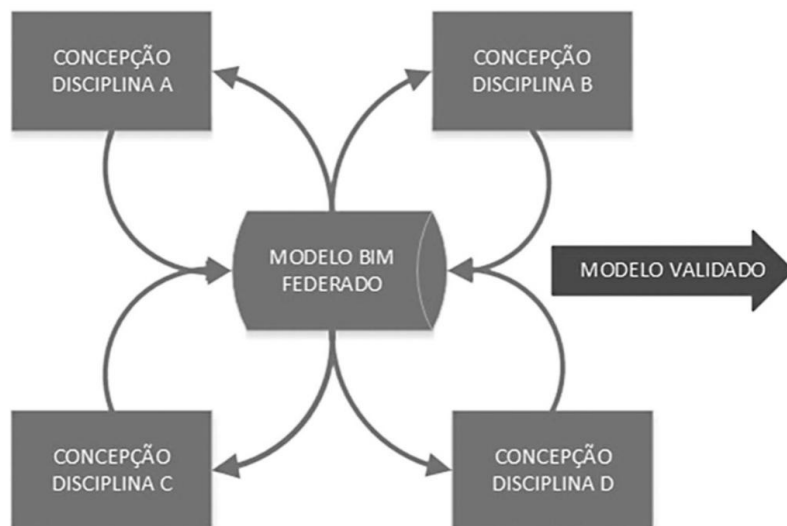
Fonte: Autodesk, 2023.

Leusin (2020) explica que o processo de unificar os diferentes modelos BIM em um único sistema é denominado modelo federado. A partir desse modelo, todos os envolvidos no projeto podem visualizar de forma integrada as diversas disciplinas, possibilitando simulações construtivas em 4D, quantificação de materiais e, especialmente, a detecção de conflitos (*clash detection*), foco principal deste estudo. Essa abordagem favorece a coordenação entre as equipes e permite a resolução de incompatibilidades de projeto, mantendo a responsabilidade individual de cada projetista sobre sua respectiva disciplina.

Ainda segundo Leusin (2020), em comparação com a metodologia CAD, o BIM aprimora significativamente o processo de compatibilização. No método tradicional, cada disciplina depende do avanço e da revisão de outras anteriores, por meio de atualizações documentais sucessivas, conforme ilustrado na Figura 3. No BIM, a comunicação e a resolução de conflitos ocorrem de forma quase síncrona e bidirecional, já que todos os profissionais têm acesso a um banco de dados comum — o modelo federado — como demonstrado na Figura 4.

Figura 3 – Fluxo de compatibilização de projetos em CAD

Fonte: Leusin, 2020

Figura 4 – Fluxo de compatibilização de projetos em BIM

Fonte: Leusin, 2020

Conforme Eastman *et al.*, (2008), a detecção de interferências ou conflitos, realizada por meio do *Navisworks* ou de *softwares* semelhantes, como o *Solibri Model Checker*, permite identificar não apenas elementos que ocupam o mesmo espaço (interferência estrita), mas também situações em que componentes estão excessivamente próximos, comprometendo a execução, o acesso, a manutenção ou a segurança. Além disso, essas ferramentas viabilizam a resolução colaborativa dos conflitos, com o registro estruturado das decisões tomadas ao longo do processo.

A transparência e a centralização das informações promovidas pelo BIM fortalecem a comunicação entre os envolvidos, facilitando a tomada de decisões e contribuindo para o aumento do desempenho global dos projetos (Hardin; Mccool, 2015). Segundo Leusin (2020), a compatibilização de projetos por meio do BIM resulta na redução de prazos e custos em cerca de 5%, além de aumentar a confiabilidade e a qualidade da obra, devido à diminuição de erros

na execução, à antecipação de soluções na fase de projeto e à redução de desperdícios no canteiro.

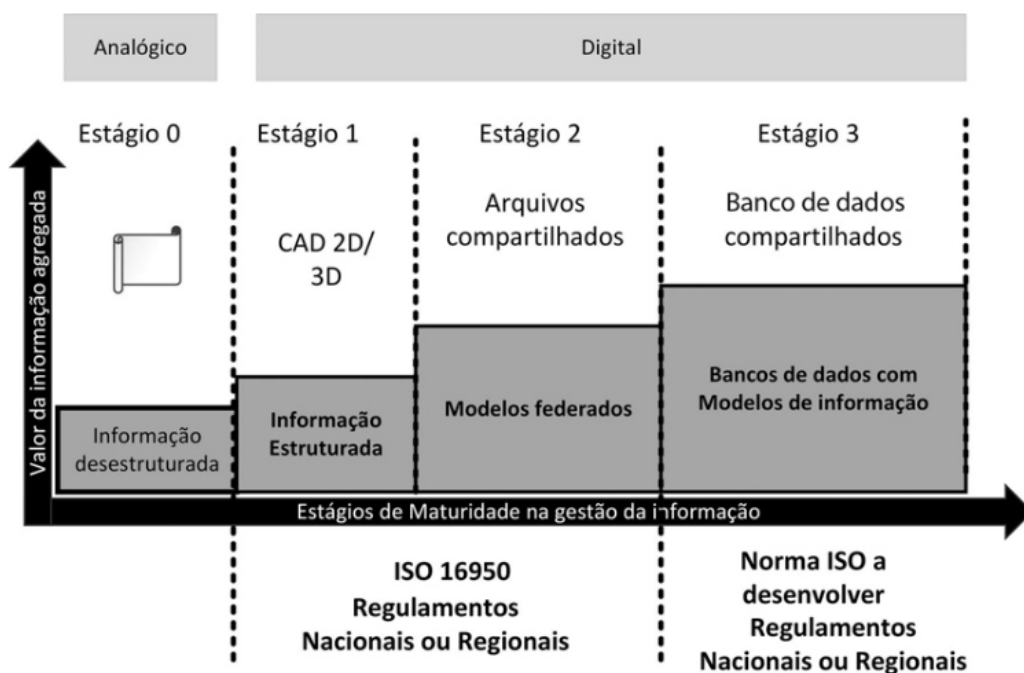
2.3 ENTRAVES DA UTILIZAÇÃO DO BIM

No estudo de caso desenvolvido por Wang *et al.*, (2024), nota-se que apesar do crescente reconhecimento dos ganhos devido a utilização do BIM, ainda há barreiras para sua implementação, que envolvem desde a resistência à mudança cultural do modelo tradicional em CAD, até custos de *software* e treinamentos. Um dos primeiros grandes entraves está relacionado à cultura organizacional da indústria da construção, historicamente marcada por práticas fragmentadas e pouco integradas (Hardin; Mccool, 2015).

A Figura 5 apresenta os estágios de maturidade do BIM, que representam a evolução no tratamento das informações ao longo do desenvolvimento dos projetos. De acordo com Leusin (2020), a adoção da metodologia exige um planejamento cuidadoso para evitar prejuízos, especialmente em organizações com dificuldades de gestão. A implementação deve ser feita de forma progressiva, por meio dos chamados estágios de maturidade BIM, cuja ausência tem contribuído para casos de insucesso no Brasil.

Segundo Manzione (2013), um dos fatores que inibem a adoção do BIM em larga escala na indústria AEC é a falta de clareza quanto à definição de responsabilidades e aos benefícios da metodologia. Muitos gestores ainda limitam seu uso à modelagem 3D, sem compreender seu potencial para a gestão de dados ao longo do ciclo de vida da edificação. Conforme Lidelöw; Engström e Samuelson (2023), a adoção do BIM em todas as etapas do gerenciamento de projetos e do ciclo de vida do empreendimento exige uma prática nova para muitas empresas, o que representa um desafio significativo.

Eastman *et al.*, (2008) também apontam dificuldades na implementação da metodologia, como a necessidade de colaboração entre equipes que utilizam ferramentas diferentes, mudanças nos processos internos, além dos custos com treinamentos, *softwares* e atualização de *hardware*. Contudo, os autores sugerem estratégias para superar esses entraves, como iniciar a aplicação do BIM em projetos menores e promover a colaboração com equipes externas, facilitando a troca de conhecimento e a adoção gradual da metodologia.

Figura 5 – Estágios de maturidade BIM

Fonte: Leusin, 2020

2.4 GESTÃO DA COORDENAÇÃO E DETECÇÃO DE CONFLITOS EM BIM

A transição do CAD para o BIM deslocou o foco da coordenação de projetos da simples verificação de desenhos geométricos para a gestão integrada da informação. Segundo Leusin (2020), a coordenação em BIM não é um evento isolado, mas um processo contínuo e cíclico que envolve a integração de pessoas, processos e tecnologias para assegurar a consistência dos dados ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Diferentemente do método tradicional, onde a compatibilização ocorria frequentemente através da sobreposição de pranchas 2D, um processo manual, sujeito a falhas e limitações de interpretação espacial, o BIM introduz a capacidade de antecipar a construção no ambiente virtual. Eastman *et al.* (2008) definem essa prática como "prototipagem virtual", onde o edifício é construído digitalmente antes de qualquer atividade no canteiro de obras, permitindo que a equipe identifique e resolva problemas que, de outra forma, resultariam em ordens de alteração e custos adicionais durante a execução.

2.4.1 O Modelo Federado e a Estruturação da Informação

Para viabilizar a coordenação de projetos multidisciplinares, utiliza-se o conceito de Modelo Federado. Conforme explica Manzione (2013), o modelo federado consiste na agregação dos diversos modelos de autoria, como Arquitetura, Estrutura, Hidrossanitário,

Elétrico, Climatização e entre outros em um único ambiente de visualização e análise, sem que haja a fusão física dos arquivos originais. Essa estratégia é fundamental para manter a responsabilidade técnica e a autoria de cada disciplina. Leusin (2020) destaca que *softwares* de revisão de projeto, como o *Autodesk Navisworks* ou *Solibri*, atuam como gerenciadores que fazem referência aos arquivos nativos. Isso permite que o coordenador execute análises globais sobre o conjunto da obra, enquanto os projetistas mantêm a independência para editar e corrigir seus modelos específicos em seus *softwares* de origem.

A estruturação correta deste modelo federado é o primeiro passo para uma gestão eficiente. A falta de padronização nas coordenadas de origem (pontos base) e nos sistemas de classificação dos elementos pode inviabilizar a sobreposição correta das disciplinas, tornando a detecção de conflitos imprecisa ou impossível (Manziona, 2013).

2.4.2 Detecção de conflitos

Um dos recursos mais difundidos na coordenação BIM é a detecção automatizada de interferências, conhecida internacionalmente como *Clash Detection*. Hardin e McCool (2015) argumentam que, embora o *software* possa apontar milhares de conflitos em segundos, a inteligência do processo reside na capacidade do gestor em classificar e priorizar esses problemas. Os autores categorizam as interferências em três tipos principais, essenciais para a configuração das regras de verificação:

1. *Hard Clash* (Colisão Física): Ocorre quando dois componentes ocupam o mesmo espaço físico simultaneamente. Exemplos clássicos incluem uma tubulação de esgoto atravessando uma viga de concreto ou um duto de ar-condicionado colidindo com uma luminária. Este é o tipo de erro mais crítico, pois sua resolução na obra exige, invariavelmente, retrabalho, demolição ou improvisações custosas;
2. *Soft Clash* ou *Clearance* (Conflito de Folga/Espaço): Refere-se à invasão de zonas de amortecimento necessárias ao redor de um objeto, mesmo sem haver toque físico direto. Eastman et al. (2008) ressaltam a importância dessa verificação para garantir a manutenibilidade e a operação do edifício. Ignorar *soft clashes* pode resultar em sistemas instalados que são impossíveis de serem mantidos ou operados posteriormente;
3. *Workflow Clash* (Conflito de Fluxo ou 4D): Envolve inconsistências temporais ou de sequenciamento construtivo. Embora não seja um conflito geométrico estático, representa um erro grave de planejamento logístico.

2.4.3 Interoperabilidade entre softwares

A eficácia da coordenação BIM em um ambiente onde diferentes projetistas utilizam softwares distintos depende diretamente da interoperabilidade. Segundo Manzione (2013), a capacidade de trocar dados de forma íntegra entre plataformas é um dos maiores desafios da implementação do BIM. Para mitigar problemas de comunicação proprietária, a indústria adota o padrão IFC (*Industry Foundation Classes*). Desenvolvido pela *buildingSMART*, o IFC é um formato de arquivo aberto e neutro, projetado para facilitar a troca de informações entre diferentes softwares na indústria da construção. Ao utilizar o IFC, garante-se que a geometria e os dados (parâmetros) criados em um *software* de estrutura possam ser lidos corretamente por um *software* de arquitetura ou de coordenação.

2.4.4 O Processo de Gestão e Resolução de Conflitos

A tecnologia, por si só, não resolve os conflitos, ela apenas os identifica. Hardin e McCool (2015) enfatizam que o sucesso da compatibilização depende de um fluxo de trabalho estruturado, composto por ciclos de verificação e reuniões de coordenação. Uma armadilha comum na utilização de ferramentas de *Clash Detection* é a geração de um número excessivo de "falsos positivos" ou conflitos irrelevantes, como uma tubulação atravessando uma caixa de passagem, ou duplicidades de geometria. Charehzehi *et al.* (2017) alertam que a falta de filtragem e agrupamento lógico desses dados pode sobrecarregar a equipe de projeto, tornando a gestão ineficiente.

Portanto, a metodologia recomendada envolve a análise crítica dos relatórios brutos pelo coordenador BIM, que deve agrupar os conflitos em problemas (*issues*) gerenciáveis antes de apresentá-los à equipe. As reuniões de compatibilização deixam de ser momentos de "descoberta" de erros para se tornarem fóruns de tomada de decisão, onde se define quem deve mover seu componente com base em critérios de custo, facilidade de execução e hierarquia dos sistemas (Leusin, 2020).

Em suma, a gestão da coordenação em BIM atua como um mecanismo de controle de qualidade e redução de riscos financeiros. Ao trazer a resolução de conflitos para o ambiente virtual, onde o "custo de mudança" é composto apenas por horas técnicas, evita-se que esses problemas cheguem ao canteiro de obras, onde o custo envolveria materiais, mão de obra e atrasos no cronograma físico-financeiro (Azhar, 2011).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho tem como objetivo aplicar a modelagem da informação da construção na análise e compatibilização de projetos de um empreendimento comercial de alto padrão. O estudo foi desenvolvido com base na utilização do *software Autodesk Navisworks*, voltado à detecção e resolução de interferências entre as disciplinas de projeto.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho se propôs a analisar o empreendimento Wave Garden Maringá, especificamente a fase do Mall, que é um edifício comercial, através de um estudo de caso aprofundado. A pesquisa visa aplicar a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) para identificar e resolver conflitos entre projetos, comprovando a eficiência em termos de custo. Para isso, foram utilizados artigos científicos, teses e dissertações de referência, além de *software* específico para compatibilização, o *Navisworks*.

De acordo com Gil (2008), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que possibilita a investigação detalhada de um objeto real, permitindo compreender suas particularidades e desafios. Essa abordagem mostra-se adequada para projetos de maior complexidade, como o Mall do Wave Garden Maringá, cujas especificidades envolvem a integração de múltiplas unidades autônomas e demandas construtivas diversas.

Assim, o presente trabalho configura-se como um estudo de caso aplicado ao empreendimento Wave Garden Maringá, tendo como foco o edifício denominado Mall, um conjunto comercial composto por diferentes unidades independentes. A abordagem adotada busca proporcionar uma compreensão aprofundada das características do empreendimento e de seus aspectos relevantes para a área da Engenharia Civil.

A pesquisa visa aplicar a metodologia BIM para identificar e resolver conflitos entre disciplinas de projeto, demonstrando a eficiência da modelagem integrada através das verificações com a compatibilização e em termos de custo.

O processo metodológico compreendeu as seguintes etapas:

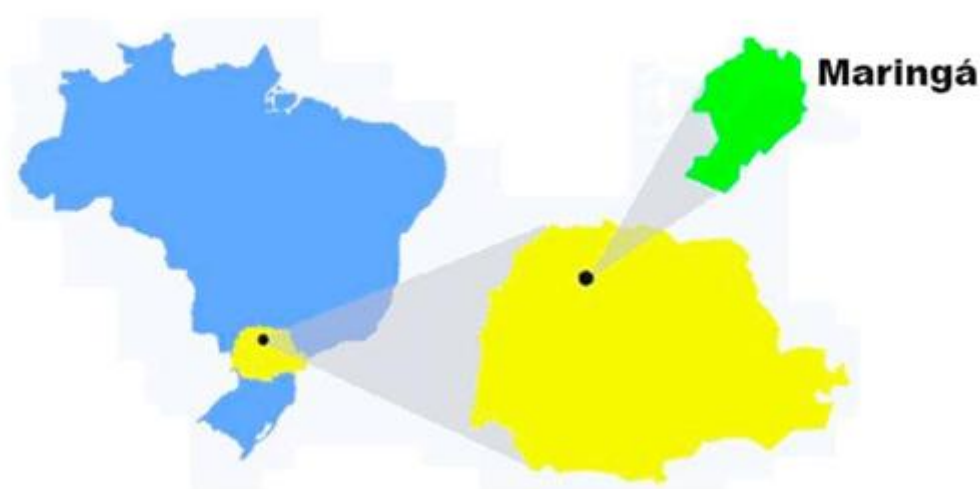
- Coleta e organização dos modelos digitais das disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações;
- Importação e integração dos modelos no *software Navisworks*;
- Execução dos testes de interferência (*clash detection*);
- Classificação e análise dos conflitos detectados;

- Compatibilização das disciplinas, segundo hierarquia de prioridade técnica;
- Estimativa de custos da obra com base no método CUB/m² do SINDUSCON/PR (2025).

3.2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento objeto está localizado no município de Maringá, estado do Paraná, conforme ilustrado na Figura 6. O endereço corresponde à Rua Valdir Nogaroli, nº 514, e Avenida Sônia Guerra Nogaroli, nº 965, Bairro Eurogarden.

