



COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS EM PLATAFORMA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO

RESUMO

Durante muito tempo houve equívocos graves em determinadas fases de execução de edificações, resultado de comunicações e informações ineficientes entre os envolvidos, o ciclo do projeto. Como forma de mudar esse quadro e com o avanço da tecnologia, surgiu o BIM (*Building Information Modeling*), uma promissora metodologia que está se tornando cada vez mais utilizada por profissionais de Engenharia e Arquitetura. O presente artigo tem por objetivo principal apresentar como a ferramenta BIM possibilita um aumento de produtividade e qualidade na construção civil, por meio da compatibilização de projetos complementares de uma residência unifamiliar. A metodologia adotada na pesquisa é básica, quanto a sua finalidade, com abordagem qualitativa, e quanto aos objetivos, é uma pesquisa descritiva. Já quanto aos procedimentos, além de ser uma pesquisa bibliográfica, é uma pesquisa de campo que visa analisar um mesmo projeto sob diferentes perspectivas, com o intuito de aplicar e comparar os métodos de compatibilização que foram desenvolvidos, desde então, na plataforma. O projeto foi desenvolvido, inicialmente, em uma ferramenta tradicional de desenho, há 3 anos, época em que a empresa estava implantando a tecnologia BIM, mas não havia gerado o relatório de interferências, e agora revisito, modelado em três etapas, para comparação do número de interferências de compatibilidade. Constata-se que a plataforma BIM é uma evolução do modelo anterior de desenho de projetos, e, atualmente, a própria modelagem na plataforma já conduz o projetista a uma maior eficiência de trabalho. Neste sentido, os objetivos foram alcançados e o resultado demonstra que os escritórios de projetos estão desenvolvendo projetos mais eficientes, com menos desperdício de material e em menos tempo de trabalho.

Palavras-chave: metodologia BIM; compatibilização; interoperabilidade.

SILVA, Diago Fagundes Pereira da.
Bacharel em Engenharia Civil
(SINERGIA).
diago.fagundes@hotmail.com

TEIXEIRA, Wagner.
Bacharel em Engenharia Civil; Mestre em Engenharia Civil.
Professor da Faculdade Sinergia.
Orientador.
teixeira.wagner@hotmail.com
<http://lattes.cnpq.br/8128512515450603>

SILVA, Diago Fagundes Pereira da; TEIXEIRA, Wagner.
Compatibilização de projetos em plataforma BIM na construção civil: estudo de caso. **REFS** – **Revista Eletrônica da Faculdade Sinergia**, Navegantes, v.13, n.22, p. 31-46, jul./dez. 2022.

INTRODUÇÃO

Os setores da construção civil brasileira apresentam defasagens nos gerenciamentos, compatibilizações e informações entre os profissionais envolvidos em um mesmo trabalho. Isto concentra erros de projetos, levantamentos de dados e execuções, aptos a permanecer até à finalização da edificação. A partir dessas dificuldades, evidencia-se a busca de técnicos com conhecimentos organizacionais, que possibilitem a implementação de processos inovativos e tendências que possam proporcionar otimizações e automações de trabalho colaborativo.

Nesse contexto, o BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem da Informação da Construção (em Português), é um conceito inovador de projetos na construção civil capaz de representar digitalmente as características físicas e funcionais, estruturando e planejando fluxos de trabalho nas etapas de projetos e execuções de uma edificação (NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING STANDARDS *apud* BIMMDA, [s.d.]).

Essa metodologia é realizada através de agrupamentos de informações que permanecem durante todo o ciclo de vida de uma edificação, possibilita antecipar possíveis interferências, maneiras de manutenção e identificar diferentes técnicas de execução durante a realização das etapas. Desta forma, evita-se a improvisação e melhora-se a operação, assegurando cronogramas e orçamentos mais assertivos.

Em um mundo de novas eras tecnológicas, a construção civil brasileira pouco inova, é o segundo setor brasileiro que menos apresenta inovações, atrás somente da pesca (CONSTRUDIGITAL, 2019). Através da democratização do BIM, esta nova tecnologia possibilitará maior agilidade nas concepções construtivas.

Por meio de decreto 10.306, de abril de 2020, a partir de 2021, a utilização do BIM se tornou obrigatória na execução de obras e serviços de engenharia (BRASIL, 2020). Desta forma, a ferramenta possibilita ao Governo

Federal identificar irregularidades de órgãos de controles externos, e, ainda, fiscalizar o cumprimento de contratos, exigindo qualidade, preço e prazo contratado.

Diante deste cenário, o objetivo geral deste artigo é apresentar como a ferramenta BIM possibilita um aumento de produtividade e qualidade na construção civil, por meio de compatibilização de projetos complementares de uma residência unifamiliar. Tem como objetivos específicos: a) demonstrar a compatibilização de projetos estruturais, modelagem e compatibilização de projetos hidrossanitários e elétricos; b) especificar a capacidade dos *softwares* de se comunicarem através da interoperabilidade; e c) comparar o projeto desenvolvido e executado no início da implementação da plataforma BIM, com o mesmo projeto pós implantação da tecnologia em um escritório de projetos, para confrontar o número de interferências de compatibilidade existentes.

Para atingir os objetivos, a metodologia adotada na pesquisa é básica, quanto a sua finalidade, com abordagem qualitativa, e quanto aos objetivos, é uma pesquisa descritiva. Já quanto aos procedimentos, além de ser uma pesquisa bibliográfica, baseada em estudos de Checcucci, Pereira e Amorim (2011), Eastman *et al.* (2014) e Gonçalves Jr. (2018), é uma pesquisa de campo que visa analisar um mesmo projeto sob diferentes perspectivas, com o intuito de aplicar e comparar os métodos de compatibilização que foram desenvolvidos, desde então, na plataforma, num espaço de tempo de três anos. O projeto foi desenvolvido, inicialmente, em uma ferramenta tradicional de desenho, época em que a empresa estava implantando a tecnologia BIM, mas não havia gerado o relatório de interferências, e agora revisto, modelado em três etapas, para comparação do número de interferências de compatibilidade. Na primeira etapa, foram desenvolvidos os modelos tridimensionais das disciplinas de elétrica e hidrossanitário. Na segunda etapa, os modelos foram agregados no mesmo arquivo para corrigir as interferências.

Na terceira etapa, os relatórios (*clash detection*) foram identificados, descritos e comparados com o modelo desenvolvido no início da implementação BIM na empresa.

Constata-se que a plataforma BIM é uma evolução do modelo anterior de desenho de projetos, e, atualmente, a própria modelagem na plataforma já conduz o projetista a uma maior

eficiência de trabalho. Neste sentido, os objetivos foram alcançados e o resultado demonstra que os escritórios de projetos estão desenvolvendo projetos mais eficientes, com menos desperdício de material e em menos tempo de trabalho.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)

A modelagem de informações de construção é um dos desenvolvimentos mais promissores na indústria relacionada à construção – arquitetura, engenharia, construtores etc. A utilização da tecnologia BIM possibilita a formação de um modelo virtual de uma edificação, dispondo dados relevantes de métodos construtivos, insumos, fabricação e a presciência de possíveis incompatibilidades (BONATTO, 2020). Segundo Eastman *et al.* (2014), quando o sistema é implementado de maneira apropriada, facilita o processo do projeto e da construção, possibilitando mais dados e ações integradas para obter uma construção com maior qualidade, em um tempo de execução mais curto.

