

Compatibilização do projeto elétrico com disciplinas complementares em residências unifamiliares: Uma abordagem via bim (REVIT e NAVISWORKS)

Compatibility of the electrical project with complementary disciplines in single-family homes: A bim-based approach (REVIT and NAVISWORKS)

Compatibilización del proyecto eléctrico con disciplinas complementarias en viviendas unifamiliares: Un enfoque basado en bim (REVIT y NAVISWORKS)

Recebido: 08/10/2025 | Revisado: 18/10/2025 | Aceitado: 19/10/2025 | Publicado: 20/10/2025

Deleon Varela de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1550-4707>
Universidade Nilton Lins, Brasil
E-mail: deleonaraaujo85@gmail.com

Gabriel Monte Paiva

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2462-9425>
Universidade Nilton Lins, Brasil
E-mail: gabriel.paiva@uniniltonlins.edu.br

Resumo

A compatibilização de projetos constitui uma etapa essencial no início de qualquer obra, pois integra as diferentes disciplinas envolvidas, tendo como principais finalidades a redução de custos, a prevenção de desperdícios e a diminuição de retrabalhos. O objetivo do presente estudo é analisar os projetos como um todo, a fim de identificar erros que possam gerar interferências ou até mesmo paralisar a execução da obra. A metodologia BIM (Building Information Modeling), ou Modelagem da Informação da Construção, possibilita o gerenciamento de informações ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, abrangendo planejamento, projeto, construção e operação. No contexto deste trabalho, a modelagem das disciplinas elétrica, arquitetônica, estrutural e hidrossanitária foi realizada no software Revit®, utilizando famílias parametrizadas que permitem maior precisão na produção dos projetos. A compatibilização foi conduzida no software Navisworks®, que contribui diretamente para a mitigação de riscos técnicos e operacionais, por meio da detecção antecipada de conflitos (clash detection). Essa abordagem preventiva potencializa a identificação de interferências que, de outra forma, seriam detectadas apenas durante a execução da obra, causando atrasos e prejuízos. Conclui-se que a aplicação do BIM amplia a eficiência no planejamento, promove maior segurança, otimiza o cronograma e assegura conformidade normativa.

Palavras-chave: Compatibilização de projetos; BIM; Instalações elétricas; Residência unifamiliar; Navisworks; Ensino e aprendizagem.

Abstract

Design coordination (compatibilization) is an essential early stage of any construction project, as it integrates the different disciplines involved with the primary aims of reducing costs, preventing waste, and minimizing rework. This study aims to analyze the set of project documents as a whole in order to identify errors that could cause interferences or even halt execution on site. The BIM (Building Information Modeling) methodology enables information management throughout the entire lifecycle of the asset—covering planning, design, construction, and operation. In this work, the electrical, architectural, structural, and water and sanitation disciplines were modeled in Revit®, using parametric families that provide greater accuracy in project deliverables. Coordination was performed in Navisworks®, which directly contributes to mitigating technical and operational risks by enabling early conflict detection (clash detection). This preventive approach enhances the identification of interferences that would otherwise be discovered only during construction, leading to delays and losses. It is concluded that applying BIM increases planning efficiency, enhances safety, optimizes the schedule, and ensures regulatory compliance.

Keywords: Design coordination; BIM; Electrical installations; Single-family residence; Navisworks; Teaching and learning.

Resumen

La compatibilización (coordinación) de proyectos constituye una etapa esencial al inicio de cualquier obra, pues integra las distintas disciplinas involucradas, con los objetivos principales de reducir costos, prevenir desperdicios y

disminuir retrabajos. El objetivo de este estudio es analizar los proyectos de forma integral para identificar errores que puedan generar interferencias o incluso paralizar la ejecución de la obra. La metodología BIM (Building Information Modeling), o Modelado de la Información de la Construcción, permite gestionar la información a lo largo de todo el ciclo de vida del activo, abarcando planificación, proyecto, construcción y operación. En este trabajo, las disciplinas eléctrica, arquitectónica, estructural e hidrosanitaria fueron modeladas en Revit®, utilizando familias paramétricas que permiten mayor precisión en la producción de los proyectos. La compatibilización se llevó a cabo en Navisworks®, lo que contribuye directamente a la mitigación de riesgos técnicos y operativos mediante la detección temprana de conflictos (clash detection). Este enfoque preventivo potencia la identificación de interferencias que, de otro modo, solo se detectarían durante la ejecución, ocasionando retrasos y perjuicios. Se concluye que la aplicación de BIM amplía la eficiencia en la planificación, promueve mayor seguridad, optimiza el cronograma y asegura el cumplimiento normativo.

Palabras clave: Compatibilización de proyectos; BIM; Instalaciones eléctricas; Vivienda unifamiliar; Navisworks; Enseñanza y aprendizajet.

1. Introdução

A construção civil contemporânea enfrenta desafios cada vez mais complexos, sobretudo pela crescente necessidade de eficiência, sustentabilidade e segurança nas edificações. Nesse contexto, a elaboração e a compatibilização dos projetos de instalações elétricas, arquitetura, estrutura e hidráulica assumem papel fundamental para o sucesso das obras, principalmente em empreendimentos residenciais unifamiliares. A ausência de integração entre as disciplinas pode resultar em falhas de execução, retrabalhos e elevação dos custos, problemas recorrentes em canteiros de obras brasileiros (Amaral, Oliveira & Lima, 2024).

O projeto elétrico destaca-se entre os complementares por sua relevância direta na segurança e no conforto dos usuários. A literatura evidencia que instalações mal planejadas podem ocasionar curtos-circuitos, sobrecargas e riscos à integridade da edificação (Morais, Gualberto & Melo Júnior, 2023). Um projeto elétrico bem estruturado agrega valor ao imóvel e contribui para a sustentabilidade da construção (Rodrigues Junior, Oliveira, C & Oliveira, L., 2025).

Para lidar com esses desafios, a metodologia Building Information Modeling (BIM) surge como uma alternativa capaz de transformar o processo de concepção e execução de projetos. O BIM permite a centralização de informações em um modelo único, interoperável e colaborativo, no qual diferentes profissionais podem interagir de forma integrada (Biotto, Formoso & Isatto, 2015). Sua principal contribuição é a possibilidade de simulação tridimensional e análise de conflitos entre disciplinas, processo conhecido como clash detection (detecção de colisão), que antecipa falhas antes da etapa executiva (Mesquita et al., 2018).

A literatura ressalta que os projetos de instalações elétricas estão entre os mais suscetíveis a incompatibilidades, sobretudo nas interfaces com arquitetura e estrutura. Estudos de caso demonstram que, por meio do BIM, é possível identificar e corrigir interferências com maior precisão, evitando ajustes onerosos durante a construção (Abreu, Nascimento & Dantas, 2021). O uso de softwares como Revit, para modelagem paramétrica, e Navisworks, para análise de conflitos, vem consolidando-se como prática recomendada no processo de compatibilização (Maciel, Souza Junior & Oliveira, 2022).

Ainda que em países como Estados Unidos e Reino Unido o BIM já esteja amplamente consolidado, no Brasil sua aplicação plena encontra barreiras, como a resistência cultural e os custos de implantação. Contudo, estudos apontam avanços na adoção gradual da metodologia, sobretudo em obras residenciais, em que a compatibilização impacta diretamente na redução de custos e no cumprimento de prazos (Mesquita et al., 2018; Costa & Santos, 2023). Nesse cenário, a aplicação do BIM em residências unifamiliares configura-se como campo promissor para a investigação científica e para a prática profissional.

Diante disso, esta pesquisa investiga de que modo a compatibilização do projeto elétrico em residências unifamiliares, realizada por meio do BIM, reduz conflitos entre disciplinas e assegura a conformidade com normas e requisitos de

desempenho da edificação. Busca-se, assim, avaliar a relevância e os benefícios do uso integrado do Revit e do Navisworks no processo de compatibilização, explorando o potencial da abordagem preventiva na melhoria da qualidade das obras residenciais brasileiras. O objetivo do presente estudo é analisar os projetos como um todo, a fim de identificar erros que possam gerar interferências ou até mesmo paralisar a execução da obra.

2. Fundamentação Teórica

A compatibilização de projetos é um processo que visa integrar as diferentes disciplinas técnicas envolvidas em uma edificação, como instalações elétricas, estrutura, arquitetura e hidráulica de modo a evitar interferências e reduzir custos com retrabalhos. A ausência dessa integração é um dos principais fatores de atraso e aumento orçamentário em obras no Brasil, já que a identificação tardia de incompatibilidades normalmente ocorre apenas durante a execução (Amaral, Oliveira & Lima, 2024). Assim, torna-se evidente a necessidade de ferramentas que permitam a análise antecipada das interferências ainda na fase de projeto.

Nesse contexto, a metodologia Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da informação da construção, vem sendo amplamente reconhecida como uma abordagem capaz de transformar a prática projetual. Segundo Biotto, Formoso & Isatto (2015), o BIM é mais do que um modelo tridimensional, representando um processo colaborativo de geração e gestão de informações durante todo o ciclo de vida do empreendimento. A interoperabilidade proporcionada pelo BIM possibilita a detecção de conflitos entre disciplinas, a otimização de cronogramas e o suporte à tomada de decisão.