Figura 6 – Localização da cidade de Maringá



Fonte: Maringa.com (2025)

3.2.1 Características do Empreendimento

O projeto arquitetônico do edifício Mall é composto por três pavimentos principais, térreo, 1º Pavimento Mezanino, 2º Pavimento Sobreloja, 3º Pavimento Mezanino Sobreloja, e Cobertura. A Figura 7 apresenta a fachada proposta pela Arquitetura, evidenciando a conexão entre dos dois setores do empreendimento, denominados Setor B e Setor C.

O pavimento Térreo (Anexo A) abriga oito unidades comerciais autônomas ("lojas"), áreas de circulação (boulevard e jardins), estacionamento, rampas de acesso, salas técnicas, manutenção, elétrica, vestiários, refeitório, almoxarifado, setor administrativo e fraldário.

O 1º Pavimento (Anexo B) é destinado a à instalação futura de mezaninos nas lojas térreas e áreas técnicas sem permanência de pessoas, além de circulação vertical (escadas e poços de elevadores).

Figura 7 – Fachada frontal do empreendimento

Fonte: Próprios autores (2025)

O 2º Pavimento Sobreloja (Anexo C) é composto por dez unidades comerciais (“Salas”), com varandas, banheiros e jardins. Dispõe de circulação vertical e prevê instalação de mezaninos para as unidades superiores. Já a Cobertura, por sua vez, não é destinada à permanência de pessoas, abrigando elementos técnicos de infraestrutura. A Figura 8 apresenta uma renderização do projeto do empreendimento com destaque em um dos setores, para melhor compreensão da volumetria.

Figura 8 – Renderização da fachada do empreendimento

Fonte: Próprios autores (2025)

3.3 PLANO DE EXECUÇÃO BIM (PEB)

Antes de iniciar o processo de coordenação e compatibilização de projetos, foi desenvolvido um documento chamado de Plano de Execução BIM (PEB), esse é um documento

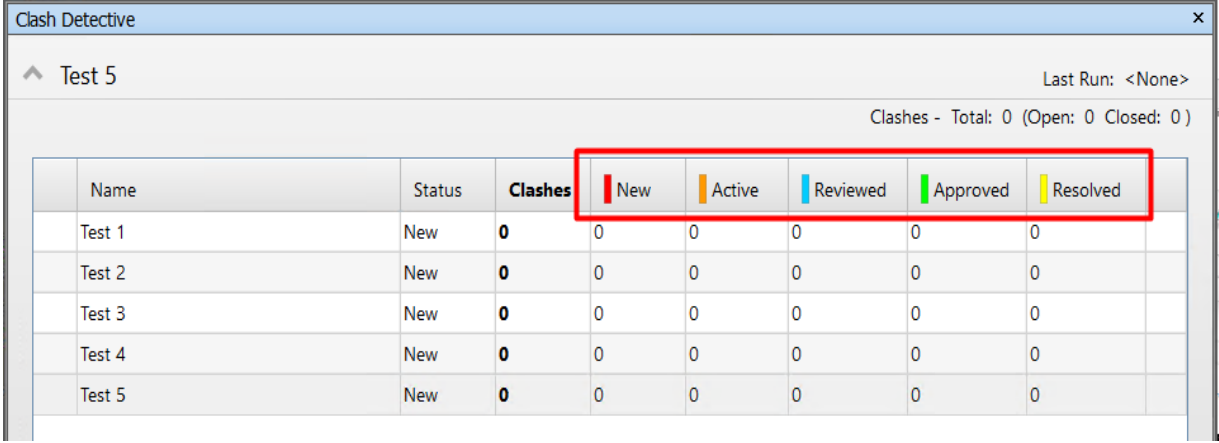
estratégico que atua como um guia para alinhar as expectativas e garantir que todas as partes envolvidas trabalhem de forma coordenada e eficiente, sendo um manual que governa o fluxo de trabalho colaborativo (Eastman *et al.*, 2008; Manzione, 2013).

No PEB é apresentado aos projetistas as características do projeto, qual o uso do BIM para o empreendimento, o processo de desenvolvimento bem como padronizações a serem seguidas na modelagem.

3.4 ANÁLISE DE INTERFERÊNCIA

A análise de interferências no projeto foi realizada utilizando o *software Navisworks*, que permite a coordenação e visualização integrada de modelos BIM. O processo de detecção de conflitos no *software* é dividido nas seguintes categorias principais: *Clashes*, *New*, *Active*, *Reviewed*, *Approved* e *Resolved*, como pode se observar na Figura 9.

Figura 9 – Categorias de classificação de Clashes



Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Test 1	New	0	0	0	0	0	0
Test 2	New	0	0	0	0	0	0
Test 3	New	0	0	0	0	0	0
Test 4	New	0	0	0	0	0	0
Test 5	New	0	0	0	0	0	0

Fonte: Próprios autores (2025)

No *Navisworks*, as categorias são divididas de acordo com as etapas lógicas de detecção de conflitos, e servem de apoio e controle das pendências ao decorrer do processo de compatibilização, podendo ser classificadas conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação das categorias de detecção de conflitos

Categorias	Classificação
New	Novas interferências identificadas
Active	Interferências que permanecem ativas após atualização dos modelos
Reviewed	Interferências que foram revisadas, mas permanecem da mesma forma
Approved	Interferências aprovadas sem a necessidade de correção
Resolved	Interferências solucionadas após a revisão dos modelos

Fonte: Próprios autores (2025)

Para a execução do teste, foram selecionados dois modelos ou dois conjuntos de elementos (conhecidos como *Sets*, que são grupos lógicos de objetos do modelo, que agrupa partes de um ou mais modelos baseado em filtros e regras) para comparação. Ao executar o comando *Run Test*, o software identifica as novas interferências na coluna *new*, destacando-as visualmente com cores específicas: o projeto de origem (geralmente em verde) e o projeto de destino (em vermelho), facilitando a localização precisa de cada incompatibilidade.

Após a identificação, a equipe responsável analisa cada *clash* para encontrar a melhor solução, salvando aqueles considerados procedentes e descrevendo o problema identificado. As correções são então implementadas nos modelos BIM, sendo de responsabilidade de cada projetista, após reunião de compatibilização. Para verificar a eficácia das mudanças, um novo teste (*Re-run Test*) é executado. As interferências resolvidas são movidas para o status *resolved*. Se o número de *clashes* iniciais for igual ao número de itens *resolved*, significa que todos os conflitos foram solucionados e os projetos estão compatibilizados. A ausência de cores (verde ou vermelho) em uma interferência resolvida indica que os elementos conflitantes foram movidos ou removidos, garantindo a integridade do modelo.

3.5 COMPATIBILIZAÇÃO

A compatibilização de projetos, foi realizada após a análise de interferências, etapa crucial para solucionar os conflitos identificados, garantindo a integridade e a eficiência da obra. No caso do Wave Garden Maringá, estabelecemos uma ordem de prioridade para otimizar esse processo. A hierarquia de compatibilização foi definida com base nas características e na flexibilidade de cada disciplina, um método amplamente discutido na literatura de gerenciamento de projetos BIM.

3.5.1 Ordem de Prioridade na Compatibilização

A ordem de prioridade na compatibilização de projetos complementares (Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidrossanitárias, Incêndio e Gás e Instalações Elétricas e de Automação) é um pilar fundamental para a mitigação de riscos e a maximização da eficiência na execução de empreendimentos construtivos. Estabelecendo uma hierarquia clara para a resolução de conflitos e interferências entre as disciplinas. Ao definir qual projeto deve se ajustar aos demais, com base nas limitações e restrições executivas e de concepção, essa abordagem assegura a segurança estrutural, preserva o conceito arquitetônico e garante a eficiência do processo. A seguir, foi detalhado a prioridade de cada disciplina:

- **Arquitetura:** Este é o projeto base que define o layout e a setorização dos ambientes. Portanto, ele serve como ponto de partida para os demais projetos complementares, sendo que as alterações em maioria devem priorizar manter o conceito proposto pelo projetista arquitetônico.
- **Estrutura:** Segue a divisão arquitetônica, mas tem prioridade sobre os demais projetos de instalações. O principal objetivo é evitar furos ou adaptações nos elementos estruturais, o que poderia comprometer a segurança da edificação. Em situações específicas, o projeto arquitetônico pode precisar se ajustar à estrutura.
- **Instalações Hidrossanitárias, Incêndio e Gás:** Terceira posição hierárquica, pois permite ajustes e desvios em relação aos elementos estruturais, respeitando restrições de inclinação em redes não pressurizadas.
- **Climatização:** Quarta posição, pois apesar de não ter restrições quanto a inclinações, trabalha com instalações predominantemente não flexíveis, e equipamentos e dutos rígidos de maior porte, dificultando ajustes pontuais,
- **Instalações Elétricas e de Automação:** O projeto elétrico é o mais flexível. Fios, cabos e eletrodutos podem ser trabalhados de forma mais simples, desviando-se dos demais elementos, além de não possuir dificuldade quanto a inclinações, o que o torna a última prioridade na hierarquia, porém ainda analisados especialmente os elementos que não são flexíveis.

Essa abordagem sequencial garante uma compatibilização segura e eficiente, otimizando o fluxo de trabalho. A aplicação de uma hierarquia clara de resolução de conflitos é uma prática recomendada para projetos complexos. De acordo com o estudo de Succar (2009), sobre a maturidade BIM, é necessário que a colaboração eficaz seja o fator central do sucesso. Nesse contexto, a definição clara de prioridades na compatibilização e a troca de informações estruturada contribuem diretamente para elevar a maturidade da equipe.

3.5.2 Aplicabilidade do software na compatibilização

O *software Autodesk Navisworks* trabalha predominantemente com três tipos de arquivos: NWC, NWF e NWD, conforme o Quadro 3.

Após a criação do modelo federado (NWF) utilizando a função *Append* do *software* para integração dos arquivos das diversas disciplinas envolvidas, foram realizadas todas as configurações necessárias para melhor visualização e entendimento do projeto, o primeiro passo foi a separação por cores dos arquivos de algumas disciplinas, configuração dos *Sets*.

Quadro 3 – Classificação e aplicação das extensões do Navisworks

Extensão	Classificação	Aplicação
NWC	Modelo de uma única disciplina, convertido através de exportadores de Navisworks.	Inserir cada disciplina isoladamente no modelo federado para compatibilização.
NWF	Modelo federado editável, contém índice de todos os arquivos de modelo que estão sendo usados.	Utilizado durante o andamento da compatibilização
NWD	Modelo federado que armazena todos os dados do projeto.	Modelo para publicação e visualização, ao término da compatibilização.

Fonte: Próprios autores (2025)

Para este estudo, foi adotada uma abordagem híbrida, utilizando tanto Conjuntos de Pesquisa (*Search Sets*) quanto Conjuntos de Seleção (*Selection Sets*), visando otimizar a precisão da análise. A maioria dos agrupamentos foi definida através de *Search Sets*, que são dinâmicos e baseados em regras e propriedades dos elementos (ex.: categoria, nome do sistema). Esta metodologia garante que, a cada atualização dos modelos NWC, os novos elementos sejam automaticamente incorporados aos seus respectivos conjuntos.

Adicionalmente, estes *Sets* são fundamentais para a configuração visual do modelo, onde cores específicas são atribuídas a cada disciplina ou subdisciplina através da ferramenta de configuração de aparência (*Appearance Profiler*), onde é selecionada a disciplina e em sequência é feita a alteração de cores. Esta padronização cromática facilita a identificação imediata dos sistemas durante a análise visual dos conflitos.

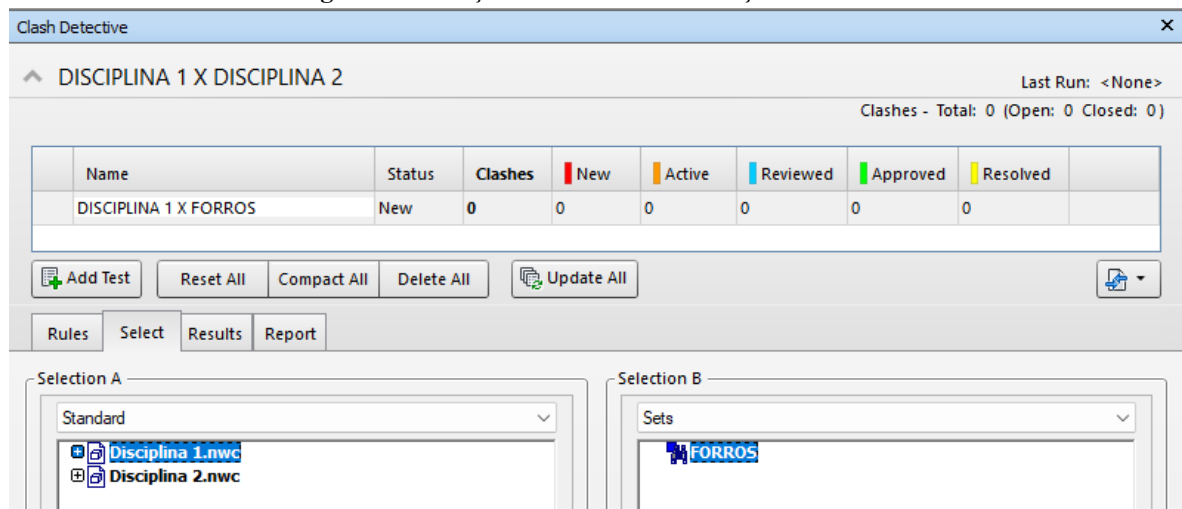
Na etapa de compatibilização, é fundamental ter assertividade em quais as verificações interdisciplinares serão realizadas, a fim de detectar incompatibilidades que possuem impactos reais, para mitigar a ocorrência de erros, improvisações e retrabalhos no canteiro de obras. Ao lidar com detecção de conflitos, é necessário determinar inicialmente essas regras dos *clashes* que serão rodados no *Navisworks*.

Para isso foi realizada a definição dos critérios de detecção de conflitos a serem selecionados na aba *select*, podendo ser no padrão Disciplina x Disciplina, ou Disciplina x *Set*, ou *Set* x *Set*. Operacionalmente, cada teste é configurado inserindo-se a origem e destino nos campos "Seleção A" (*Selection A*) e "Seleção B" (*Selection B*), conforme ilustra a Figura 10, que exemplifica a metodologia de definição dos critérios de seleção, para um caso de uma disciplina e um *set* de forro.

Após selecionados os elementos a serem testados na detecção de *clashes*, é necessário antes de rodar as verificações configurar o tipo de verificação e a tolerância. O *software* oferece quatro tipos de verificação conforme Figura 11, e a seleção de qual utilizar é uma decisão metodológica crucial para a precisão da análise. Os tipos de verificação existentes são:

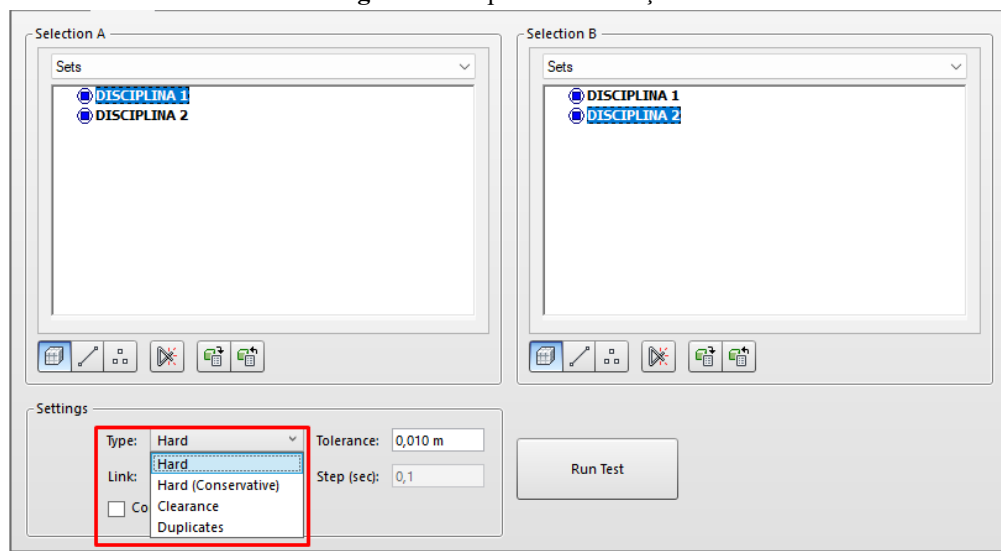
- *Hard*: Detecta a interseção física (sobreposição) direta entre as geometrias dos elementos;

Figura 10– Seleção dos critérios de detecção de conflito



Fonte: Próprios autores (2025)

Figura 11– Tipos de verificações



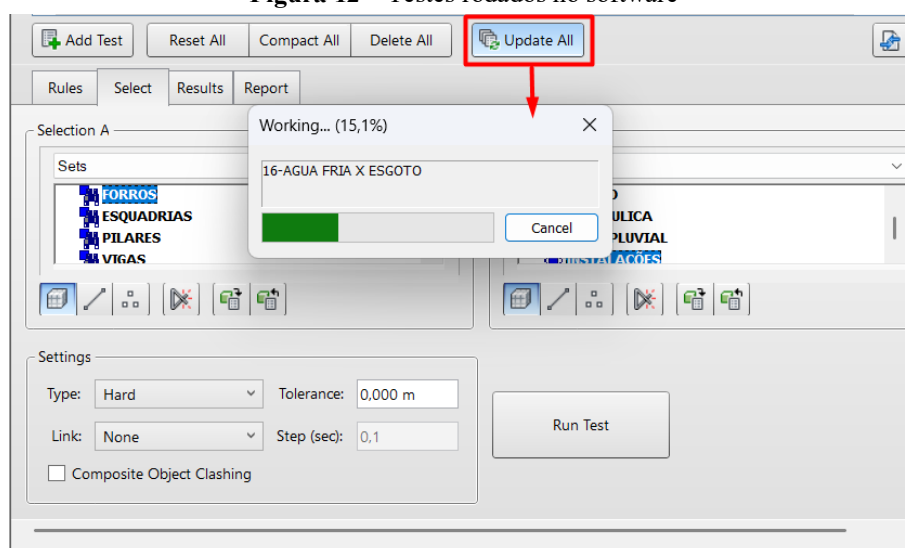
Fonte: Próprios autores (2025)

- *Clearance*: Este tipo não verifica apenas a colisão, mas assegura o respeito a uma distância mínima (folga), garantindo espaço para montagem, isolamento ou manutenção. Hardin e McCool (2015) reforçam que a detecção baseada apenas em contato físico (*hard clash*) é insuficiente para instalações complexas, sendo o parâmetro de folga essencial para validar a exequibilidade da montagem no canteiro;
- *Duplicates*: Este teste é uma ferramenta de verificação de qualidade que identifica elementos perfeitamente duplicados no mesmo local, garantindo a integridade e a confiabilidade dos quantitativos do modelo;
- *Hard (Conservative)*: Este tipo de teste não foi utilizado neste trabalho. Embora capture colisões que o modo "Hard" padrão pode ignorar, ele é conhecido por gerar um número

elevado de "falsos positivos" (conflitos relatados que não são interferências reais), o que aumentaria desnecessariamente o tempo de análise e validação.