Mas até o momento, a disseminação do BIM no Brasil é pequena, ocasionando vários casos de falhas na implementação do processo em determinadas organizações. Em grande trecho, a pouca utilização do BIM ocorre pela falta de conhecimento de gerentes de projeto e supervisores sobre as necessidades específicas do novo processo implementado. Na visão de Leusin (2020), isto se deve ao desconhecimento sobre como implementar o BIM, pressupondo que é somente um serviço a ser contratado, mas, na verdade, implementá-lo e desfrutá-lo exige uma recomposição da organização, seja uma construtora ou escritório de projetos.

O plano de implementação deve ser primorosamente planejado, de forma a não criar danos ou perder oportunidades da adoção de um processo mais produtivo que o CAD. É indispensável a capacitação da equipe e

consolidação dos conhecimentos em práticas e processos decisivos, em virtude desta efetivação necessitar de tecnologia, recursos, procedimentos e, fundamentalmente, pessoas. Leusin (2020) exemplifica que o BIM tem etapas que precisam progressivamente atingir níveis de maturidade, e deve ser implantado de maneira gradual em qualquer organização.

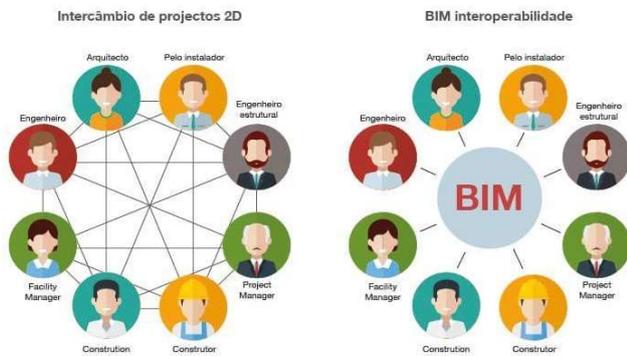
O princípio básico do BIM “[...] é a colaboração de diferentes atores em diferentes fases do ciclo de vida de uma edificação, visando inserir, extrair, atualizar ou modificar as informações no modelo, para apoiar [...]” e disponibilizar informações e funções para os profissionais envolvidos (PEREIRA, 2017, p. 28). O National Institute of Building Standards ([s.d.] *apud* BIMMDA, [s.d.], *on-line*) revela o BIM como “[...] um recurso de partilha de conhecimento compartilhado que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que sejam tomadas decisões durante seu ciclo de vida, definido desde a sua concepção até a demolição”.

Checucci, Pereira e Amorim (2011 *apud* MARSICO *et al.*, 2017, p. 23), reforçam tal entendimento afirmando que

[...] a colaboração trata de uma forma de trabalho em equipe interdisciplinar, com a finalidade de organizar o processo de projeto e construção visando padronizar as trocas de informações com a mínima perda de dados entre profissionais de diferentes áreas. Desta forma, esta padronização aliada à colaboração entre os agentes, consegue-se definir as seguintes diretrizes: de quem serão produzidos os modelos; quem será responsável por modelar cada item da edificação; qual profissional irá coordenar o processo de modelagem e gerenciar a base de dados BIM (edifício virtual); o que e como deverá ser representado e; quais informações deverão ser inseridas em cada fase do ciclo de vida da edificação.

Essa partilha, troca de informações que facilita as ações dos profissionais envolvidos é demonstrada através da Figura 1.

Figura 1 – Diferença troca de informações



Fonte: Biblus (2017, *on-line*).

Eastman *et al.* (2014) salientam que BIM não é um *software*, mas sim, uma metodologia que abrange uma filosofia integrada entre arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um projeto. Essa tecnologia é conceituada como “[...] um modelo com diversas camadas de informações, organizadas de forma sistemática [...]”, para que sejam capazes de ser acessadas no momento certo, desde o início da execução da edificação (GONÇALVES JR., [2018], *on-line*).

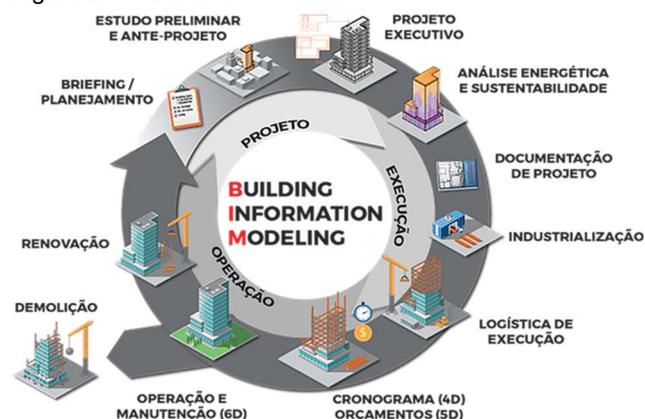
1.2 INTEROPERABILIDADE E COMPATIBILIDADE

Para que a plataforma BIM possa fluir, é necessária a comunicação entre sistemas, de maneira transparente, que possibilite a representação de elementos, processos e formas, como uma linguagem universal para troca entre modelos e informações de diferentes fabricantes. A interoperabilidade entre sistemas é a condição básica para que as informações e modelos se veiculem e possam determinar, testar e estimar impactos de alterações em cenários distintos para ensejar a compatibilidade entre modelos (GONÇALVES Jr., [2018]). Eastman *et al.* (2014) ressaltam que a interoperabilidade é a capacidade de trocar dados entre *softwares*, simplificando processos de trabalho, podendo ser automatizado.

A interoperabilidade e compatibilidade funcionam integrados no fluxo BIM, de maneira que os elementos construtivos se relacionem

para que sejam cuidadosamente avaliados, a fim de se obter um processo coerente e aprimorado. Através desses sistemas incorporados, é possível gerenciar interferências, checagens automáticas, lançamento de relatórios, de forma que possam customizar filtros para que o sistema realize detecções (GONÇALVES Jr., [2018]). Segundo Leusin (2020), através dos intercâmbios de informações entre sistemas, todos os profissionais envolvidos na execução de projetos podem desempenhar suas atividades de forma integrada e alinhada com os objetivos do projeto, conforme Figura 2.

Figura 2 – Fluxo BIM



Fonte: Martini (2018, *on-line*).