No Brasil, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM foi institucionalizada pelo Decreto nº 10.306/2020, que prevê três etapas progressivas de adoção da metodologia em obras públicas. Mesquita et al. (2018) destacam que a implementação do BIM em obras residenciais já demonstra benefícios significativos, principalmente na redução de retrabalhos e na melhoria da comunicação entre projetistas. A integração digital fortalece o planejamento e promove maior assertividade nas tomadas de decisão, minimizando riscos técnicos e operacionais.

2.1 Compatibilização de projetos na construção civil

A compatibilização de projetos pode ser definida como a atividade que busca coordenar as diversas disciplinas envolvidas em uma obra, assegurando que não existam incompatibilidades entre elas. Mais do que uma simples sobreposição de desenhos, trata-se de um processo iterativo de coordenação técnica que envolve rotinas de verificação, registro de pendências (issue log), priorização por criticidade e devolutivas aos projetistas em ciclos de revisão. Nessa lógica, é usual classificar as inconsistências por interface (elétrico × estrutural; elétrico × hidrossanitário; elétrico × arquitônico), por natureza (geométrica, normativa, operabilidade/manutenção) e por severidade (críticas, moderadas e leves), de modo a orientar a tomada de decisão e o sequenciamento de correções em projeto. Maciel, Souza Junior & Oliveira (2022) afirmam que o processo de compatibilização reduz o número de interferências construtivas, assegurando melhor aproveitamento dos recursos financeiros e humanos. Tal prática impacta diretamente a produtividade do setor, uma vez que o retrabalho decorrente de falhas de coordenação representa parcela relevante do custo da obra, ainda que esse impacto varie conforme tipologia, contexto e método de mensuração adotado. Evidências de estudos aplicados reforçam que a coordenação em BIM tende a diminuir retrabalhos e atrasos, elevando a previsibilidade de prazo e orçamento (Mesquita et al., 2018).

Em estudo desenvolvido por Abreu, Nascimento & Dantas (2021), verificou-se que a utilização do BIM na compatibilização de projetos residenciais possibilitou identificar conflitos de forma mais precisa e propor soluções antes da execução. No fluxo BIM, a federação de modelos (elétrico, estrutura, arquitetura e hidrossanitário) e a emissão de relatórios de

interferências permitem não apenas detectar choques “duros” (por exemplo, eletrodutos atravessando vigas), mas também conflitos funcionais (faixas de manutenção insuficientes em quadros, afastamentos mínimos não atendidos) e incompatibilidades de passagens e shafts. Os autores destacam que os principais problemas encontrados estavam relacionados à sobreposição de eletrodutos com elementos estruturais e à inadequada alocação de shafts para instalações. Tais evidências reforçam que o projeto elétrico, muitas vezes tratado de maneira secundária, deve ocupar papel de destaque na compatibilização, especialmente em residências unifamiliares, onde o espaço técnico é mais restrito e pequenas decisões de traçado impactam diretamente segurança, desempenho e custos (Abreu, Nascimento & Dantas, 2021; Maciel, Souza Junior & Oliveira, 2022).

Além disso, a compatibilização bem estruturada define entregáveis claros, sendo alguns deles a matriz de interfaces, listas de pendências com responsáveis e prazos, versões controladas de modelos e revisões que vincula cada correção a critérios verificáveis (geometria, acessibilidade para manutenção, atendimento a afastamentos e zonas de segurança do sistema elétrico). Ao antecipar essas verificações na fase de projeto, diminui-se a probabilidade de paralisações de obra, reduz-se retrabalho e melhora-se a assertividade orçamentária, criando um ciclo virtuoso entre projeto, planejamento e execução (Abreu, Nascimento & Dantas, 2021; Maciel, Souza Junior & Oliveira, 2022).

2.2 Projeto elétrico em residências unifamiliares

O projeto elétrico é uma das disciplinas mais críticas em termos de segurança e desempenho da edificação, pois assegura a integridade das instalações, a continuidade de serviço e o conforto dos usuários. Instalações mal planejadas podem ocasionar curtos-circuitos, sobrecargas e até princípio de incêndio, com impactos diretos sobre a segurança e a habitabilidade do imóvel (Morais, Gualberto & Melo Júnior, 2023). Em contrapartida, um projeto bem concebido agrupa valor patrimonial ao imóvel, aumenta a confiabilidade do sistema e favorece o uso eficiente da energia ao longo do ciclo de vida (Rodrigues Junior, Oliveira, C & Oliveira, L., 2025).

Em residências unifamiliares de padrão básico, observa-se com frequência a recusa à contratação de projeto elétrico sob a alegação de custo e suposta desnecessidade. Essa decisão privilegia a economia imediata e desconsidera o risco de sobrecargas, curtos-circuitos, aquecimento de condutores e falhas de proteção, com potencial para danos materiais, lesões e fatalidades. Do ponto de vista técnico e regulatório, a ausência de projeto diminui a probabilidade de atendimento integral às ABNT NBR 5410 e 13531, diminuindo a segurança de pessoas e do patrimônio ao longo do ciclo de vida da edificação. Assim, a elaboração do projeto elétrico, idealmente compatibilizado em BIM, deve ser tratada como investimento em gestão de risco e desempenho, e não como um custo dispensável.

No escopo técnico, destacam-se etapas e requisitos fundamentais: determinação de cargas e demandas por ambiente; setorização e balanceamento de circuitos; dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção como disjuntores, dispositivos diferenciais residuais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS); quedas de tensão admissíveis; aterramento e equipotencialização; posicionamento e afastamentos de pontos de utilização, quadros de distribuição, eletrocalhas e caixas de passagem; além de condições de acessibilidade e manutenção. Esses aspectos dialogam diretamente com as diretrizes das normas brasileiras de referência: ABNT NBR 5410 (critérios de segurança e dimensionamento em baixa tensão), ABNT NBR 13531 (etapas, escopo e entregáveis de projeto, como memoriais, pranchas e listas de materiais) e ABNT NBR 15575 (requisitos de desempenho aplicáveis à segurança, funcionalidade e durabilidade). A observância a essas normas é decisiva na compatibilização, pois condiciona soluções geométricas e funcionais que precisam ser respeitadas por todas as disciplinas.

Em residências unifamiliares, a restrição de espaço técnico (forros, shafts, prumadas e passagens em lajes e vigas) torna a interdisciplinaridade ainda mais sensível. Conflitos recorrentes incluem cruzamento de eletrodutos com elementos estruturais, interferências com prumadas hidrossanitárias, insuficiência de afastamentos mínimos e faixas de manutenção inadequadas em frente a quadros ou equipamentos. Nesses casos, a priorização das correções deve considerar criticidade (segurança e atendimento normativo), funcionalidade (operabilidade e manutenção) e custo/impacto em obra, assegurando que o arranjo elétrico final permaneça conforme aos requisitos técnicos (Morais, Gualberto & Melo Júnior, 2023; Rodrigues Junior, Oliveira, C & Oliveira, L., 2025).

A integração no ambiente BIM potencializa o atendimento normativo e a qualidade do projeto. A modelagem paramétrica permite vincular a cada família/elemento atributos como carga instalada, corrente de projeto, seção de condutor, rota de eletroduto e restrições de afastamento, favorecendo checagens consistentes com a ABNT NBR 5410, a conformidade documental exigida pela ABNT NBR 13531 e os critérios de desempenho da ABNT NBR 15575. Esse arranjo reforça o papel do projeto elétrico como disciplina condutora na compatibilização, alinhando segurança, desempenho e eficiência energética à valorização do empreendimento (Morais, Gualberto & Melo Júnior, 2023; Rodrigues Junior, Oliveira, C & Oliveira, L., 2025).

2.3 Metodologia BIM e compatibilização de projetos

A metodologia BIM baseia-se na criação de modelos paramétricos tridimensionais que integram informações geométricas e não geométricas, viabilizando análises avançadas de planejamento e operação. No fluxo de coordenação, os modelos disciplinares (elétrico, arquitetônico, estrutural e hidrossanitário) são federados para permitir verificações sistêmicas, com registro e tratamento das inconsistências por meio de relatórios e ciclos de revisão. Nessa abordagem, o BIM atua como ferramenta preventiva, reduzindo custos decorrentes de retrabalhos e atrasos de cronograma ao antecipar decisões críticas ainda na fase de projeto (Costa & Santos, 2023).

No âmbito das ferramentas, a modelagem paramétrica no Revit possibilita definir famílias com atributos técnicos (por exemplo, cargas, seções de condutores, rotas e restrições de afastamento), o que favorece checagens consistentes em conformidade às exigências normativas. Após a modelagem, os arquivos são integrados no Navisworks para execução de clash detection, onde os testes podem ser configurados por especialidade e por tipo de conflito (choques “duros”, conflitos de espaço/manutenção e incompatibilidades funcionais). Além de identificar as interferências, o Navisworks permite classificá-las por criticidade e priorizar soluções, direcionando o esforço da equipe para os pontos de maior impacto em segurança, funcionalidade e custo (Mesquita et al., 2018). Esse processo costuma incluir a definição de tolerâncias de detecção, a organização de selection sets (conjuntos de seleção) por pavimento/ambiente e a emissão de relatórios com imagens de referência e responsabilidade atribuída, otimizando tempo e recursos dos projetistas (Mesquita et al., 2018).

Em termos de gestão, a compatibilização em BIM ocorre em ciclos iterativos: a cada rodada de detecção, as pendências são distribuídas, solucionadas em projeto e retestadas no modelo federado. O ganho principal está na antecipação da detecção de falhas, mitigando riscos de paralisação de obra e melhorando a assertividade do orçamento e do cronograma (Amaral, Oliveira & Lima, 2024; Mesquita et al., 2018). Para residências unifamiliares onde o espaço técnico é restrito e pequenas alterações de traçado elétrico, prumadas ou seções estruturais têm efeitos imediatos, essa abordagem é especialmente eficaz para evitar ajustes onerosos em campo (Amaral, Oliveira & Lima, 2024; Mesquita et al., 2018).

