PROJETO DE GRADUAÇÃO

Processo de Coordenação de Projeto em BIM: Estudo de Caso Comparativo entre Ferramentas de Desktop e Plataformas em Nuvem

Por,

DOUGLAS PEREIRA DE ALMEIDA

19/0105321

Brasília, 09 de dezembro de 2025

UNIVERSIDADE DE BRASILIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CIVIL E AMBIENTAL

UNIVERSIDA DE DEBRASILIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Civil

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Processo de Coordenação de Projeto em BIM: Estudo de Caso Comparativo entre Ferramentas de Desktop e Plataformas em Nuvem

Por,

DOUGLAS PEREIRA DE ALMEIDA

19/0105321

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Civil

Banca Examinadora

Prof. Dr. Félix Alves da Silva Jr. – Enc./FT-UnB (Orientador)

Dra. Ivana Almeida de Figueiredo Jalowitzki - Enc./FT-UnB (Membro interno)

Arq. Dr. Pedro Praia Fiuza Dias Pinto (Membro Externo)

Brasília, 09 de dezembro de 2025.

"Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes."

Martin Luther King (1929-1968)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar e comparar a eficiência de dois fluxos de trabalho para a compatibilização de projetos em BIM: o processo baseado em softwares de desktop e o processo colaborativo em plataformas de nuvem. Com a consolidação da metodologia BIM na construção civil, a verificação de interferências tornou-se um processo crucial para evitar erros e retrabalhos; contudo, a eficácia desta atividade depende fundamentalmente do fluxo de trabalho empregado (LEUSIN, 2018; HASANNEJAD *et al.*, 2022). Para tanto, a metodologia adotada foi o estudo de caso comparativo, de natureza aplicada. A amostra consistiu nos modelos BIM de um projeto real, e os instrumentos para a coleta de dados foram os próprios softwares de análise (Autodesk Navisworks e Trimble Connect) e os relatórios e métricas por eles gerados. Os resultados demonstraram que o fluxo colaborativo em nuvem ofereceu uma redução de aproximadamente 59% no tempo de reporte de interferências, além de solucionar gargalos logísticos referentes ao tamanho dos arquivos. Por outro lado, a ferramenta desktop manteve-se superior na capacidade de processamento geométrico massivo. Conclui-se que o cenário ideal reside em uma abordagem híbrida, utilizando o desktop para detecção pesada e a nuvem para a gestão ágil.

Palavras-chave: BIM. Compatibilização de Projetos. Detecção de Conflitos. Fluxo de Trabalho. Colaboração.

ABSTRACT

The present study aims to analyze and compare the efficiency of two distinct workflows for Building Information Modeling (BIM) project coordination: the process based on desktop software and the collaborative process on cloud-based platforms. With the consolidation of the BIM methodology in the construction industry, interference checking has become a crucial process to avoid errors and rework; however, the effectiveness of this activity fundamentally depends on the employed workflow (LEUSIN, 2018; HASANNEJAD *et al.*, 2022). Therefore, the adopted methodology was a comparative, applied case study. The sample consisted of BIM models from a real project, and the data collection instruments were the analysis software themselves (Autodesk Navisworks and Trimble Connect) and the reports and metrics generated by them. The results demonstrated that the collaborative cloud-based workflow offered an approximate 59% reduction in issue reporting time, in addition to solving logistical bottlenecks regarding file size. On the other hand, the desktop tool remained superior in massive geometric processing capacity. It is concluded that the ideal scenario lies in a hybrid approach, using desktop for heavy detection and cloud for agile management.

Keywords: BIM. Project Coordination. Clash Detection. Workflow. Collaboration.

SUMÁRIO

RESUMO ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

LISTA DE FIGURAS ..... **vi**

LISTA DE TABELAS ..... **vi**

1. INTRODUÇÃO **1**

2. PROBLEMA DE PESQUISA **2**

3. JUSTIFICATIVA **2**

4. OBJETIVOS **3**

4.1. Objetivo Geral 3

4.2. Objetivos específicos 4

5. REFERENCIAL TEÓRICO **4**

5.1. BIM e os Fluxos de desenvolvimento de Projeto 4

5.2. A Detecção de Conflitos (*Clash Detection*) 7

5.3. Fluxos de Trabalho para Compatibilização 10

5.3.1. O Fluxo Baseado em Desktop e Modelos Federados 10

5.3.2. O Fluxo Colaborativo em Plataformas de Nuvem 11

5.4. A Normalização para a Gestão da Informação em BIM 12

5.4.1. A Norma ABNT NBR ISO 19650 e a Gestão do Processo 13

5.4.2. A Norma ABNT NBR 15965 e a Organização da Informação 14

6. METODOLOGIA DE PESQUISA **15**

6.1. Definição do Processo de Análise 15

6.2. Caracterização da Edificação 16

6.3. Coleta de Dado e Análises Comparativas 17

7. RESULTADOS E ANÁLISES **19**

7.1. Preparação e Padronização dos Modelos IFC 19

7.2. Escolha dos softwares de fluxo de trabalho 22

7.3. Federação dos Modelos IFC e Configuração da Matriz de Interferências 23

7.4. Execução das Verificações (Clash Detection) 25

7.5. Definição da Amostra de Controle e Simulação Comparativa 27

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 35

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparativo entre o fluxo de trabalho em CAD e o fluxo em BIM 5
Figura 2 - Diferença entre Colisão Dura Conservativa (CHC) e absoluta (AHC) 8
Figura 3 - Exemplo de um conflito de severidade menor 8
Figura 4 - Matriz de Estrutura de Dependência para sequência de conflitos 9
Figura 5 - Fluxo dos modelos BIM 11
Figura 6 - Exemplo de revisão de projeto colaborativa em plataforma de nuvem 12
Figura 7 - Conceito de um ambiente comum de dados (ACD) 13
Figura 8 - Memorial Paulo Freire 16
Figura 9 - Fachada Frontal Memorial Paulo Freire 17
Figura 10 - Fluxograma dos Procedimentos de Coleta de Dados 18
Figura 11 - Modelos IFC 20
Figura 12 - Modelo Federado no Trimble Connect 21
Figura 13 - Modelo Federado no Navisworks 21
Figura 14 - Vista 3D do Modelo Federado completo no Navisworks 23
Figura 15 - Vista 3D do Modelo Federado completo no Trimble Connect 24
Figura 16 - Interface de resultados do Navisworks evidenciando a detecção instantânea de conflitos 25
Figura 17 - Ferramenta de verificação de interferências baseada em navegador na plataforma Trimble Connect 26
Figura 18 - Exemplo do Relatório PDF gerado 33
Figura 19 - Interface do Trimble Connect mostrando a lista de tarefas criadas 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistema Tradicional (CAD) x BIM 6
Tabela 2 - Exemplo Simplificado de Classificação de Componentes (Baseado na ABNT NBR 15965) 14
Tabela 3 - Exemplo do Quadro Comparativo para Análise dos Resultados 18
Tabela 4 - Composição do Modelo Federado (Arquivos IFC) 22
Tabela 5 - Configuração dos Testes de Colisão 24
Tabela 6 - Discrepância de Resultados entre Ferramentas de Detecção 26
Tabela 7 - Detecção de interferências em ambas ferramentas (comparativo) 29
Tabela 8 - Comparativo de Tempo de Reporte (Duas Baterias) 34

1. INTRODUÇÃO

A construção civil moderna é marcada por projetos cada vez mais complexos, que desafiam os métodos tradicionais e exigem um salto de eficiência para controlar custos, prazos e a ocorrência de erros. Em resposta a essa demanda, a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) emergiu como uma força transformadora na indústria, introduzindo um processo baseado em modelos virtuais inteligentes que integram as informações de todo o ciclo de vida da edificação (KOO; O'CONNOR, 2022; LEUSIN, 2018).

Um dos benefícios mais impactantes do BIM é a otimização da coordenação de projetos, especialmente através da detecção automatizada de conflitos (*clash detection*). A verificação de interferências, ou compatibilização, consiste na análise de um modelo que sobrepõe as diferentes disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações), com o objetivo de identificar e resolver colisões antes que elas se materializem no canteiro de obras, evitando retrabalhos, desperdícios e a geração de disputas contratuais (LUO et al., 2022; IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022).

Contudo, a eficácia deste processo não depende apenas do software, mas fundamentalmente do fluxo de trabalho (*workflow*) adotado pela equipe para gerenciar e comunicar os conflitos encontrados. Atualmente, destacam-se duas abordagens principais: um fluxo baseado em softwares de desktop, com análises periódicas; e um fluxo colaborativo baseado em plataformas de nuvem, que permite a gestão de conflitos em tempo real. Apesar da crescente literatura sobre os processos de coordenação, percebe-se uma lacuna em estudos que comparem empiricamente a eficácia desses dois fluxos de trabalho distintos (ALSUHAIBANI; HAN; LEITE, 2022; HASANNEJAD et al., 2022).

Diante deste cenário, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de fornecer dados comparativos que possam auxiliar empresas e profissionais na escolha e implementação da abordagem mais adequada ao seu contexto. Sendo assim, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: De que maneira os processos de compatibilização em BIM, o processo baseado em softwares de desktop e o processo colaborativo em plataformas de nuvem, se diferenciam quanto à eficiência na gestão de conflitos e ao impacto no cronograma de obras?

Para responder a esta questão, este trabalho propõe analisar e comparar a eficiência dos dois tipos de ferramentas de compatibilização mencionados previamente. Deste modo espera-se ainda revisar os conceitos de BIM, identificar os processos de detecção de conflitos e os fluxos de trabalho existentes a partir da aplicação das duas ferramentas. O trabalho está estruturado em capítulos, que detalham desde a fundamentação teórica até a metodologia, os resultados esperados e o cronograma de passos que devemos seguir.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Segundo Luo et al. (2022, p. 2), a coordenação de interferências (*clash coordination*) pode reduzir a possibilidade de erros de construção e, através de uma análise e coordenação eficazes, as consequências de uma colisão entre componentes da edificação podem ser resolvidas antes que o projeto seja formalmente construído, evitando retrabalhos e desperdícios. A pesquisa também indica que, a consolidação do BIM como metodologia na indústria da construção civil popularizou o uso de softwares para detecção automática de colisões, tais como o Autodesk Navisworks e o Solibri Model Checker.

A verificação de interferência, também conhecida como compatibilização de projetos, é uma atividade de gestão crucial no processo BIM (LEUSIN, 2018). Seu princípio fundamental é a sobreposição dos modelos tridimensionais desenvolvidos por diferentes disciplinas em um único ambiente virtual, consolidando-os em um "modelo federado" (ALSUHAIBANI; HAN; LEITE, 2022; HU et al., 2020). O objetivo é analisar as interfaces entre os diversos sistemas e identificar, de forma proativa, conflitos geométricos (*hard clashes*), violações de espaçamentos mínimos (*soft clashes*) ou inconsistências de informação antes da fase de construção (LEUSIN, 2018).

Essas ferramentas podem ser usadas por meio de dois tipos de processos dentre eles é possível citar: um caracterizado pela análise recorrente de modelos integrados em software desktop; e outro processo com enfoque no uso de uma plataforma de colaboração constante em nuvem que suporta o compartilhamento eficaz de informação. Ambos os processos procuram identificar conflitos e possibilitar a compatibilização de projetos de disciplinas diferentes (arquitetura, estrutura, instalações complementares, etc.). Cada uma das estratégias envolve modos específicos de trabalho, processos de organização dos modelos, modos de comunicação e demanda equipes com diferentes habilidades. Neste cenário, foi proposta a seguinte, a questão de pesquisa: De que maneira os processos de compatibilização, em BIM, o processo baseado em softwares de desktop para análise de modelos integrados e o processo colaborativo em plataformas de nuvem, se diferenciam quanto à eficiência na gestão de conflitos e ao impacto no cronograma de obras?

3. JUSTIFICATIVA

A metodologia *Building Information Modeling* (BIM, Modelagem da Informação da Construção) proporciona importantes benefícios para o setor da construção, e por consequência, para a sociedade. O uso do BIM promove a redução de retrabalhos, erros e custos nas obras como uso de processos de compatibilização de projeto. Isso resulta em construções mais eficientes

seguras, sustentáveis e econômicas. Além disso, o uso dessas ferramentas pode estimular a criação de empregos mais qualificados, uma vez que o uso destas tecnologias demanda maior qualificação profissional. A melhoria nos processos de construção provocados por uma compatibilização de projetos mais eficiente auxilia na promoção de práticas que ajudam a preservar o meio ambiente, ao contribuir para a redução do consumo de materiais.

A pertinência deste estudo é corroborada pelo cenário nacional atual. Segundo a 2ª Edição da Pesquisa sobre Digitalização no Âmbito da Indústria da Construção (BFB, 2024), 90,6% dos profissionais afirmam que os projetos em que atuam excedem os prazos e custos previstos inicialmente. Ainda mais relevante para esta investigação é o fato de que 86,7% desses profissionais atribuem esses desvios a deficiências nos processos ou na gestão do conhecimento, o que valida a necessidade urgente de se comparar e otimizar os fluxos de trabalho de coordenação.

Na última década, a gestão de projetos em BIM tem ganhado cada vez mais destaque, com um aumento significativo no número de pesquisas focadas em otimizar seus processos (HASANNEJAD et al., 2022; ALSUHAIBANI; HAN; LEITE, 2022; HU et al., 2020). Nesse contexto, este crescimento de interesse reforça a importância de aprofundar os estudos comparativos sobre os diferentes fluxos de trabalho para a compatibilização de projetos: o fluxo que utiliza softwares de detecção em desktop e o fluxo que se baseia em plataformas colaborativas em nuvem. Apesar disso, percebe-se que ainda são poucas as discussões que comparem empiricamente a eficácia desses dois fluxos distintos, uma questão que este trabalho tentará se aprofundar (ALSUHAIBANI; HAN; LEITE, 2022; HASANNEJAD et al., 2022).

Para a Engenharia Civil, este trabalho pode ser fundamental, pois a análise e apresentação de Estudo de Casos, pode se tornar referência para a implementação de processo de compatibilização em BIM, e desse modo, produzir ganhos qualitativos aos espaços construídos. Uma boa compatibilização evita conflitos entre as partes do projeto, melhora a qualidade das obras ao reduzir custos e garantir que os prazos sejam respeitados. Outro aspecto é apresentar vantagens e desvantagens no uso de cada processo, proporcionando aos profissionais ferramentas que auxiliem na definição de qual processo (ou conjunto de ferramentas) é o mais adequado para o seu contexto de trabalho. Além disso, contribui para a modernização do setor, promovendo o uso de novas tecnologias e fortalecendo a cultura BIM entre profissionais e empresas.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

O presente estudo tem por objetivo analisar a utilização de *softwares* de desktop e plataformas colaborativas de coordenação de projetos em nuvem na compatibilização de projetos

em BIM, para mensurar seus impactos na gestão de conflitos e cronograma de obra, e sempre tomando como base os métodos tradicionais de coordenação.

4.2. Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, foi necessário dividi-lo em objetivos menores ou específicos:

- Mapear os métodos tradicionais empregados na compatibilização de projetos no âmbito da Engenharia Civil.
- Caracterizar os dois principais fluxos, um baseado em ferramentas desktop e outro baseado em ferramentas de nuvem, de trabalho de compatibilização em BIM.
- Analisar, por meio de um estudo de caso, a aplicação dos fluxos de trabalho relativas as duas modalidades de ferramentas de compatibilização.
- Propor um fluxo de trabalho de compatibilização BIM com utilização de *softwares* de desktop e plataformas colaborativas de compatibilização em nuvem.

5. REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é apresentar a estrutura teórica que fundamenta esta pesquisa, além de propor um caminho para a aplicação adequada da compatibilização em BIM. Este trabalho busca, utilizando um estudo de caso, demonstrar que o BIM utilizado de maneira correta pode reduzir erros, retrabalho e omissões. Este capítulo se inicia abordando o conceito de metodologia BIM e seu impacto na coordenação de projetos. Em seguida, analisa-se o processo de detecção de conflitos (*clash detection*), que, apesar de consolidado, apresenta desafios que demandaram diferentes abordagens. É a partir dessas abordagens que se formam os objetos centrais deste estudo: os diferentes fluxos de trabalho para compatibilização, um baseado em softwares de desktop e outro em plataformas colaborativas de nuvem. Diante de toda a abordagem, é necessária uma normatização técnica, pois, quando se trata de engenharia, sempre haverá normas a serem seguidas para que haja padrão e eficiência na execução dos processos.

5.1. BIM e os Fluxos de desenvolvimento de Projeto

Segundo Koo e O'Connor (2022), o Building Information Modeling (BIM) é uma nova perspectiva para a gestão de projetos de construção civil, sendo definida pela criação de um modelo 3D em que é possível de relacionar várias disciplinas durante o ciclo de vida de projeto.

De acordo com a NBR ISO 19650 (2018), essa abordagem estipula um ambiente colaborativo onde dados são compartilhados em tempo real entre os diferentes envolvidos no processo do projeto, conseguindo um melhor aproveitamento com as limitações existentes nos fluxos tradicionais baseados em representações 2D fragmentadas (EASTMAN et al., 2018)

Antes da disseminação do BIM, o fluxo de trabalho tradicional na indústria da construção era caracterizado por uma alta fragmentação entre os participantes, com uma forte dependência de documentos em papel e desenhos 2D gerados por *softwares* de Computer-Aided Design (CAD) (OYEWOLE; DADA, 2019). Nesse sistema, arquitetos e engenheiros produzem seus próprios desenhos de forma isolada, e a coordenação entre as disciplinas era feita de forma manual, com a sobreposição de desenhos 2D em uma mesa de luz para identificar potenciais conflitos (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2018). Esse processo, além de lento, é altamente propenso a erros e omissões, uma vez que qualquer alteração no projeto exige que o projetista atualize manualmente um grande conjunto de plantas, cortes e elevações (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022). Adicionalmente, a representação bidimensional torna desafiadora a visualização de objetos tridimensionais complexos, levando a suposições incorretas por parte da equipe (AKTER et al., 2024; VILVENTHAN; RAZIN; RAJADURAI, 2021). Outra limitação é que esse processo dependia da capacidade e da experiência do compatibilizador de projetos, que deveria ser capaz de identificar e reportar as incompatibilidades mapeadas.

A transição da metodologia CAD para a BIM representa uma mudança fundamental para superar essas limitações. A Figura 1, apresentada no estudo de Ibraheem e Mahjoob (2022), ilustra essa diferença de maneira clara. No sistema tradicional, os projetos são compostos por um conjunto de desenhos 2D independentes, e qualquer alteração precisa ser replicada manualmente em todas as vistas, um processo sujeito a erros e omissões (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022).

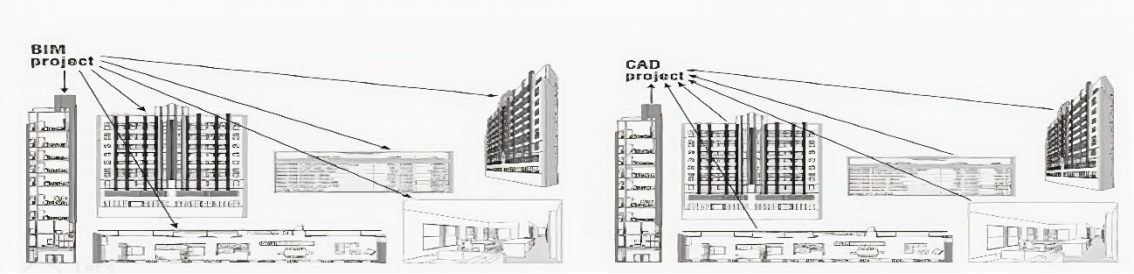


Figura 1 - Comparativo entre o fluxo de trabalho em CAD e o fluxo em BIM
Fonte: Ibraheem e Mahjoob (2022, p. 9)

É importante ressaltar que, mesmo em um fluxo de trabalho BIM, os modelos das diferentes disciplinas ainda são, em grande parte, produzidos de forma independente por suas respectivas equipes (LEUSIN, 2018; IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022). A mudança fundamental, no entanto, reside na forma como esses modelos são integrados. Diferentemente do processo

tradicional em CAD, que depende da sobreposição manual de desenhos 2D isolados e assíncronos, o processo BIM permite que esses modelos disciplinares sejam combinados em um "modelo federado" de forma automatizada e consistente (ALSUHAIBANI; HAN; LEITE, 2022; LEUSIN, 2018). Essa integração facilitada em um ambiente de dados comum permite uma coordenação mais eficiente e uma detecção de conflitos mais ágil, superando a fragmentação inerente às ferramentas tradicionais (LEUSIN, 2018; OYEWOLE; DADA, 2019).

A Tabela 1 demonstra as principais diferenças conceituais entre essas duas abordagens. A mudança da representação baseada em "Desenhos 2D independentes" para um "Modelo 3D centralizado" estabelece o que a literatura chama de "única fonte de verdade" (*single source of truth*) (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022). Isso elimina os conflitos que surgem da gestão de múltiplos arquivos que podem ser contraditórios entre si, superando a fragmentação do método antigo (OYEWOLE; DADA, 2019). Consequentemente, a "Atualização automática e parametrizada" dos dados contrasta diretamente com o processo manual do CAD, sendo o principal fator para a redução de erros e retrabalho (KOO; O'CONNOR, 2022).

Tabela 1 - Sistema Tradicional (CAD) x BIM

Característica	Sistema CAD Tradicional	Abordagem BIM
Base de representação	Desenhos 2D independentes	Modelo 3D centralizado
Atualização de dados	Manual (vista por vista)	Automática e parametrizada
Nível de coordenação	Fragmentado	Integrado
Fontes de informação	Múltiplas (sujeitas a conflitos)	Única

Fonte: Adaptado de Ibraheem e Mahjoob (2022)

Ao permitir que as diferentes disciplinas sejam trabalhadas de forma colaborativa entre os diferentes projetistas, o BIM proporciona melhoria na qualidade da construção e reduz erros e retrabalho (KOO; O'CONNOR, 2022; AKTER et al., 2024). Um dos principais benefícios é a capacidade de evitar as causas fundamentais de pleitos e disputas, como quantitativos imprecisos e a fraca coordenação entre projetistas (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022). Estudos de caso demonstram que a aplicação de BIM pode reduzir os pleitos durante a execução em até 55,2% (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022) e encurtar o processo de design em mais de 50% (AKTER et al., 2024). A capacidade de detectar e gerenciar conflitos de um projeto é um dos principais benefícios do BIM.

5.2. A Detecção de Conflitos (*Clash Detection*)

A detecção de interferências, ou verificação de conflitos (*clash detection*), é um Uso do Modelo que representa a utilização de Modelos 3D para coordenar diferentes disciplinas e identificar/resolver possíveis conflitos entre elementos virtuais antes da construção ou fabricação reais (LEUSIN, 2018). Trata-se de uma das aplicações mais reconhecidas do BIM, que consiste no uso de ferramentas de verificação de modelo (*model checkers*), como o Autodesk Navisworks e o Solibri Model Checker, para analisar e identificar automaticamente pontos de interferência física (IBRAHEEM; MAHJOOB, 2022; VILVENTHAN; RAZIN; RAJADURAI, 2021). Este processo automatizado representa um avanço significativo em relação ao método tradicional, que dependia da sobreposição manual de desenhos 2D em uma mesa de luz (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019). A importância da detecção de conflitos no ambiente BIM reside na sua capacidade de antecipar e resolver problemas, evitando o retrabalho (KOO; O'CONNOR, 2022) e os custos e atrasos que ocorreriam se as interferências fossem descobertas apenas no canteiro de obras (AKTER et al., 2024).

Os conflitos (*clashes*) detectados em um modelo BIM são geralmente classificados em duas categorias principais: *Hard Clash* e *Soft Clash* (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019; LUO et al., 2022).

- *Hard Clash* (Conflito Duro, tradução nossa): É o tipo mais comum e ocorre quando dois ou mais componentes do modelo ocupam o mesmo espaço físico, resultando em uma sobreposição ou interseção geométrica (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019). Um estudo de Luo et al. (2022) detalha ainda mais esta categoria, diferenciando uma Colisão Dura Conservativa (CHC), onde a área de interseção é menor que a seção transversal do componente, de uma Colisão Dura Absoluta (AHC), onde a área de colisão é maior ou igual.
- Soft Clash (Conflito Leve, tradução nossa, ou de Folga): Este tipo de conflito não envolve uma interseção física direta, mas sim a violação de tolerâncias espaciais ou geométricas. Ocorre quando um componente invade a "zona de folga" (*clearance*) necessária para instalação, acesso, manutenção ou segurança de outro componente, mesmo que não haja toque entre eles (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019).

Como ilustrado na Figura 2, uma Colisão Dura Conservativa (CHC), onde a área de interseção é menor que a seção transversal do componente, de uma Colisão Dura Absoluta (AHC), onde a área de colisão é maior ou igual.

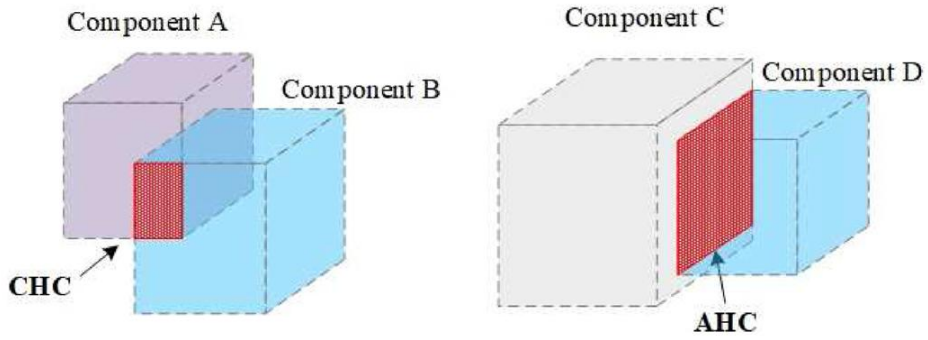


Figura 2 - Diferença entre Colisão Dura Conservativa (CHC) e absoluta (AHC)
Fonte: Luo et al. (2022, p. 4)

Compreender essa distinção é o primeiro passo para uma gestão mais estratégica do processo, pois permite priorizar os conflitos que representam uma impossibilidade física (*Hard Clashes*) daqueles que representam uma inadequação às normas ou necessidades funcionais (*Soft Clashes*).

Apesar das vantagens da automação, a precisão da detecção de conflitos via BIM tem sido questionada por gerar um volume massivo de conflitos, muitos dos quais são irrelevantes (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019; HU; CASTRO-LACOUTURE; EASTMAN, 2019). Conflitos irrelevantes são aqueles que não possuem influência substancial no projeto ou que seriam facilmente resolvidos durante as fases subsequentes de construção, como os conflitos de severidade "menor" ilustrados na Figura 3, não necessitando de discussão em reuniões de coordenação (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019).

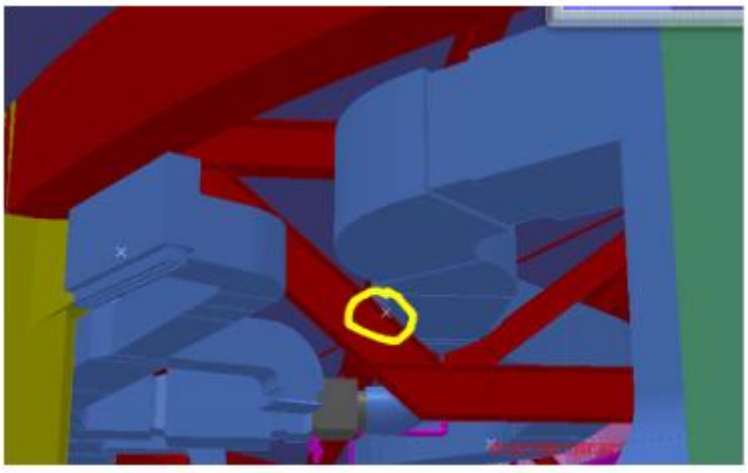


Figura 3 - Exemplo de um conflito de severidade menor
Fonte: Hu e Castro-Lacouture (2019, p. 6)

Esse excesso de dados força as obriga as equipes a dedicarem um tempo significativo à análise manual de cada conflito, um por um, para distinguir o que é um problema de severidade "menor" do que é um problema real (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019). Este processo manual

não só consome tempo valioso em reuniões de coordenação, mas também pode diminuir a confiança dos profissionais na metodologia BIM, gerando até mesmo resistência à sua aplicação (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019). Portanto, a necessidade de distinguir automaticamente entre conflitos relevantes e irrelevantes tornou-se um foco importante de pesquisa para otimizar o processo de gestão de conflitos (HU; CASTRO-LACOUTURE, 2019; LUO et al., 2022).

A identificação de conflitos através dos softwares BIM é apenas o primeiro passo do processo de coordenação. A etapa seguinte, a resolução ou correção desses conflitos, apresenta sua própria camada de complexidade, sendo um processo ainda manual e que consome tempo (HU et al., 2020). O principal desafio reside no fato de que os componentes de um edifício são interdependentes, e essa dependência propaga os impactos das alterações feitas para corrigir um conflito (HU et al., 2020).

Ignorar essa interdependência ao corrigir um *clash* pode causar um "efeito cascata", gerando novos conflitos ou exigindo ajustes iterativos em um mesmo componente (HU et al., 2020). Muitos conflitos são dependentes por compartilharem os mesmos componentes, e resolvê-los um a um, de forma isolada, é uma abordagem ineficiente (HU; CASTRO-LACOUTURE; EASTMAN, 2019). Por essa razão, existe uma necessidade de uma visão global onde a sequência de correção dos conflitos seja otimizada para minimizar o retrabalho. A Figura 4 demonstra visualmente este processo, comparando uma matriz de sequência desorganizada, com muitos "feedbacks" que geram retrabalho, com uma matriz otimizada que representa uma sequência de resolução mais eficiente (HU et al., 2020).

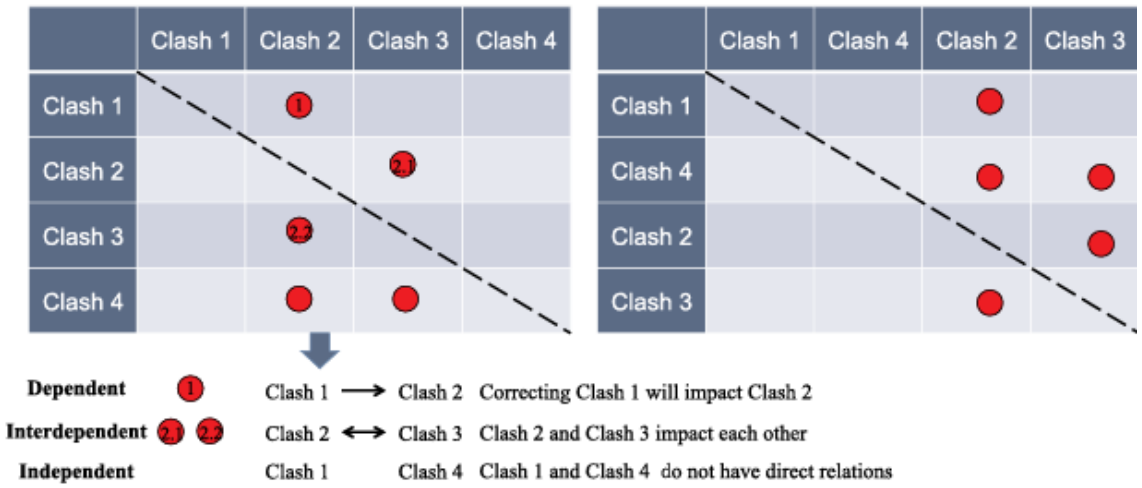


Figura 4 - Matriz de Estrutura de Dependência para sequência de conflitos
Fonte: Hu et al. (2020, p. 4)

5.3. Fluxos de Trabalho para Compatibilização

A eficácia do processo de coordenação de projetos não depende apenas da capacidade dos *softwares* em detectar conflitos, mas fundamentalmente do fluxo de trabalho (*workflow*) adotado pela equipe para gerenciar e resolver essas questões. Com a evolução da tecnologia, a indústria presenciou uma transição de fluxos de trabalho tradicionais, baseados em softwares de desktop, para abordagens mais modernas e integradas, que utilizam plataformas colaborativas em nuvem (AKTER et al., 2024).