A principal ferramenta que possibilita e interoperabilidade é conhecida como IFC (*Industry Foundation Classes*), um formato que intermedeia dados entre os *softwares* BIM e não pertence a nenhuma empresa, ou seja, é um formato público e aberto (MARSICO *et al.*, 2017). As transferências dos componentes do projeto para o padrão IFC procedem-se através da decomposição de informações dos modelos existentes, como geometria, relações e características (PEREIRA, 2017). Para Checcucci, Pereira e Amorim (2011, p. 3), “o IFC é um modelo de dados semântico, formado por constructos que representam os diversos objetos da edificação, as suas propriedades, comportamentos e relacionamentos com outros objetos”.

O BIM e o formato IFC exercem a necessidade “[...] de novas formas de colaborar, produzir e compartilhar o conhecimento” (CHECCUCCI, PEREIRA E AMORIM, 2011, p. 2). O modelo que será executado deve ter uma

equipe multidisciplinar integrada, gerenciada através de um *BIM Manager*, a qual irá gerenciar o processo e organizar o IDM (*Information Delivery Manual* ou Manual de Entrega de Informação em Português), para que todos tenham uma compreensão global, viabilizando informações imprescindíveis (CHECCUCCI, PEREIRA E AMORIM, 2011). Santos (2009 *apud* CHECCUCCI, PEREIRA E AMORIM, 2011) define o IDM como um método de identificação e descrição de processos e suas informações relacionadas em um projeto de construção. O IDM corresponde a um manual do usuário que fornece todos os detalhes e informações que os profissionais envolvidos precisam inserir em cada fase, de modo que ocorram todas as transferências de dados.

O principal objetivo da compatibilidade é evitar a implantação de projetos que contenham interferência entre diferentes disciplinas, e diversos erros que podem causar atrasos e desperdícios no processo de implantação e prejudicar o cliente final (PEREIRA, 2017). Segundo Solano (2005), a compatibilização deve incluir listas de verificação das zonas vulneráveis, plano de compatibilização, elaborado de acordo com o cronograma do projeto, revisões e base de projetos verificados, análises construtivas e do modelo virtual entre as disciplinas.

O modelo virtual completo com todos IFC's integrados possibilita,

[...] testes, análises e alterações desde as primeiras etapas de concepção do projeto. Isso permite um melhor planejamento da construção, já que problemas podem ser detectados previamente e soluções testadas antes da fase de execução, gerando assim economia e maior qualidade ao produto final [...] (SENA, 2012, p. 9).

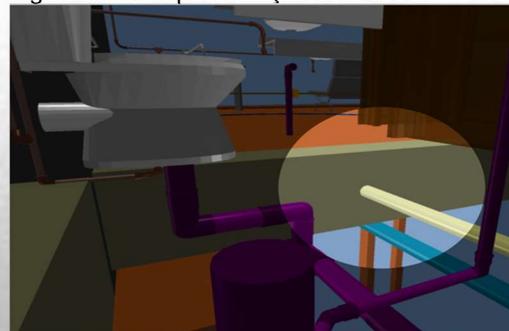
Nesse universo, a maquete eletrônica não contém apenas uma simples visualização física, mas informações de métodos e materiais, minimizando incompatibilidades, já que os dados são disponibilizados de maneira parametrizada, possibilitando a alteração de informações em qualquer plano de trabalho e atualização instantânea nos demais locais que compõem todo o projeto (OLIVEIRA, 2015).

A análise de interferências ou *clash detection*, possibilita identificar as

incongruências entre os modelos tridimensionais através de documentos gerados com a posição da câmera, a qual exibe o conflito e as descrições, indicando as ações a serem realizadas pelos projetistas responsáveis (GONÇALVES Jr. [2018]). Há sistemas especializados para compatibilizações, como: TeklaBIMsight (Trimble), Naviswork (Autodesk) e Solibri (Nemetschek), que a partir da importação dos modelos em IFC, exibem modelos 3D e as notificações de detecção (GONÇALVES Jr. [2018]). O Guia ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) classifica as análises de interferências como *Soft Clash*: constituído de componentes que não respeitam uma distância mínima exigida em relação a outro elemento ou sistema; *Hard Clash*: componentes que se sobrepõem; *Time Clash*: elementos que podem se colidir ao longo do tempo, como durante a construção ou uso do edifício (GONÇALVES Jr. [2018]).

O fato é que quando as trocas de informações não ocorrem de forma eficiente e coordenada, problemas, como as incompatibilidades podem surgir (SENA, 2012). Dependendo do instante em que a incompatibilidade ocorrer, poderá exigir um amplo retrabalho de todas as áreas. Além de custos adicionais, isso também possibilita à causa de atrasos e invalidade de orçamentos iniciais. Diante do impacto que poderá ser causado durante a fase de execução, é imprescindível prever todas as fases e procedimentos durante a elaboração de projetos, cita Sena (2012). Desta forma, Oliveira e Freitas (1997, p. [2]) apontam que na etapa de projetos é definido “[...] cerca de 70 a 80% do custo total da edificação”, apenas.

Figura 3 – Compatibilização com desenhos 3D BIM



Fonte: Gonçalves Jr. ([2018], *on-line*).

É nítido o proveito de utilizar um modelo interoperacional nas diversas disciplinas aplicadas em coordenação com os demais envolvidos no ciclo de vida da obra. Em alguns países desenvolvidos, já é caráter obrigatório o

2 METODOLOGIA

O presente artigo contém um estudo realizado em uma empresa que possui a metodologia BIM implementada. A metodologia da pesquisa adotada é básica, quanto à finalidade, para gerar ou ampliar conhecimento sobre o tema estudado, com abordagem qualitativa, que, de acordo com Mascarenhas (2012), pretende descrever o objeto de estudo com profundidade e que possibilite ao pesquisador desenvolver o estudo de forma objetiva, original e coerente. Quanto aos objetivos delineados é uma pesquisa descritiva.

Já quanto aos procedimentos adotados, além de ser uma pesquisa bibliográfica, é uma pesquisa de campo, utilizando-se de projetos de uma edificação residencial unifamiliar, fornecidos pela empresa concedente de estágio, desenvolvidos inicialmente na implantação da plataforma BIM, há 3 anos, e agora revisto, modelado, para comparação do número de interferências de compatibilidade, expondo recursos existentes na realidade estudada. Os projetos fornecidos são os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidrossanitário, para, desta forma, possibilitar a modelagem, compatibilização e gerenciamento através de ferramentas BIM.

Os modelos das disciplinas complementares foram desenvolvidos individualmente, por meio dos projetos executivos disponibilizados. A modelagem das disciplinas de elétrica e hidrossanitário foram realizadas através do software QiBuilder 2021. A relação entre os modelos foi realizada posteriormente, em somente um arquivo no software QiBuilder 2021, no qual se realizaram as compatibilizações. A partir disto, foi extraído um relatório (*clash detection*) onde é possível identificar as interferências e feita uma análise das incompatibilidades encontradas.

uso desta tecnologia. De acordo com Ferraz e Morais (2012, p. 8), a especificação em IFC é “[...] um avanço enorme [para] o desenvolvimento [...] completo [...] [da] construção [...] a médio ou longo prazo”.