Por fim, estudos apontam que, embora a aplicação do BIM no Brasil ainda enfrente barreiras como custos de implantação e lacunas de capacitação, observam-se avanços consistentes, sobretudo em projetos residenciais, com resultados tangíveis em qualidade e redução de retrabalhos. A disseminação do BIM em obras unifamiliares configura, portanto, um campo de inovação com potencial de expansão, no qual a compatibilização do projeto elétrico se mostra fundamental para

garantir qualidade, desempenho e segurança, alinhando-se às boas práticas de coordenação multidisciplinar (Mesquita et al., 2018; Costa & Santos, 2023; Salomão et al., 2019; Amaral, Oliveira & Lima, 2024).

3. Metodologia

Este estudo é aplicado, de natureza descritivo-exploratória, estruturado como estudo de caso (Pereira et al., 2018) em uma residência unifamiliar de padrão médio, com foco na compatibilização do projeto elétrico com as disciplinas arquitetônica, estrutural e hidrossanitária em ambiente BIM. A adoção do fluxo de modelos federados decorre de evidências de que a coordenação multidisciplinar antecipa a detecção de conflitos e reduz retrabalhos e atrasos em comparação a abordagens tradicionais (Mesquita et al., 2018; Macêdo, 2024; Amaral, Oliveira & Lima, 2024).

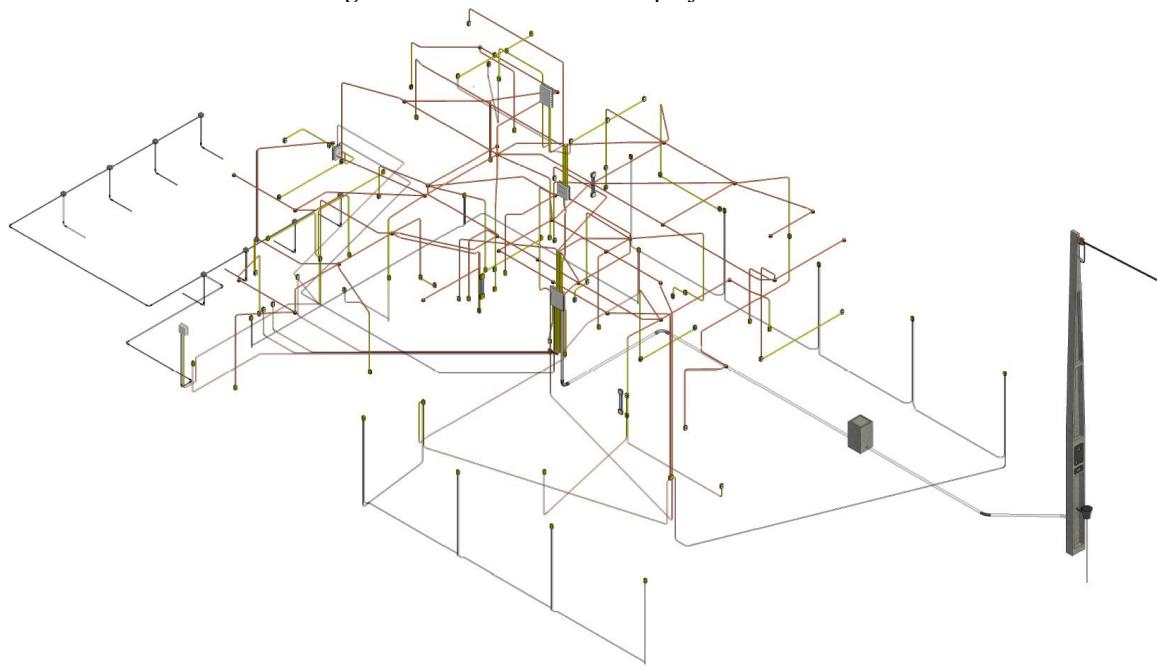
3.1 Delineamento e objeto de estudo

Selecionou-se uma residência unifamiliar de padrão médio onde ocorrem restrições espaciais típicas (forros, shafts, passagens em lajes e vigas) que tornam o arranjo de eletrodutos, quadros de distribuição e pontos de utilização sensível às interfaces com estrutura e hidrossanitário. Estudos aplicados em instalações elétricas em BIM sustentam o recorte e o uso de Revit/Navisworks para compatibilização (Beltrão, 2015; Salomão et al., 2019).

3.2 Ambiente BIM, modelagem e gestão da informação

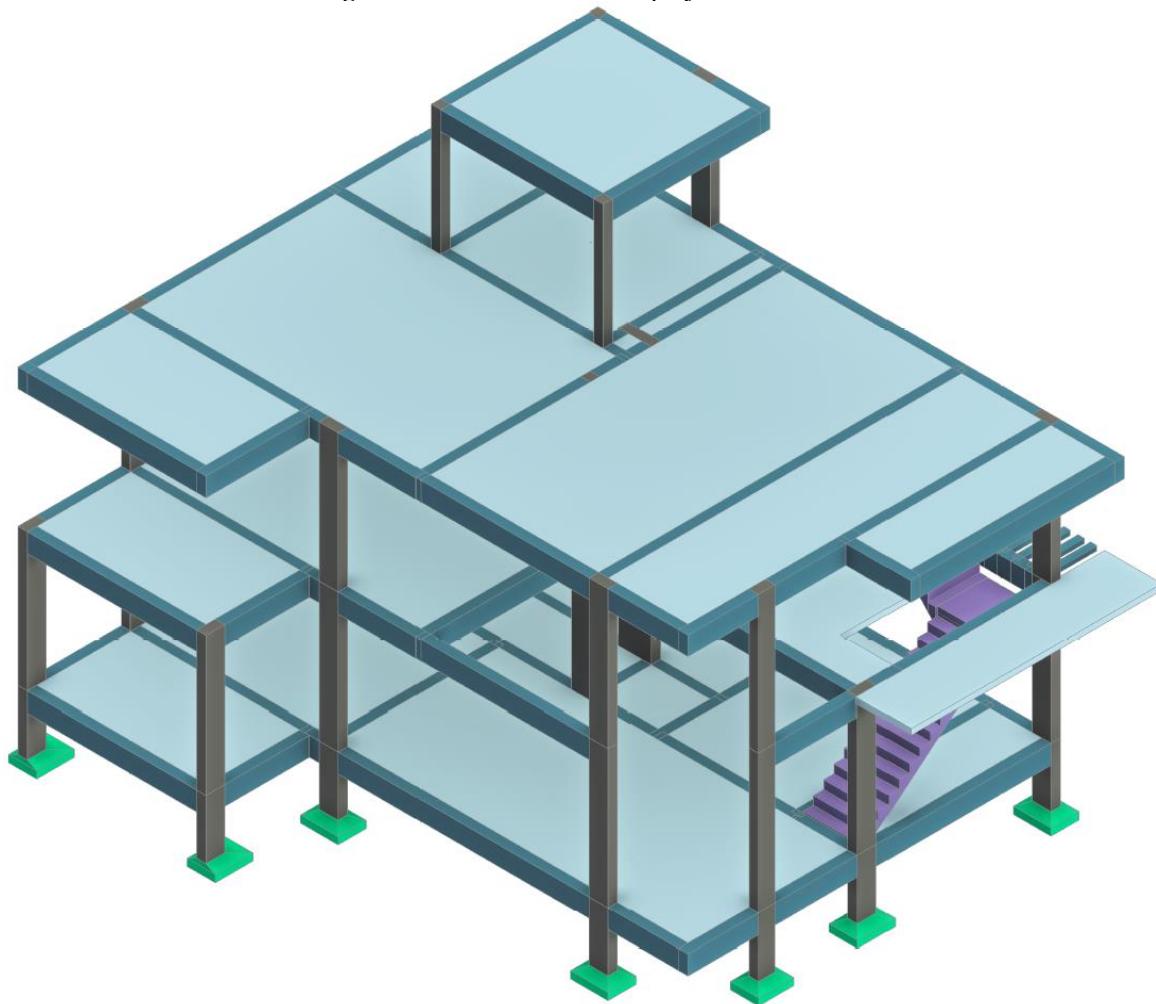
A modelagem paramétrica foi realizada no Revit, utilizando os templates de elétrica e de arquitetura, a modelagem da estrutura foi fornecida em arquivo IFC (Industry Foundation Classes), todos disponibilizados pelo curso Revolução Elétrica, de autoria da Engenheira eletricista Karen Oliveira. Também foi realizada, no Revit, a modelagem do projeto hidrossanitário, utilizando o template disponibilizado pelo canal erikbim, de autoria de Erik Cavalcanti. Todos os projetos apresentam famílias e parâmetros técnicos (cargas, seções de condutor, quedas de tensão, rotas e restrições geométricas), assegurando rastreabilidade e suporte às checagens de conformidade. A gestão da informação observou práticas de modelo federado, versionamento e convenções de informação, conforme a ABNT NBR ISO 19650-1; os entregáveis seguiram a ABNT NBR 13531; os requisitos de desempenho observaram a ABNT NBR 15575; e os critérios de segurança e dimensionamento elétrico seguiram a ABNT NBR 5410 (ABNT, 2022; ABNT, 1995; ABNT, 2013; ABNT, 2004). A literatura técnica sobre modelagem e compatibilização elétrica em BIM respalda esse arranjo (Beltrão, 2015; Costa, 2025). A seguir, as Figuras 1 a 4 apresentam a modelagem paramétrica realizadas no Revit das quatro disciplinas utilizadas neste estudo.