5.3.1. O Fluxo Baseado em Desktop e Modelos Federados

O fluxo de trabalho mais tradicional para a compatibilização de projetos envolve o uso de ferramentas de verificação de modelos (*model checkers*) instaladas em desktop, como o Autodesk Navisworks e o Solibri Model Checker (LEUSIN, 2018). A peça central deste processo é o Modelo Federado. É importante esclarecer que a ideia de "um modelo BIM" para um projeto complexo é uma simplificação, pois este na verdade se compõe de "diversos modelos conjugados, cada um de uma especialidade técnica" (LEUSIN, 2018, p. 32). O Modelo Federado é, portanto, a vinculação e a sobreposição coordenada de todos esses modelos disciplinares em um único ambiente virtual.

O processo geralmente se inicia com a exportação dos "modelos de autoria" de cada disciplina (os arquivos originais onde os projetistas trabalham) para "modelos de coordenação", que são versões mais leves contendo apenas a geometria e os dados essenciais para a análise (LEUSIN, 2018). A agregação de todos esses modelos de coordenação, frequentemente no formato aberto IFC (Industry Foundation Classes) para garantir a interoperabilidade, é que resulta no Modelo Federado (LEUSIN, 2018). A principal característica deste modelo é que ele permite que todos os participantes visualizem as demais disciplinas, mas cada um só consegue alterar o que for de sua própria autoria, garantindo a rastreabilidade e a responsabilidade de cada equipe (LEUSIN, 2018). Este fluxo entre os diferentes tipos de modelo é ilustrado na Figura 5.

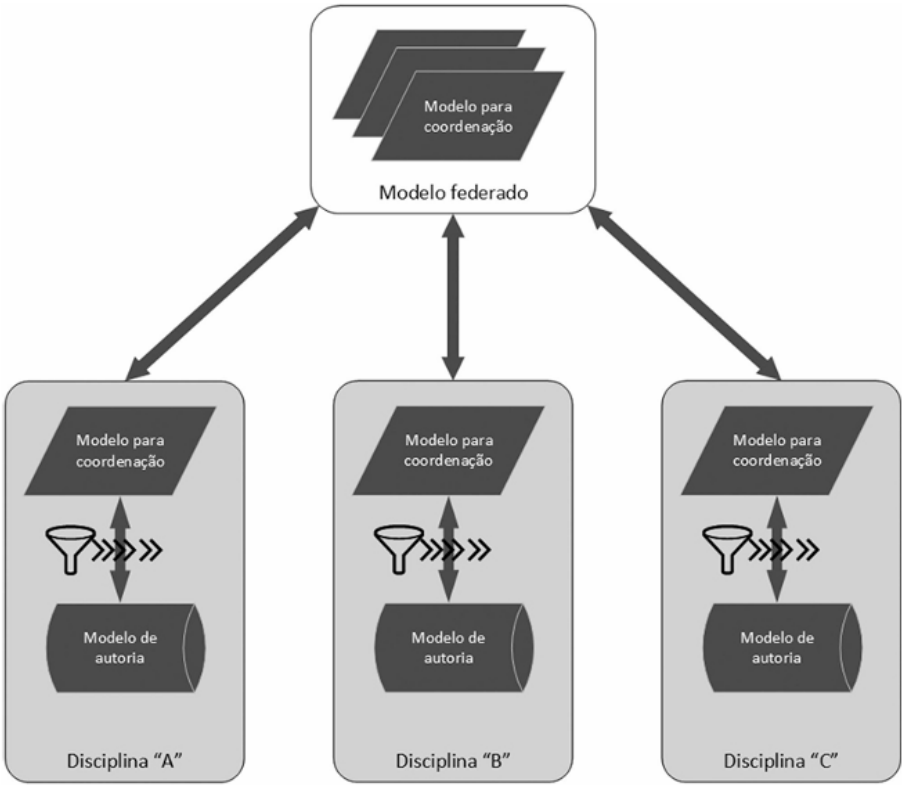


Figura 5 - Fluxo dos modelos BIM
Fonte: Leusin (2018, p. 52)

O coordenador BIM é o responsável por executar os testes de interferência neste modelo federado, gerar relatórios estáticos (como planilhas ou PDFs) com a lista de conflitos e distribuí-los para as respectivas equipes (HASANNEJAD et al., 2022). Cada equipe, então, corrige os problemas em seus softwares de origem e reenvia os modelos para um novo ciclo de verificação. Este fluxo de trabalho pode ser caracterizado como um processo de análise periódica e resolução sequencial, onde a comunicação depende do envio e recebimento de arquivos.

5.3.2. O Fluxo Colaborativo em Plataformas de Nuvem

Uma abordagem mais recente utiliza plataformas de colaboração baseadas em nuvem, como o BIM 360, BIMcollab ou Revizto, que operam como um Ambiente Comum de Dados (ACD) (LEUSIN, 2018; AKTER et al., 2024). Nesses ambientes, os modelos de todas as disciplinas são hospedados em um repositório central online, que funciona como uma única fonte de verdade (*single source of truth*) para o projeto (AKTER et al., 2024).

A comunicação e a gestão de conflitos nestas plataformas são frequentemente organizadas pelo formato BCF (BIM Collaboration Format). Este padrão permite que as equipes criem "*issues*" (questões ou conflitos) diretamente no modelo, associando imagens, comentários, responsáveis e prazos, o que organiza e rastreia todo o processo de resolução (LEUSIN, 2018). Como demonstrado na Figura 6, em vez de relatórios estáticos, a gestão de issues ocorre em tempo real,

promovendo um fluxo de trabalho mais contínuo e colaborativo, que agiliza a comunicação e melhora os processos de revisão (AKTER et al., 2024; HOSNY; IBRAHIM; NABIL, 2023). Apesar das vantagens, Leusin (2018) ressalta que o desempenho de sistemas que dependem de acesso síncrono e direto aos arquivos na nuvem pode ser prejudicado pela qualidade da infraestrutura de rede, tornando o sincronismo de arquivos grandes uma operação lenta em alguns contextos.

Apesar das vantagens teóricas do Ambiente Comum de Dados (ACD), a adoção prática no Brasil ainda enfrenta barreiras culturais e tecnológicas. Dados recentes indicam que, nas trocas de informações com terceiros, 52,9% dos profissionais ainda utilizam predominantemente o intercâmbio de arquivos (fluxo tradicional/assíncrono), enquanto apenas 27,2% adotam soluções de gestão compartilhada e colaboração em nuvem (BFB, 2024). Este cenário reforça a importância de estudos que mensurem quantitativamente os ganhos dessa transição tecnológica.

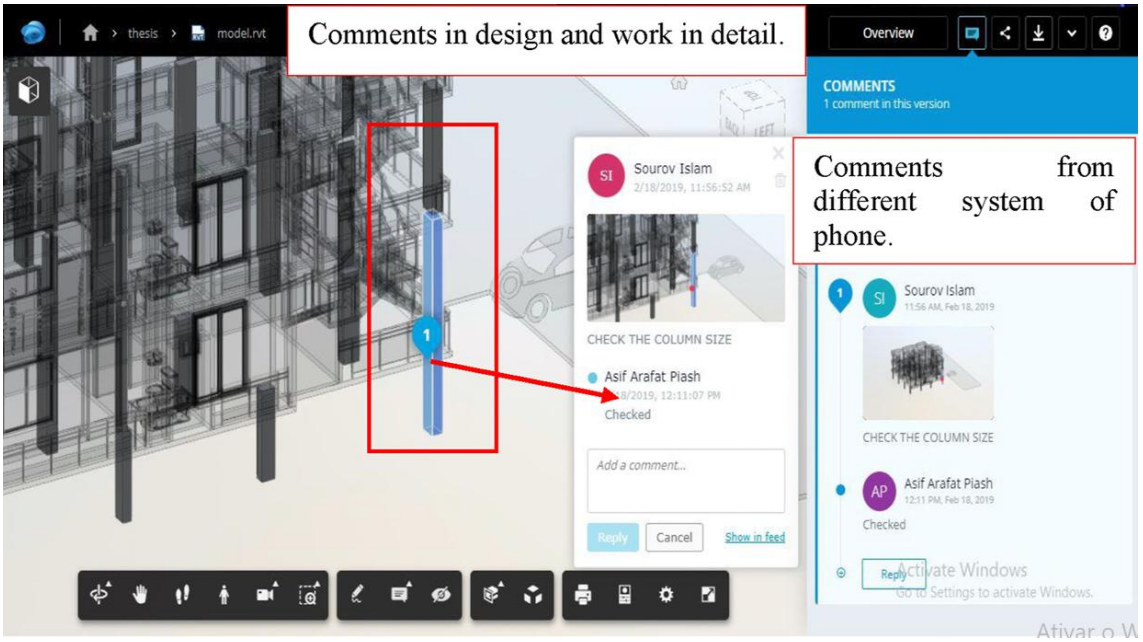


Figura 6 - Exemplo de revisão de projeto colaborativa em plataforma de nuvem
Fonte: Akter et al. (2024, p. 14)

5.4. A Normalização para a Gestão da Informação em BIM

Para que os fluxos de trabalho em BIM, especialmente os colaborativos, atinjam seu pleno potencial, não basta apenas ter as ferramentas; é crucial que a informação seja criada, gerenciada e compartilhada de acordo com princípios e padrões bem definidos. A normalização garante a interoperabilidade entre diferentes softwares, a clareza na comunicação e a segurança jurídica e processual para todos os envolvidos. No contexto brasileiro, duas séries de normas se destacam como fundamentais para a gestão da informação em BIM.

5.4.1. A Norma ABNT NBR ISO 19650 e a Gestão do Processo

A série de normas ABNT NBR ISO 19650 estabelece os conceitos e princípios para a gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo construído, utilizando o BIM (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022). Dentre os conceitos mais importantes está o Ambiente Comum de Dados (ACD), que é a base teórica para o funcionamento das plataformas colaborativas em nuvem discutidas no item anterior (AKTER et al., 2024). O ACD é um repositório digital que funciona como uma única fonte de informação para o projeto, organizando o fluxo de trabalho em diferentes estágios e definindo processos claros para garantir o compartilhamento controlado e seguro da informação, conforme ilustrado na Figura 7 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).



Figura 7 - Conceito de um ambiente comum de dados (ACD)
Fonte: ABNT NBR ISO 19650-1 (2022, p. 30)

A norma enfatiza que a colaboração entre todos os participantes do empreendimento é essencial para uma entrega eficiente. Para que isso ocorra, recomenda-se um "elevado nível de padronização nos processos", permitindo que a informação seja compartilhada de forma consistente. O ACD é o mecanismo central que viabiliza essa coordenação, permitindo o desenvolvimento de um modelo de informação federado. O objetivo, segundo a norma, é evitar "questões de coordenação espacial", como conflitos duros ou suaves, durante a produção da

informação, em vez de apenas detectá-las após a entrega (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2022).

Dessa forma, a norma não dita qual software usar, mas sim como o processo de colaboração e troca de informações deve ser gerenciado para ser eficaz.

5.4.2. A Norma ABNT NBR 15965 e a Organização da Informação

Se a NBR ISO 19650 define o processo, a ABNT NBR 15965 define a linguagem. Esta norma estabelece um sistema de classificação da informação para a construção, ou seja, uma estrutura para nomear e organizar os objetos e componentes de um modelo BIM (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012). A Tabela 2 exemplifica como essa estrutura funciona na prática.

Tabela 2 - Exemplo Simplificado de Classificação de Componentes (Baseado na ABNT NBR 15965)

Código de Classificação	Nome do Componente	Descrição
Ee.25.35	Viga de Concreto Armado	Elemento estrutural horizontal de concreto.
Sc.30.30	Duto de Ventilação Retangular	Componente do sistema de climatização para condução de ar.
Sh.35.75	Tubo de PVC para Esgoto	Componente do sistema hidráulico para esgoto sanitário.

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15965-2 (2012)

Cada componente construtivo recebe um código único e hierárquico, que funciona como um identificador universal. Esta codificação sistemática é o que garante a interoperabilidade semântica entre diferentes softwares e plataformas (LEUSIN, 2018). Por exemplo, ao atribuir o código "Ee.25.35" a uma viga de concreto, garante-se que qualquer ferramenta BIM que leia este código interpretará o objeto da mesma forma. Para que um *software* de detecção de conflitos possa, por exemplo, aplicar uma regra como:

> "dutos de ventilação não podem cruzar vigas principais", ele precisa "entender" o que é um duto e o que é uma viga de forma inequívoca (HU; CASTRO-LACOUTURE; EASTMAN, 2019).

É a classificação proposta por esta norma que permite essa comunicação clara entre diferentes sistemas, sendo um pré-requisito para processos automatizados confiáveis.

6. METODOLOGIA DE PESQUISA

6.1. Definição do Processo de Análise

Para atingir os objetivos indicados, esta pesquisa adota como método o estudo de caso comparativo, focado na análise de processos reais para uma proposta de otimizações práticas. A abordagem de estudo de caso foi escolhida por permitir uma investigação aprofundada do fenômeno da coordenação de projetos em seu contexto real, uma prática validada para analisar a implementação de novas tecnologias (HOSNY; IBRAHIM; NABIL, 2023; VILVENTHAN; RAZIN; RAJADURAI, 2021).

O objeto de estudo será um projeto de edificação que permitirá a avaliação comparativa dos fluxos de trabalho, localizado na cidade de Brasília/DF. Para realizar o estudo comparativo, será necessário ter acesso aos modelos das diferentes disciplinas do projeto (arquitetura, estrutura, instalações) em formato IFC (Industry Foundation Classes), que é o padrão para compartilhamento, troca de informação, interoperabilidade, ou em formatos nativos que permitam a exportação para IFC (LEUSIN, 2018).

A análise comparativa será de um projeto de edificação que possua um grau de complexidade de instalações que justifique a aplicação de um processo de compatibilização. Idealmente, o projeto deverá ter uma área entre, 250 a 300 m², uma vez que edificações muito simples podem não se beneficiar ou não apresentar desafios significativos que permitam uma avaliação robusta dos diferentes fluxos de trabalho (LEUSIN, 2018). Logo, a seleção do estudo de caso seguirá os seguintes critérios:

- Critérios de Inclusão: Acesso aos arquivos dos modelos BIM do projeto ou disponibilidade dos arquivos em formato IFC ou em formato nativo que possibilite a exportação para IFC; e ser uma edificação com um nível de complexidade que justifique a montagem de um modelo federado, idealmente com área superior a 250 m², visto que edificações muito simples podem não se beneficiar significativamente de processos de compatibilização avançados (LEUSIN, 2018).
- Critérios de Exclusão: Projetos de baixa complexidade ou aqueles sem acesso aos modelos BIM que são a base para a pesquisa.