O projeto em estudo foi disponibilizado pela On.We Rede Colaborativa de Projetos e Ensino, de Penha (SC), a qual autorizou a utilização do mesmo para esta pesquisa e foi desenvolvido no início da implementação BIM na empresa, com o intuito de aplicar e comparar os métodos de compatibilização que foram desenvolvidos desde então, possibilitando demonstrar como a metodologia BIM é favorável na etapa de compatibilização, auxiliando o coordenador, assim como os demais profissionais envolvidos no projeto e em seu gerenciamento.

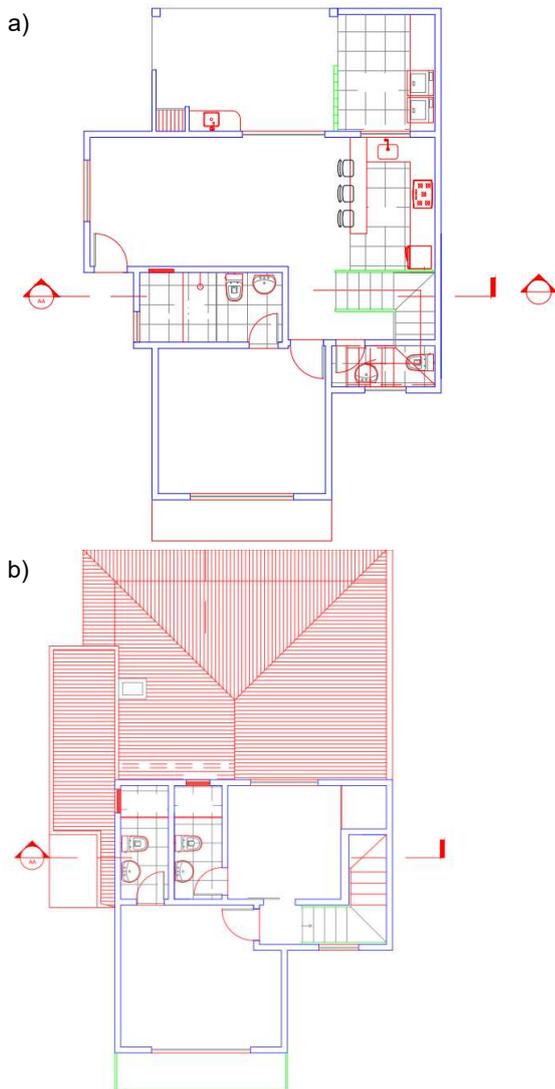
O desenvolvimento do estudo de caso foi realizado em três etapas, projetando a intenção de evidenciar os benefícios da tecnologia BIM em escritórios de projetos e obras civil.

Na primeira etapa, foram desenvolvidos os modelos tridimensionais das disciplinas de elétrica e hidrossanitário para compatibilização com o projeto estrutural disponibilizado. Na segunda etapa, os modelos foram agregados no mesmo arquivo para corrigir as interferências. Na terceira etapa, os relatórios (*clash detection*) foram identificados, descritos e comparados o modelo desenvolvido no início da implementação BIM na empresa, com o modelo desenvolvido atualmente.

2.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

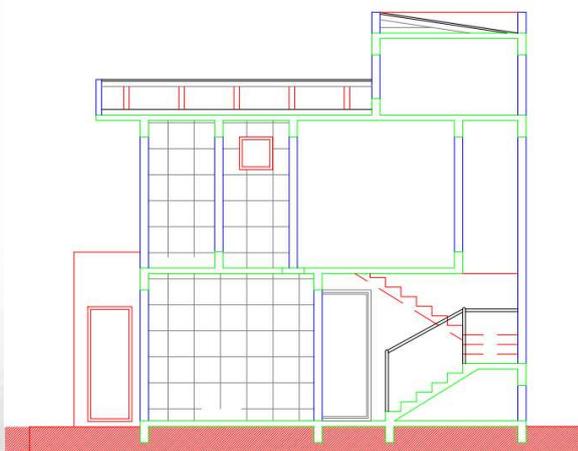
O projeto em estudo é uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Piçarras/SC. O edifício de concreto armado possui dois pavimentos, com área de 129,68m², sendo 83,60m² de pavimento térreo e 46,08m² no pavimento superior.

Figura 4 – Planta baixa da residência. a) Pavimento térreo. b) Pavimento superior



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Figura 5 – Corte esquemático da residência



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

2.1.1 Projeto estrutural

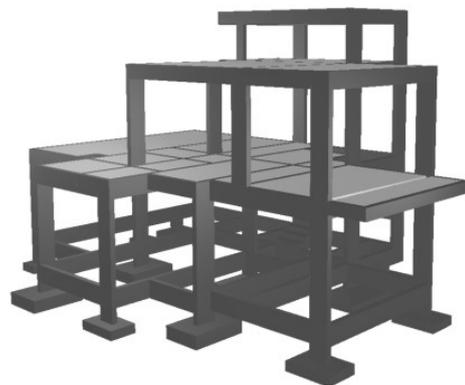
O modelo estrutural foi utilizado apenas para fins de compatibilização e interoperabilidade, por não afetar os objetivos da pesquisa e ao tempo disponível.

Com base nos arquivos executivos arquitetônicos do Autocad, a modelagem estrutural foi desenvolvida na unidade concedente de estágio pelo projetista estrutural. Os arquivos base foram exportados para o *software* Eberick 2021, onde foi modelado.

Os primeiros elementos lançados foram os pilares, seguidos de vigas e lajes. As projeções desses elementos foram realizadas mantendo a concepção arquitetônica, seguindo as dimensões e posições possíveis na planta de forma.

Após o lançamento da estrutura, processou-se a análise global do projeto, permitindo realizar diagnósticos através de um relatório gerado pelo programa.

Figura 6 – Perspectiva da estrutura utilizada para compatibilização



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Antes de seguir para o detalhamento dos elementos e lançamento da fundação, os erros identificados foram corrigidos.

2.1.2 Importação do modelo estrutural para a plataforma BIM

Durante os fluxos de trabalho em *BIM*, a comunicação entre os *softwares* é efetuada por meio de modelos tridimensionais que atingem, de maneira completa, a geometria do modelo em que se está projetando.