Figura 1: Vista isométrica 3D projeto elétrico.



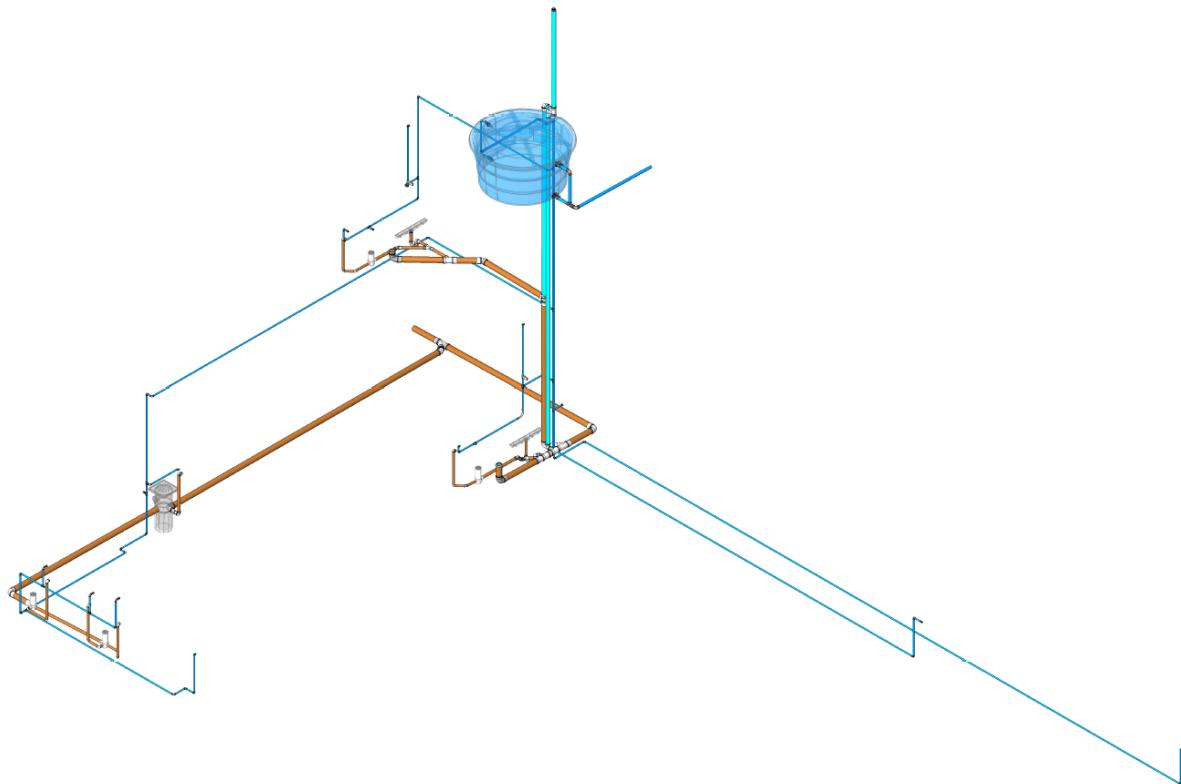
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 2: Vista isométrica 3D projeto Estrutural.



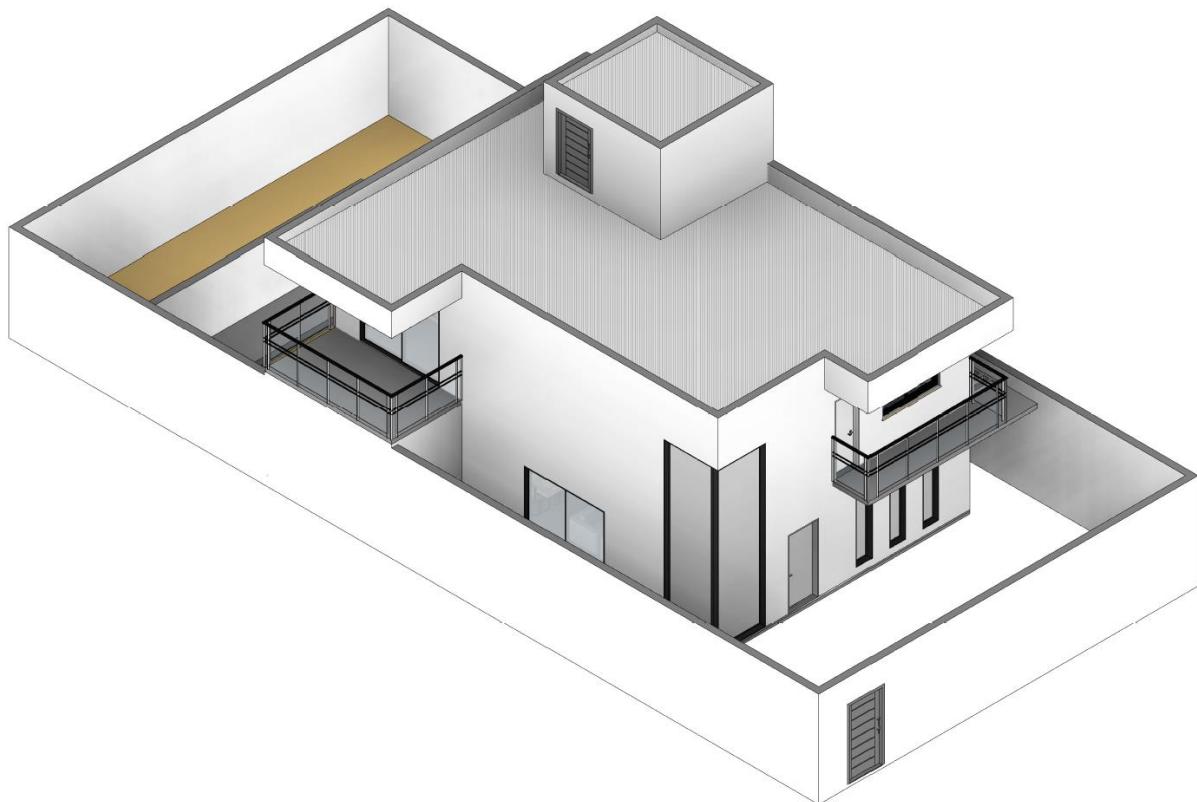
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 3: Vista isométrica 3D projeto hidrossanitário.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 4: Vista isométrica 3D projeto arquitetônico.

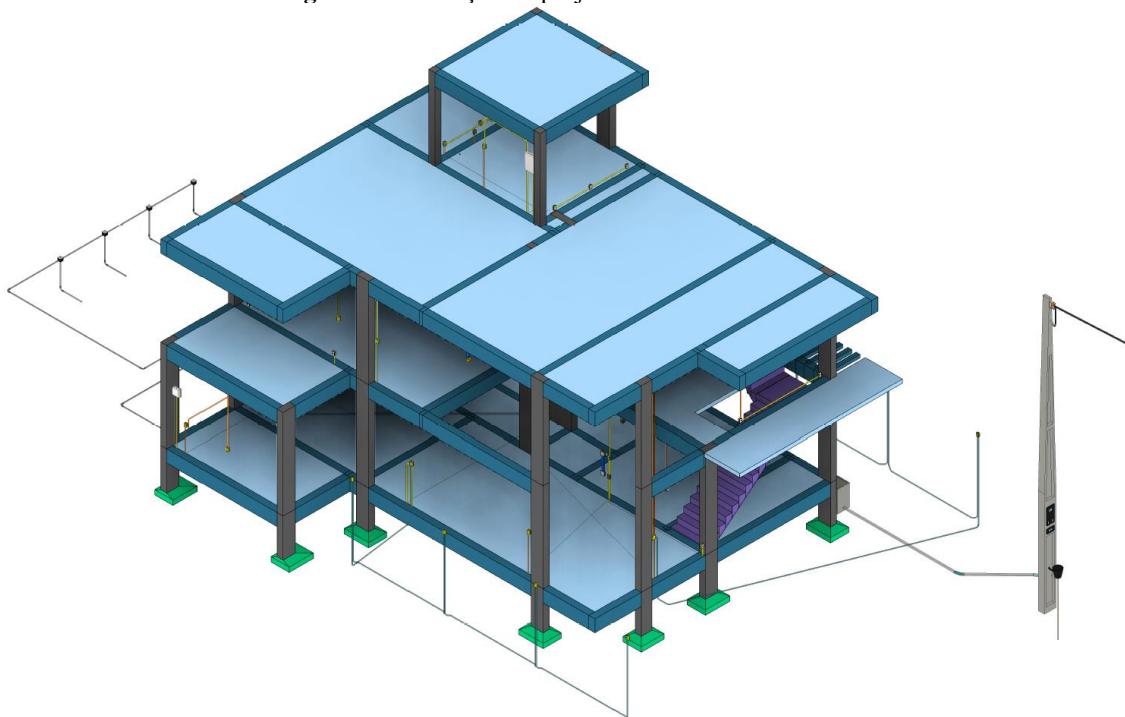


Fonte: Autoria própria (2025).