A coleta de dados será baseada na utilização de múltiplos instrumentos e em um procedimento analítico, visando garantir a triangulação e a confiabilidade das informações. Os principais instrumentos de coleta serão as entregas digitais do projeto e os softwares de análise. As próprias ferramentas de compatibilização, tanto em desktop quanto em nuvem, serão utilizadas como instrumentos para gerar os dados primários da pesquisa, que são os relatórios de conflitos e as métricas de gestão de *issues* (conflitos).

6.2. Caracterização da Edificação

O objeto de estudo selecionado para a aplicação prática da metodologia de comparação foi o projeto do Memorial Paulo Freire. A edificação está localizada no campus da Faculdade UnB Planaltina (FUP), integrante da Universidade de Brasília (UnB).

Trata-se de uma edificação de caráter institucional com área construída de aproximadamente 298,00 m². A escolha deste projeto para o estudo de caso justifica-se por duas características principais que desafiam a coordenação de projetos:

a) Geometria não ortogonal: o projeto apresenta uma arquitetura de geometria radial, o que eleva o nível de dificuldade para a compatibilização em 2D e torna o uso do BIM essencial para a compreensão das interfaces entre elementos curvos e ortogonais; b) Densidade de sistemas: apesar de ser uma edificação de porte médio, o memorial concentra diversos subsistemas (estrutura de concreto, instalações hidrossanitários, instalações elétrica e estrutura de telhado) em um espaço reduzido, proporcionando um cenário ideal para a ocorrência e detecção de interferências (*clashes*).

Para a visualização e compreensão da volumetria e distribuição espacial do objeto de estudo, a Figura 8 apresenta o projeto de arquitetura em 3D, e a Figura 9 detalha a fachada frontal no projeto de arquitetura.

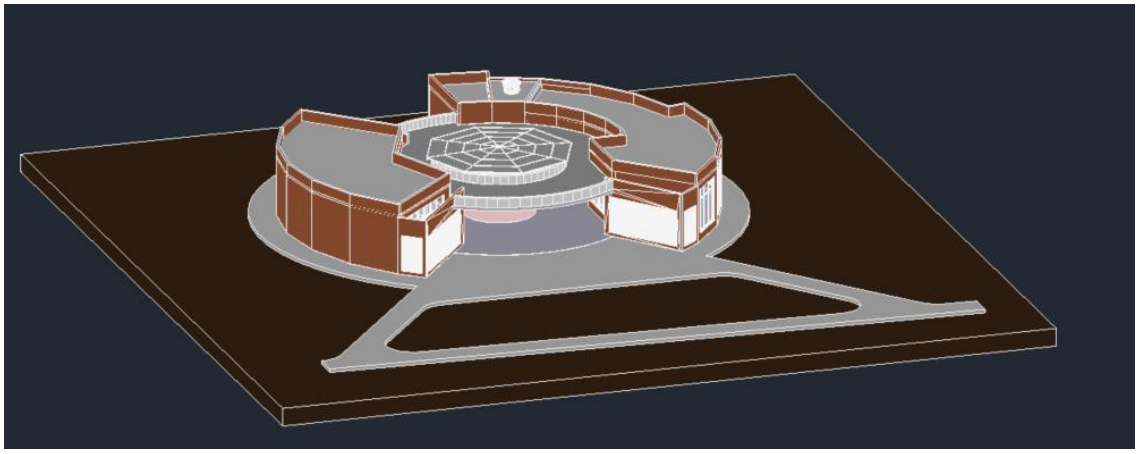


Figura 8 - Memorial Paulo Freire
Fonte: Autor (2025)

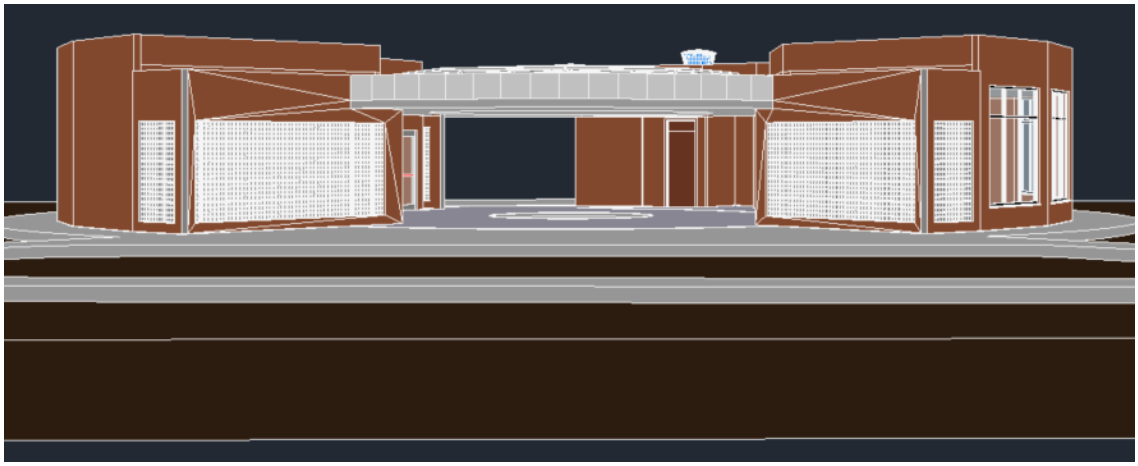


Figura 9 - Fachada Frontal Memorial Paulo Freire
Fonte: Autor (2025)

6.3. Coleta de Dado e Análises Comparativas

O procedimento de coleta de dados iniciará com a definição e organização dos arquivos, que consiste na obtenção dos modelos BIM do projeto selecionado, preferencialmente no formato aberto IFC (*Industry Foundation Classes*), para garantir a interoperabilidade entre as diferentes ferramentas de análise (LEUSIN, 2018). Serão recebidos os modelos das disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações (MEP), que formarão a base para a criação do modelo federado. Em seguida, será estabelecida uma hierarquia de análise, definindo, por exemplo, o modelo de estrutura como fixo e prioritário, contra o qual os demais modelos serão verificados, um passo crucial para uma gestão de conflitos organizada (HU et al., 2020).

O passo a passo da coleta seguirão as etapas ilustradas no fluxograma da Figura 10, que simula os dois fluxos de trabalho para uma comparação direta. No fluxo de trabalho em desktop, o modelo federado será montado em um software como o Autodesk Navisworks para a execução dos testes de interferência, gerando um relatório estático (em planilha ou PDF) que conterá a lista de conflitos e os elementos envolvidos (HASANNEJAD et al., 2022). Simultaneamente, no fluxo colaborativo em nuvem, os mesmos modelos serão carregados em uma plataforma como o Trimble Connect.

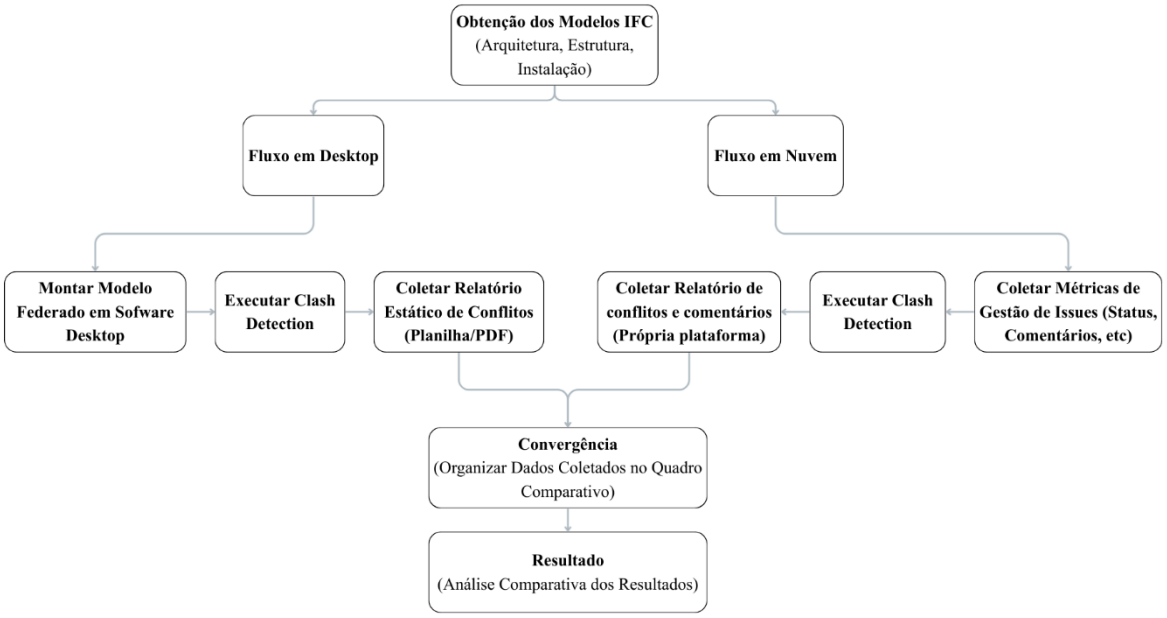


Figura 10 - Fluxograma dos Procedimentos de Coleta de Dados
Fonte: Autor (2025)

Após a execução dos testes, a coleta se dará pela extração das métricas de gestão dos *issues* criados, como status, responsáveis e histórico de comentários. Por fim, para permitir a análise comparativa dos resultados, todos os dados coletados de ambos os fluxos serão organizados e estruturados em um quadro comparativo, cuja estrutura é exemplificada na Tabela 3, para permitir a análise final dos resultados.

Tabela 3 - Exemplo do Quadro Comparativo para Análise dos Resultados

Critério de Análise	**Fluxo de Trabalho em Desktop (via Navisworks, por exemplo)**	**Fluxo de Trabalho Colaborativo em Nuvem (via BIM 360, por exemplo)**
Número de Conflitos	Quantidade total de conflitos detectados.	Quantidade total de issues criados.
Clareza do Relatório	Análise da facilidade de interpretação do relatório estático (planilha).	Análise da clareza da informação no painel de issues da plataforma.
Rastreabilidade	Dificuldade em rastrear o histórico de decisões, dependendo de trocas de e-mails e atas.	Histórico completo e rastreável de comentários, alterações de status e responsáveis.
Comunicação	Assíncrona, baseada no envio de relatórios e espera por respostas.	Síncrona e em tempo real, com notificações e comentários centralizados.
Tempo Estimado de Gestão	Tempo consumido para gerar, enviar, analisar relatórios e consolidar as soluções.	Tempo medido desde a criação do issue até sua resolução final na plataforma.

Fonte: Autor (2025)

Para a execução da metodologia, serão utilizados os seguintes softwares, que são ferramentas para os fluxos de trabalho em análise:

- Softwares de Verificação (Desktop): Para simular o fluxo de trabalho baseado em desktop, será utilizado um *software* de verificação de modelos (*model checker*), como o Autodesk Navisworks Manage ou o Solibri Model Checker. Ambas são ferramentas conhecidas no mercado para a criação de modelos federados, detecção de conflitos geométricos (*clash detection*) e análise de modelos (LEUSIN, 2018; HASANNEJAD et al., 2022).
- Plataformas de Colaboração (Nuvem): Para o fluxo de trabalho colaborativo, será utilizada uma plataforma que funcione como um Ambiente Comum de Dados (CDE), como o Autodesk Construction Cloud (ACC) (antigo BIM 360) ou o Trimble Connect. Essas plataformas permitem a gestão centralizada dos modelos, a comunicação em tempo real e o rastreamento de *issues* (AKTER et al., 2024; HOSNY; IBRAHIM; NABIL, 2023).
- Software de Análise de Dados: Será utilizado o Microsoft Excel para organizar, tabular e gerar os gráficos comparativos a partir dos dados quantitativos extraídos de ambos os fluxos.

A análise dos dados coletados combinará duas abordagens complementares, visando uma comparação robusta entre os fluxos de trabalho. A análise quantitativa se concentrará na comparação de métricas objetivas extraídas de cada processo, como o número total de conflitos detectados, a classificação desses conflitos e o tempo de resolução. Estes dados servirão como indicadores de desempenho para avaliar a acurácia e a produtividade de cada fluxo (LEUSIN, 2018). Complementarmente, a análise qualitativa buscará identificar e categorizar temas recorrentes sobre a eficiência e os desafios de cada método, como problemas de comunicação e usabilidade das ferramentas. O objetivo é compreender não apenas "quantos" conflitos foram encontrados, mas "como" o processo de resolução ocorreu em cada cenário. Essa abordagem mista, que une indicadores de produtividade com a análise do processo, é fundamental para uma avaliação completa (LEUSIN, 2018).

7. RESULTADOS E ANÁLISES

7.1. Preparação e Padronização dos Modelos IFC

Para viabilizar a análise comparativa em ambiente neutro (OpenBIM), adotou-se o formato IFC (Industry Foundation Classes) para a troca de informaçõea. A escolha deste formato justifica-se pela necessidade de garantir a leitura geométrica e de dados dos elementos, independentemente do software nativo de autoria (Revit, TQS, Archicad, etc.). A organização dos modelos seguiu três etapas críticas para garantir a integridade da federação:

Os arquivos foram exportados preferencialmente na versão IFC 2x3 Vista de coordenada 2.0. Esta versão foi escolhida por ser, atualmente, a mais estável para leitura tanto na plataforma desktop quanto na plataforma em nuvem, minimizando perdas de geometria ou propriedades durante a conversão. Para garantir a perfeita sobreposição dos modelos disciplinares (federação), estabeleceu-se um Ponto de Origem Comum (X, Y, Z = 0,0,0) e a rotação correta em relação ao Norte de Projeto. Para isto é necessário que:

- No software de autoria, garantiu-se que todos os projetistas utilizassem o mesmo Sistema de Coordenadas Compartilhado (*Shared Coordinate System*).
- A verificação do alinhamento foi a primeira etapa de controle de qualidade antes de iniciar a detecção de conflitos.

Para a organização dos arquivos no diretório local (ambiente Desktop), adotou-se uma estrutura de numeração sequencial para facilitar a federação e a identificação das disciplinas, assim como na Figura 11. O prefixo "MPF" (*Memorial Paulo Freire*) foi utilizado para identificar o conjunto de arquivos pertencentes a este estudo de caso.

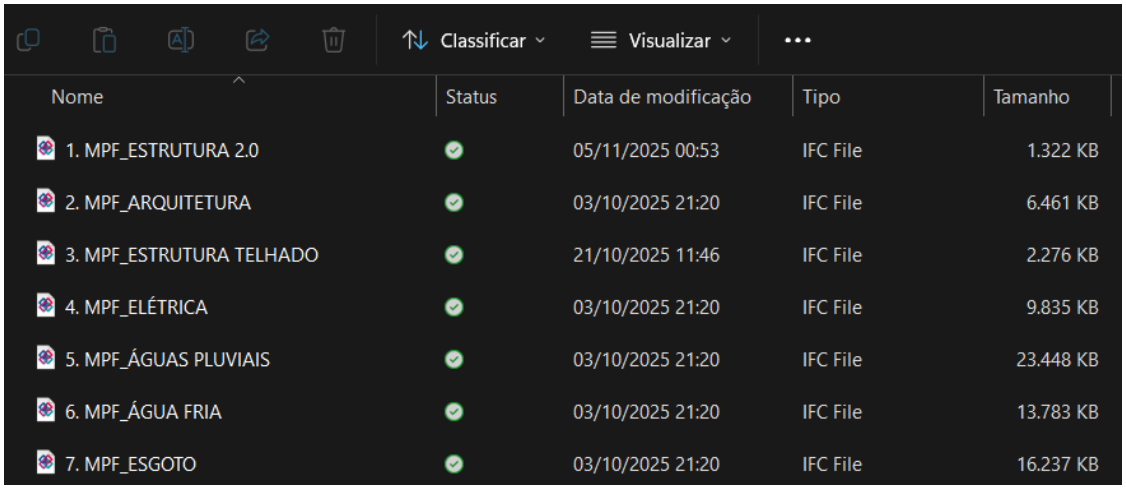


Figura 11 - Modelos IFC
Fonte: Autor (2025)

Um ponto crítico observado no fluxo de trabalho tradicional (Desktop) foi a necessidade de renomeação manual para controle de versões. Como pode ser observado no arquivo 1. MPF_ESTRUTURA 2.0, as atualizações de projeto exigem a alteração do nome do arquivo ou a substituição manual na pasta de rede, o que difere do ambiente em Nuvem (CDE), onde o versionamento é automático e transparente.