Em sequência foram definidas as tolerâncias para cada teste e concluídas as regras de detecção de conflitos definidas, a etapa seguinte foi a execução das verificações. O *software Navisworks* oferece duas abordagens para este processamento. A primeira, através do comando *Run Test*, que executa a análise de um único teste selecionado. Esta opção, embora útil para verificações pontuais, seria metodologicamente ineficiente para este estudo. Dessa forma, adotou-se a abordagem otimizada, que consiste na utilização do comando "Update All" (evidenciado na Figura 12). Esta metodologia é fundamental não apenas para a primeira verificação, mas também para os ciclos subsequentes de análise após as correções nos modelos, garantindo celeridade e consistência no processo de coordenação (Leusin, 2020).

Figura 12 – Testes rodados no software



Fonte: Próprios autores (2025)

O tempo que o *software* leva para identificar esses conflitos é variável, pois depende da quantidade de elementos de cada modelo ou *Set*, do nível de interferências, da máquina utilizada para análise, mas de maneira geral os testes são carregados em questão de poucos segundos.

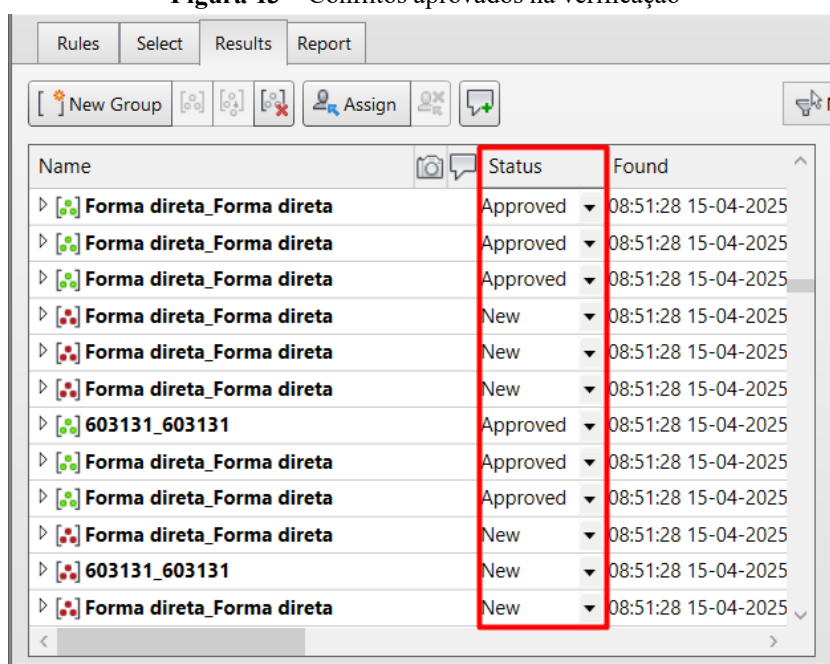
Diversos conflitos encontrados pelo *software* são repetitivos, a depender da padronização dos pavimentos e ambientes do projeto, ou alguns conflitos não são reais, podendo ser aprovados diretamente após análise técnica. Além disso, frequentemente, múltiplos conflitos carregados envolveram um mesmo elemento-raiz, por exemplo o caso de uma viga sendo transpassada por dez tubulações diferentes, gerando dez *clashes*. A análise individual desses conflitos é ineficiente para o fluxo de trabalho da coordenação.

Para solucionar esta questão, foi aplicada uma rotina de agrupamento de conflitos (*clash grouping*), através de um plugin que consolidou múltiplas interferências em problemas (*issues*) singulares e gerenciáveis, como no exemplo citado anteriormente as dez tubulações conflitando fisicamente com a mesma viga se torna um único problema. Essa etapa fundamenta-se no conceito de "rede de dependência de conflitos" proposto por Wang *et al.* (2024), onde se reconhece que diversos erros geométricos são frequentemente causados por um único objeto governante.

A aplicação desta estratégia de agrupamento resulta em uma condensação significativa dos resultados, otimizando drasticamente o tempo de análise. Após o agrupamento, iniciou-se a etapa técnica de análise dos conflitos, elaboração do relatório de compatibilização, gestão das informações, até chegar à solução todos os conflitos.

O processo de verificação dos testes foi realizado através da aba *Results* do *Navisworks*, e nos casos em que o *clash* é um falso positivo, o status do conflito foi alterado para *Approved*, conforme apresentado na Figura 13, pois nesses casos não há necessidade de alterações na modelagem. Já nos casos em que os conflitos são reais, eles foram mantidos no Status “New”, e em seguida foi realizada a criação do item do relatório para correção. Este procedimento de gestão de status segue as diretrizes de Hardin e McCool (2015) para o "rastreamento de conflitos" (*clash tracking*), onde cada *issue* deve possuir um ciclo de vida claro para que a equipe pudesse diferenciar problemas resolvidos de novas interferências surgidas após as atualizações de projeto.

Figura 13 – Conflitos aprovados na verificação

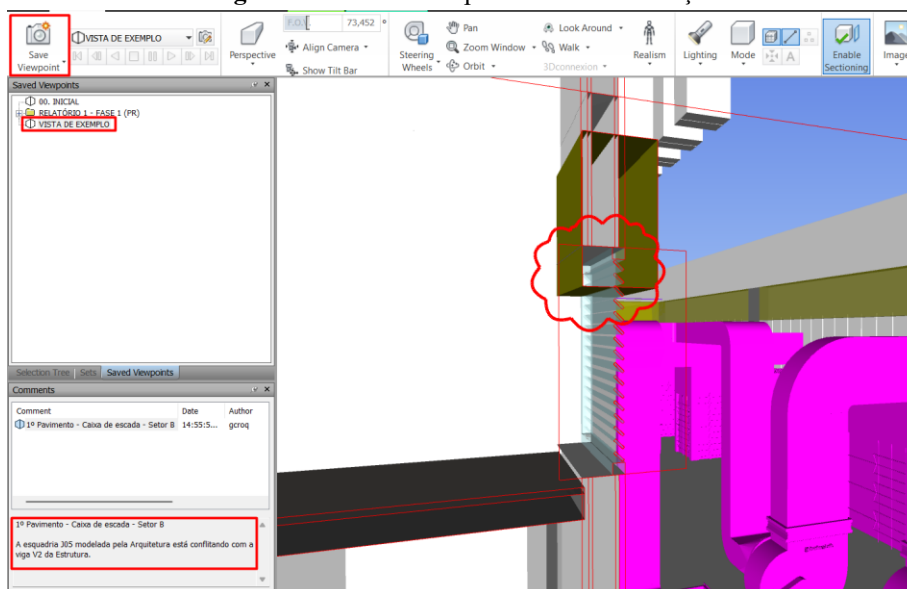


Name	Status	Found
Forma direta_Forma direta	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	New	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	New	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	New	08:51:28 15-04-2025
603131_603131	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	Approved	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	New	08:51:28 15-04-2025
603131_603131	New	08:51:28 15-04-2025
Forma direta_Forma direta	New	08:51:28 15-04-2025

Fonte: Próprios autores (2025)

Para criação de itens do relatório, foi identificado o conflito e salvo um ponto de vista, através do comando *Saved Viewpoints* do software, em seguida foram feitas indicações visuais para evidenciar o problema e por fim na aba de comentários foi criada uma descrição objetiva sobre o que se trata o conflito, conforme apresentado na Figura 14. A criação de pontos de vista anotados é o que transforma dados brutos de colisão em informações acionáveis de engenharia

Figura 14 – Conflitos aprovados na verificação



Fonte: Próprios autores (2025)

3.6 ESTIMATIVA DE CUSTO

A compatibilização é um elemento catalisador para a redução de custos e a aceleração do cronograma, conforme discutido. A projeção de custo foi determinada através de uma análise bidirecional, confrontando o Custo Unitário Básico (CUB) por m², uma referência que engloba os custos médios de mão de obra e materiais, com o orçamento detalhado da construtora, que emprega composições próprias (Anexo D). Reconhecendo o escopo de estimativa, os valores não representam o custo exato, mas sim uma aproximação validada que reflete de forma coerente a realidade financeira do projeto.

Segundo SINDUSCON/PR (2025) é possível verificar o significado de cada sigla para representar o preço básico por metro quadrado (CUB/m²) e a apuração dos valores tem como referência projetos padrão CSL8 e CSL16, que são projetos comerciais de salas e lojas.

Com base nesses parâmetros, os valores foram obtidos no site oficial do SINDUSCON/PR, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – CUB/m² de Projetos comerciais de alto padrão – agosto/2025

Item	CAL-8-A	CSL-8-A	CSL-16-A
Materiais	1.323,38	1.164,11	1.572,47
Mão de Obra	1.650,80	1.515,10	2.018,19
Despesas Administrativas	104,02	82,12	92,10
Equipamentos	9,56	6,11	9,32
Total	3.087,76	2.767,44	3.692,08

Fonte: Adaptado de SINDUSCON/PR (2025)

Com o valor da área construída e o valor da obra definido como “Projetos-Padrão Comerciais-Alto CSL-16-A”, para cada repartição da edificação sendo comercial, foi possível chegar até a estimativa do valor final da obra. Esta análise é importante para evidenciar o impacto positivo da utilização da compatibilização de projetos em BIM durante a fase de desenvolvimento dos projetos. Para cálculo do custo total da obra, baseado no CUB foi utilizada a Equação (1).

$$Custo_{CUB/Ago} = CUB/m^2 \cdot Área(m^2) \quad (1)$$

Em seguida, utilizou-se o orçamento executivo da construtora, que, por ser baseado em composições analíticas, apresenta maior precisão, podendo ser calculado o custo real da obra através da Equação (2).

$$Custo_{Orçamento\ Executivo} = R\$/m^2 \cdot Área(m^2) \quad (2)$$

A economia estimada é calculada sobre o custo real da obra, representando o montante que seria gasto com imprevistos caso as incompatibilidades não tivessem sido resolvidas em projeto. Para cálculo da economia foi aplicada a Equação (3), tanto para o custo da obra com base no CUB, quanto para o Orçamento Executivo, e ao final foi realizado uma média entre os dois valores.

$$Economia_{BIM} = Custo\ da\ obra \cdot \%Economia \quad (3)$$

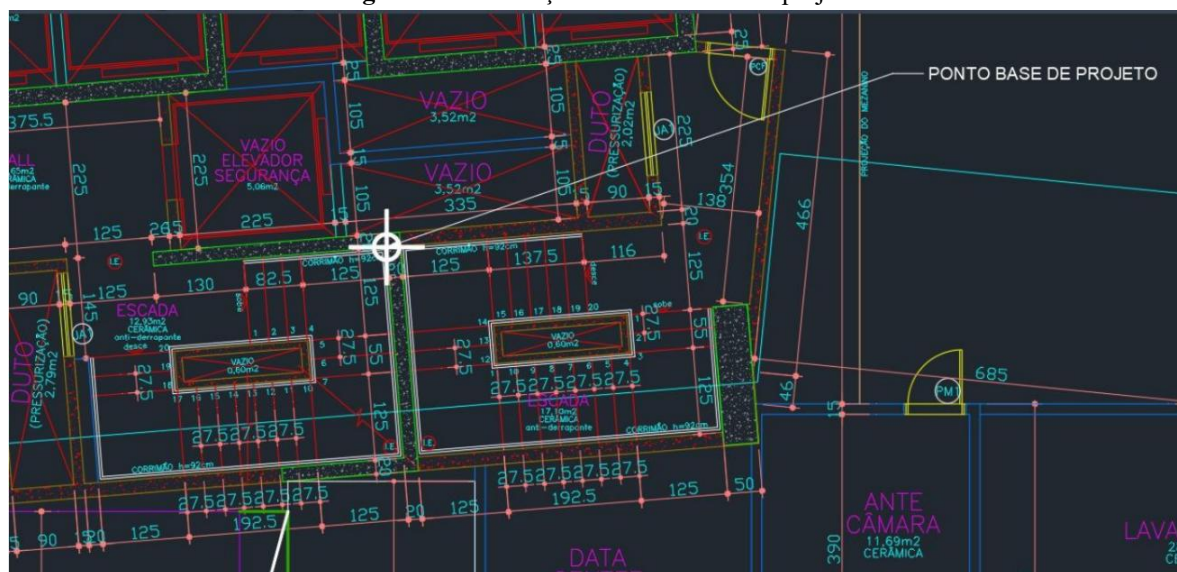
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PLANO DE EXECUÇÃO BIM (PEB)

Para este empreendimento foi padronizado a utilização da versão do Revit 2024 para as instalações, e para Arquitetura e Estrutura foi definido a entrega do projeto em arquivo IFC (*Industry Foundation Classes*), permitindo a interoperabilidade entre os softwares (Hardin & McCool, 2015).

Também foi definido pelo PEB que os modelos de todas as disciplinas deveriam seguir as coordenadas de projeto definida pela Arquitetura, para viabilizar a compatibilização, pois todos os modelos ao serem exportados devem estar na mesma posição de referência, na Figura 15 é destacado o trecho com a informação do ponto utilizado como base (referência de modelagem), sendo que foi definido que todas as disciplinas deveriam exportar o modelo usando o ponto base como referência, que está localizado na escada do Mall fase 2.

Figura 15 – Definição da coordenada do projeto



Fonte: Próprios autores (2025)

4.2 APRESENTAÇÃO DOS MODELOS

No processo de compatibilização, os modelos são as representações digitais tridimensionais (3D) de cada disciplina do projeto (arquitetura, estrutura, instalações), criadas em BIM. É através da sobreposição destes modelos, utilizando o *Naviworks*, que foi realizada a compatibilização, através da detecção de interferências e análise de soluções, dos Projetos (Hardin & McCool, 2015; Leusin, 2020).

A identificação dos modelos utilizados é essencial para a gestão da coordenação em um projeto de grande complexidade como o Mall do Wave Garden Maringá. No Quadro 4, está detalhada a estrutura de colaboração multidisciplinar, evidenciando o modelo de cada disciplina e a sigla de identificação adotada para o gerenciamento de conflitos no software *Navisworks*, além do projetista responsável (nomeado genericamente por questões de sigilo), pois como abordado por Manzione (2013) é importante estruturar a colaboração e gerenciar o fluxo de informações entre as disciplinas.

Quadro 4 – Modelos utilizados e projetistas responsáveis

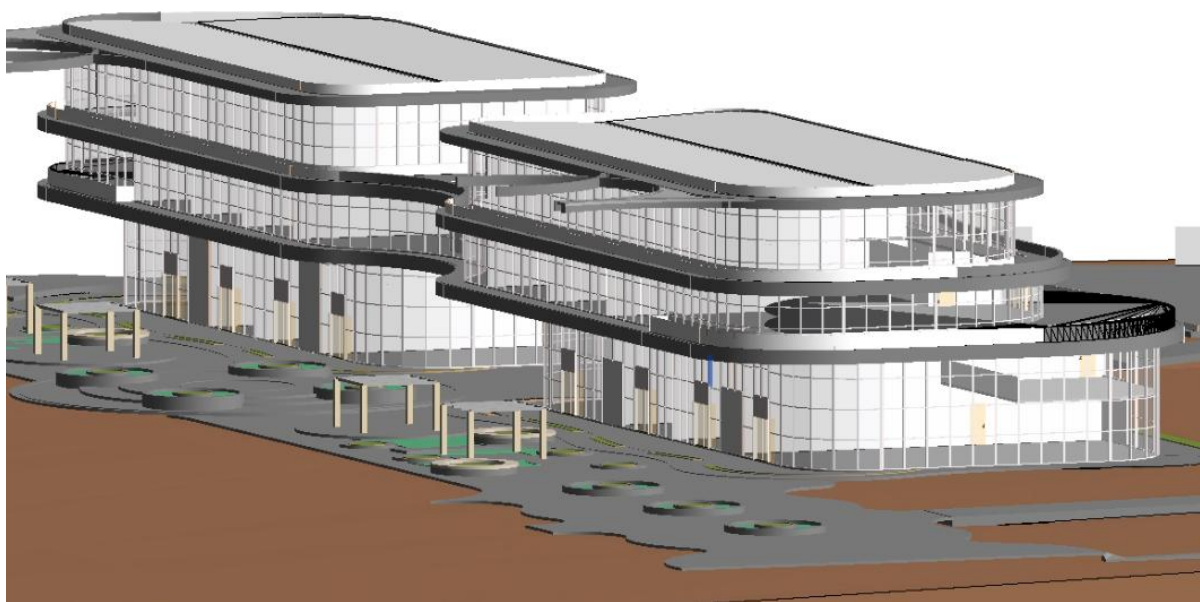
Disciplina	Sigla	Projetista
Arquitetura	ARQ	Projetista A
Estrutura	EST	Projetista B
Metálica	MET	Projetista B
Hidrossanitário	HID	Projetista C
Incêndio	HIN	Projetista C
Gás	HGA	Projetista C
Elétrica	ELE	Projetista D
Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas	SPDA	Projetista D
Automação	AUT	Projetista E
Climatização	CLI	Projetista F

Fonte: Próprios autores (2025)

4.2.1 Modelo Arquitetônico

O modelo arquitetônico, desenvolvido pelo Projetista A, foi entregue em formato IFC, conforme estabelecido anteriormente no Plano de Execução BIM, que é fundamental para garantir que as informações sejam transmitidas de forma neutra e aberta (Eastman *et al.*, 2008). O projeto Arquitetônico é composto dois setores que são interligados entre si, como pode-se observar na Figura 16 onde é apresentada uma perspectiva do empreendimento, para melhor entendimento do modelo.