3.3 Federação, clash detection e ciclos de compatibilização

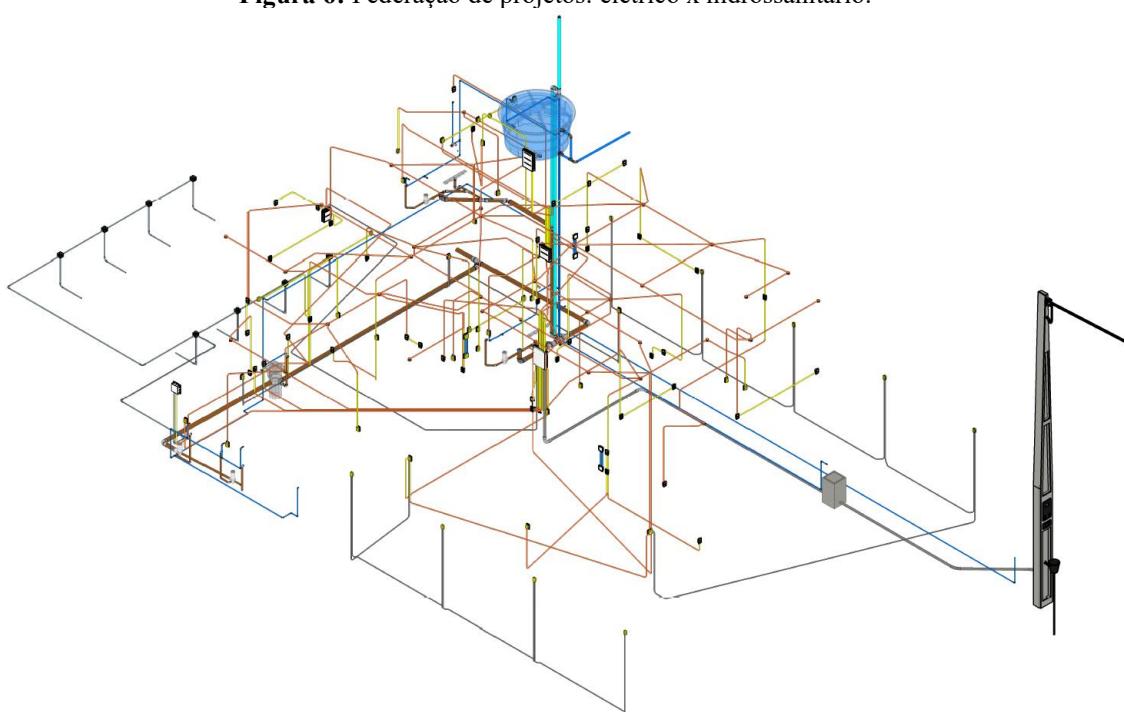
Os modelos foram federados no Navisworks e submetidos a ferramenta de detecção de interferências (Clash Detective), com testes por interface (elétrica×estrutura, elétrica×hidrossanitário, elétrica×arquitetura) como mostram as Figura de 5 a 7.

Figura 5: Federação de projetos: elétrico x estrutural.



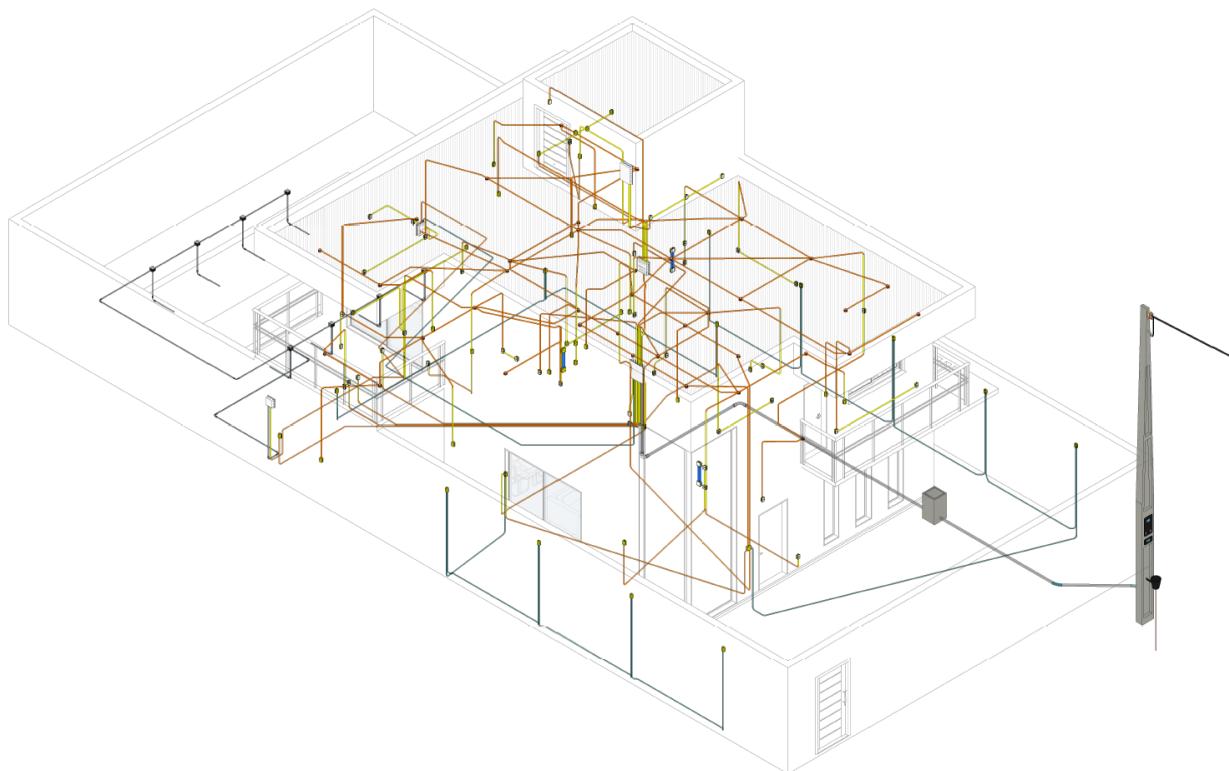
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 6: Federação de projetos: elétrico x hidrossanitário.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 7: Federação de projetos: elétrico x arquitetônico.



Fonte: Autoria própria (2025).

Adotou-se issue tracking (rastreamento de pendências), Figura 8, baseado em BCF (BIM Collaboration Format), com registros normalizados (ID, disciplina, localização, regra de verificação, criticidade, responsável e prazo) e ciclos de revalidação automática, até a extinção das pendências críticas e a redução progressiva das moderadas e leves.

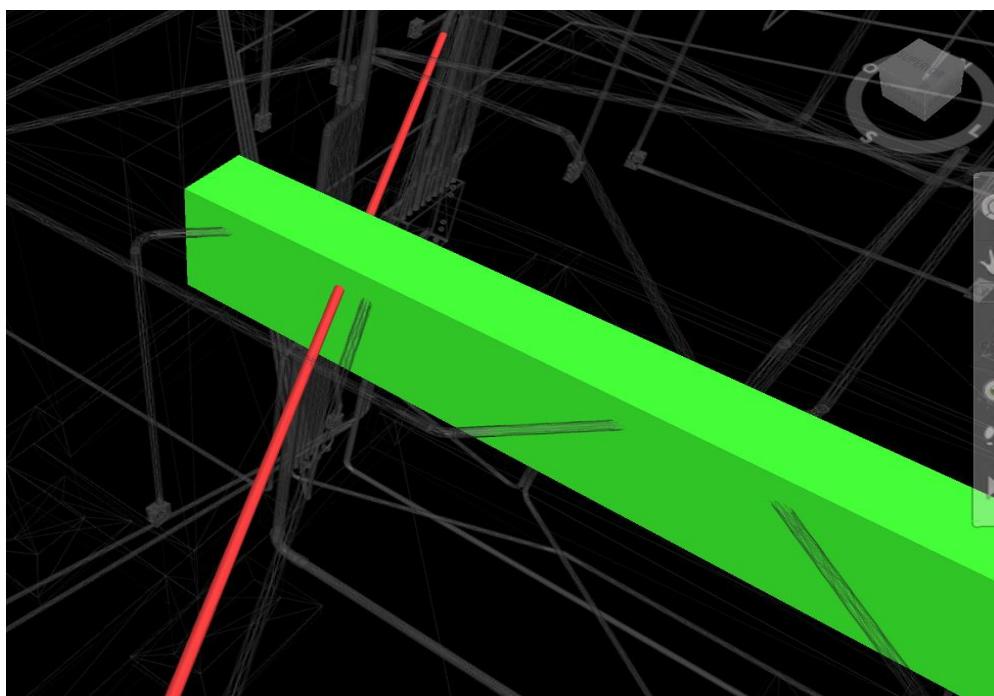
Figura 8: Fluxograma do processo de issue tracking.



Fonte: Autoria própria (2025).