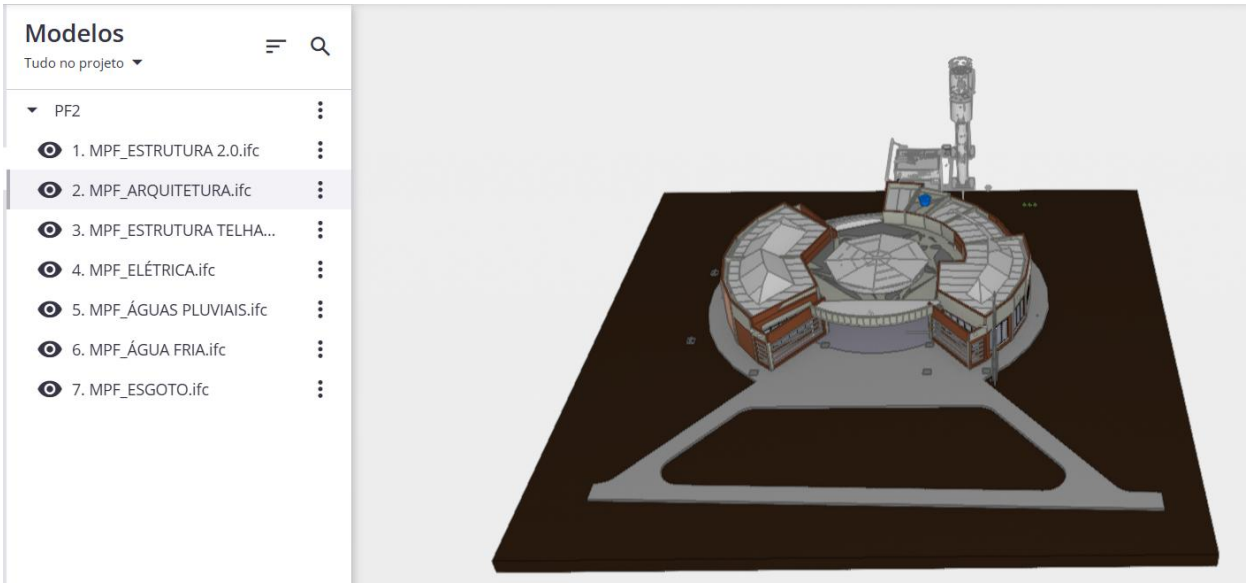


Figura 12 - Modelo Federado no Trimble Connect
Fonte: Autor (2025)

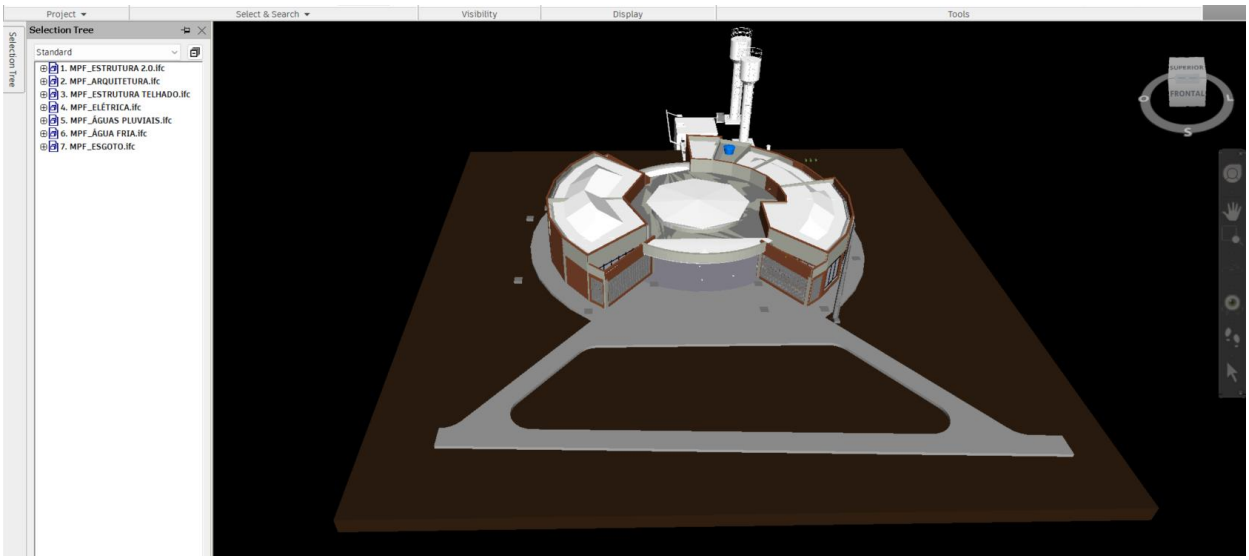


Figura 13 - Modelo Federado no Navisworks
Fonte: Autor (2025)

Após a realização dos procedimentos anteriormente foi possível produzir os Modelos Federados da edificação Figura 12 e Figura 13.

A Tabela 4 detalha os arquivos que compõem o Modelo Federado deste estudo:

Tabela 4 - Composição do Modelo Federado (Arquivos IFC)

Ordem	Disciplina	Nome do Arquivo (Adotado)	Descrição do Conteúdo
1	Estrutura	1. MPF_ESTRUTURA 2.0.ifc	Elementos de concreto armado (Vigas, Pilares, Lajes). Versão revisada.
2	Arquitetura	2. MPF_ARQUITETURA.ifc	Paredes, pisos, revestimentos e esquadrias.
3	Cobertura	3. MPF_ESTRUTURA TELHADO.ifc	Estrutura metálica de suporte do telhado.
4	Elétrica	4. MPF_ELÉTRICA.ifc	Eletrodutos, caixas de passagem e quadros.
5	Águas Pluviais	5. MPF_ÁGUAS PLUVIAIS.ifc	Calhas, condutores verticais e drenagem.
6	Água Fria	6. MPF_ÁGUA FRIA.ifc	Tubulação de abastecimento e reservatórios.
7	Esgoto	7. MPF_ESGOTO.ifc	Tubulação sanitária e caixas de inspeção/gordura.

Fonte: Autor (2025)

O uso de uma tabela de controle é fundamental para que a coordenação tenha plena ciência das versões que compõem o modelo federado. Essa prática é especialmente crítica no uso de ferramentas *offline*, mitigando o risco de inconsistências geradas pelo gerenciamento manual de arquivos.

7.2. Escolha dos softwares de fluxo de trabalho

A definição dos softwares utilizados neste estudo de caso pautou-se em dois critérios principais: a liderança de mercado das ferramentas (representatividade) e a acessibilidade de licenciamento para fins acadêmicos e de pesquisa (viabilidade).

A escolha do Autodesk Navisworks justifica-se pela sua liderança de mercado, visto que as soluções desta desenvolvedora são utilizadas por 74,8% dos profissionais do setor (BFB, 2024). Já a opção por licenças educacionais e versões gratuitas (como o Trimble Connect Personal) alinha-se à realidade econômica do mercado brasileiro, onde o investimento necessário para a aquisição de licenças de *software* é apontado como a principal barreira de adoção do BIM por 43,1% dos profissionais (BFB, 2024).

- **Software de Compatibilização Desktop: Autodesk Navisworks Manage**

  Para a simulação do fluxo de trabalho tradicional (Desktop), optou-se pelo Autodesk Navisworks Manage. A escolha justifica-se por ser uma das ferramentas de detecção de interferências (*clash detection*) mais difundidas na indústria da construção civil, sendo considerada um padrão de mercado para coordenação BIM. Além da robustez

técnica, um fator determinante foi a política de incentivo à pesquisa da desenvolvedora, que fornece a Licença Educacional (Student License). Isso permitiu o acesso integral a todas as funcionalidades avançadas do software, como o *Clash Detective* e a exportação de relatórios, sem custos diretos para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

- **Plataforma de Colaboração em Nuvem: Trimble Connect**

  Para a simulação do fluxo colaborativo (Nuvem), selecionou-se a plataforma Trimble Connect. A escolha baseou-se na sua capacidade de operar como um Ambiente Comum de Dados (CDE) baseado em OpenBIM, aceitando nativamente o formato IFC. O critério decisivo para sua adoção foi a disponibilidade da versão "Personal" (Gratuita). Esta modalidade permite que usuários individuais testem fluxos de trabalho em nuvem com funcionalidades profissionais, sujeitando-se apenas a limites de armazenamento (10MB) e número de projetos.

7.3. Federação dos Modelos IFC e Configuração da Matriz de Interferências

Os modelos disciplinares (Estrutura, Arquitetura, Hidrossanitário, Elétrica e Cobertura) foram importados para os softwares Autodesk Navisworks Manage exibido na Figura 14 e o Trimble Connect exibido na Figura 15, onde realizou-se a federação (sobreposição) das geometrias. Nesta etapa, verificou-se visualmente o correto alinhamento das coordenadas entre as diferentes disciplinas.

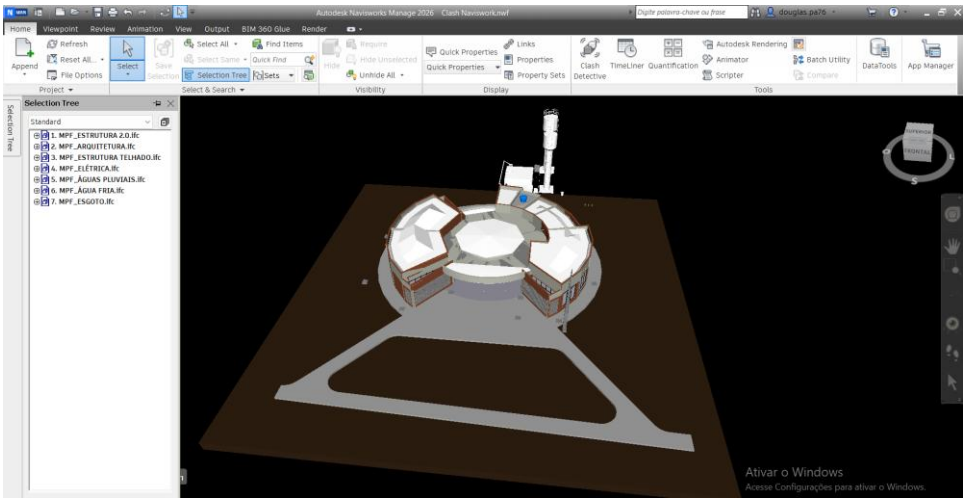


Figura 14 - Vista 3D do Modelo Federado completo no Navisworks
Fonte: Autor (2025)

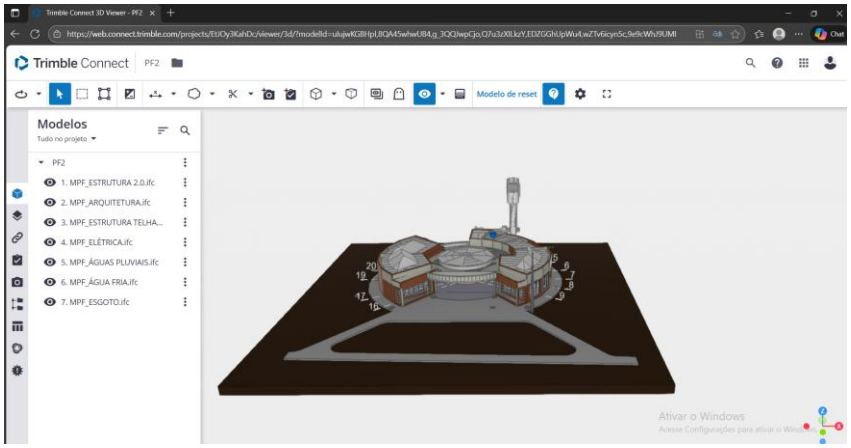


Figura 15 - Vista 3D do Modelo Federado completo no Trimble Connect
Fonte: Autor (2025)

A estratégia de verificação adotou o projeto estrutural como disciplina mandatária, contra a qual as demais disciplinas foram verificadas. Essa hierarquia justifica-se pelo elevado impacto financeiro e executivo de alterações em elementos estruturais (pilares e vigas) comparado à flexibilidade das instalações. Em processos de compatibilização, a arquitetura e a estrutura são consideradas dominantes e rígidas, devendo os sistemas complementares (tubulações e dutos) adaptar-se a elas, salvo em situações específicas onde a hierarquia possa ser invertida por requisitos técnicos.

A Tabela 5 apresenta a configuração técnica adotada para cada teste:

Tabela 5 - Configuração dos Testes de Colisão

Ordem	Nome do Teste	Seleção A (Fixo)	Seleção B (Variável)	Tolerância Utilizada	Por quê?
1	01_EST_x_TELHADO	ESTRUTURA	TELHADO	0,01 m (1cm)	Ignora pequenos contatos de parafusos/chapas, foca em peças de aço batendo em concreto.
2	02_EST_x_ELÉTRICA	ESTRUTURA	ELÉTRICA	0,01 m (1cm)	Evita pegar eletrodutos flexíveis pequenos que podem ser desviados na obra. Foca em eletrocalhas e quadros.
3	03_EST_x_PLUVIAL	ESTRUTURA	ÁGUA PLUVIAL	0,00 m (Zero)	Crítico. Tubos de queda (100mm/150mm) não podem tocar em vigas de jeito nenhum.
4	04_EST_x_ÁGUA_FRIA	ESTRUTURA	ÁGUA FRIA	0,00 m (Zero)	Qualquer interferência aqui precisa de furo na viga ou desvio.
5	05_EST_x_ARQ	ESTRUTURA	ARQUITETURA	0,02 m (2cm)	Essencial. Essa tolerância serve para ignorar o reboco/acabamento da parede tocando o pilar. Queremos achar Pilar invadindo Porta/Janela.

Fonte: Autor (2025)

Parâmetros Utilizados:

- Tipo de Teste (Hard): Foi selecionada a opção *Hard Clash*, que identifica qualquer interseção física entre as geometrias dos objetos selecionados.
- Tolerância: Ajustada para evitar os chamados "falsos positivos" (erros irrelevantes para a etapa de projeto), como a sobreposição mínima de reboco sobre concreto, focando apenas em interferências construtivas reais.
- Regras: Para evitar que exista conflitos nos objetos do mesmo arquivo, foi escolhido a regra “ignore os conflitos dentro do mesmo tipo de arquivo”.

7.4. Execução das Verificações (Clash Detection)

No ambiente Navisworks Manage, a verificação foi estruturada através da ferramenta *Clash Detective*. Em termos de desempenho computacional, observou-se que o processamento da detecção no Navisworks foi extremamente ágil. Utilizando o hardware local (processador e placa de vídeo da estação de trabalho), o software processou milhares de verificações geométricas quase instantaneamente, entregando a lista de conflitos em tempo real.