O programa utilizado dispõe de dispositivos para automatizar a troca de informações com outros projetistas. Esse recurso chamado “vincular” propõe a importação dos modelos colaborativos em uma pasta raiz para que nenhuma atualização nos projetos seja negligenciada pelos profissionais envolvidos com a obra. Ao vincular os modelos, alguns ícones são mostrados para indicar o status do modelo (Quadro 1):

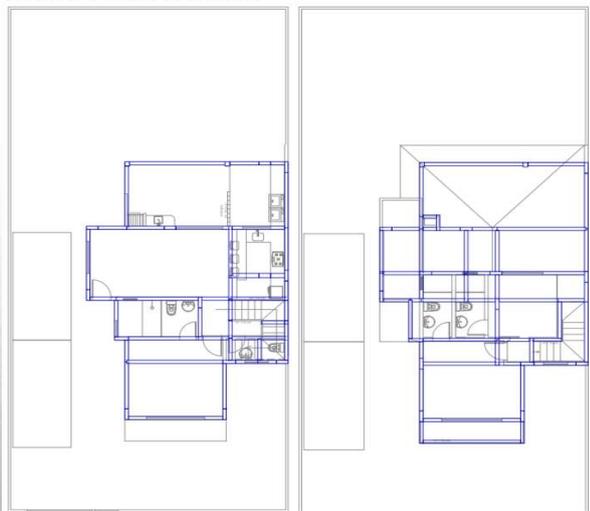
Quadro 1 – Ícones e descrição do status do modelo

Símbolo	Descrição
	Indica que o vínculo foi efetuado e o modelo está atualizado.
	Indica que o modelo externo não foi encontrado (casos onde os arquivos são renomeados, removidos ou excluídos da pasta original, situação em que é necessário fazer o vínculo novamente).
	Indica modelo externo atualizado, quando o arquivo original é mais recente que o arquivo vinculado ao projeto. Nesse caso, o software dispõe de um comando “atualizar” para sincronizar os arquivos automaticamente.
	Indica modelo externo desatualizado, quando o arquivo original é mais antigo em relação ao arquivo vinculado ao projeto.

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Antes de iniciar a modelagem dos projetos elétrico e hidrossanitário, foi vinculado o arquivo IFC da maquete eletrônica estrutural para o software QiBuilder 2021 (programa escolhido para compatibilização das disciplinas) e foi utilizado o mesmo ponto de origem da disciplina estrutural.

Figura 7 – Plano de corte elementos estruturais para lançamento e compatibilização simultânea das disciplinas elétrica e hidrossanitário



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Foi possível identificar os elementos estruturais no lançamento das outras disciplinas, alinhamento dos projetos e pavimentos e atualizações simultâneas com o projetista estrutural, permitindo a comunicação na etapa de compatibilização.

2.1.3 Desenvolvimento do projeto hidrossanitário

O projeto hidrossanitário tem como objetivo projetar o sistema sanitário, pluvial e hidráulico de uma edificação como um todo, considerando os pontos de água, esgoto e ventilação para bom funcionamento do mesmo, minimizando, desta forma, manutenções inesperadas.

A modelagem do projeto hidrossanitário foi iniciada após a importação dos modelos de arquitetura e o vínculo com o projeto estrutural para compatibilização.

Antes de iniciar o lançamento do projeto hidrossanitário, fez-se necessário a conferência de alguns itens para evitar retrabalhos futuros, foi estudada a concepção arquitetônica e volumetria estrutural, pé direito dos ambientes, pontos de utilização de hidráulica e saídas de esgoto, localizações de mochetas, de maneira a minimizar as furações em vigas e sistema de tratamento no local onde será edificada a residência.

Após as conferências realizadas, iniciou-se o lançamento da rede sanitária, especificando as tubulações de acordo com os pontos de utilizações e a norma vigente de sistemas prediais de esgoto sanitário, conforme NBR 8160/1999 (ASSOCIAÇÃO..., 1999).

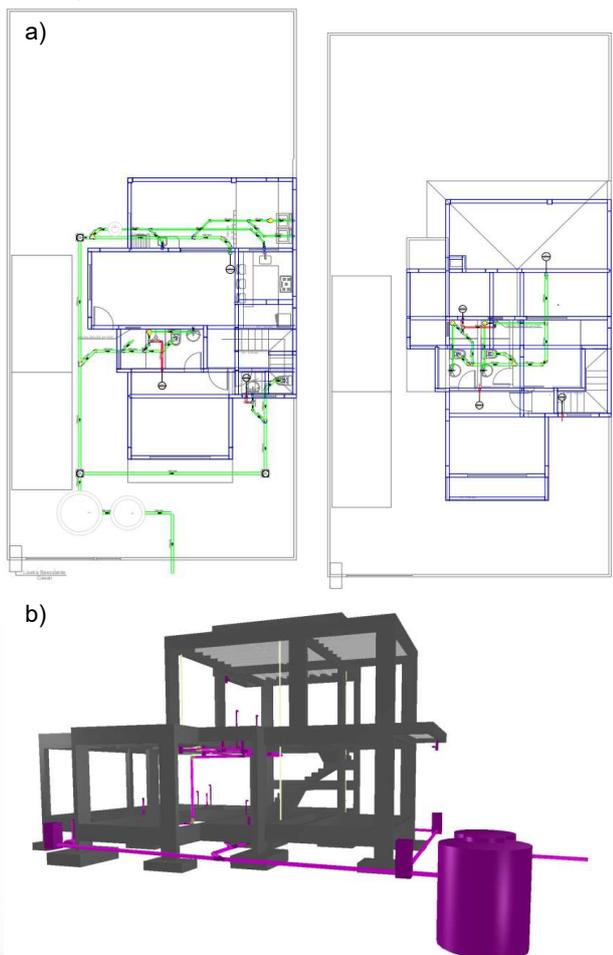
O fluxo do esgoto foi projetado dos pontos de utilização (de acordo com as inclinações mínimas), até ao sistema de tratamento exigido na cidade da edificação (tanque séptico e filtro anaeróbio), que, posteriormente, segue para a rede pluvial pública.

Os resíduos da cozinha foram destinados a uma caixa de gordura (retém a gordura dentro da caixa e a impede de circular pela tubulação evitando entupimentos), seguindo para caixas de inspeções, até chegar ao sistema de

tratamento. Os resíduos dos banheiros, lavanderia e área de serviço seguem direto para as caixas de inspeção, até chegar ao sistema de tratamento.

As tubulações de ventilação também foram previstas no lançamento sanitário, este sistema permite a entrada de ar nessas conexões, realizando uma troca constante de ar e aliviando a pressão causada pelos gases de esgoto, impedindo mal cheiro nos ambientes das residências, fenômeno comum em instalações inadequadas, como má instalação de sifões em pontos de utilização ou em ralos seco.