O projeto arquitetônico apresentado destaca a predominância de vedação externa através de painéis envidraçados (pele de vidro), o que se torna um ponto de atenção na compatibilização, em especial a possíveis passagens de instalações. O telhado projetado é em duas águas com caimento central para captação pluvial, necessitando de compatibilidade entre o hidrossanitário e estrutura metálica, que será responsável por estruturar o telhado. A compatibilização com os sistemas estruturais e instalações exigiu uma definição geométrica precisa, pois os conflitos poderiam gerar retrabalhos onerosos (Hardin & McCool, 2015).

Figura 16- Perspectiva Arquitetônica 01

Fonte: Próprios autores (2025)

O reservatório inferior do empreendimento foi locado na região de interligação entre os dois setores, abaixo do piso do pavimento Térreo. Foi definido inicialmente pelo Projetista A um sistema de iluminação e ventilação indireta no ambiente, conforme mostra a Figura 17.

4.2.2 Modelo Estrutural e Metálico

O projeto Estrutural foi elaborado no *software* TQS, e por necessidade de interoperabilidade, como solicitado no PEB, o modelo foi entregue em formato IFC, assim como o modelo de Estrutura Metálica. O modelo IFC foi importado no Revit, para possibilitar a exportação em NWC, que é o formato utilizado para compatibilização no *Navisworks*, como descrito anteriormente.

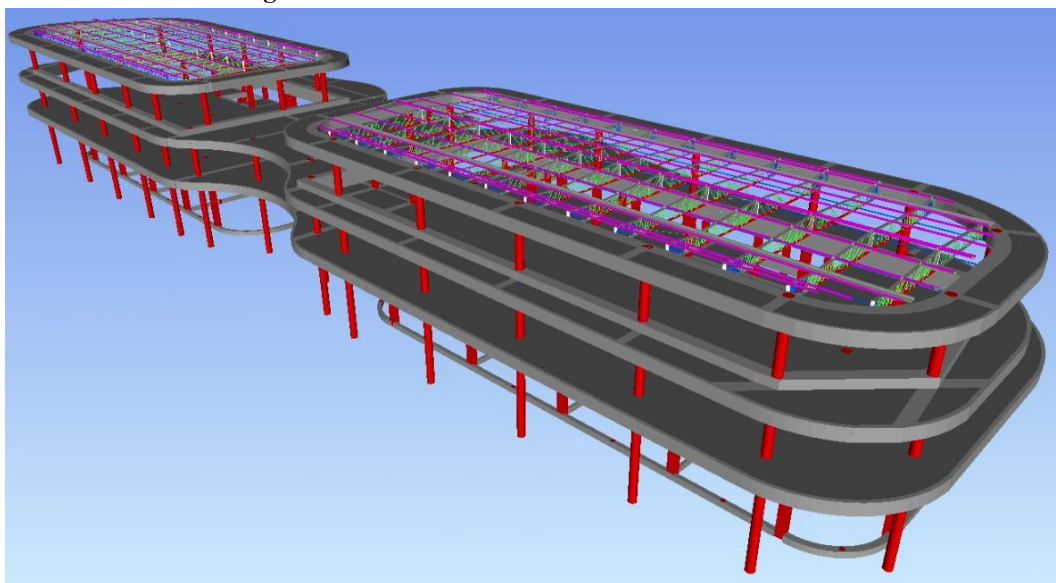
O projeto estrutural do empreendimento é parcialmente composto por lajes, vigas e pilares em concreto armado, porém a sustentação do piso dos mezaninos das lojas e do telhado foi projetado em estrutura metálica, na Figura 18 é evidenciado a estrutura geral do empreendimento, com a junção entre a estrutura convencional em concreto armado e a metálica.

Figura 17 – Vista do ambiente do Reservatório inferior



Fonte: Próprios autores (2025)

Figura 18 – Vista do ambiente do Reservatório inferior



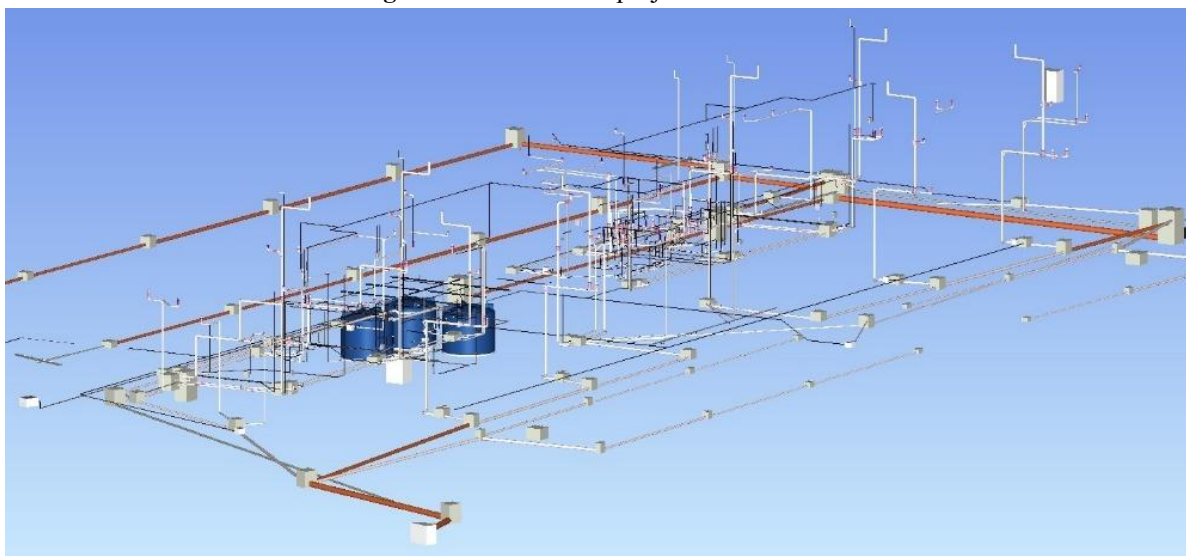
Fonte: Próprios autores (2025)

4.2.3 Modelos de Instalações

Os modelos complementares de instalações foram todos desenvolvidos diretamente no *software* Revit, pelos projetistas anteriormente citados no Quadro 4, não sendo necessário a entrega em IFC para compatibilização, pois os projetos são exportados do arquivo RVT diretamente para o *Navisworks*, no formato NWC.

O projeto de instalações hidrossanitárias é formado pelas soluções de hidráulica (Água fria), sanitário (Esgoto/Gordura) e águas pluviais, como pode se observar na Figura 19. A solução de tubulações de água fria é pressurizada, portanto não há restrição quanto à sua inclinação, como existe para as tubulações sanitárias e de águas pluviais. No processo de compatibilização, as tubulações que possuem limitações quanto a inclinação requerem atenção, uma vez que as modificações não são simples. Assim, essa hierarquia dos sistemas de instalações hidrossanitárias foi considerada no processo, o que é uma consideração ressaltada por Hardin e McCool (2015).

Figura 19 – Isométrico projeto Hidrossanitário



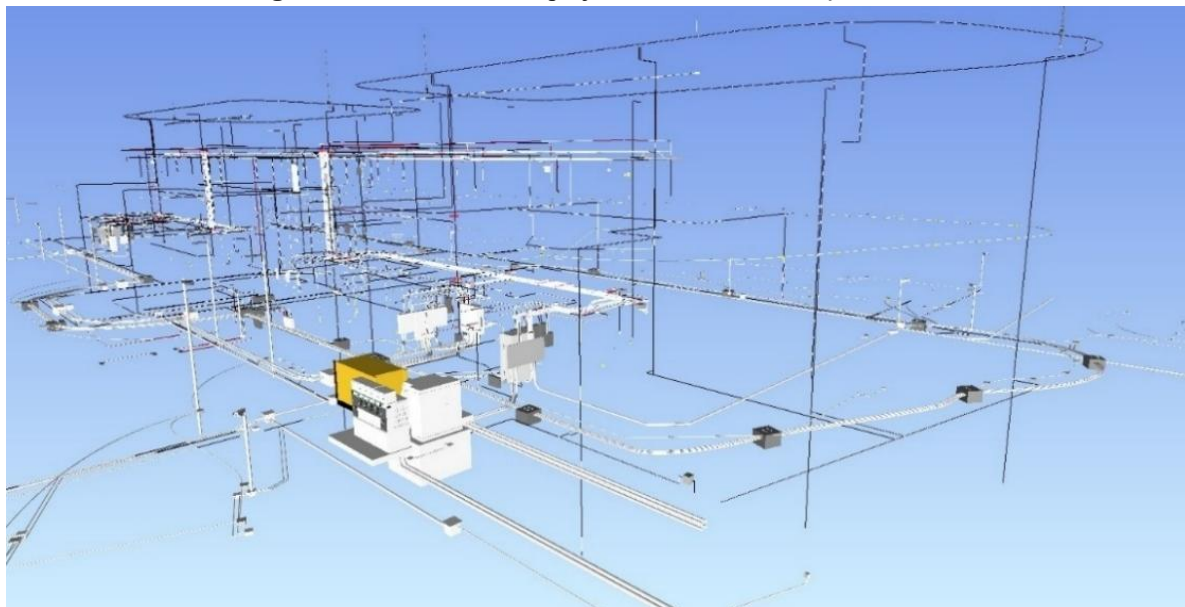
Fonte: Próprios autores (2025)

Os projetos de Incêndio e Gás desenvolvidos pelo mesmo projetista de Instalações Hidrossanitárias, possuem menos restrições físicas, pois não trabalham com inclinações, porém é importante se atentar a questões normativas do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, em especial a NPT 011/2024 – Saídas de Emergência, NPT 019/2012 – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio, e no caso de Gás a NPT 028/2014 – Manipulação, armazenamento, comercialização e utilização de gás liquefeito de petróleo (GLP).

As Instalações Elétricas, Automação e SPDA são predominantemente formadas por eletrodutos ou cabos flexíveis, que permitem maior adequação em caso de conflitos com as demais disciplinas. Por essa característica, o sistema foi classificado como de "alta flexibilidade" na matriz de coordenação, o que é comumente feito nesse tipo de análise. Segundo Eastman *et al.* (2008), esses sistemas são frequentemente os últimos a serem posicionados ou os primeiros a serem movidos para resolver um conflito. Porém há componentes ou ambientes que necessitam de atenção, como o caso de sala de quadros, onde é

necessário garantir que não haja tubulações passando acima do ambiente, devido a riscos de danos elétricos em casos de vazamentos. Na Figura 20 é apresentada uma vista contendo os três modelos citados anteriormente, para melhor compreensão tridimensional.

Figura 20 – Isométrico dos projetos Elétrico, Automação e SPDA

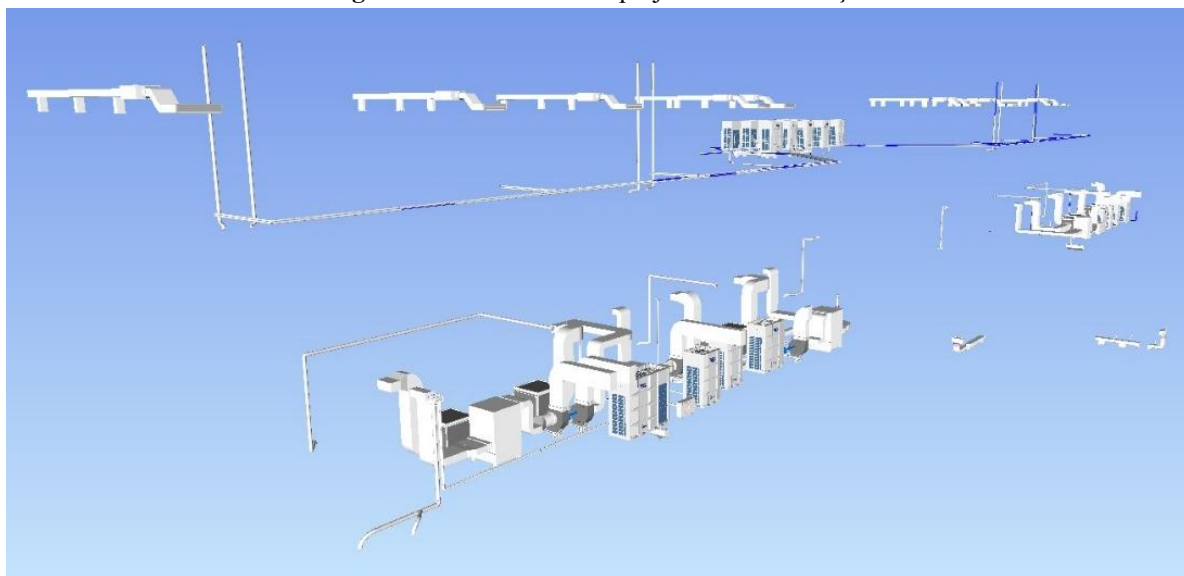


Fonte: Próprios autores (2025)

O último projeto é o de Climatização, que adotou solução em VRF para a rede frigorífera, que é um sistema de ar-condicionado que liga diversas evaporadoras a mesma unidade condensadora, esse sistema não é flexível, necessitando de maior cuidado quanto a conflitos físicos. Além disso, no modelo de Climatização foi considerado sistema de exaustão e ventilação mecânica para os ambientes internos, pois devido a solução arquitetônica em pele de vidro ao longo de todo empreendimento, não haverá aberturas para renovação de ar natural. Essa solução inclui dutos rígidos e equipamentos, que possuem baixa capacidade de deslocamentos. A Figura 21 evidencia a solução adotada pelo Projetista F.

Após a disponibilização e verificação individual dos modelos de cada disciplina, inicia-se a etapa de integração no *software* Navisworks. Este procedimento é a base para a criação do modelo federado e envolve duas atividades preparatórias cruciais: as configurações visuais (atribuição de cores e transparência para facilitar a identificação dos sistemas) e o estabelecimento das regras de detecção de conflitos (definição de tolerâncias e dos pares de disciplinas/sets a serem testados). Concluída esta parametrização, dá-se início ao processo de compatibilização, que será descrito em detalhes no tópico subsequente.

Figura 21 – Isométrico do projeto de Climatização



Fonte: Próprios autores (2025)

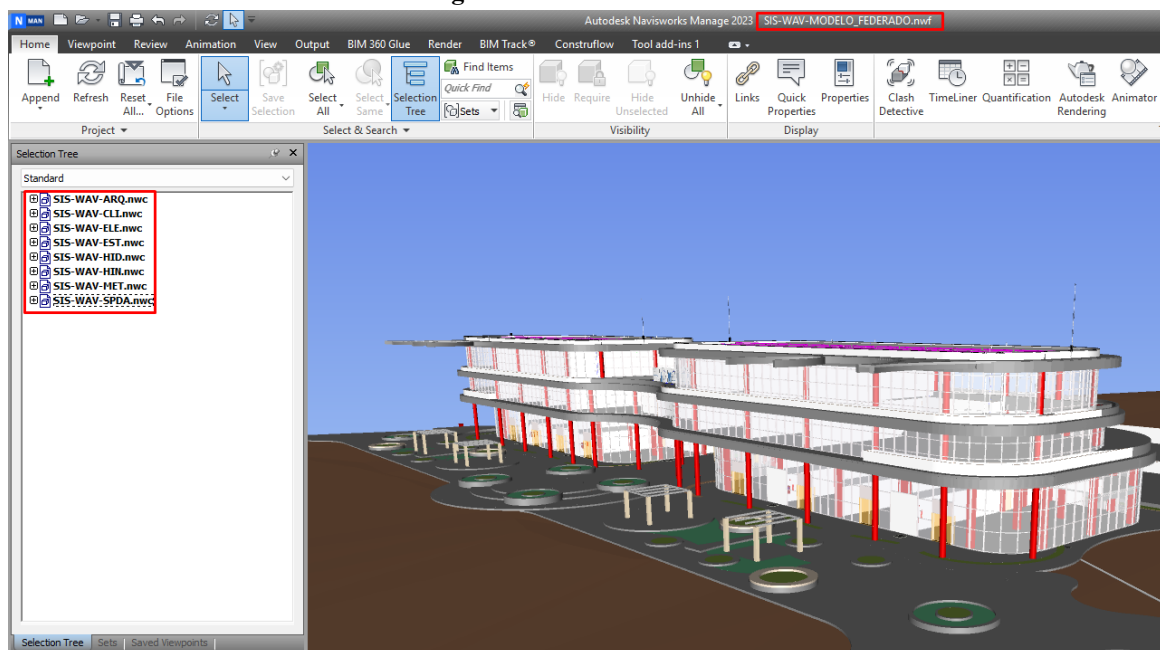
4.3 COMPATIBILIZAÇÃO

4.3.1 Configuração de Sets

O processo de compatibilização no *software* Navisworks foi iniciado com a importação dos modelos de cada disciplina, no formato NWC. Os arquivos foram integrados em um ambiente único, constituindo o que se denomina modelo federado (conforme Figura 22) importante para trabalhar com o empreendimento como um todo (Eastman *et al.*, 2008). Este modelo em NWF armazena as referências aos arquivos NWC originais, permitindo a atualização automática das disciplinas, além de salvar todos os dados da análise, como os "Sets" e os relatórios de interferências.

Com o modelo federado estabelecido, a etapa subsequente é a configuração metodológica, que se baseia na criação dos Sets (Conjuntos). Os Sets foram separados conforme indicado metodologicamente, no entanto, para separação geral dos Sets de Instalações e Instalações sem flexíveis, recorreu-se aos *Selection Sets* (conjuntos estáticos de seleção manual) para garantir sua inclusão nos testes. Esta etapa é crucial, pois permitiu o agrupamento lógico de elementos (ex.: 'vigas', 'tubulação de esgoto', 'paredes'), viabilizando a execução de testes de interferência específicos entre grupos de interesse, pois a execução indiscriminada de detecções sem os Sets geraria um volume excessivo de “falsos positivos” como descrevem Akponeware e Adamu (2017). O Quadro 5 detalha os "Sets" criados e os critérios utilizados para sua definição.