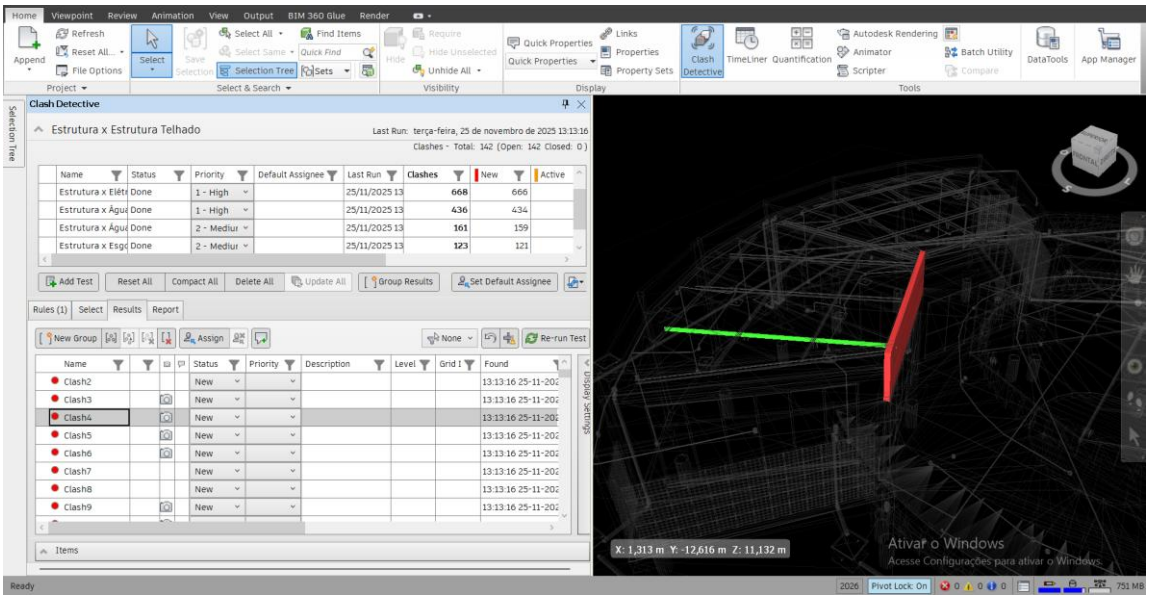


Figura 16 - Interface de resultados do Navisworks evidenciando a detecção instantânea de conflitos
Fonte: Autor (2025)

No ambiente Trimble Connect, o processo foi realizado diretamente via navegador web. Utilizou-se a ferramenta nativa de "Verificação de Conflitos" (*Clash Sets*) da plataforma. Diferentemente do ambiente desktop, a execução na nuvem apresentou uma lentidão perceptível. O processamento da verificação, por depender de servidores remotos e da renderização via internet, mostrou-se consideravelmente mais lento em comparação ao Navisworks. A navegação

pelo modelo 3D federado com todas as disciplinas ativas também exigiu maior tempo de carregamento, evidenciando uma limitação de performance para o processamento em navegadores.

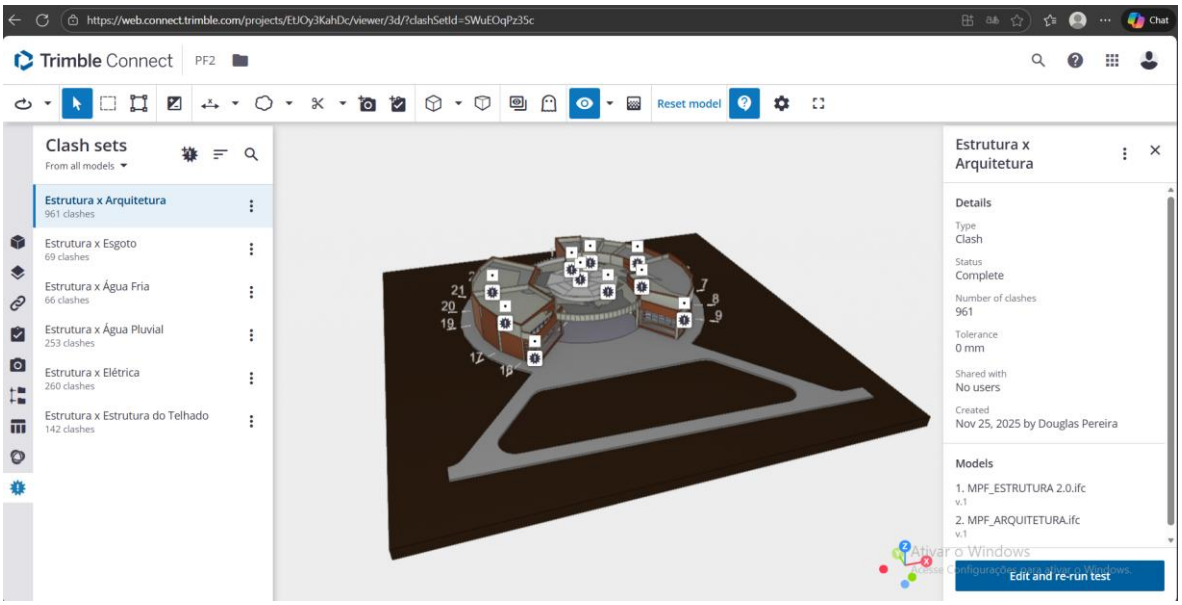


Figura 17 - Ferramenta de verificação de interferências baseada em navegador na plataforma Trimble Connect
Fonte: Autor (2025)

Ao comparar os relatórios gerados pelos dois softwares, utilizando exatamente os mesmos arquivos de entrada, observou-se uma divergência significativa na contagem total de interferências identificadas. É importante ressaltar que, nesta etapa, não foram configuradas estratégias avançadas de redução de falsos positivos (como a criação de conjuntos de seleção específicos para analisar apenas caixilhos contra vigas, por exemplo) em nenhuma das duas ferramentas. A verificação baseou-se nos conjuntos de seleção globais por disciplina, o que explica o alto volume bruto de interferências.

A Tabela 6 detalha os resultados quantitativos obtidos em cada disciplina quando verificada contra o modelo estrutural:

Tabela 6 - Discrepância de Resultados entre Ferramentas de Detecção

Disciplina (vs. Estrutura)	Qtde. Navisworks (Desktop)	Qtde. Trimble Connect (Nuvem)	Variação (%)
Telhado	142	142	0% (Idêntico)
Elétrica	668	260	-61%
Águas Pluviais	436	253	-42%
Água Fria	161	66	-59%
Esgoto	123	69	-44%
Arquitetura	994	961	-3% (Similar)

Fonte: Autor (2025)

Analisando os dados nota-se diferenças importantes na forma como cada *software* interpreta a geometria IFC. Nas disciplinas de Telhado e Arquitetura, compostas majoritariamente por elementos planos e retilíneos (como vigas, paredes e lajes), observou-se uma alta consistência entre os softwares: as variações ficaram entre 0% e 3%, indicando que ambos interpretam de maneira semelhante interseções simples presentes nessas geometrias.

Por outro lado, nas disciplinas de instalações (Elétrica, Pluvial, Água Fria e Esgoto), que apresentam maior presença de geometrias curvas, foram observadas discrepâncias significativas. O Navisworks contabilizou entre 40% e 60% mais conflitos do que o Trimble Connect. Essa diferença decorre, principalmente, da forma como cada sistema processa e representa curvas. O Navisworks converte essas geometrias em malhas triangulares (tesselação), o que pode gerar múltiplos pontos de contato para um mesmo elemento (como uma única tubulação atravessando uma laje) resultando em uma contagem artificialmente inflada de interferências. Já o Trimble Connect aparenta utilizar um algoritmo de agrupamento baseado nos identificadores dos objetos (GUID), o que permite consolidar colisões complexas em um único evento. Consequentemente, a lista final de interferências tende a ser mais enxuta e mais próxima da realidade construtiva, reduzindo o ruído na análise.

Embora o Navisworks tenha demonstrado desempenho superior em termos de velocidade de processamento devido ao uso de hardware local, sua abordagem resultou em uma quantidade excessiva de dados redundantes, especialmente nas disciplinas de instalações. O Trimble Connect, apesar de apresentar maior tempo de processamento por operar em ambiente web, forneceu resultados mais limpos e organizados. Essa constatação reforça a importância da verificação e da adoção de fluxos de comunicação adequados entre as equipes de projeto, a fim de mitigar inconsistências e aprimorar a coordenação BIM. Isso envolve não apenas os fluxos de comunicação, mas principalmente a padronização dos processos de modelagem e inserção de informação, diretrizes estas que devem ser definidas previamente por meio de um Plano de Execução BIM (PEB).

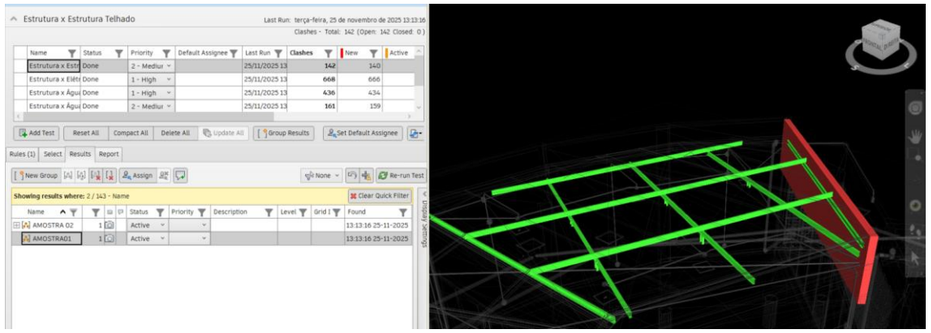
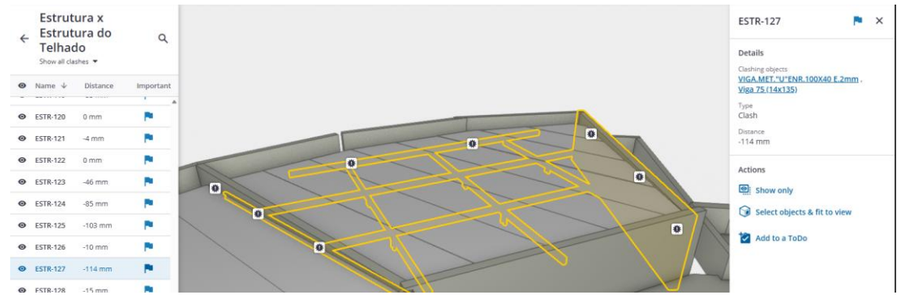
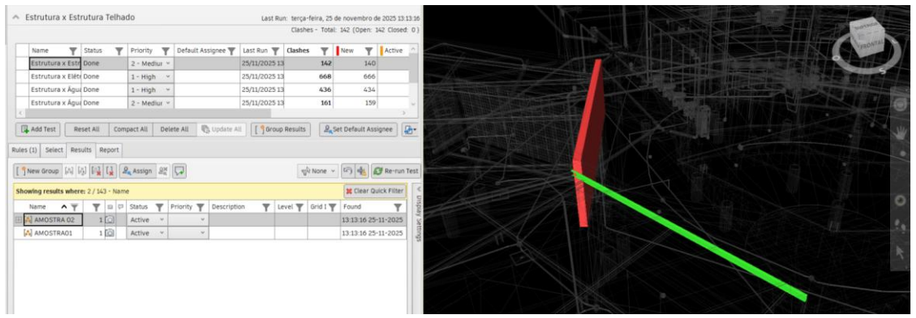
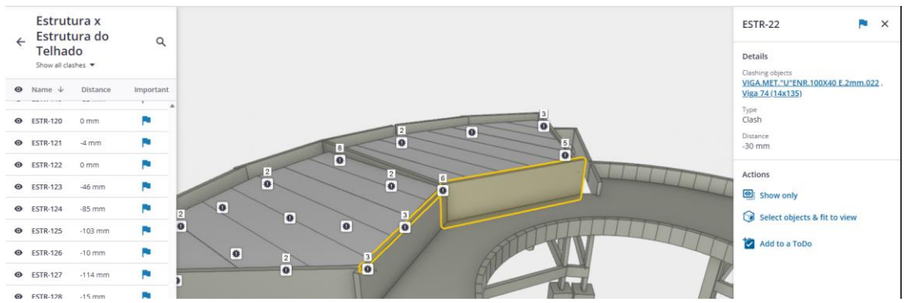
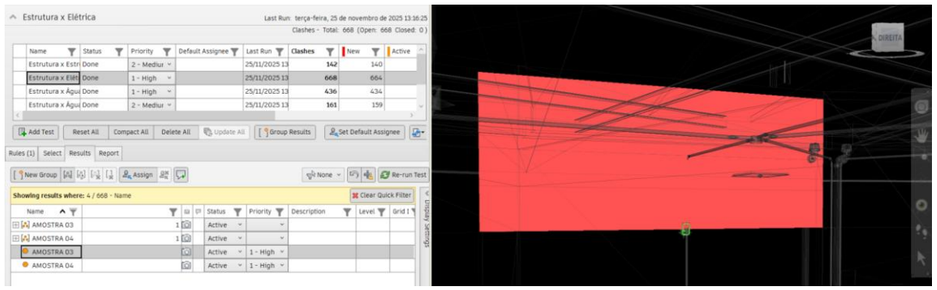
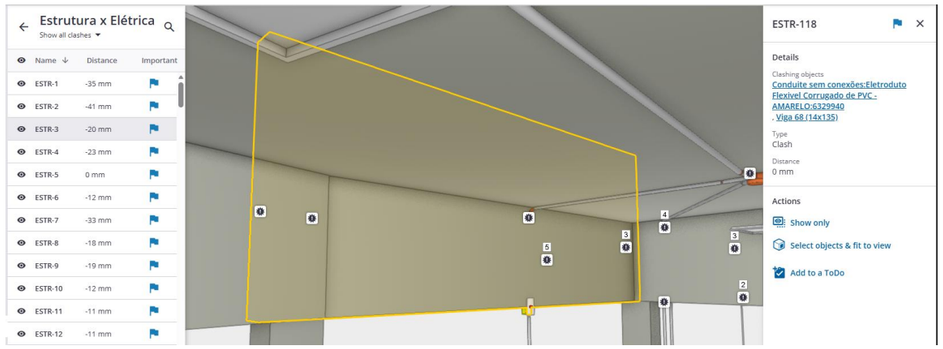
7.5. Definição da Amostra de Controle e Simulação Comparativa