Figura 8 – Instalações sanitárias. a) Planta baixa da instalação sanitária. b) Perspectiva de lançamento da instalação sanitária



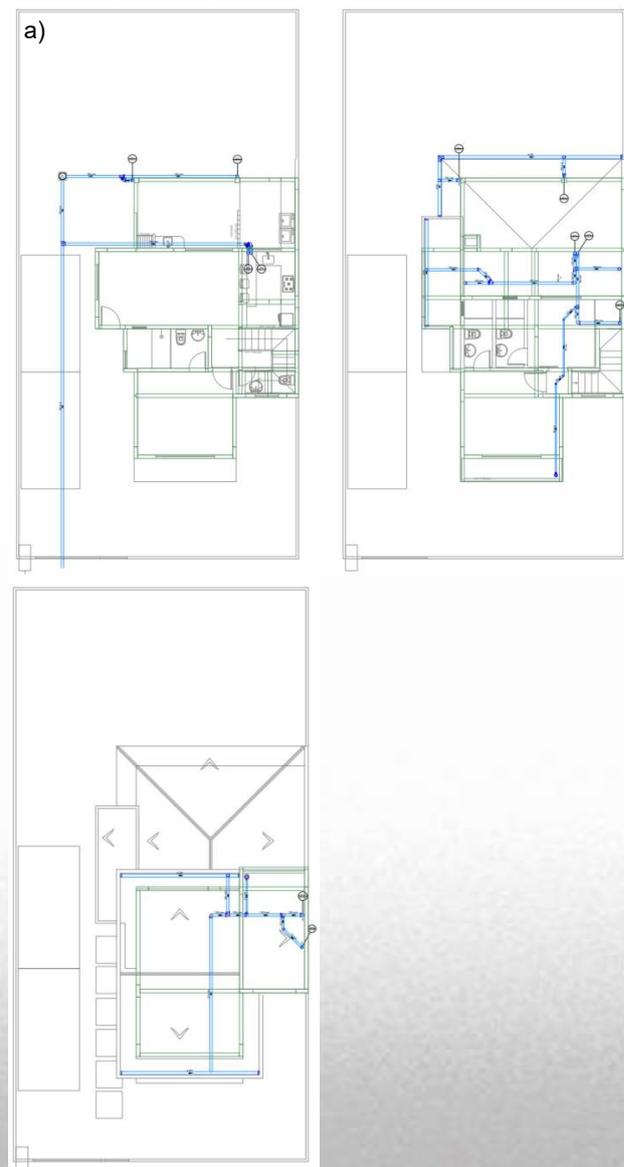
Fonte: dados da pesquisa, 2021.

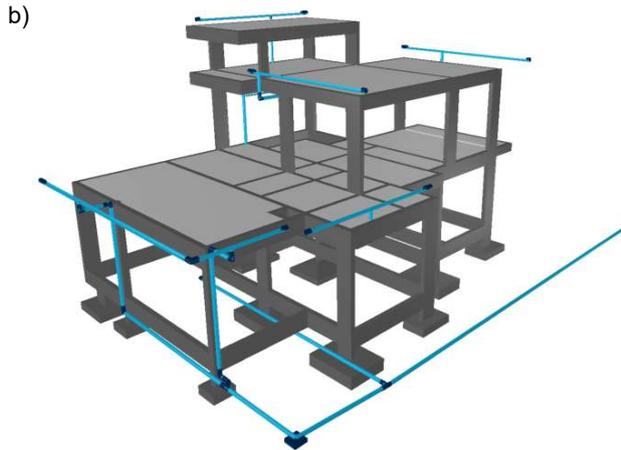
Posteriormente, à finalização do projeto sanitário, iniciou-se o lançamento da rede de águas pluviais, que tem como função coletar as águas provenientes da chuva pelos pontos de coleta, principalmente da cobertura da edificação, evitando possíveis alagamentos,

infiltrações, umidade, perdas de materiais ou danos a vizinhos.

Para este propósito, utilizou-se como base a norma de instalações prediais de águas pluviais, com base na NBR 10844/1989 (ASSOCIAÇÃO..., 1989), e os diâmetros usuais de acordo com a saída dos pontos de utilização. Foram previstas calhas e rufos de acordo com a necessidade e inclinações da cobertura, que encaminham estas águas às prumadas e condutores, que são interligados a caixas de areia no pavimento térreo, para permitir a limpeza de folhas ou outros objetos que entram na tubulação das calhas, possibilitando, desta forma, a ligação no sistema público de águas pluviais.

Figura 9 – Instalações de águas pluviais. a) Planta baixa da instalação de águas pluviais. b) Perspectiva de lançamento da instalação de águas pluviais



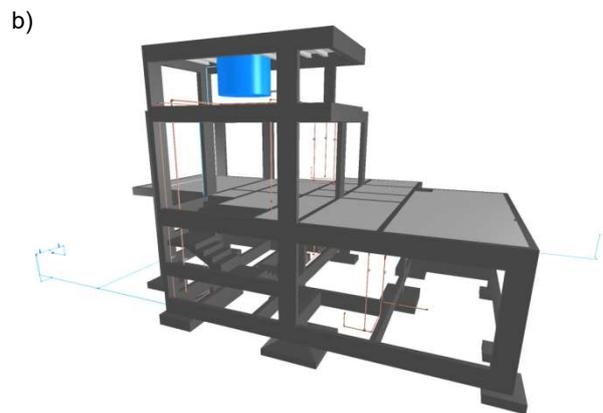
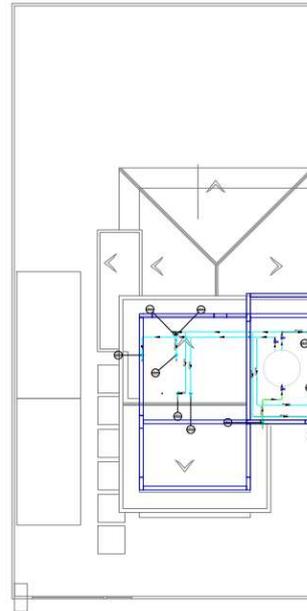
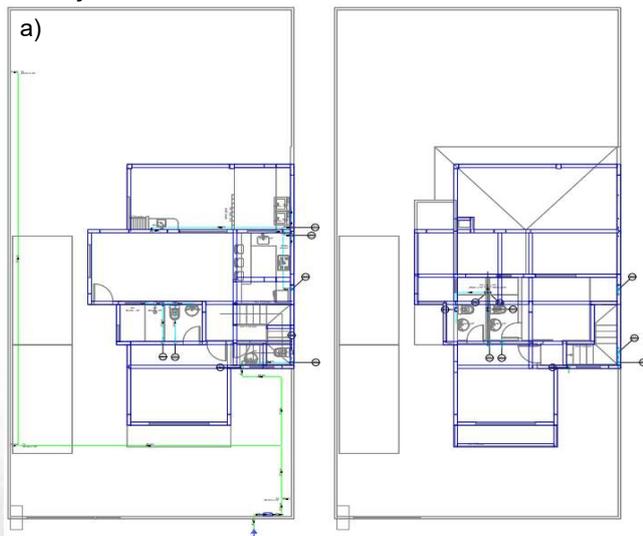


Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Em seguida ao término do projeto de águas pluviais, iniciou-se o lançamento do mapeamento hidráulico, onde foram analisadas todas as características necessárias, como: pressão da água, quantidade de moradores para cálculo do volume de caixa d'água e pontos de utilização, para que a residência funcione perfeitamente, obtendo a pressão necessária para chegar a todas as torneiras, chuveiros e outros pontos hidráulicos existentes no local.

Para esta finalidade, recorreu-se como base, à norma de instalação predial de água fria, NBR 5626/1998 (ASSOCIAÇÃO..., 1998), e aos diâmetros usuais.