Figura 22 – Modelo federado



Fonte: Próprios autores (2025)

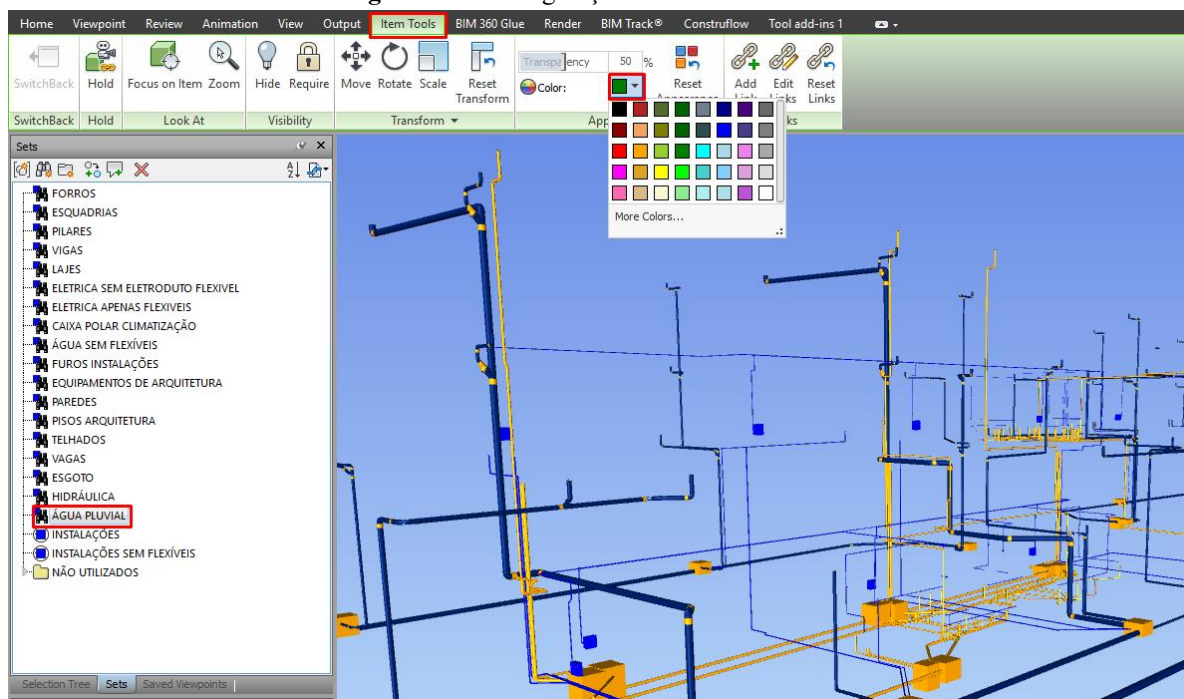
Quadro 5 – SETs para compatibilização

SET	Disciplina	Critério
Forros	ARQ	Categoria: Forro
Esquadrias	ARQ	Categorias: Portas, Janelas, Montantes, Painéis e Pele de vidro
Pilares	EST	Categoria: Colunas e Pilares Estruturais
Vigas	EST	Categoria: Quadro Estrutural
Lajes	EST	Categoria: Pisos
Elétrica sem flexíveis	ELE	Elementos que não pertencem a categoria: Tubulação flexível
Elétrica apenas flexíveis	ELE	Categoria: Tubulação flexível
Caixa polar de climatização	CLI	Categoria: Acessórios de duto
Água sem flexíveis	HID	Elementos que não pertencem a categoria: Tubulação flexível
Furos de instalações	GERAL	<i>Item Material</i> : Furo de laje, Furação e Furo
Equipamentos de Arquitetura	ARQ	Categorias: Equipamento elétrico, Mobiliário, Peças hidrossanitárias, Equipamento especial, Corrimãos, Equipamento mecânico, Luminárias, Modelos genéricos e Guarda-corpos
Paredes	ARQ	Categoria: Paredes
Pisos	ARQ	Categoria: Pisos
Telhados	ARQ	Categoria: Telhados
Vagas	ARQ	<i>Item Type</i> : Estacionamento
Esgoto	HID	<i>Item Name</i> contém: Esgoto
Hidráulica	HID	<i>Item Name</i> contém: Água
Água pluvial	HID	<i>IfcSystem</i> contém: AP
Instalações	GERAL	Agrupamento de todas as instalações
Instalações sem flexíveis	GERAL	Instalações excluindo os SETs de flexíveis

Fonte: Próprios autores (2025)

Com os Sets definidos, iniciou-se o processo de configuração visual. Como exemplo, o modelo Hidrossanitário foi subdividido em "Esgoto" (laranja), "Hidráulica" (verde escuro) e "Água Pluvial" (azul), conforme Figura 23.

Figura 23 – Configuração de cores dos modelos



Fonte: Próprios autores (2025)

Uma vez que os "Sets" estão devidamente configurados e os padrões visuais aplicados, o processo avança para a etapa de detecção de conflitos (*Clash Detection*). Nesta fase, são criados os testes de interferência, determinando-se quais *Sets* serão verificados entre si (ex.: Estrutura vs. Hidráulica). Esta abordagem estruturada permite uma identificação criteriosa e sistemática de todas as incompatibilidades do projeto, sendo a base para a geração dos relatórios de análise.

4.3.2 Determinação das Regras de Clashes

A partir dos modelos disponibilizados em BIM, e dos “Sets” devidamente configurados, foi realizada uma análise de quais disciplinas e/ou conjunto de elementos devem ser verificados entre si para que posteriormente fosse carregado automaticamente pelo *software* todos os conflitos entre as duas seleções.

Foi desenvolvida uma matriz de verificação, desenvolvida especificamente para o empreendimento estudado, que define os pares exatos de disciplinas e/ou "Sets" (configurados na etapa anterior) que foram submetidos à verificação cruzada. Manzione (2013) argumenta

que a estruturação dessa matriz de interferências deve obedecer a uma hierarquia de prioridades construtivas, evitando o cruzamento indiscriminado de dados que geraria um volume excessivo de conflitos irrelevantes para a tomada de decisão. Para Staub-French e Khanzode (2007), ao priorizar com base na rigidez dos sistemas, é garantido que os esforços de coordenação sejam direcionados para elementos mais críticos.

Essa matriz é composta pelo cruzamento entre todas as instalações, incluindo a verificação de uma disciplina com ela mesmo, além disso é realizada a verificação dos Sets da Arquitetura e Estrutura entre si e com as instalações. Por fim, também é rodado testes para encontrar itens duplicados no modelo, para evitar erros de orçamentação. O Quadro 6 apresenta de forma resumida a lista de clashes, que ao final resultou em 58 testes nesta compatibilização.

Quadro 6 – Lista de clashes

Selection A	Selection B	Tipo de Clash
Forros	Instalações	Set x Set
Forros	Elementos Estruturais	Set x Set
Esquadrias	Instalações	Set x Set
Esquadrias	Elementos Estruturais	Set x Set
Esquadrias	Equipamentos de Arquitetura	Set x Set
Elementos Estruturais	Instalações	Set x Set
Instalações	Instalações	Disciplina x Disciplina
Caixa polar	Flexíveis	Set x Set
Equipamentos de Arquitetura	Instalações	Set x Set
Vagas	Instalações sem flexíveis	Set x Set
Telhados	Instalações	Set x Set
Duplicados		Disciplina x Disciplina

Fonte: Próprios autores (2025)

Em seguida definiu-se os seguintes tipos de verificações para os testes criados para este estudo, sendo aplicados da seguinte forma:

- *Hard*: Este foi o tipo predominantemente utilizado em todos os testes interdisciplinares e intradisciplinares.
- *Clearance*: Foi aplicado estrategicamente nos testes envolvendo Instalações contra Vigas estruturais, devido a necessidade de garantir folga para instalação/manutenção.
- *Duplicates*: Aplicado em todas as instalações.

A definição da tolerância é um parâmetro crítico para a configuração dos testes de "Clash Detective", aplicando-se aos tipos "Hard" e "Clearance". Para este estudo, foram estabelecidos critérios de tolerância distintos, baseados na natureza dos elementos e na construtibilidade. Definiu-se uma tolerância zero (0,00m) para todos os conflitos envolvendo Esquadrias e Pilares, dada a necessidade de precisão absoluta na instalação desses componentes.

Para os testes intradisciplinares (verificação de um modelo contra si mesmo), adotou-se 0,01m (1cm) para evitar a detecção de "falsos positivos", que são sobreposições mínimas de modelagem sem impacto construtivo. Por fim, para as demais verificações interdisciplinares, estabeleceu-se uma tolerância de 0,005m (5mm), valor que representa um limite prático, considerando que incompatibilidades inferiores a esta medida são geralmente absorvidas pela própria execução da obra.

4.3.3 Conflitos Identificados

Com a Matriz de Interferência e a parametrização de cada teste (tipo, tolerância e "Sets" A/B) devidamente concluídas, foram realizadas as verificações dos 58 testes definidos anteriormente, através de um processamento em lote simultâneo.

A execução dos 58 testes gerou uma lista bruta de conflitos que, por padrão, não é otimizada para a gestão de *issues*, portanto foi realizado o agrupamento. Conforme evidenciado na Figura 24, no caso do teste "Forro x Instalações", que resultou em 228 conflitos brutos, sendo adotada a estratégia de agrupar pela "Seleção A", que são os Forros. Isso significa que, em vez de analisar 228 linhas de conflitos, o sistema as consolida com base no elemento de forro impactado, ou seja, todas as instalações que conflitam com o *mesmo painel de forro* são agrupadas em um único *issue*, otimizando o tempo de verificação e facilitando a comunicação da solução ao projetista responsável.

Figura 24 – Testes rodados no software

The screenshot displays the BimTrack Group Clashes window. On the left, the 'Clash Test' dropdown is set to '01-FORRO X INSTALAÇÕES'. Below it, the 'Clash Test : 01-FORRO X INSTALAÇÕES' is confirmed, with 'Selection A : FORROS' and 'Selection B : INSTALAÇÕES'. The 'Grouping Mode' is set to 'Selection A'. The 'Clashes' table on the right shows the following data:

Name	Status	Clashes	New
01-FORRO X INSTALAÇÕES	Done	9	9
02-FORRO X LAJES-VIGAS-PILARES	Done	388	388
03-FORRO X ESQUADRIAS	Done	650	650
04-ESQUADRIAS X LAJES-VIGAS-PILARES	Done	2687	2687
05-ESQUADRIAS X EQUIP. ARQ.	Done	206	206
06-ESQUADRIAS X INSTALAÇÕES	Done	321	321
07-PILARES X INSTALAÇÕES	Done	256	256
08-VIGAS X INSTALAÇÕES	Done	717	717

The 'Clashes' table also includes buttons for 'Add Test', 'Reset All', 'Compact All', and 'Delete All'. The 'Selection A' dropdown is set to 'Sets'.

Fonte: Próprios autores (2025)

No teste "Forro x Instalações" ao aplicar um agrupamento unidirecional (agrupando pela Seleção A apenas) a quantidade de itens a serem avaliados foi reduzida de 228 conflitos brutos para apenas 9 *issues* (problemas) gerenciáveis.

Contudo, a estratégia de agrupamento deve ser adaptada à natureza do teste. Em outras verificações, foi necessário um agrupamento bidirecional, onde os conflitos foram agrupados primeiro por uma seleção e, em um segundo momento, pela outra seleção. Um exemplo prático como apresentado na Figura 25, foi o teste "Esgoto x Climatização", onde era relevante para a análise identificar tanto os múltiplos elementos de esgoto que colidiam com um mesmo duto ou equipamento de climatização, quanto os múltiplos dutos e equipamentos que colidiam com uma mesma tubulação ou caixa de esgoto. Neste teste, a abordagem bidirecional condensou a lista de 61 conflitos brutos para 25 *issues*, um número gerenciável que reflete os pontos de conflito reais entre os dois sistemas.

Figura 25 – Testes rodados no software

The screenshot displays the BimTrack Group Clashes software interface. On the left, the 'Clash Test' panel shows a list of tests, with '18-ESGOTO X CLIMATIZAÇÃO' selected and highlighted with a red box. Below the list, it shows 'Clash Test : 18-ESGOTO X CLIMATIZAÇÃO', 'Selection A : ESGOTO', and 'Selection B : SIS-WAV-CLI.nwc'. The 'Grouping Mode' section shows 'Group by : None' and 'Then by : None'. At the bottom, there are 'Group' and 'Ungroup' buttons. On the right, the 'Clash Detective' panel shows a table of clashes for the selected test. The table has columns for 'Name', 'Status', 'Clashes', and 'New'. The row for '18-ESGOTO X CLIMATIZAÇÃO' is highlighted with a red box, showing 'Done' status, '25' clashes, and '25' new clashes. Other rows include '19-ESGOTO X PRESSURIZAÇÃO', '20-ESGOTO X ELETRICA', '21-ESGOTO X SISTEMAS', '22-ESGOTO X GAS', '23-ESGOTO X INCÊNDIO', '24-ESGOTO X SPDA', and '25-GAS X CLIMATIZAÇÃO'. Below the table, there are buttons for 'Add Test', 'Reset All', 'Compact All', 'Delete All', and 'Update All'. At the bottom, there are 'Rules', 'Select', 'Results', and 'Report' tabs, and 'Selection A' and 'Selection B' dropdown menus.

Name	Status	Clashes	New
18-ESGOTO X CLIMATIZAÇÃO	Done	25	25
19-ESGOTO X PRESSURIZAÇÃO	New	0	0
20-ESGOTO X ELETRICA	Done	15	15
21-ESGOTO X SISTEMAS	New	0	0
22-ESGOTO X GAS	New	0	0
23-ESGOTO X INCÊNDIO	Done	2	2
24-ESGOTO X SPDA	Done	20	20
25-GAS X CLIMATIZAÇÃO	New	0	0

Fonte: Próprios autores (2025)

A aplicação da metodologia de agrupamento de conflitos em todos os testes resultou em uma otimização processual de impacto quantificável. O volume total de 7.085 interferências brutas, detectadas pelo *software*, foi consolidado em 1.936 *issues* (problemas) gerenciáveis. Este resultado representa uma redução de 73% no esforço de verificação manual da equipe de coordenação, validando a eficácia da metodologia para otimizar o fluxo de trabalho. Concluída esta etapa de otimização quantitativa, o processo avança para a análise qualitativa (validação),

que será detalhada no próximo tópico. Esta próxima fase consiste na inspeção de cada um dos 1.936 *issues* para filtrar os chamados "falsos positivos" e determinar as ações de correção.

4.3.4 Análise Geral das Interferências

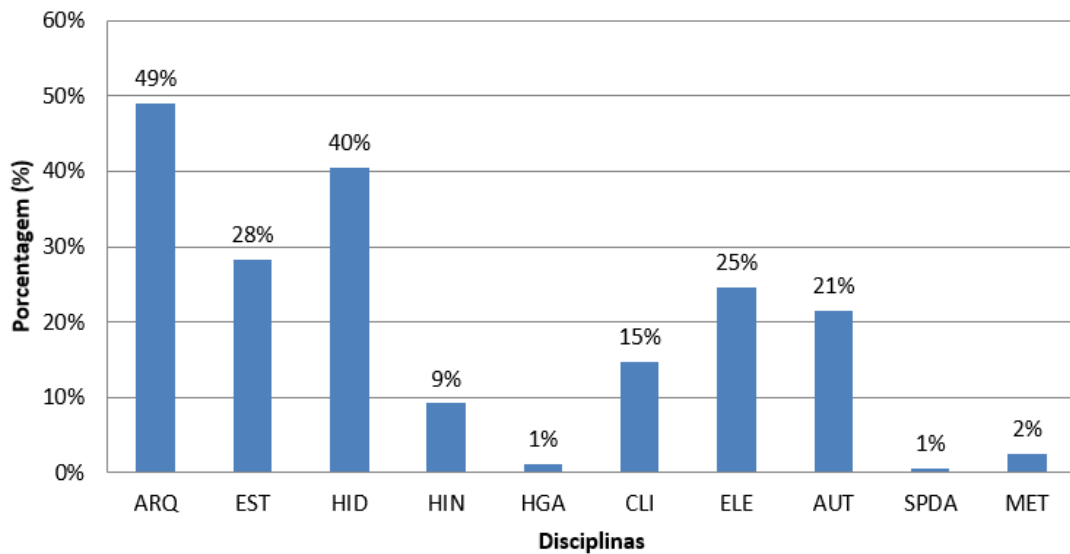
A análise de interferência foi realizada a partir da interação de todos os projetos presentes no empreendimento, com base na matriz de interferência e dos clashes detectados e agrupados anteriormente. Os 1.936 conflitos identificados anteriormente foram avaliados minuciosamente, para verificar se são válidos e, portanto, criar os itens a serem levados posteriormente aos projetistas envolvidos, para discussão em reunião de compatibilização e correção, ou se são conflitos chamados de falsos positivos, que podem, portanto, serem aprovados, não necessitando de ajustes nos modelos.

A análise de cada teste foi realizada individualmente, para todos os 58 testes rodados. Em sequência será apresentado um apanhado geral dos principais pontos analisados e conflitos identificados, e a relação entre a quantidade de itens que realmente foram considerados conflitos e quantidade de conflitos totais. Diversos conflitos puderam ser condensados em um único item do relatório de compatibilização, pois diversos *clashes* detectados são entre elementos pequenos referentes a um mesmo problema do modelo, sendo necessário apenas um apontamento, para tornar o processo mais objetivo e eficiente tanto para coordenação quanto para os projetistas.