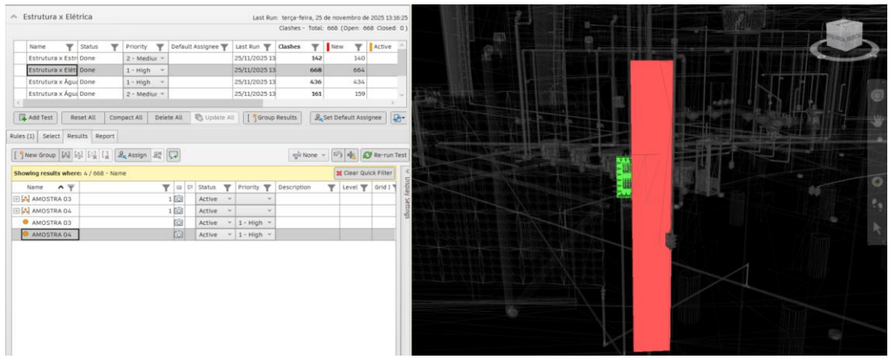
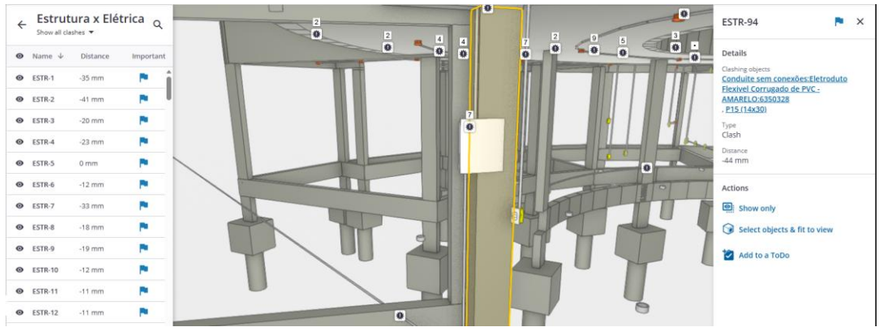
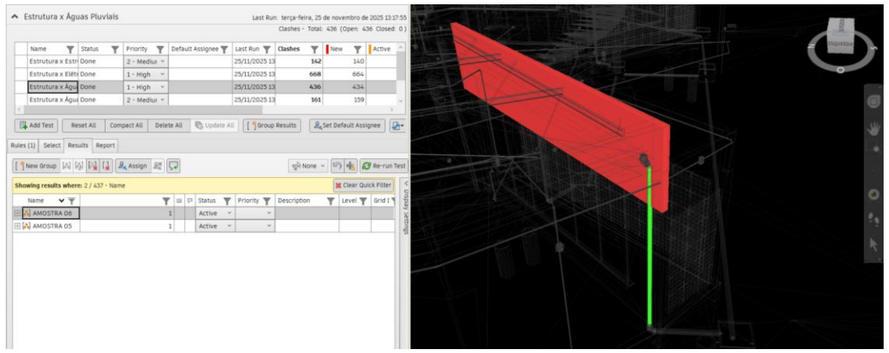
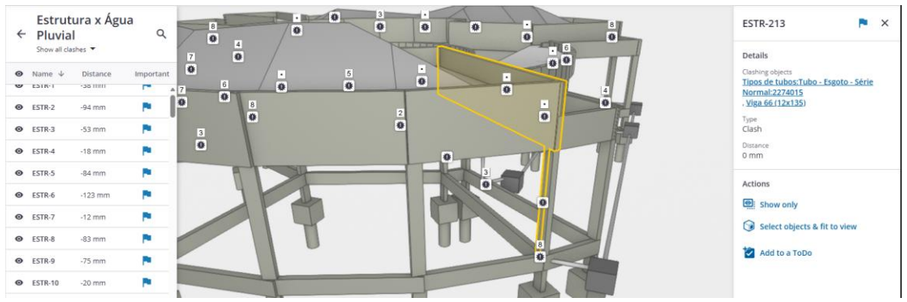
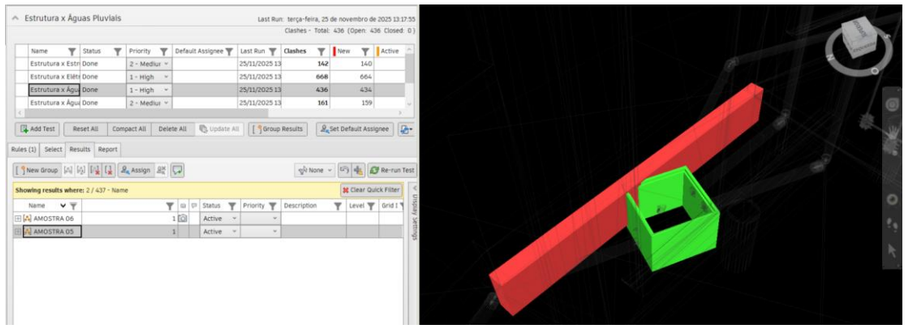
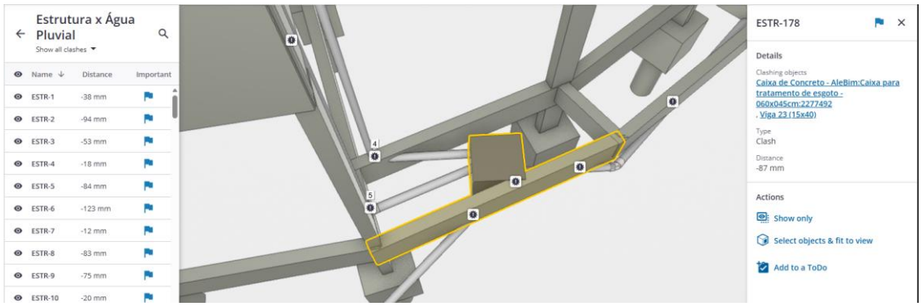
Após a execução inicial dos testes automatizados em ambas ferramentas, que resultou em um volume bruto superior a 2.000 interferências, procedeu-se à etapa de verificação e análise crítica. O objetivo foi isolar problemas construtivos graves que exigiriam ação imediata de projeto.

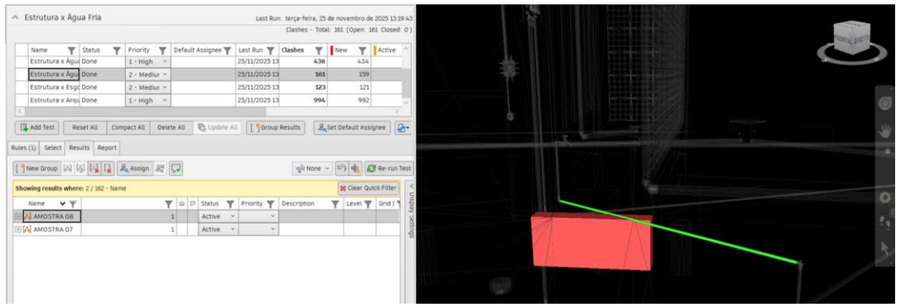
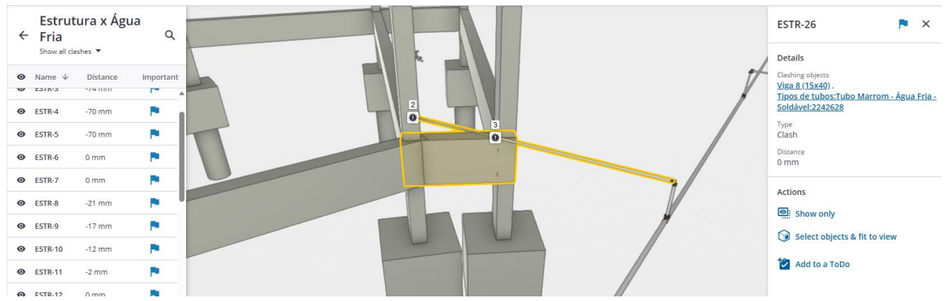
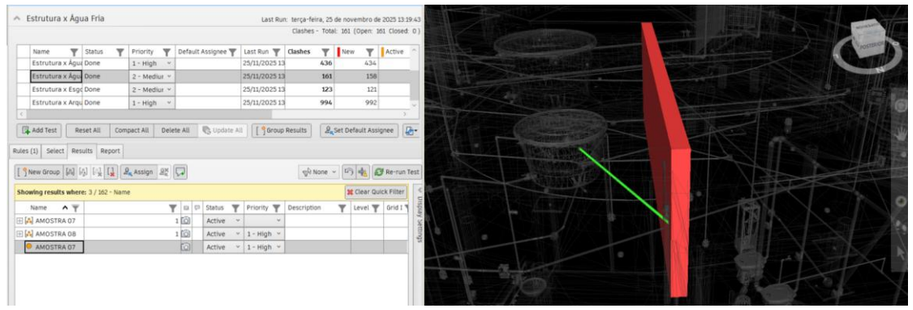
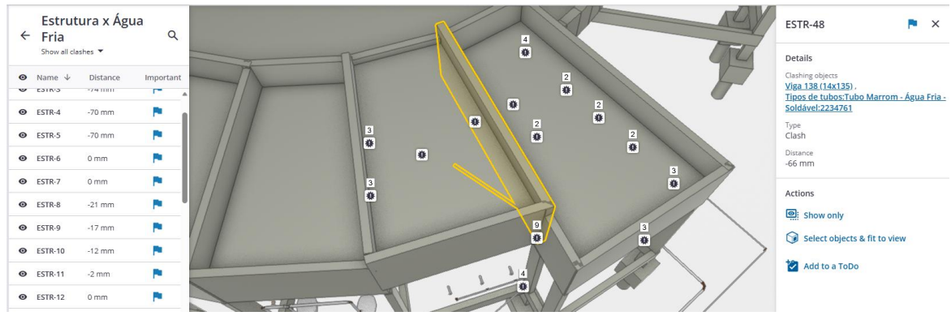
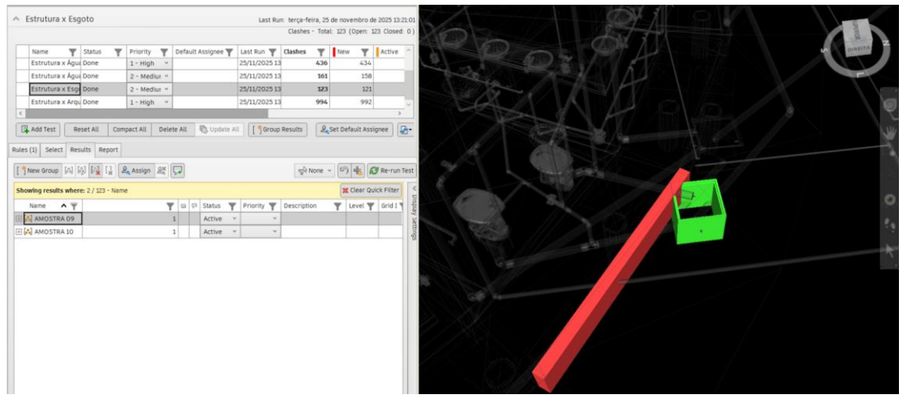
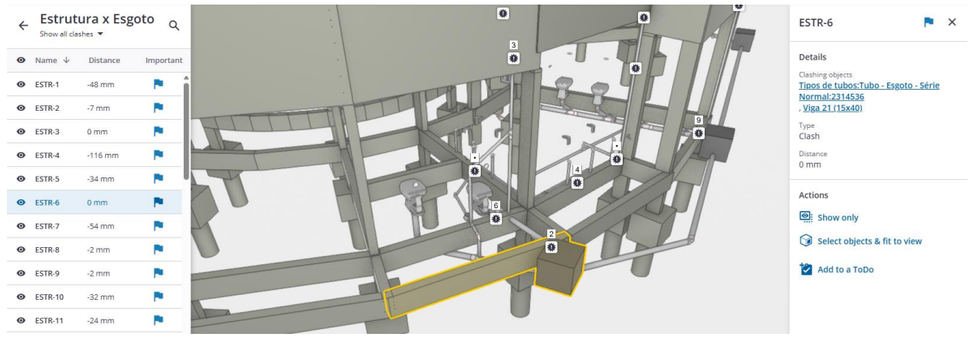
Para a simulação de produtividade, definiu-se uma amostra de controle composta por 12 interferências críticas (sendo duas amostras de cada teste). A seleção priorizou casos de alta complexidade, como tubulações de grande diâmetro (águas pluviais e esgoto) atravessando vigas

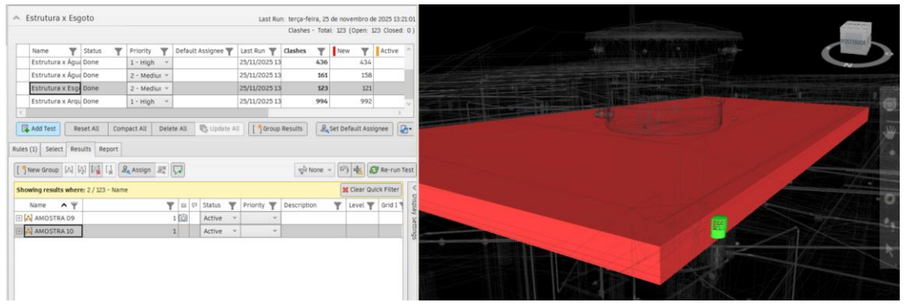
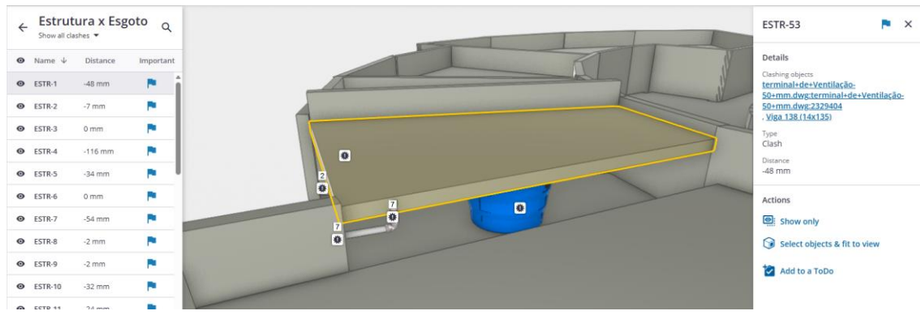
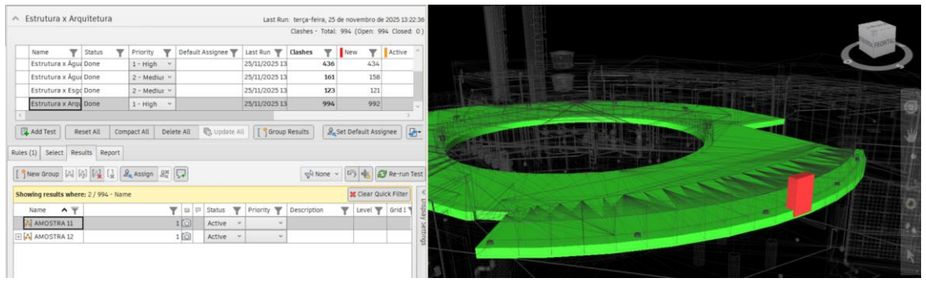
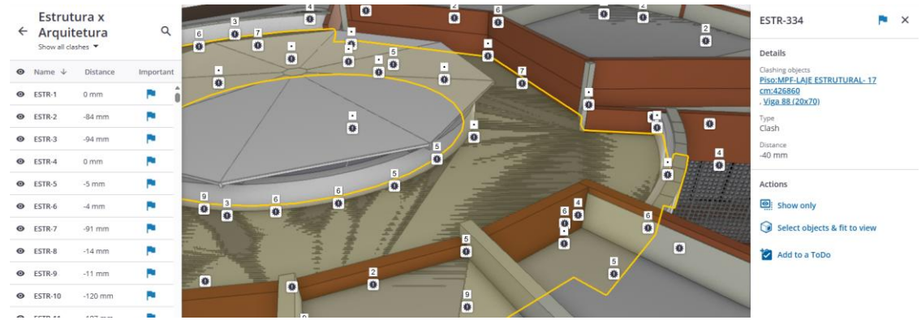
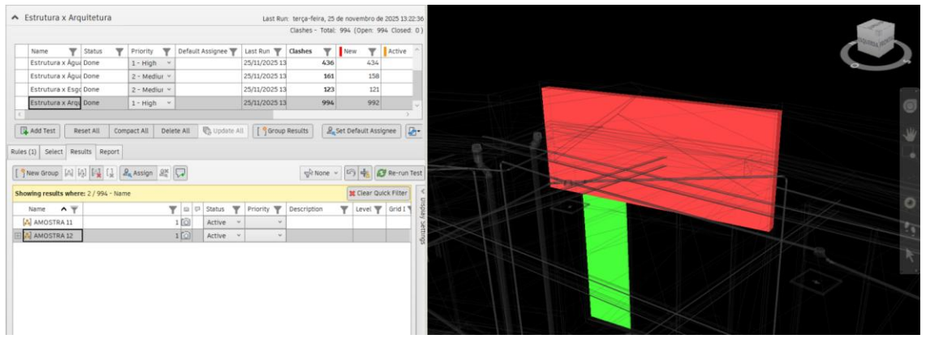
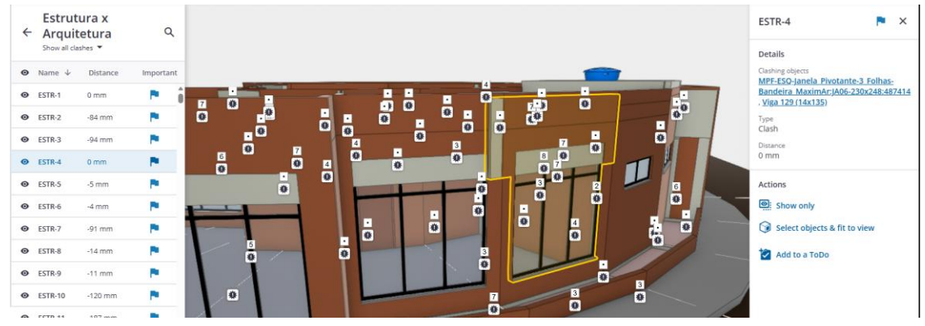
e elementos estruturais do telhado colidindo com reservatórios. Estes 12 itens foram agrupados e isolados em cada software para garantir que ambos os cenários de teste utilizassem exatamente os mesmos problemas.