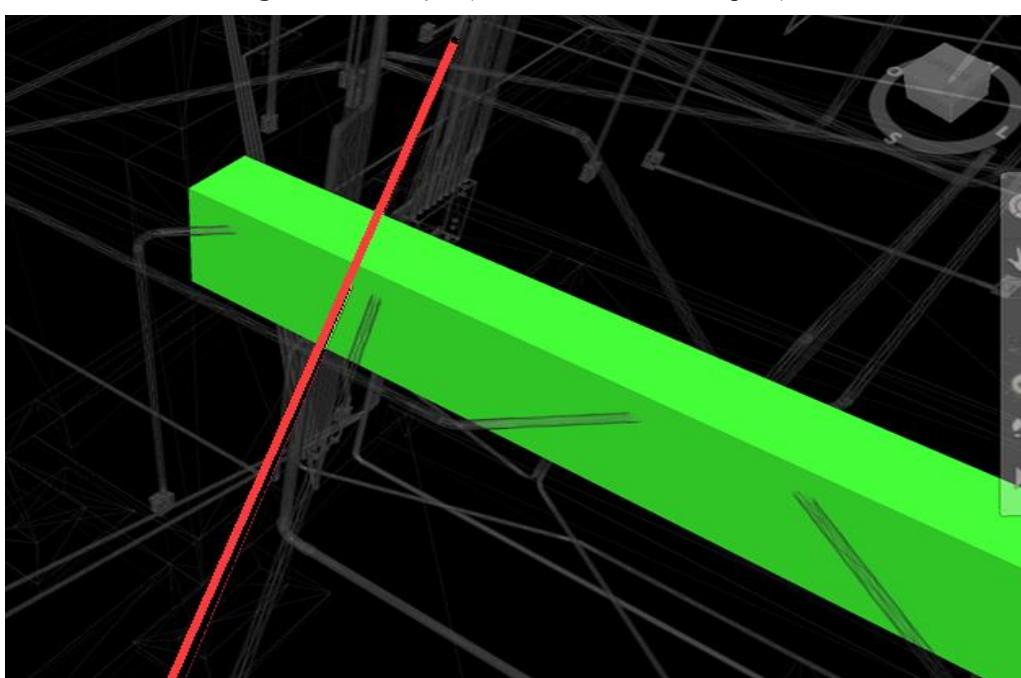
A distribuição por interfaces mostrou predomínio de ocorrências em elétrica × estrutural, seguida por elétrica × arquitetônica, enquanto elétrica × hidrossanitário manteve participação proporcionalmente menor. Esse padrão decorre, sobretudo, de passagens em lajes e vigas e de conflitos em forros, que afetam rotas e pontos de utilização. As Figuras 9 a 14 sintetizam casos típicos de detecção e tratamento de interferências por interface, exibindo o estado “antes” (conflito) e o “depois” (correção).

Figura 9: Conflito (elétrica x estrutura).



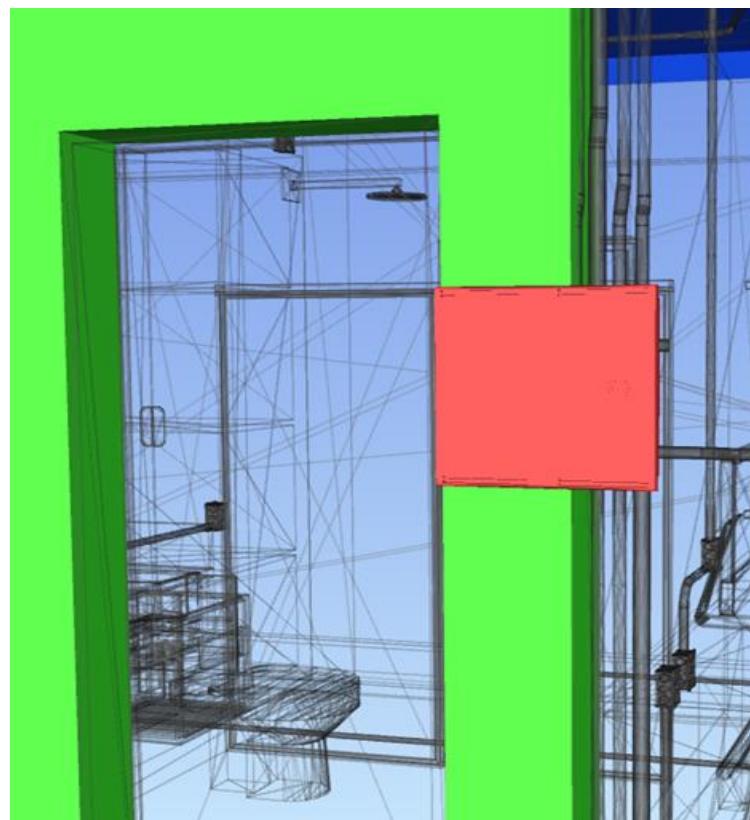
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 10: Correção (desvio do eletroduto do pilar).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 11: Conflito (elétrica x arquitetônico).



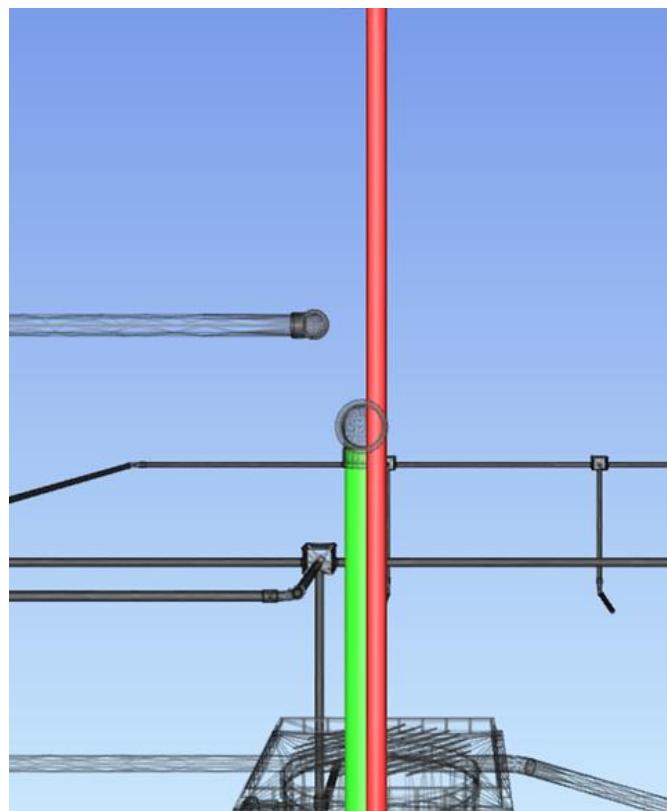
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 12: Correção (deslocamento do quadro elétrico).



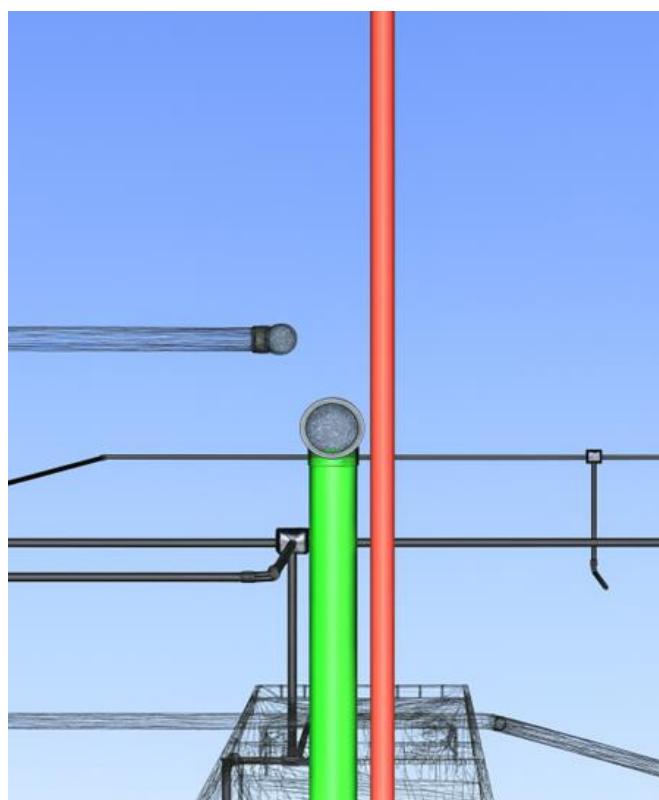
Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 13: Conflito (elétrica x hidrossanitário).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 14: Correção (desvio do eletroduto da instalação hidrossanitária).



Fonte: Autoria própria (2025).

3.4 Indicadores e critérios de análise

A avaliação considerou indicadores de resultado e de processo, alinhados às boas práticas de coordenação e à gestão da informação (NBR ISO 19650-1), bem como às exigências de segurança e desempenho (NBR 5410; NBR 15575). Entre os indicadores de resultado, adotaram-se: (i) número total de interferências por interface e por ambiente; (ii) taxa de redução por ciclo; (iii) distribuição por severidade (crítica, moderada, leve); e (iv) incidência de não conformidades normativas (com marcação explícita de requisitos de NBR 5410 e NBR 15575 envolvidos).

Como indicadores de processo, monitoraram-se: (v) tempo médio de resolução por pendência; (vi) percentual de pendências reabertas após reteste; (vii) percentual de pendências com evidência de rastreabilidade (viewpoint/BCF, responsável e prazo); e (viii) percentual de pendências com vínculo normativo. A tipologia dos conflitos foi registrada como geométrico (choque físico), clearance/manutenção (espaço de serviço) e normativo/desempenho, possibilitando análises cruzadas por interface × tipologia, em consonância com estudos de caso em compatibilização (Mesquita et al., 2018; Beltrão, 2015; Salomão et al., 2019; Macêdo, 2024).