Figura 10 – Instalações hidráulica. a) Planta baixa da instalação hidráulica. b) Perspectiva de lançamento da instalação hidráulica



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

O projeto de água fria da residência em estudo consta de entrada de água e instalação do hidrômetro individual, colunas de distribuição da água, ramais de distribuição, pontos de utilização e detalhes isométricos com as alturas das saídas de água nos ambientes e registros, de modo a facilitar manutenções e instalações nos ambientes cozinha, banheiros, lavanderia e caixa d'água.

2.1.4 Desenvolvimento do projeto elétrico

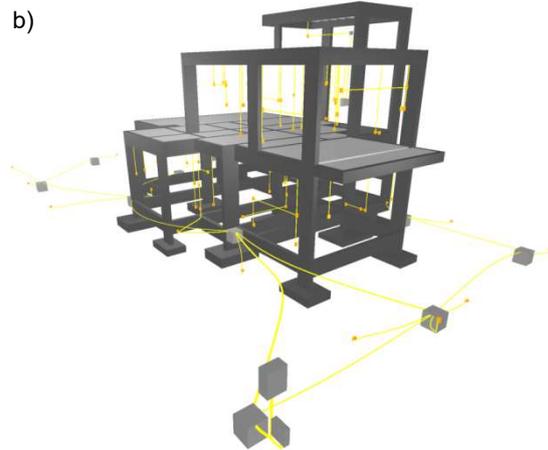
O projeto elétrico de uma residência tem como finalidade trazer a confiança e segurança do sistema através do planejamento das cargas elétricas, assegurando a saúde e integridade dos ocupantes, quanto à utilização de equipamentos, evitando perdas de energia, curto-circuito ou até queima de equipamentos durante uma queda de energia.

A modelagem do projeto elétrico foi iniciada após a importação dos modelos de arquitetura e o vínculo com o projeto estrutural e hidrossanitário, para compatibilização.

Mas antes de iniciar o lançamento do projeto elétrico, foi necessária a conferência de alguns itens para trazer o conforto e segurança à residência, foi estudada a concepção arquitetônica e ambientes para o lumino técnico, projeto hidrossanitário e volumetria estrutural.

Após as conferências realizadas, iniciou-se o lançamento da rede elétrica, especificando as iluminações, tomadas, quadros elétricos, cargas, disjuntores, conduítes e fiações, por meio da realização dos diagramas unifilares e multifilares, de acordo com os ambientes, equipamentos.

Figura 11 – Instalações elétricas. a) Planta baixa da instalação elétrica. b) Perspectiva de lançamento da instalação elétrica



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

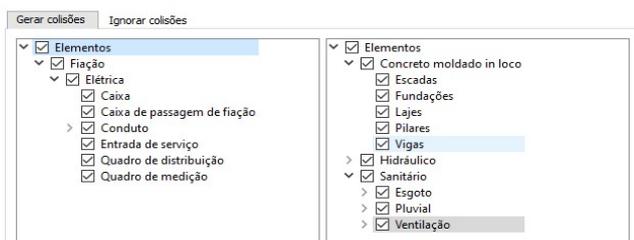
A norma vigente de instalações elétricas de baixa tensão utilizada foi a NBR 5410/2004 (ASSOCIAÇÃO..., 2004).

2.1.5 Compatibilização

A compatibilização de projetos pode ser direcionada a um profissional contratado, exclusivo para fazer este serviço, ideal para quando há vários profissionais e empresas envolvidas em disciplinas distintas no mesmo empreendimento. Nos casos em que o escritório contratado é responsável por todos os projetos da edificação (circunstância deste estudo de caso), todos os profissionais são responsáveis por checar as interferências durante a modelagem. Caso alguma interferência seja identificada, o responsável por fazer o acerto é notificado para realizar os ajustes necessários.

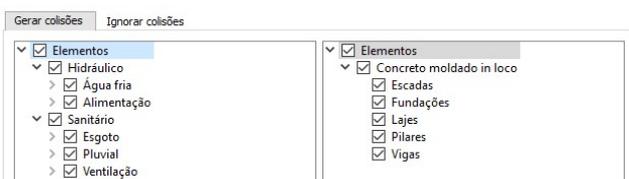
Após a modelagem das disciplinas de elétrica e hidrossanitário, ambas foram compiladas com o estrutural no mesmo arquivo para compatibilização. A ferramenta para fazer o *clash detection* permite verificar as interferências por elementos, disciplinas ou *links* a serem utilizados. Para ajudar, uma tabela foi importada entre os elementos compatibilizados (Figuras 12 e 13).

Figura 12 – Elementos compatibilizados: elétrica vs. estrutural e hidrossanitário



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Figura 13 – Elementos compatibilizados: hidrossanitário vs. estrutural



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Após os elementos selecionados, um relatório de interferências é gerado, onde é possível identificar os elementos incompatíveis. Em contratempo, o relatório apresenta uma quantidade excessiva de conflitos, pois não há uma regulação para evitar falsos negativos. Cabe ao profissional responsável pela compatibilização, analisar e filtrar os resultados nos locais onde realmente é necessário fazer uma intervenção.

Segundo Krieger (2013, *on-line*), “há uma diferença entre uma boa modelagem e modelagem perfeita”, pois seguir o relatório (*clash detection*) ocasiona em perda de muitas horas de trabalho, contrariando os princípios do BIM de economia de tempo.

Os ajustes das interferências detectadas devem ser realizados no modelo de compatibilização da disciplina, em seguida, o *status* do *clashdetection* deve ser atualizado para concluído.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nas próximas seções, serão apresentadas a análise e os números relacionados ao mesmo projeto, utilizando a plataforma BIM em um espaço de 3 anos, como já especificado. Num primeiro momento, apresenta-se a interferência detectada, atualmente, no projeto e, num

segundo momento, os dados apresentados no projeto da época (no início da implantação da plataforma BIM no escritório, unidade concedente de estágio).

3.1 INTERFERÊNCIAS DETECTADAS (CLASH DETECTION), ATUALMENTE, NO PROJETO (PLATAFORMA BIM) ANALISADO

Na segunda análise do projeto, com a evolução do modelo anterior de desenho de projetos da plataforma BIM, os projetos foram compatibilizados de acordo com a tabela de elementos e disciplinas. Depois de gerado o relatório automático do programa, foi analisada cada incompatibilidade individualmente, e realizados os ajustes necessários. Durante o processo de modelagem, a edificação pode ser vista por outras perspectivas que possibilitam a identificação de conflitos, antes mesmo de o relatório de detecção de conflitos ser gerado.

É necessário salientar que a compatibilização deste estudo foi realizada através de elementos sólidos e que no processo de compatibilização deve-se considerar a incompatibilidade de desenhos, símbolos padrões e sistemas para evitar problemas de execução durante a leitura de informações.

Nesta pesquisa, o relatório automático (*clash detection*), detectou 282 colisões (Quadro 2), o tempo de análise de item a item durou, aproximadamente, 2 horas, a maioria deles ocasionados pelo falso negativo, onde o *software* identifica conexões e as considera incompatíveis, relatando o erro. Os primeiros projetos compatibilizados foram a partir de modelo elétrico, posteriormente, o hidrossanitário, analisadas as incompatibilidades entre si e com o projeto estrutural.