Ao final da verificação de todos os *clashes* detectados, dos 1.936 conflitos carregados pelo software foi identificado que 1.041 eram falsos positivos, portanto apenas 46% dos clashes são *issues* reais. Os 895 conflitos reais, foram avaliados e condensados na criação de um total de 163 itens que necessitam de correção, o Gráfico 1 apresenta o percentual de *issues* que envolvem cada disciplina, a fim de avaliação de qualidade dos modelos.

Para fins de exemplificação, apresentam-se a seguir alguns dos principais conflitos identificados durante a elaboração do relatório de compatibilização. Esses conflitos foram posteriormente encaminhados aos projetistas e discutidos em reunião específica, com o objetivo de se chegar a uma solução que atendesse aos requisitos de projeto e às condições construtivas.

Visando demonstrar a eficácia da metodologia de coordenação adotada, realizou-se uma seleção qualitativa dos conflitos que seriam detalhados neste estudo. Do total de 163 *issues* validados no relatório final, optou-se por apresentar aqueles que se destacaram pela complexidade multidisciplinar e pelo elevado potencial de geração de retrabalho.

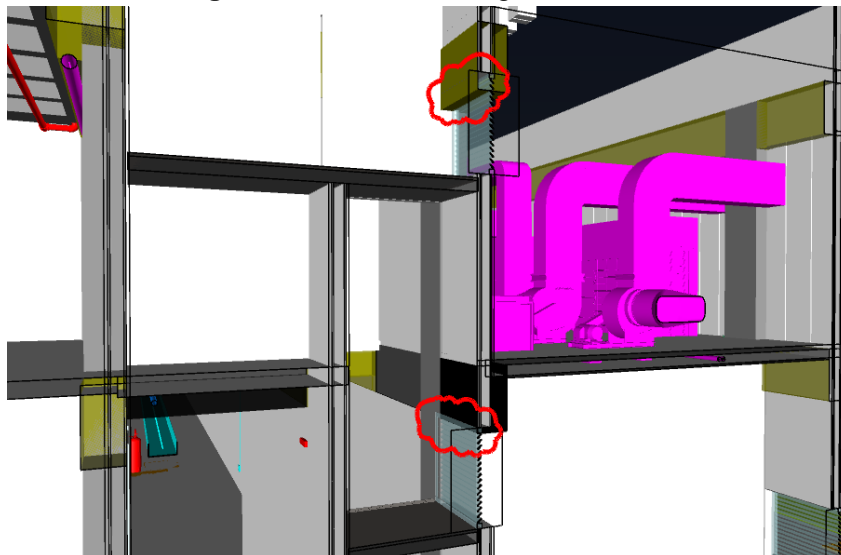
Gráfico 1 – Percentagem de conflitos por Disciplina

Fonte: Próprios autores (2025)

1. Item 43: Arquitetura x Estrutura

Locais: Térreo/1º Pavimento.

Descrição: As venezianas de tomada de ar, da caixa de escada, conflitavam com as vigas estruturais, em ambos os setores, pois o espaço disponível abaixo das vigas não atendia ao tipo de veneziana proposta pela Arquitetura, como descrito na Figura 26.

Figura 26 – Conflito entre vigas e venezianas

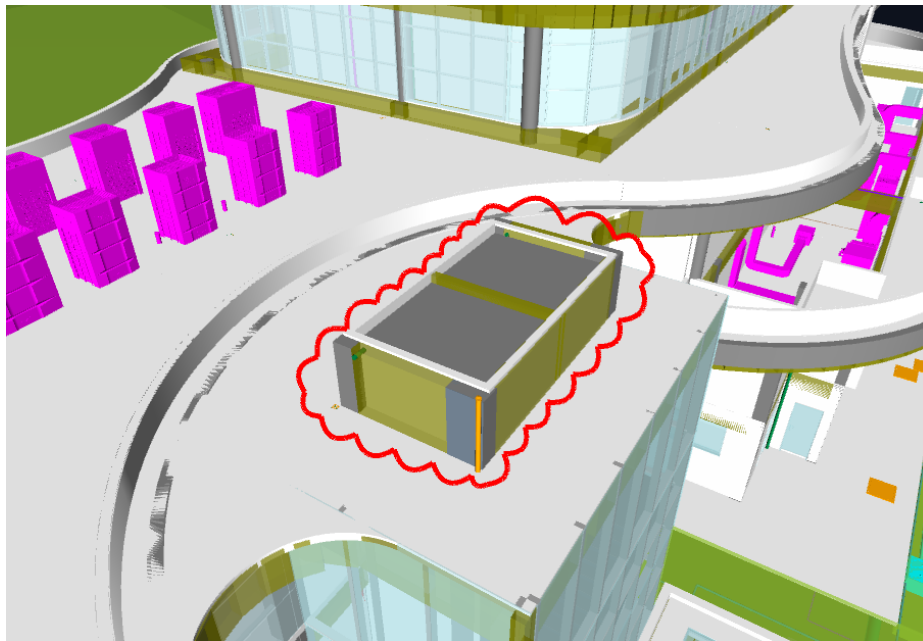
Fonte: Próprios autores (2025)

2. Item 69: Arquitetura x Estrutura

Locais: Cobertura dos Elevadores.

Descrição: A solução estrutural prevista composta por vigas e pilares divergia das dimensões previstas pela Arquitetura, conforme evidencia a Figura 27.

Figura 27 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura



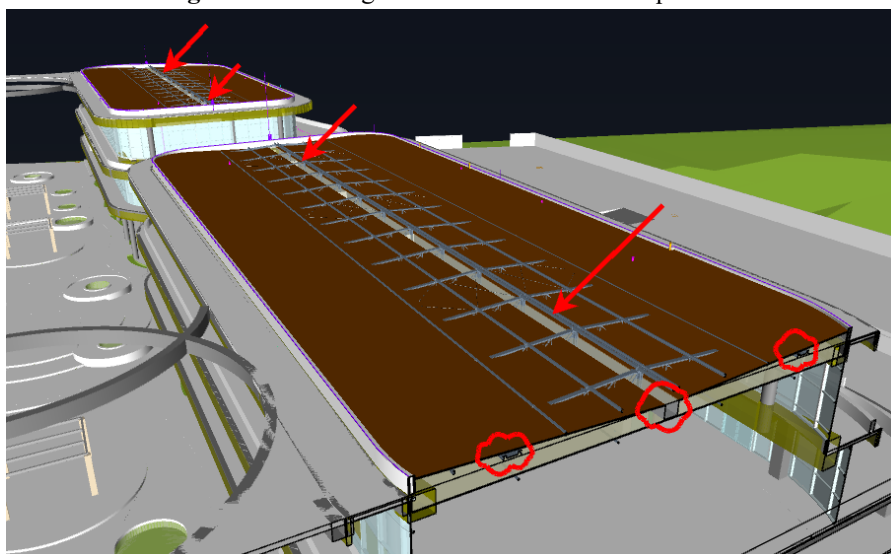
Fonte: Próprios autores (2025)

3. Item 63: Arquitetura x Metálica

Locais: Telhado.

Descrição: A Arquitetura propôs uma solução de telhado invertido, com captação pluvial no centro, porém a Metálica havia feito a solução estrutural considerando telhado de duas águas padrão, com captação pluvial nas laterais, conforme descrito na Figura 28.

Figura 28 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura



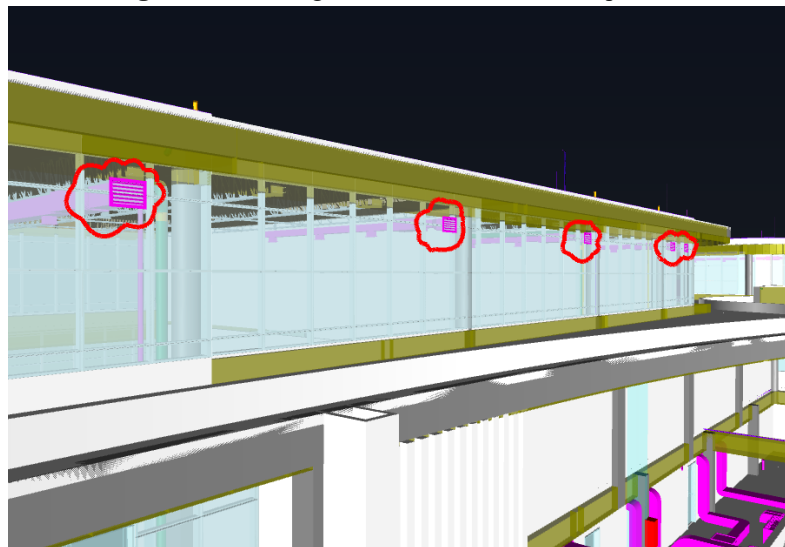
Fonte: Próprios autores (2025)

4. Item 60: Climatização x Arquitetura

Locais: 2º Pavimento.

Descrição: Em toda as salas/lojas, as venezianas da renovação de ar modeladas pela Climatização estavam conflitando com os montantes da pele de vidro modelado pela Arquitetura, conforme descrito na Figura 29.

Figura 29 – Divergência entre Estrutura e Arquitetura



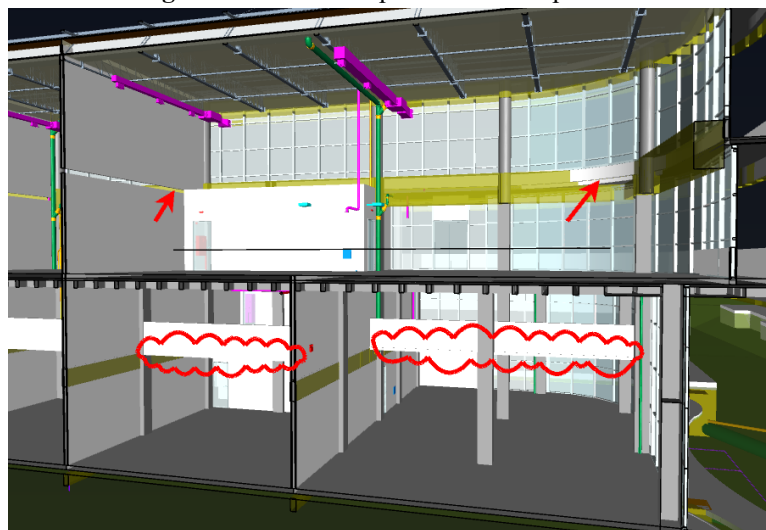
Fonte: Próprios autores (2025)

5. Item 48: Metálica

Locais: 1º Pavimento/3º Pavimento.

Descrição: A Metálica não havia previsto a solução estrutural para suportar os mezaninos que foram previstos nas lojas, conforme descrito na Figura 30

Figura 30 – Estrutura para mezaninos previstos



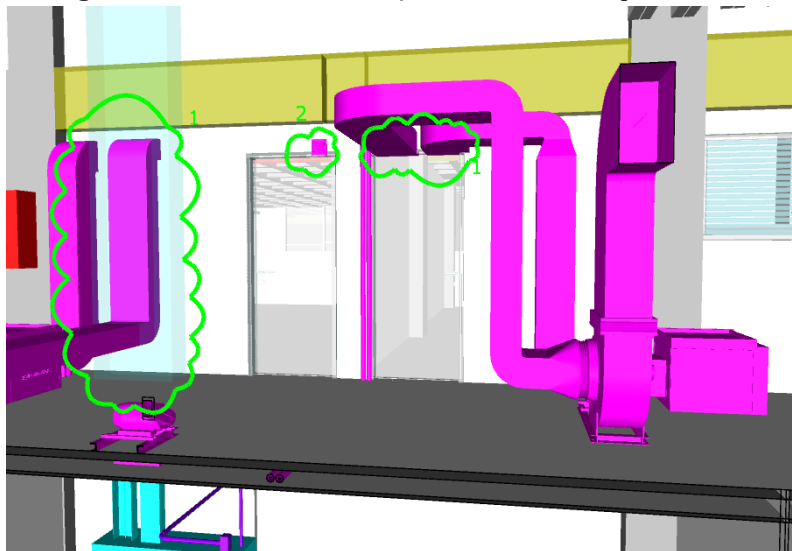
Fonte: Próprios autores (2025)

6. Item 44: Arquitetura x Climatização x Elétrica

Locais: 1º Pavimento.

Descrição: Os Dutos de renovação de ar e exaustão estavam conflitando com o shaft da elétrica e com porta de acesso para o Mezanino previsto das Lojas 21 e 16, conforme descrito na Figura 31.

Figura 31 – Dutos da Climatização conflitando com porta e shaft



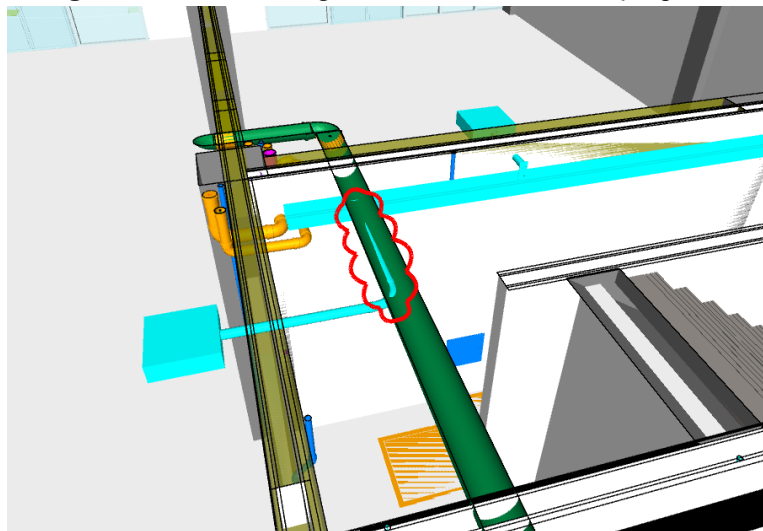
Fonte: Próprios autores (2025)

7. Item 31: Elétrica x Hidrossanitário

Locais: Térreo.

Descrição: O eletroduto rígido modelado pela Elétrica estava passando dentro da tubulação de captação pluvial, no teto do pavimento, conforme descrito na Figura 32.

Figura 32 – Eletroduto rígido conflitando com tubulação pluvial



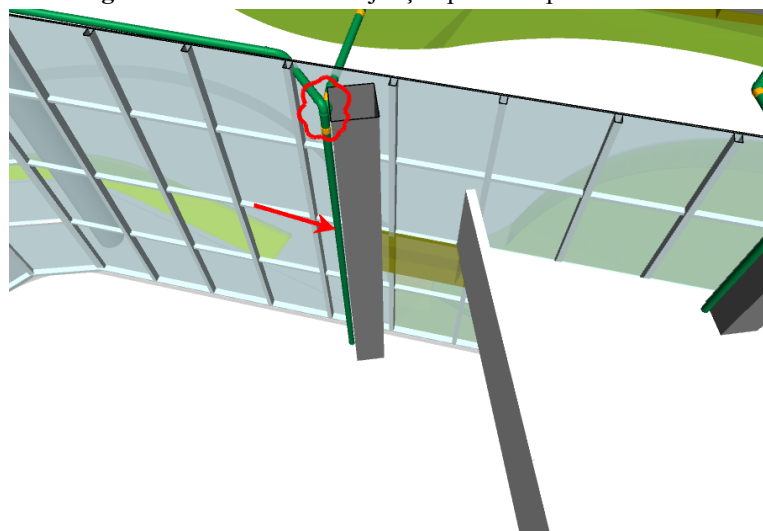
Fonte: Próprios autores (2025)

8. Item 20: Hidrossanitário x Estrutura x Arquitetura

Locais: Térreo.

Descrição: A prumada de destinação de águas pluviais modelada pelo Hidrossanitário estava descendo aparente em uma loja e a junção conflitando com o pilar estrutural, conforme descrito na Figura 33.

Figura 33 – Conflito entre junção pluvial e pilar estrutural



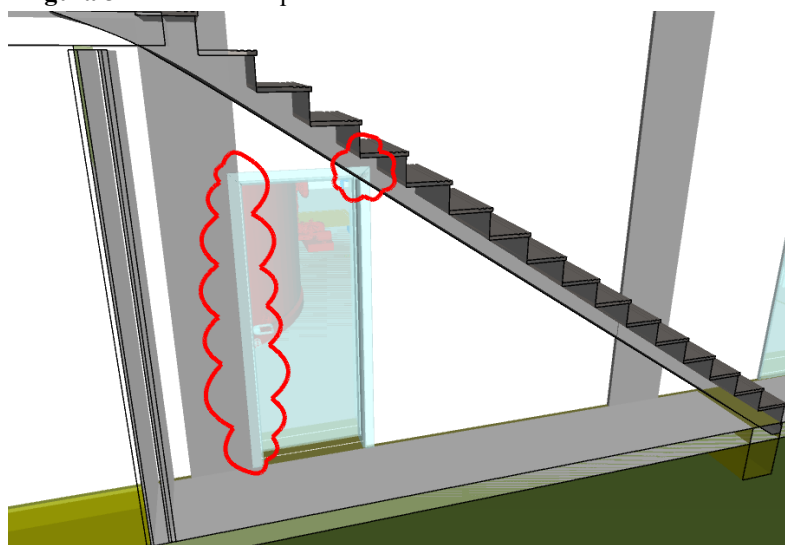
Fonte: Próprios autores (2025)

9. Item 16: Arquitetura x Estrutura

Locais: Reservatório Inferior.

Descrição: A porta de acesso ao ambiente do reservatório inferior estava conflitando com o pilar PR10 da Estrutura e com a escada, conforme descrito na Figura 34.