3.5 Produto de comunicação técnica (protótipo físico)

Como validação visual e apoio à comunicação com as partes interessadas, confeccionou-se maquete didática de uma residência, mantendo correspondência direta com os registros do modelo federado. A representação utilizou canudos de PVC transparentes para a infra elétrica, acrílico transparente para a infra arquitetônica, isopor para a infra estrutural e canudos de PVC coloridos para a infra hidrossanitária. Cada situação ilustrada na maquete foi referenciada ao respectivo ID de viewpoint/issue do Navisworks, assegurando rastreabilidade entre o conflito detectado, a solução compatibilizada no modelo federado e a sua representação física (ABNT, 2022; Salomão et al., 2019).

A legenda por disciplina na maquete replicou a convenção do artigo (nomes/cores), e os quadros expositivos “antes/depois” (imagem do clash e foto do arranjo solucionado) facilitaram a compreensão de folgas de manutenção, afastamentos mínimos e ajustes de traçado adotados. Reconhece-se a limitação de escala do protótipo para representar raios mínimos de curvatura e tolerâncias finas; por isso, a interpretação normativa e a validação final permaneceram ancoradas no modelo federado e nos relatórios de interferência (Mesquita et al., 2018; Salomão et al., 2019).

4. Resultados e Discussão

Os resultados do 1º teste são apresentados a seguir no Quadro 1. As tolerâncias consideraram o LOD e folgas construtivas usuais. Estudos indicam que o Navisworks permite identificar incompatibilidades e organizar relatórios que priorizam correções, aprimorando a coordenação em relação a fluxos 2D (Macêdo, 2024; Mesquita et al., 2018).

Quadro 1: Interferências do 1º teste por interface e severidade.

Interface/Severidade	Críticas	Moderadas	Leves	Total
Elétrica × Estrutural	120	210	104	434
Elétrica × Hidrossanitário	3	5	4	12
Elétrica × Arquitetônica	80	200	115	395
Total	203	415	223	841

Fonte: Autoria própria (2025).

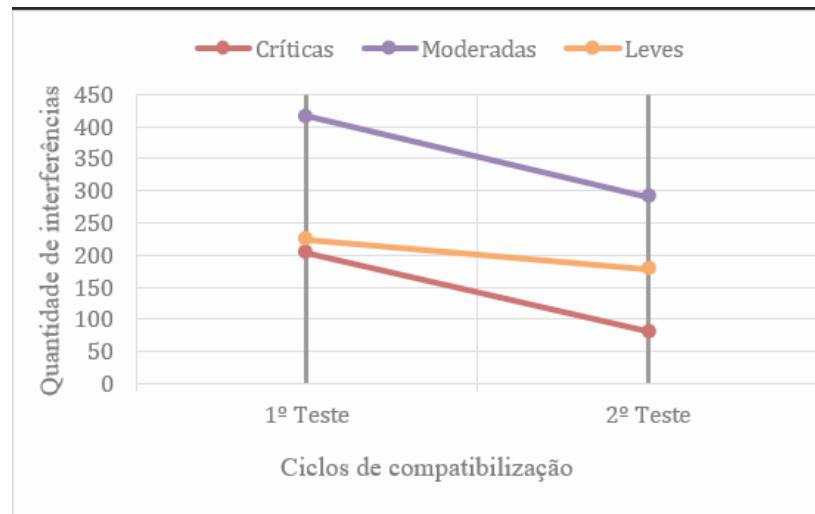
A partir dos resultados do 1º teste (Quadro 1), foram executadas as primeiras rodadas de correção priorizando segurança e atendimento normativo (NBR 5410; NBR 15575), seguidas de ajustes de funcionalidade/operabilidade e de viabilidade de custo/cronograma. Como prática de coordenação, essa triagem por criticidade concentra esforços nos pontos com maior risco e impacto, deslocando o perfil de pendências para ocorrências moderadas e leves nas iterações seguintes (Beltrão, 2015; Mesquita et al., 2018; Amaral, Oliveira & Lima, 2024). Em linha com a literatura sobre curva de maturação do modelo em BIM, o processo de issue tracking levou à redução substancial das interferências críticas e à diminuição consistente das moderadas e leves, refletindo o ganho de qualidade do arranjo compatibilizado (Macêdo, 2024; Salomão et al., 2019), conforme apresentado no Quadro 2 e ilustrado no Gráfico 1.

Quadro 2: Interferências do 2º teste por interface e severidade.

Interface/Severidade	Críticas	Moderadas	Leves	Total
Elétrica × Estrutural	48	147	83	278
Elétrica × Hidrossanitário	1	4	3	8
Elétrica × Arquitetônica	32	140	92	264
Total	81	291	178	550

Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 1: Curva de maturação do modelo (interferências por severidade).



Fonte: Autoria própria (2025).

Observa-se, no 2º teste (Quadro 2), uma redução substancial de conflitos críticos e um decréscimo consistente das ocorrências moderadas e leves, indicando que a primeira rodada de correção concentrada nas interfaces elétrica×estrutura e elétrica×arquitetônica foi eficaz. Esse comportamento está alinhado ao que a literatura descreve como curva de maturação do modelo em processos iterativos de compatibilização: as pendências mais graves são tratadas prioritariamente, e o estoque de interferências remanescentes tende a deslocar-se para ajustes de operabilidade e detalhe executivo (Mesquita et al., 2018; Macêdo, 2024).

Com base nesses resultados, a priorização das ações manteve o foco em três eixos: (i) segurança e atendimento normativo (NBR 5410; NBR 15575), com ênfase em faixas de manutenção e afastamentos mínimos; (ii)

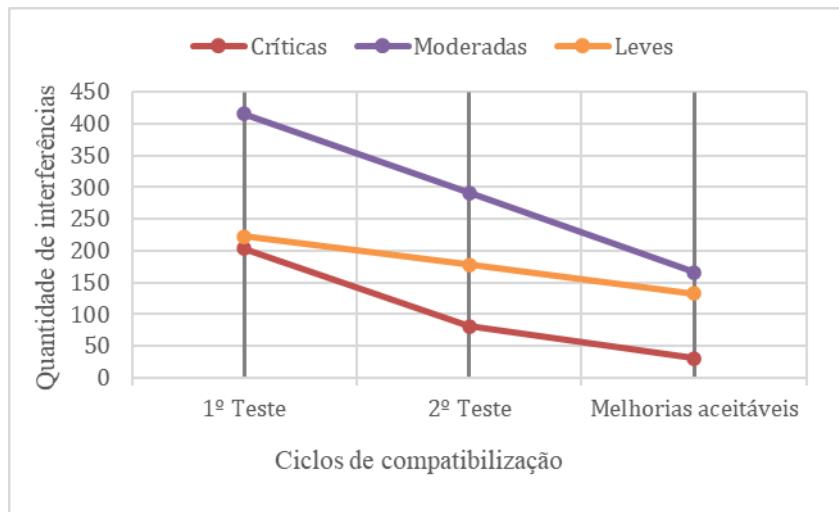
funcionalidade/operabilidade, resolvendo conflitos de acesso e manutenção em áreas críticas; e (iii) minimização de impacto em custo e cronograma, evitando retrabalhos e paralisações na obra. A literatura recomenda essa triagem por criticidade associada à emissão de relatórios rastreáveis e à realimentação contínua do modelo (Beltrão, 2015; Amaral, Oliveira & Lima, 2024), estratégia que orientou as rodadas subsequentes até as melhorias aceitáveis consolidadas como mostra o Quadro 3 e ilustrado no Gráfico 2.

Quadro 3: Interferências após melhorias aceitáveis (ciclos de compatibilização).

Interface/Severidade	Críticas	Moderadas	Leves	Total
Elétrica × Estrutural	18	84	62	164
Elétrica × Hidrossanitário	1	2	2	5
Elétrica × Arquitetônica	12	80	69	161
Total	31	166	133	330

Fonte: Autoria própria (2025).

Gráfico 2: Curva de maturação do modelo (interferências por severidade).



Fonte: Autoria própria (2025).

Definiram-se metas de redução por severidade: críticas $\geq 80\%$, moderadas $\geq 60\%$ e leves $\geq 40\%$, além de redução global $\geq 60\%$. Com base nos resultados consolidados (Quadros 1 a 3), observaram-se reduções de 84,7% para críticas ($203 \rightarrow 31$), 60,0% para moderadas ($415 \rightarrow 166$), 40,4% para leves ($223 \rightarrow 133$) e 60,8% no total ($841 \rightarrow 330$), atendendo às metas estabelecidas. Essa estratégia de metas e verificação por ciclos está alinhada à literatura, que relaciona a coordenação em BIM à redução de retrabalhos e à melhora na previsibilidade de custo e prazo (Macêdo, 2024; Mesquita et al., 2018).

O 1º teste de compatibilização identificou 841 interferências (Quadro 1). Após a primeira rodada de correções com foco em segurança/conformidade e operabilidade, o 2º teste registrou 550 ocorrências (Quadro 2). Com a continuidade dos ciclos, obteve-se o cenário de melhorias aceitáveis, somando 330 interferências (Quadro 3). Em termos relativos, verificaram-se reduções de 84,7% nas críticas ($203 \rightarrow 31$), 60,0% nas moderadas ($415 \rightarrow 166$), 40,4% nas leves ($223 \rightarrow 133$) e 60,8% no total ($841 \rightarrow 330$), evidenciando a eficácia do processo iterativo de coordenação.