Tabela 7 - Detecção de interferências em ambas ferramentas (comparativo)

Descrição	Imagem Navisworks (Desktop)	Imagem Trimble Connect (Nuvem)
Amostra 01 Est. x Est. Telhado		
Amostra 02 Est. x Est. Telhado		
Amostra 01 Est. x Elétrica		

Amostra 02 Est. x Elétrica		
Amostra 01 Est. x Pluvial		
Amostra 02 Est. x Pluvial		

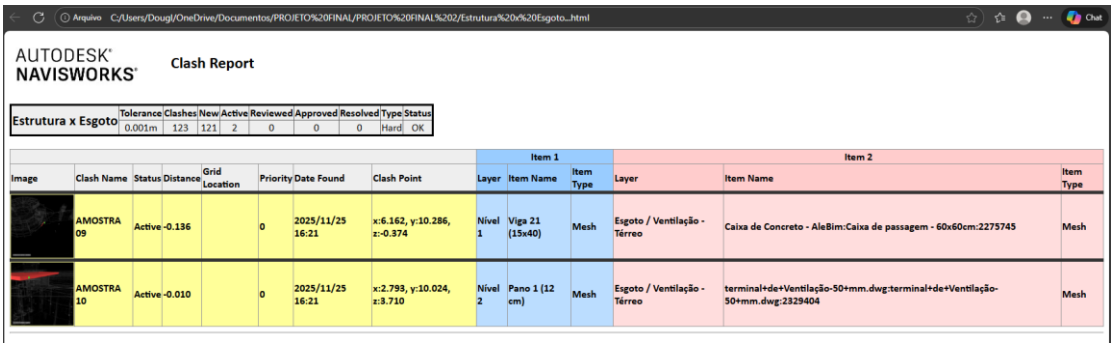
Amostra 01 Est. x Água Fria		
Amostra 02 Est. x Água Fria		
Amostra 01 Est. x Esgoto		

Amostra 02 Est. x Esgoto		
Amostra 01 Est. x Arq.		
Amostra 02 Est. x Arq.		

Fonte: Autor (2025)

Para mensurar a eficiência do processo de comunicação, realizou-se uma cronometragem comparativa entre dois fluxos de trabalho distintos. O experimento foi repetido em duas baterias para validação dos dados.

Cenário A: Fluxo Tradicional (Desktop) Simulou-se o processo manual, amplamente utilizado no mercado. O procedimento consistiu na geração de um relatório estático em formato PDF a partir do Navisworks, contendo as imagens e dados dos 12 conflitos selecionados. O tempo cronometrado incluiu a configuração do relatório, a exportação do arquivo, o salvamento em disco e o envio simulado via e-mail.



AUTODESK NAVISWORKS

Clash Report

Estrutura x Esgoto	Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
	0,001m	123	121	2	0	0	0	Hard	OK

								Item 1			Item 2		
Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Priority	Date Found	Clash Point	Layer	Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type
	AMOSTRA 09	Active	-0.136		0	2025/11/25 16:21	x:6.162, y:10.286, z:-0.374	Nível 1	Viga 21 (15x40)	Mesh	Esgoto / Ventilação - Térreo	Caixa de Concreto - AleBim:Caixa de passagem - 60x60cm:2275745	Mesh
	AMOSTRA 10	Active	-0.010		0	2025/11/25 16:21	x:2.793, y:10.024, z:8.710	Nível 2	Pano 1 (12 cm)	Mesh	Esgoto / Ventilação - Térreo	terminal+de+Ventilação-50+mm.dwg:terminal+de+Ventilação-50+mm.dwg:2329404	Mesh

Figura 18 - Exemplo do Relatório PDF gerado
Fonte: Autor (2025)

Cenário B: Fluxo Colaborativo (Nuvem) simulou-se o processo baseado em BIM colaborativo utilizando a plataforma Trimble Connect via navegador web. O procedimento consistiu na criação de "Tarefas" (*To-Dos*) diretamente sobre o modelo federado na nuvem. O tempo cronometrado incluiu a identificação visual dos mesmos 12 pontos e a criação das respectivas tarefas no ambiente comum de dados, eliminando a necessidade de arquivos intermediários.

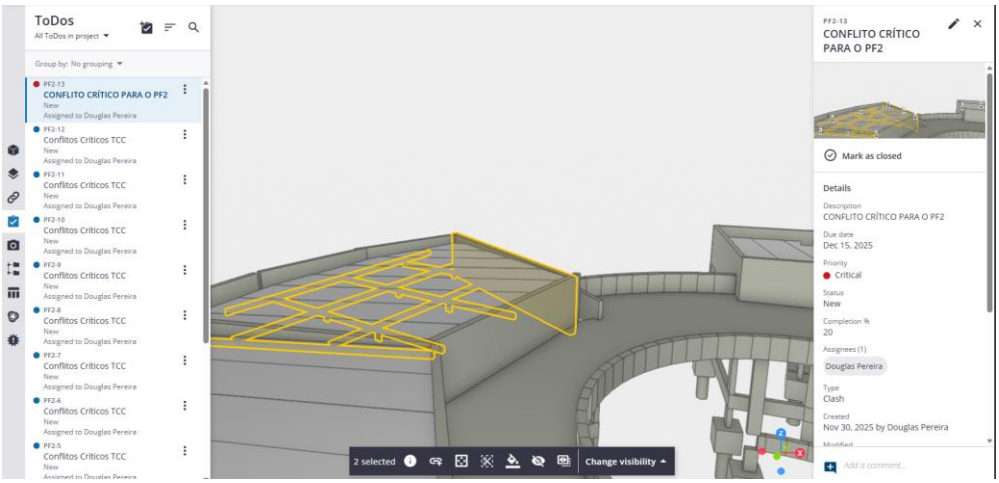


Figura 19 - Interface do Trimble Connect mostrando a lista de tarefas criadas
Fonte: Autor (2025)

Os tempos obtidos em ambas as simulações foram registrados e tabulados para a análise quantitativa de desempenho apresentada na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Comparativo de Tempo de Reporte (Duas Baterias)

Cenário	**Teste 01 (min)**	**Teste 02 (min)**	**Tempo Médio Final**
Fluxo Tradicional (Desktop)	15:49	14:27	15:08
Fluxo Colaborativo (Nuvem)	05:35	06:52	06:13
Diferença (Ganho)	-	-	08:55

Fonte: Autor (2025)

Os dados consolidados demonstram uma redução de 59% no tempo total despendido para a comunicação dos problemas quando utilizado o fluxo baseado em nuvem (Trimble Connect).

No Cenário Desktop, o tempo médio de 15 minutos e 08 segundos reflete a alta carga burocrática do processo manual (exportação, formatação e envio de e-mail). Observou-se uma leve redução de tempo no Teste 02 (14:27), atribuída à familiaridade operacional adquirida pelo operador (curva de aprendizado), porém insuficiente para alcançar a eficiência do outro método.

No Cenário em Nuvem, o tempo médio de 06 minutos e 13 segundos valida a agilidade da plataforma Web. A variação observada entre os testes (05:35 vs 06:52) manteve-se dentro de uma margem aceitável, demonstrando que, mesmo em condições variadas, o fluxo de criação direta de tarefas (*To-Dos*) é consistentemente superior, sendo aproximadamente 2,4 vezes mais rápido que o método tradicional. O ganho de eficiência de 59% observado na simulação confirma a expectativa do mercado nacional. A pesquisa do BIM Fórum Brasil (BFB, 2024) aponta que 62,2% dos profissionais identificam a 'melhora na produtividade' como a principal motivação para a adoção do BIM. Os resultados deste trabalho tangibilizam essa expectativa, comprovando empiricamente que a migração para fluxos em nuvem entrega a produtividade almejada pelo setor.

A análise comparativa revelou que a eficiência do fluxo de trabalho não é impactada apenas pela velocidade de operação, mas fundamentalmente pela qualidade e volume dos dados gerados. O ponto central desta discussão reside na discrepância quantitativa observada entre as ferramentas: enquanto o Navisworks identificou um volume massivo de interferências (ex: 668 na disciplina de elétrica), o Trimble Connect apresentou um número significativamente menor (260), porém mais assertivo.

Essa diferença técnica, ocasionada pela leitura geométrica por tesselação (malhas de triângulos) no software desktop *versus* o agrupamento por objeto (GUID) na nuvem, gera um "efeito cascata" no processo de coordenação. O excesso de conflitos redundantes no método

tradicional cria um ruído de análise, obrigando o coordenador a filtrar centenas de falsos positivos, o que impacta diretamente o produto final da verificação.

É este volume excessivo de dados que explica o resultado crítico observado na logística de arquivos: o relatório extraído do Navisworks, referente a uma amostra de apenas dez interferências, resultou em um arquivo de 43.535 KB (aproximadamente 42,5 MB). Diferentemente da nuvem, onde a informação trafega via metadados leves, o fluxo desktop materializa esse "ruído" em documentos estáticos pesados. Esse tamanho de arquivo ultrapassa o limite padrão de anexos da maioria dos servidores de e-mail corporativos (25 MB), forçando o uso de ferramentas externas de transferência e criando gargalos que não existem no ambiente de dados comum (CDE).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atingiu seu objetivo geral de analisar e comparar a eficiência entre os fluxos de trabalho baseados em *softwares* de *desktop* e plataformas colaborativas em nuvem para a coordenação de projetos BIM. Através do estudo de caso do Memorial Paulo Freire, foi possível mensurar quantitativamente os impactos de cada abordagem na gestão de conflitos.

Em resposta ao primeiro objetivo específico, que visava mapear os métodos tradicionais, a revisão bibliográfica e a contextualização inicial evidenciaram que os processos baseados em sobreposição de desenhos 2D e troca de arquivos físicos ou digitais descentralizados tornaram-se obsoletos diante da complexidade dos projetos atuais. Identificou-se que a fragmentação da informação é a principal causa de retrabalhos e incompatibilidades na construção civil.

Quanto ao segundo objetivo específico, focado na caracterização dos dois fluxos, o estudo diferenciou as competências de cada ambiente. O fluxo em *desktop* caracterizou-se pela alta capacidade de processamento geométrico local, dependente de *hardware* robusto e gestão manual de versões. Em contrapartida, o fluxo em nuvem caracterizou-se pela centralização da informação em um Ambiente Comum de Dados (CDE), priorizando a comunicação ágil e o rastreamento de responsabilidades, embora dependente da qualidade da conexão de *internet*.

No que tange ao terceiro objetivo específico, a análise do estudo de caso forneceu dados empíricos contundentes. A simulação demonstrou que o fluxo colaborativo em nuvem é significativamente mais eficiente na comunicação, apresentando uma redução de 59% no tempo de reporte de interferências. Além da agilidade, a nuvem solucionou o gargalo logístico do tamanho dos arquivos, eliminando a necessidade de transferir relatórios estáticos pesados. Por outro lado, a análise técnica revelou que o *software* de *desktop* possui maior sensibilidade na

detecção bruta (devido à tesselação), enquanto a nuvem oferece uma leitura mais limpa e agrupada por objetos.

Por fim, atendendo ao quarto objetivo específico, propõe-se como resultado deste trabalho um fluxo de compatibilização híbrido. Conclui-se que a eficiência máxima não reside na substituição total de uma ferramenta pela outra, mas na sua integração: utilizar a potência computacional dos *softwares* de desktop para a varredura geométrica pesada e a detecção de *clashes* complexos e, imediatamente, transferir esses dados para plataformas em nuvem para a gestão social, comunicação com as equipes e resolução dos problemas.

É importante ressaltar que os resultados obtidos se limitam ao cenário de pré-construção (fase de projeto). O estudo não mensurou o impacto desses fluxos durante a execução da obra, onde variáveis como a instabilidade de internet móvel poderiam alterar o desempenho da solução em nuvem. Além disso, a utilização de versões educacionais e gratuitas impôs restrições que podem não refletir a totalidade dos recursos das versões corporativas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKTER, J. et al. Assessment and analysis of the effects of implementing building information modelling as a lean management tool in construction management. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, 2024.

ALEMAYEHU, S. et al. A multivariate regression approach toward prioritizing BIM adoption barriers in the Ethiopian construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 29, n. 7, p. 2635-2664, 2022.

ALSUHAIBANI, A.; HAN, B.; LEITE, F. Investigating the Causes of Missing Field Detected Issues from BIM-Based Construction Coordination through Semistructured Interviews. **Journal of Architectural Engineering**, v. 28, n. 4, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15965-2: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 19650-1: Organização e digitalização de informações sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) - Gestão da informação usando modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios. Versão Corrigida. Rio de Janeiro, 2024.

BFB - BIM FÓRUM BRASIL. 2ª Edição da Pesquisa sobre Digitalização no Âmbito da Indústria da Construção. **São Paulo: BIM Fórum Brasil**, 2024. 58 p.

HASANNEJAD, A. et al. An improvement in clash detection process by prioritizing relevance clashes using fuzzy-AHP methods. **Building Services Engineering Research & Technology**, v. 43, n. 4, p. 485-506, 2022.

HOSNY, S.; IBRAHIM, A. H.; NABIL, Y. Reducing Reinforced Concrete Materials Waste in Construction Projects Using Building Information Modeling in Egypt. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 28, p. 332-345, 2023.

HU, Y.; CASTRO-LACOUTURE, D. Clash Relevance Prediction Based on Machine Learning. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 33, n. 2, 2019.

HU, Y.; CASTRO-LACOUTURE, D.; EASTMAN, C. M. Holistic clash detection improvement using a component dependent network in BIM projects. **Automation in Construction**, v. 105, 102832, 2019.

HU, Y. et al. Automatic clash correction sequence optimization using a clash dependency network. **Automation in Construction**, v. 115, 103205, 2020.

IBRAHEEM, R. A. R.; MAHJOOB, A. M. R. Facilitating claims settlement using building information modeling in the school building projects. **Innovative Infrastructure Solutions**, v. 7, n. 40, 2022.

KOO, H. J.; O'CONNOR, J. T. A Strategy for Building Design Quality Improvement through BIM Capability Analysis. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 148, n. 8, 2022.

LEUSIN, SÉRGIO ROBERTO. Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

LUO, S. et al. A sustainable BIM-based multidisciplinary framework for underground pipeline clash detection and analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 374, 133900, 2022.

OYEWOLE, E. O.; DADA, J. O. Training gaps in the adoption of building information modelling by Nigerian construction professionals. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 9, n. 3, p. 399-411, 2019.

VILVENTHAN, A.; RAZIN, S.; RAJADURAI, R. 4D BIM models for smart utility relocation management in urban infrastructure projects. **Facilities**, v. 39, n. 1/2, p. 50-63, 2021.