Figura 34 – Porta da arquitetura conflitando com elementos estruturais



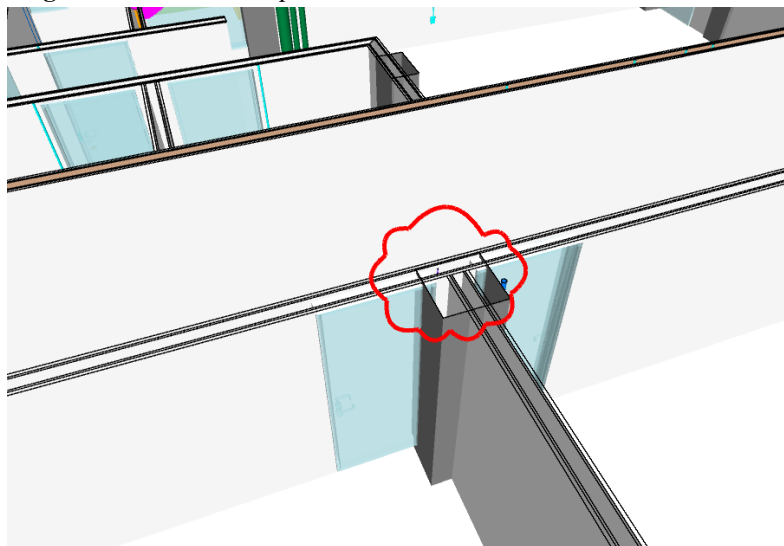
Fonte: Próprios autores (2025)

10. Item 13: Arquitetura x Estrutura

Locais: Térreo.

Descrição: As portas que a Arquitetura posicionou para as lojas 19 e 20 estavam entrando no pilar, conforme descrito na Figura 35.

Figura 35 – Porta da arquitetura conflitando com elementos estruturais



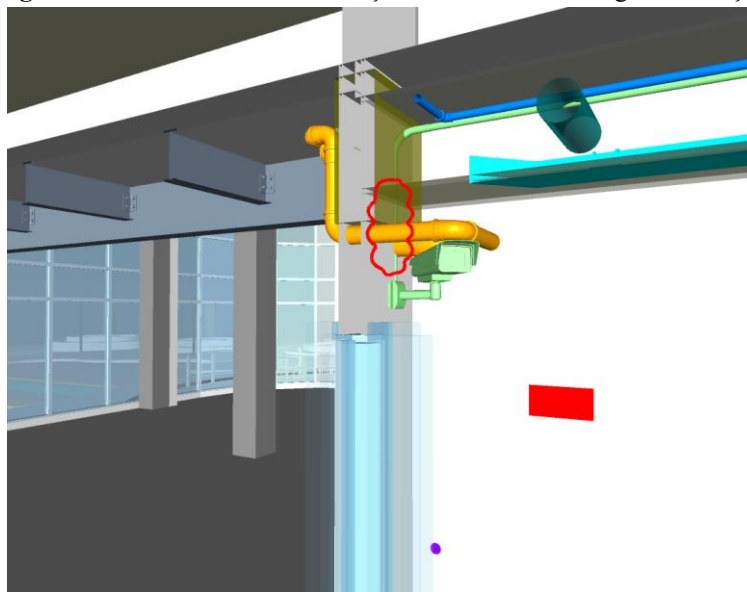
Fonte: Próprios autores (2025)

11. Item 96: Automação x Estrutura x Hidrossanitário

Locais: Térreo – Setor C.

Descrição: Eletroduto rígido de Automação estava entrando verticalmente na viga V138 e conflitando com tubulação de esgoto, conforme descrito na Figura 36.

Figura 36 – Eletroduto de Automação conflitando com viga e tubulação



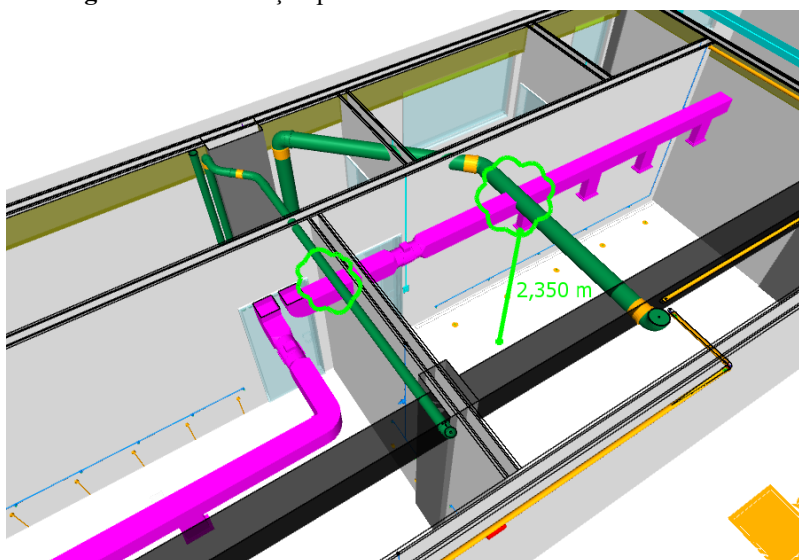
Fonte: Próprios autores (2025)

12. Item 28: Climatização x Hidrossanitário

Locais: Térreo – Setor C.

Descrição: Tubulações de captação pluvial estão conflitando com os dutos de exaustão modelados pela Climatização nos sanitários, conforme descrito na Figura 37.

Figura 37 – Tubulação pluvial conflitando com duto de exaustão



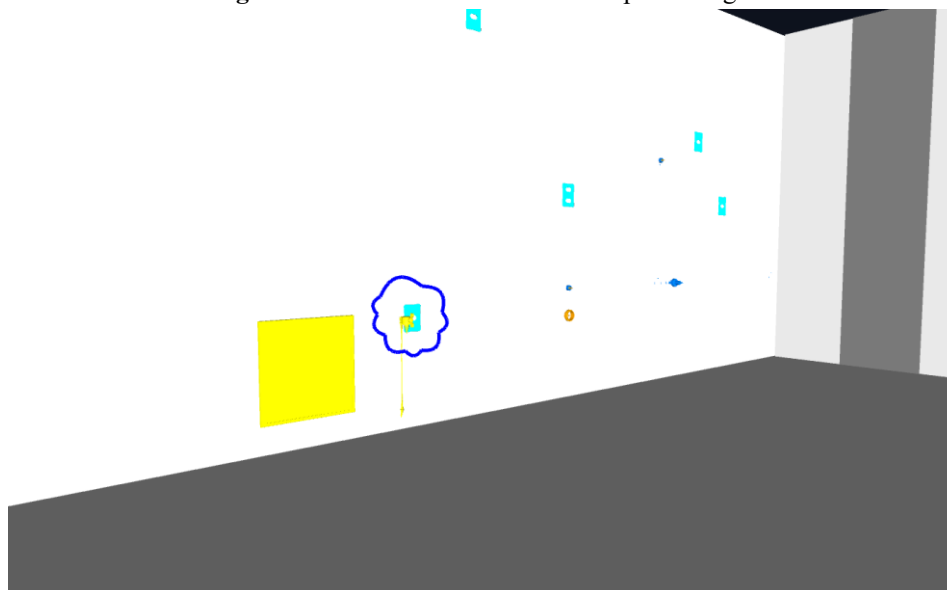
Fonte: Próprios autores (2025)

13. Item 126: Gás x Elétrica

Locais: Térreo – Setor B

Descrição: O ponto de gás da copa estava conflitando com a posição da tomada que a Elétrica locou para o fogão, conforme descrito na Figura 38.

Figura 38 – Tomada conflitando com ponto de gás

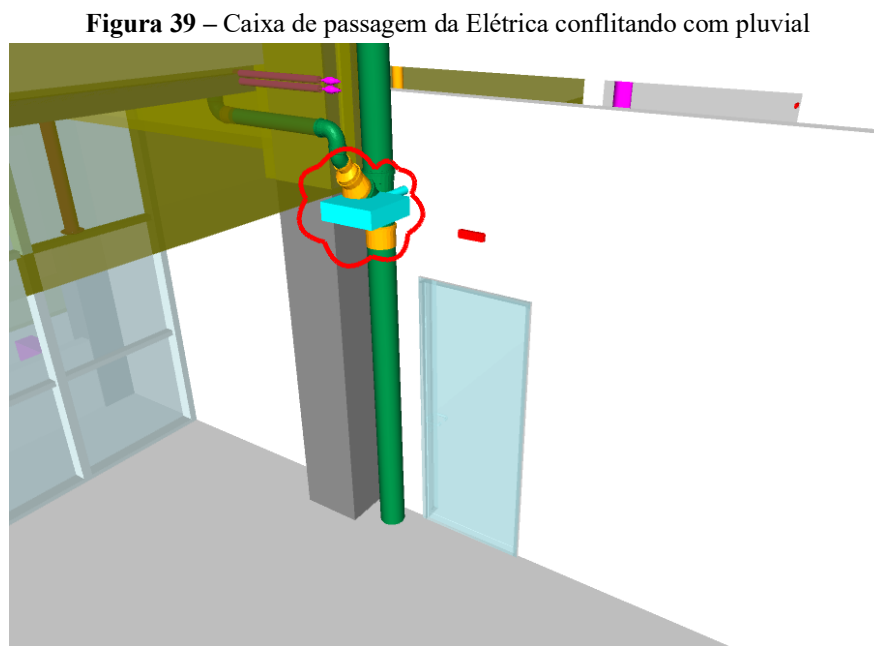


Fonte: Próprios autores (2025)

14. Item 56: Hidrossanitário x Elétrica

Locais: 2º Pavimento

Descrição: Tubulação e conexão pluvial modeladas pelo Hidrossanitário estão conflitando com a caixa de passagem da Elétrica, conforme descrito na Figura 39.



Fonte: Próprios autores (2025)

4.4 RESOLUÇÃO DOS CONFLITOS

A conclusão da etapa de validação resultou em um relatório de compatibilização contendo 163 *issues* (problemas) válidos que demandavam ação corretiva. A simples emissão de um relatório, contudo, não garante a resolução. Para isso, foi instituído um fluxo de trabalho cíclico de gestão e comunicação.

Como marco inicial do ciclo de resolução, foi realizada uma Reunião de Compatibilização síncrona. Esta reunião é um evento crítico do processo, exigindo a presença simultânea da equipe de coordenação (responsável pela elaboração do relatório), de todos os projetistas das disciplinas envolvidas e de representantes da construtora (cliente). E conforme Hardin e McCool (2015) essas reuniões de coordenação não foram apenas para visualização de problemas, mas sim como um fórum decisório onde o objetivo principal é obter o "aceite" de todas as partes sobre as soluções propostas e os prazos de revisão.

Durante esta reunião, cada um dos 163 *issues* foi apresentado e discutido tecnicamente. O objetivo não era apenas expor o problema, mas deliberar coletivamente sobre a melhor solução e, crucialmente, atribuir a responsabilidade pela correção. Em muitos casos, um conflito

entre duas disciplinas foi resolvido com a alteração de apenas uma delas, e essa definição de "proprietário da ação" é formalizada na reunião.

Após a reunião, com as soluções e responsabilidades definidas, as informações foram disseminadas aos projetistas por dois canais complementares:

- Ambiente Comum de Dados (CDE): O arquivo de coordenação (NWF) foi exportado para o formato NWD. Este arquivo foi disponibilizado no CDE do empreendimento, permitindo que todos os projetistas visualizassem o contexto 3D de cada interferência (mesmo sem uma licença completa do Navisworks), facilitando a compreensão do problema.
- Plataforma de Gestão de Projetos: Para o controle do fluxo de trabalho, foi utilizada uma plataforma de gestão de projetos. Cada um dos 163 *issues*, juntamente com a solução discutida e o projetista responsável atribuído, foi cadastrado individualmente. Esta plataforma transforma o relatório estático em uma lista de tarefas dinâmicas e rastreáveis (Manzione, 2013).

A partir deste ponto, o processo torna-se cíclico. Os projetistas executaram as correções em seus softwares nativos e reenviaram os modelos atualizados à coordenação. A coordenação, então, atualiza o modelo federado (NWF) e executa novamente a rotina de testes de interferência. Nesta nova rodada de verificação, a análise foca em dois pontos:

- Conferência do Relatório Anterior: A coordenação verifica especificamente os 163 *issues* do ciclo anterior. Se a correção foi implementada com sucesso, o *issue* tem seu status alterado para "Resolvido" na plataforma de gestão.
- Detecção de Novos Conflitos: O processo descrito anteriormente é repetido, a partir de uma nova execução de rotina de clash detection.

Caso uma *issue* do relatório anterior não tenha sido atendida ou a solução tenha sido inadequada, ele foi mantido como ativo e repassado novamente ao projetista responsável, iniciando um novo ciclo para aquele item. Este processo de "verificar-corrigir-validar" foi repetido em ciclos, conforme cronograma do projeto, até que todos os itens fossem atendidos e devidamente fechados na plataforma de gestão, assegurando que o projeto esteja 100% compatibilizado e coordenado antes do início da execução.

A resolução completa das incompatibilidades eliminou a necessidade de improvisações, tomadas de decisão reativas no canteiro e "gambiarras", que são as principais fontes de patologias construtivas, desperdício de materiais e atrasos no cronograma. Cada conflito resolvido na fase de projeto representou um custo de retrabalho evitado na obra, custos que

envolvem demolição, mão de obra ociosa, aquisição emergencial de materiais e, o mais crítico, prejuízos financeiros decorrentes de atrasos na entrega do empreendimento. No tópico a seguir será apresentado a estimativa do quanto esse processo de compatibilização BIM impacta nos custos da obra.

4.5 ESTIMATIVA DE OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS

A resolução das interferências na fase de planejamento, viabilizada pela compatibilização dos projetos, permitiu a realização de uma estimativa de redução de prejuízos da obra com maior assertividade. Para tal, foi adotada uma abordagem de validação bidirecional, confrontando dois métodos de orçamentação:

- O Orçamento Paramétrico, utilizando o Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB/m²), no padrão para projetos comerciais de alto padrão, como referência para custos de insumos e mão de obra.
- O Orçamento Executivo, baseado na composição de custos própria da construtora, conforme detalhado na planilha orçamentária apresentada.

O custo unitário de referência obtido pelo Custo Unitário Básico (CUB) de agosto de 2025 foi de R\$ 3.692,08/m². Com a área total do empreendimento de 4.975,87 m², o custo total estimado da obra pode ser calculado através da Equação (1).

$$Custo_{CUB/Ago} = 3,692,08 \cdot 4.975,87$$

$$Custo_{CUB/Ago} = \mathbf{R\$ 18.371.310,11}$$

Em contraste, o custo calculado com base nas composições da planilha orçamentária da própria construtora obteve um valor de R\$ 3.385,71/m². Com a área total do empreendimento de 4.975,87 m², o custo total real estimado da obra pode ser calculado através da Equação (2).

$$Custo_{Orçamento\ Executivo} = 3,385,71 \cdot 4.975,87$$

$$Custo_{Orçamento\ Executivo} = \mathbf{R\$ 16.846.841,12}$$

Com a compatibilização prévia, consideramos uma economia de 7% sobre o custo total da obra, pois GPSKAL (2017) diz que a economia nos custos de obra devido a aplicação de compatibilização varia de 5% a 10%, com isso podemos calcular a economia de custo utilizando a Equação (3).

$$Economia_{BIM-CUB} = 18.371.310,11 \cdot 7\%$$

$$Economia_{BIM-CUB} = \mathbf{R\$ 1.285.991,71}$$

$$Economia_{BIM-ORÇAMENTO EX} = 16.846.841,12 \cdot 7\%$$

$$Economia_{BIM-ORÇAMENTO EX} = \mathbf{R\$ 1.179.278,88}$$

Portanto após análise tanto em relação ao Orçamento Paramétrico quanto o Orçamento Executivo, temos um valor economizado médio de R\$ 1.232.635,30. Essa premissa é sustentada também por Azhar (2011), que em sua análise sobre o retorno do investimento (ROI) da tecnologia BIM, indica que as economias geradas pela detecção de conflitos e prevenção de mudanças de escopo situam-se frequentemente na faixa de 5% a 10% do valor do contrato.

Essa economia demonstrou o impacto financeiro positivo de resolver os conflitos e otimizar o projeto antes do início da construção, através da aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento e verificação. Além do impacto financeiro direto, Sacks et al. (2010) reforçam que essa prática materializa a sinergia entre BIM e *Lean Construction*, eliminando o desperdício associado a processos que não agregam valor, como o retrabalho e a espera por informações no canteiro.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu seu objetivo geral de analisar a contribuição da metodologia *Building Information Modeling* (BIM) no processo de compatibilização de projetos, evidenciando a eficácia da detecção de interferências (*Clash Detection*) na mitigação de riscos e na otimização de custos no empreendimento Wave Garden Maringá. A pesquisa demonstrou, através de um estudo de caso prático, que a transição de um fluxo de trabalho tradicional, fragmentado e sequencial, para um ambiente colaborativo baseado em modelos federados, não representa apenas uma evolução tecnológica, mas uma mudança profunda na gestão da informação e na cultura de projeto (Eastman *et al.*, 2008).

A metodologia aplicada, que utilizou o software *Autodesk Navisworks* para a consolidação dos modelos de Arquitetura, Estrutura e Instalações, confirmou a premissa de que a compatibilização antecipada é o caminho crítico para evitar o desperdício de recursos no canteiro de obras (Hardin; McCool, 2015). A análise dos 58 testes de verificação resultou na identificação inicial de 7.085 conflitos brutos. No entanto, a aplicação de um rigoroso processo de filtragem e agrupamento técnico permitiu condensar esse volume em 163 itens efetivos (*issues*) para correção. Este processo de refinamento valida a visão de Manzione (2013), que destaca que a gestão do fluxo de projeto em BIM exige não apenas ferramentas de software, mas métricas claras e uma coordenação ativa para transformar dados brutos em informação acionável para a tomada de decisão.

Os resultados obtidos materializam as interações teóricas propostas por Sacks et al. (2010), em que a resolução virtual dos 163 conflitos antes da mobilização física atendeu diretamente ao princípio de redução da variabilidade. Ao eliminar, por exemplo, colisões críticas entre elementos estruturais e tubulações hidrossanitárias ainda na fase de escritório, o estudo comprovou que a funcionalidade de verificação automática do BIM atua como um catalisador para a redução de desperdícios que, historicamente, seriam resolvidos através de improvisações, gerando imprevistos e impactando no custo e planejamento do empreendimento, com isto terá retrabalho oneroso durante a execução. A visualização antecipada permitiu um fluxo de trabalho mais contínuo, reduzindo a incerteza inerente ao processo construtivo.