Ressalte-se que parte das interferências sinalizadas constitui falsos positivos de clash, oriundos de geometrias de envoltória (bounding boxes), interposições intencionais/toleradas (eletrodutos embutidos em piso ou parede, passagens por

shafts e contato lateral entre tubulações hidrossanitárias dentro das folgas de montagem), interação com materiais não estruturais/deformáveis (drywall, gesso, lã), objetos não. Para mitigá-los, recomenda-se calibrar regras e tolerâncias (hard × clearance, folgas mínimas), segmentar por disciplina/nível, explicitar aberturas/mangas no modelo e classificar no issue tracking como aceita/sem ação, com justificativa e evidência visual.

No eixo normativo e de desempenho, as correções observaram requisitos da ABNT NBR 5410 (segurança e dimensionamento em baixa tensão) e da ABNT NBR 15575-1 (funcionalidade e durabilidade), com destaque para faixas de manutenção diante de quadros, afastamentos mínimos em áreas molhadas e adequações de trajetos/alturas para acesso e inspeção. A padronização de entregáveis e a rastreabilidade entre modelos, relatórios e pranchas alinharam-se às diretrizes da ABNT NBR ISO 19650-1 e ao escopo previsto na NBR 13531, reduzindo ambiguidades de documentação e fortalecendo a coerência entre o modelo federado e os documentos técnicos (ABNT, 1995; ABNT, 2004; ABNT, 2013; ABNT, 2022).

A tipologia dos conflitos evidenciou três grupos principais: (i) geométricos (hard clashes), recorrentes em elétrica × estrutural (eletrodutos interceptando vigas/lajes); (ii) clearance/manutenção, frequentes em forros e shafts de banheiros; e (iii) normativo/desempenho, associados a afastamentos mínimos, faixas de serviço e condições de acesso. A literatura recomenda reserva de passagens, definição de zonas técnicas e regras objetivas de verificação (hard e clearance) para mitigar essas ocorrências desde a concepção (Beltrão, 2015; Salomão et al., 2019; Mesquita et al., 2018; Macêdo, 2024).

Os achados reforçam a centralidade da disciplina elétrica na compatibilização, além de sofrer condicionantes espaciais de estrutura, arquitetura e hidrossanitário, a elétrica impõe exigências normativas e operacionais que precisam ser atendidas desde cedo. O enquadramento BIM (Revit e Navisworks) antecipou decisões de traçado, curvas, pontos e acessos, reduzindo retrabalhos e aumentando a previsibilidade de prazo/custo, em consonância com evidências de estudos aplicados (Amaral, Oliveira & Lima, 2024; Mesquita et al., 2018).

Como recurso de comunicação técnica e validação visual, a maquete didática, facilitou a compreensão de rotas, folgas e soluções por parte de públicos não técnicos, reforçando princípios de compartilhamento/organização da informação na coordenação (ABNT, 2022; Salomão et al., 2019). Reconhecem-se, entretanto, limitações do estudo, a sensibilidade depende do LOD e da configuração de tolerâncias nos testes, bem como da qualidade das famílias e parâmetros; além disso, o escopo de estudo de caso único restringe generalizações estatísticas, embora os resultados estejam alinhados a padrões de melhoria relatados em tipologias residenciais (Mesquita et al., 2018; Amaral, Oliveira & Lima, 2024).

Síntese: o encadeamento modelagem → federação → detecção → priorização → correção → reteste produziu queda robusta de interferências, com aderência a NBR 5410, NBR 15575, NBR 13531 e NBR ISO 19650-1. Em residências unifamiliares, onde o espaço técnico é restrito e pequenas decisões influenciam custo e prazo, a abordagem BIM adotada mostrou-se eficaz para alinhar segurança, desempenho e construtibilidade.

5. Conclusão

Os resultados deste estudo indicam que a compatibilização do projeto elétrico em ambiente BIM, integrando modelagem paramétrica (Revit) e detecção de interferências (Navisworks), contribuiu de forma concreta para reduzir conflitos entre disciplinas e fortalecer a conformidade normativa. A trajetória 1º teste → correções → 2º teste → melhorias aceitáveis resultou em queda global de 60,8% das interferências (-84,7% críticas; -60,0% moderadas; -40,4% leves), sinalizando ganho efetivo de maturidade do modelo e priorização adequada de riscos. Observou-se predominância de ocorrências nas interfaces elétrica × estrutural e elétrica × arquitetônica, coerente com restrições usuais de passagens em lajes/vigas e condicionantes de forros, o tratamento antecipado desses pontos elevou a previsibilidade de prazo/custo e favoreceu decisões de traçado,

acessibilidade e manutenção.

Do ponto de vista normativo e de gestão da informação, o fluxo adotado mostrou aderência às NBR 5410, NBR 15575, NBR 13531 e NBR ISO 19650-1, com rastreabilidade entre modelo federado, relatórios e pranchas. O protótipo físico funcionou como suporte de comunicação e validação visual com partes interessadas, sem substituir a verificação no modelo digital. Como limites, reconhecem-se a influência do LOD (nível de detalhamento) e das tolerâncias de detecção, a dependência da qualidade das famílias/parâmetros e o desenho de estudo de caso único, que restringe generalizações estatísticas. Ainda assim, os achados são consistentes com padrões relatados para tipologias residenciais e respondem à pergunta de pesquisa: a compatibilização elétrica via BIM reduz conflitos e reforça a conformidade e o desempenho do edifício, oferecendo um caminho pragmático para elevar a qualidade de obras unifamiliares. Caminhos futuros incluem quantificar economia de custo/tempo decorrente das correções antecipadas, ampliar análises por ambiente/tipologia e testar a replicabilidade do fluxo em diferentes contextos.

Referências

- Abreu, F. H. C.; Nascimento, R. V. B.; Dantas, A. B. (2021). Aplicação da tecnologia BIM na compatibilização de projetos complementares de uma edificação residencial por meio dos programas da ALTOQI: Eberick e Qbuilder. *Engineering Sciences*, 9(3), 72-85. <https://sustenere.inf.br/index.php/engineeringsciences/article/view/6532/3275>.
- Amaral, D; Oliveira, A. J. P; Lima, M. R. V. M. (2024). Compatibilização de projeto na metodologia BIM. *Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula*, 7(2), 32-45. <https://revistas.icesp.br/index.php/TEC-USU/article/view/5115/0>.
- ABNT. (1995). ABNT NBR 13531:1995 - Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ABNT).
- ABNT. (2013) ABNT NBR 15575-1:2013 - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ABNT).
- ABNT. (2004) ABNT NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.
- ABNT. (2022) ABNT NBR ISO 19650-1:2022 - Organização e digitalização da informação sobre edificações e obras de engenharia civil, incluindo modelagem da informação da construção (BIM) - Gestão da informação utilizando BIM - Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.
- Beltrão, E. A. (2015). Modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas com o uso do BIM. https://www.researchgate.net/publication/280295802_MODELAGEM_E_COMPATIBILIZACAO_DE_PROJETOS_DE_INSTALACOES_ELETRICAS_COM_O_USO_DO_BIM.
- Biotto, C. N.; Formoso, C. T.; Isatto, E. L. (2015). Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15(2), 79-96. <https://www.scielo.br/j/ac/a/b6h7YZzsWrcRXfknMN6jftKM/?format=pdf&lang=pt>.
- Costa, E. N. (2025). Uso da tecnologia BIM para compatibilização de projetos em uma residência unifamiliar. <https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/8910>.
- Costa, G. S.; Santos, B. A. M. L. (2023). A importância do planejamento de obras visando a demanda de construções residenciais no município de Maricá (RJ). *Boletim do Gerenciamento*, v. 37, n. 37. <https://nppg.org.br/revistas/boletimdo gerenciamento/article/view/999/551>.
- Decreto nº 10.306. (2020). <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=10306&ano=2020&ato=260MTTU1EMZpWTc7e>.
- Rodrigues Junior, A; Oliveira, C; Oliveira, L. (2025) A relevância dos projetos elétricos nas construções residenciais. <https://periodicorease.pro/rease/article/view/19321>.
- Macêdo, M. S. (2024) Os benefícios do uso do BIM na redução dos custos de obra decorrentes da não compatibilidade entre projetos de engenharia: revisão sistemática de literatura. <https://acervo.ufrrn.br/Record/oai:repositorio.ufrrn.br:123456789-59775>.
- Maciel, A, C. F.; Souza Junior, D. A.; Oliveira, P. H. (2022). Detecção de incompatibilidades de projetos entre metodologia convencional 2D E BIM: um estudo comparativo. *Revista de Gestão e Projetos (GeP)*, 13(3), 97-116. <https://doi.org/10.5585/gep.v13i3.22337>.
- Mesquita, H. C. et al. (2018). Estudo de caso da análise de interferências entre as disciplinas de um edifício com projetos convencionais (re) modelados em BIM. https://www.researchgate.net/publication/328398542_Estudo_de_caso_da_analise_de_interferencias_entre_as_disciplinas_de_um_edificio_com_projetos_convencionais_re_modelados_em_BIM.

- Morais, V. O.; Gualberto, F. V. C.; Melo Júnior, G. F. (2023). A importância do projeto elétrico residencial na segurança e eficiência energética. *Revista Foco* [Curitiba (PR)] 16(10), e 3194| p.01-17.
https://www.researchgate.net/publication/374864508_a_importancia_do_projeto_eletrico_residencial_na_seguranca_e_eficiencia_energetica.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Santa Maria/RS. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta paul. enferm.* 20 (2). <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Salomão, P. E. A. et al. (2019). Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha Vida em software de plataforma BIM.
<https://rsdjournal.org/rsd/article/view/1230/995>.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339.