Financeiramente, a estimativa de economia de aproximadamente 7% sobre o custo total da obra, representando uma preservação de capital média de R\$ 1.232.635,30, alinha-se consistentemente com os achados de Gharaibeh et al. (2024). O estudo confirma a tese de que, embora a adoção do BIM exija um investimento inicial maior e um deslocamento de esforço

para as fases preliminares de design, o Retorno sobre o Investimento (ROI) se concretiza na prevenção de custos aditivos e na eficiência operacional. Os dados do estudo de caso comprovam a literatura recente que aponta o BIM não como um custo adicional, mas como uma ferramenta indispensável de viabilidade econômica e controle orçamentário em um mercado cada vez mais competitivo (Gharaibeh *et al.*, 2024).

A pesquisa também evidenciou a importância da hierarquia de resolução de conflitos e do fluxo de comunicação estabelecido entre os projetistas. A definição clara de responsabilidades e a priorização de sistemas menos flexíveis, como a estrutura e redes de gravidade, sobre sistemas mais flexíveis, como exemplo a elétrica, foram fundamentais para a agilidade do processo. Esse aspecto gerencial é enfatizado tanto por Hardin e McCool (2015), que alertam para a necessidade de protocolos de coordenação, quanto por Eastman *et al.* (2008), que reforçam a necessidade de integração da equipe.

Além disso, a utilização do modelo federado permitiu uma compreensão espacial e de interação entre disciplinas que os desenhos 2D tradicionais não proporcionariam. A capacidade de visualizar o empreendimento de forma integrada facilitou a identificação de inconsistências que passariam despercebidas na sobreposição de pranchas 2D (Eastman *et al.*, 2008). O estudo de caso do Wave Garden Maringá ilustra que a maturidade no uso do BIM não se resume à modelagem 3D, mas envolve a capacidade de utilizar a informação contida no modelo para análises de construtibilidade e planejamento.

Portanto, conclui-se que a aplicação do BIM para a detecção de interferências foi determinante para elevar o nível de qualidade do projeto executivo. O empreendimento avança para a fase de construção com riscos mitigados, cronogramas mais aderentes à realidade e uma previsibilidade de custos assegurada pela inteligência da modelagem da informação. Os resultados sugerem que a metodologia adotada pode ser replicada em outros empreendimentos de complexidade similar, servindo como um guia prático para a gestão de projetos na construção civil contemporânea. As evidências coletadas reforçam a necessidade de as empresas do setor investirem não apenas em software, mas na capacitação de suas equipes para operarem dentro desse novo paradigma colaborativo e integrado (Manziona, 2013).

REFERÊNCIAS

- AKPONWARE, Oritsebawo; ADAMU, Zulfikar A. Clash detection or clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM. *Buildings*, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 75, set. 2017.
- Ayres Filho, C.; Scheer, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: *Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios*. Curitiba, 2007
- AZHAR, Salman. 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, jul. 2011.
- CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. [S. l.: s. n.], 2016. 124 p.
- CHAREHZEHI, Aref *et al.* Building information modeling in construction conflict management. *International Journal of Engineering Business Management*, v. 9, 20 dez. 2017.
- EASTMAN, Chuck *et al.* BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. [S.l.]: Wiley, 2008.
- GHARAI BEH, Laith; MATARNEH, Stou; LANTZ, Björn; ERIKSSON, Kent. Quantifying the influence of BIM adoption: an in-depth methodology and practical case studies in construction. *Results in Engineering*, [S. l.], v. 23, art. 102555, 2024.
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GPSKAL. Blog - Notícias e informações sobre engenharia, arquitetura, projetos e tecnologia. Compatibilização de projetos - Qual a sua importância? 2017. Disponível em: <<http://www.gpskal.com.br/blog/importancia-da-compatibilizacao-de-projetos/>>. Acesso em: 05 nov. 2025.
- HARDIN, Brad; MCCOOL, Dave. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2. ed. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, 2015.
- LEUSIN, Sergio. Gerenciamento e Coordenação de Projetos BIM: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020. v. 72
- LIDELÖW, Sofia; ENGSTRÖM, Susanne; SAMUELSON, Olle. The promise of BIM? Searching for realized benefits in the Nordic architecture, engineering, construction, and operation industries. *Journal of Building Engineering*, v. 76, 1 out. 2023.
- MANZIONE, Leonardo. Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM. São Paulo: Universidade de São Paulo, 18 jun. 2013.
- MARINGÁ.COM. Geografia. Maringá.Com, Maringá, [s.d.]. Disponível em: <https://maringa.maringa.com/geografia>. Acesso em: 01 nov. 2025.
- SACKS, Rafael *et al.* Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 136, n. 9, p. 968–980, set. 2010.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO PARANÁ (SINDUSCON-PR). Tabela completa. Sinduscon-PR, Curitiba, 2025. Disponível em: <https://sindusconpr.com.br/tabela-completa-370-p>. Acesso em: 20 set. 2025.

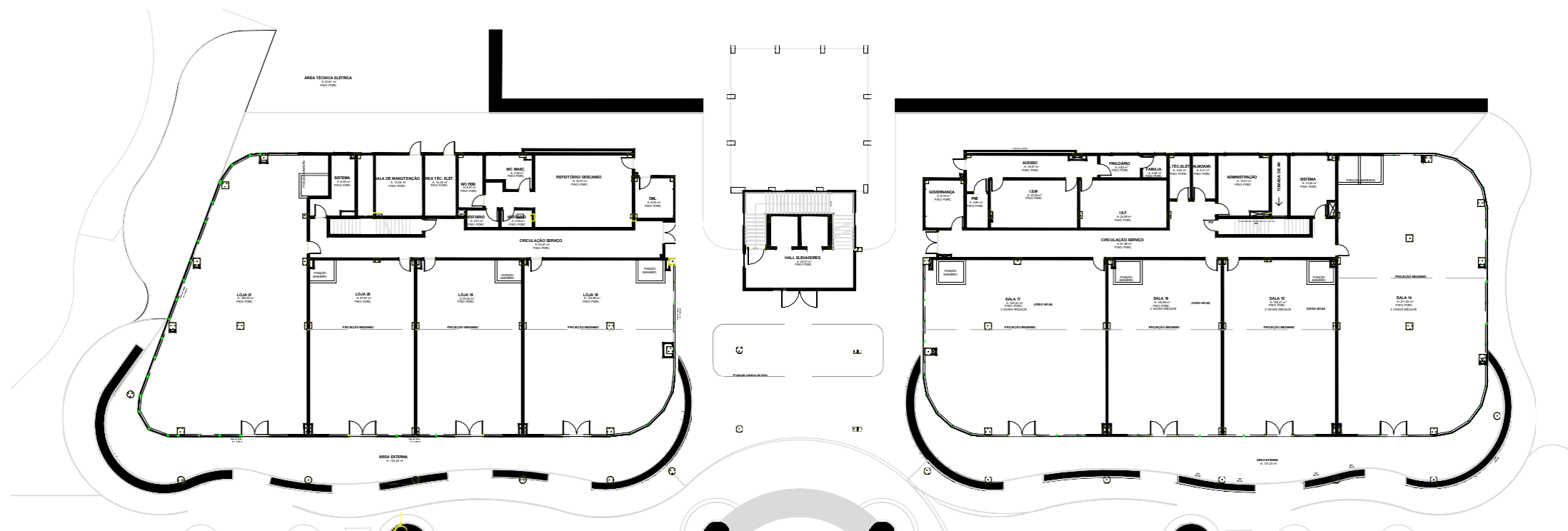
SOUZA, Derek de Santos *et al.* Análise comparativa das plataformas BIM e CAD na aplicação de projetos de edificações. *In: Construção civil: engenharia e inovação*. 4. ed. Rio de Janeiro: [S.n.]. v. 4, 2020.

STAUB-FRENCH, Sheryl; KHANZODE, Atul. 3D and 4D modeling for design and construction coordination: issues and lessons learned. *ITcon*, [S. l.], v. 12, p. 381-407, 2007.

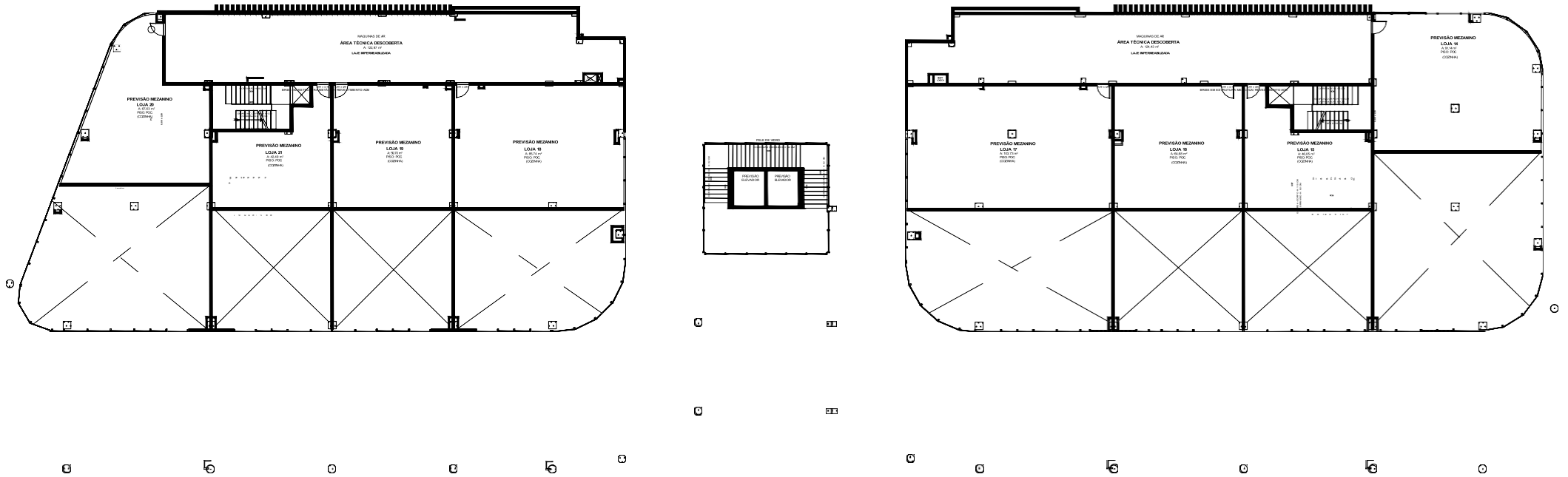
SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 357-375, maio 2009.

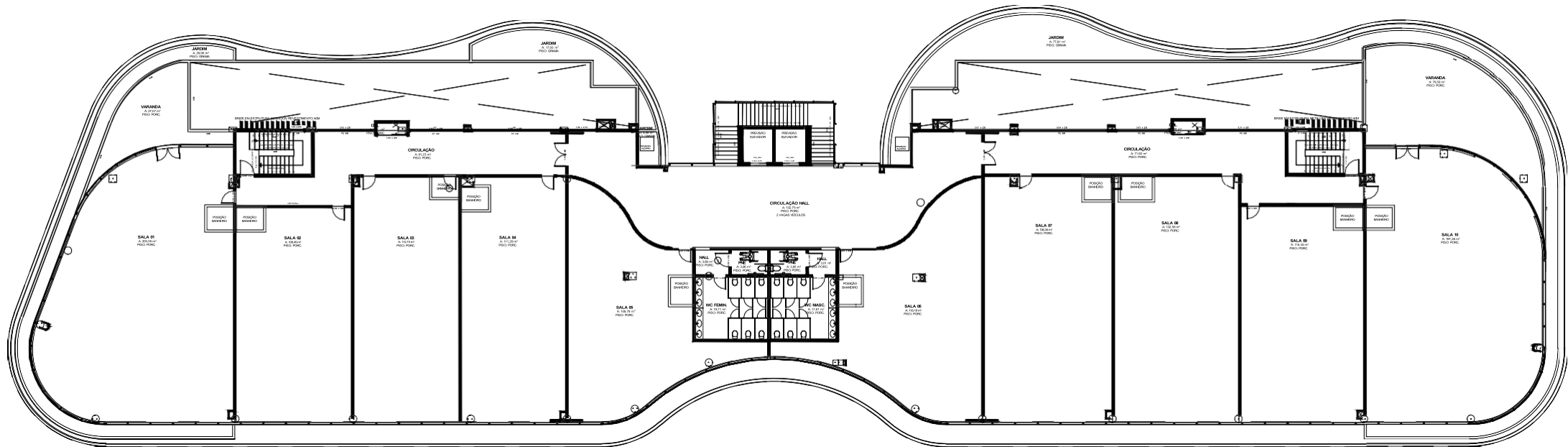
WANG, Shih-Hsu *et al.* Impact of BIM Usage Levels on Project Performance: Public Construction Projects in Taiwan. *KSCE Journal of Civil Engineering*, p. 100142, 16 dez. 2024.

ANEXO A - PROJETO DE ARQUITETURA DO PAVIMENTO TÉRREO



ANEXO B – PROJETO DE ARQUITETURA DO 1º PAVIMENTO



ANEXO C – PROJETO DE ARQUITETURA DO 2º PAVIMENTO

ANEXO D – ORÇAMENTO EXECUTIVO DO EMPREENDIMENTO

Item	Serviços	SISA
		Valor total
TOTAL		R\$ 15.315.310,10
03.01	Serviços preliminares	R\$ 87.027,96
03.01.01	Terraplanagem em geral e limpeza do terreno	R\$ 68.145,02
03.01.02	Locações	R\$ 18.882,94
03.02	Infraestrutura	R\$ 1.134.600,28
03.02.01	Fundações profundas - estacas escavadas	R\$ 525.242,88
03.02.02	Fundações rasas - Blocos / Baldrame / Sapatas	R\$ 609.357,40
03.03	Estrutura	R\$ 2.908.053,85
03.03.01	Formas / cimbramento	R\$ 628.596,05
03.03.02	Armadura	R\$ 565.997,60
03.03.03	Concreto	R\$ 656.737,06
03.03.04	Serviços complementares / MO Empreiteiro	R\$ 1.056.723,14
03.04	Alvenaria e vedações	R\$ 340.688,74
03.04.01	Alvenaria e vedações	R\$ 340.688,74
03.05	Estruturas metálicas e coberturas	R\$ 892.787,28
03.05.01	Estruturas metálicas e coberturas	R\$ 892.787,28
03.06	Impermeabilizações	R\$ 136.710,05
03.06.01	Proteções / nivelamento	R\$ 42.569,02
03.06.02	Impermeabilizações	R\$ 94.141,03
03.07	Revestimentos internos (parede e teto)	R\$ 319.709,05
03.07.01	Revestimentos internos (parede e teto)	R\$ 319.709,05
03.08	Acabamentos internos de parede	R\$ 154.562,50
03.08.01	Revestimento com cerâmica	R\$ 154.562,50
03.09	Acabamentos teto/ forro	R\$ 513.200,00
03.09.01	Forro de gesso	R\$ 513.200,00
03.10	Revestimentos pisos (contrapisos, regularizações, cimentados)	R\$ 400.799,48
03.10.01	Revestimentos pisos (contrapisos, regularizações, cimentados)	R\$ 400.799,48
03.11	Acabamentos pisos internos	R\$ 910.700,00
03.11.01	Pisos especiais	R\$ 910.700,00
03.12	Pedras naturais, mármore e granitos	R\$ 37.177,57
03.12.01	Pedras naturais, mármore e granitos	R\$ 37.177,57
03.13	Revestimentos e acabamentos - Parede externas / fachada	R\$ 262.131,46
03.13.01	Revestimentos e acabamentos - Parede externas / fachada	R\$ 262.131,46
03.14	Pinturas (excluso fachada)	R\$ 310.561,37
03.14.01	Pinturas (excluso fachada)	R\$ 310.561,37
03.15	Paisagismo e urbanização	R\$ 318.000,00
03.15.01	Paisagismo	R\$ 318.000,00
03.16	Esquadria de madeira	R\$ 69.960,00
03.16.01	Esquadria de madeira	R\$ 69.960,00
03.17	Esquadrias de ferro / Serralheria	R\$ 119.765,59
03.17.01	Esquadrias de ferro / Serralheria	R\$ 119.765,59

03.18	Esquadria de alumínio	R\$ 3.352.613,15
03.18.01	Esquadria de alumínio	R\$ 3.352.613,15
03.19	Vidros	R\$ -
03.19.01	Vidros	R\$ -
03.20	Aparelhos, louças e metais	R\$ 33.623,08
03.20.01	Aparelhos, louças e metais	R\$ 33.623,08
03.21	Instalações Hidráulicas e gás	R\$ 679.192,80
03.21.01	Instalações Hidráulicas e gás	R\$ 679.192,80
03.22	Instalações elétricas e sistemas	R\$ 661.080,99
03.22.01	Instalações elétricas e sistemas	R\$ 661.080,99
03.23	Sistema combate ao incêndio	R\$ 80.000,00
03.23.01	Sistema combate ao incêndio	R\$ 80.000,00
03.24	Elevadores	R\$ 360.000,00
03.24.01	Elevadores	R\$ 360.000,00
03.25	Ar condicionado e exaustão	R\$ 111.540,00
03.25.01	Ar condicionado e exaustão	R\$ 111.540,00
03.26	Outras instalações (Gerador, equip. piscinas, gancho fachada)	R\$ 792.954,86
03.26.01	Gerador	R\$ 250.000,00
03.26.02	Ganchos de ancoragem	R\$ 25.000,00
03.26.03	Subestação	R\$ 385.000,00
03.26.04	Bombas	R\$ 2.475,00
03.26.05	Outros sistemas	R\$ 130.479,86
03.27	Comunicação	R\$ -
03.27.01	Comunicação	R\$ -
03.28	Limpeza final de obra	R\$ 124.396,75
03.28.01	Limpeza final de obra	R\$ 124.396,75
03.29	Luminárias decorativas (Térreo e área comum)	R\$ 203.473,30
03.29.01	Luminárias decorativas (Térreo e área comum)	R\$ 203.473,30
03.30	Imprevistos	R\$ -
03.30.01	Imprevistos	R\$ -
	TAXA DE ADMISTRAÇÃO	R\$ 1.531.531,01
	VALOR TOTAL	R\$ 16.846.841,12