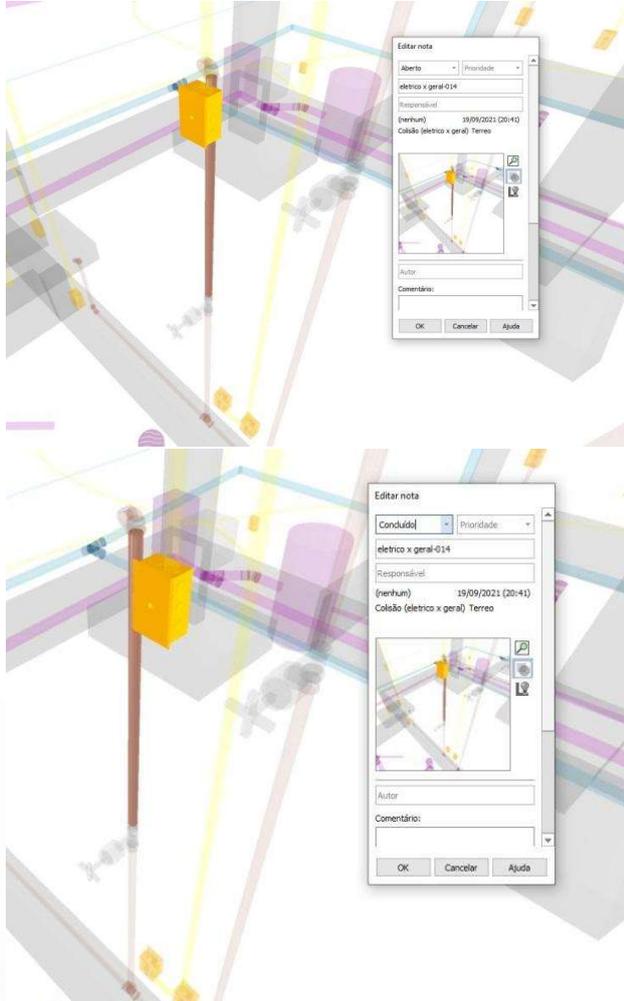
Quadro 2 – Incompatibilidades detectadas

Incompatibilidade entre disciplinas	Nº colisões
Elétrico x Hidrossanitário	8
Elétrico x Estrutural	0
Hidrossanitário x Estrutural	3
Falsos negativos Elétrico x Estrutural	184
Falsos negativos Elétrico x Hidrossanitário	4
Falso negativos Hidrossanitário x Estrutural	83

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Após análise das colisões, foi necessário fazer os ajustes no projeto e marcar a nota de colisão como concluída, desta forma todos os envolvidos conseguem visualizar que a nota foi resolvida. Foram identificadas 192 incompatibilidades entre o projeto elétrico e estrutural, sendo oito corrigidas e 184 falsos negativos. Isto ocorreu devido ao *software* identificar os condutos correndo por dentro das lajes e vigas como interferência. Entre o projeto elétrico e hidrossanitário foram detectadas oito interferências, todas corrigidas, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Incompatibilidade detectada ajustada Elétrico x Hidrossanitário

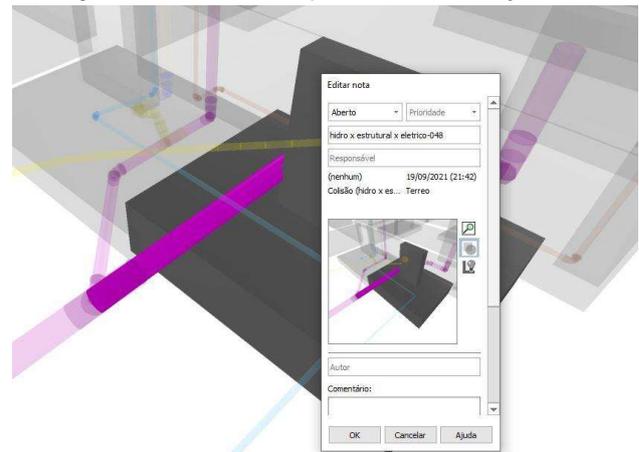


Fonte: dados da pesquisa, 2021.

Entre os projetos hidrossanitário e estrutural foram localizadas 86 incompatibilidades, sendo três corrigidas e 83 falsos negativos. Isto ocorreu porque houve 83 detecções de elementos que precisam prever furações no projeto estrutural, para passagem de tubulações e ralos sifonados. Desta forma,

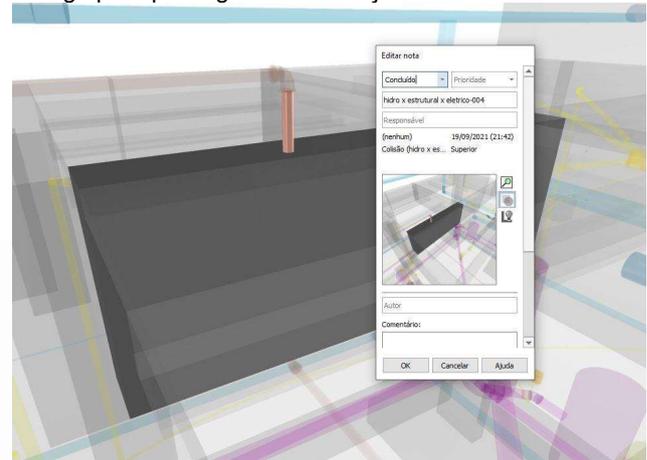
seria necessário repassar as incompatibilidades e notas para o projetista estrutural prever as furações e reforços. Importante ressaltar, novamente, que o projeto estrutural foi desenvolvido pelo projetista estrutural da unidade concedente de estágio, e utilizado apenas para fins de compatibilização e interoperabilidade, por não afetar os objetivos da pesquisa e o tempo disponível.

Figura 15 – Incompatibilidade Hidrossanitário x Estrutural, tubulação interferindo na sapata detectada e ajustada



Fonte: dados da pesquisa, 2021

Figura 16 – Falso negativo Hidrossanitário x Estrutural, item pendente ao projetista estrutural para prever furação na viga para passagem da tubulação



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

3.2 INTERFERÊNCIAS DETECTADAS NO PROJETO DESENVOLVIDO NO INÍCIO DA IMPLEMENTAÇÃO BIM NA UNIDADE CONCEDENTE DE ESTÁGIO – HÁ 3 ANOS

O projeto foi desenvolvido, inicialmente, em uma ferramenta tradicional de desenho, há 3 anos. Na época, a empresa estava implantando

a tecnologia BIM, mas não havia gerado o relatório de interferências. Agora, o mesmo projeto foi modelado e o número de interferências foi analisado. Para esse projeto inicial, o relatório automático (*clash detection*) detectou 419 colisões (Quadro 3), e o tempo de análise de item a item durou aproximadamente 3 horas.

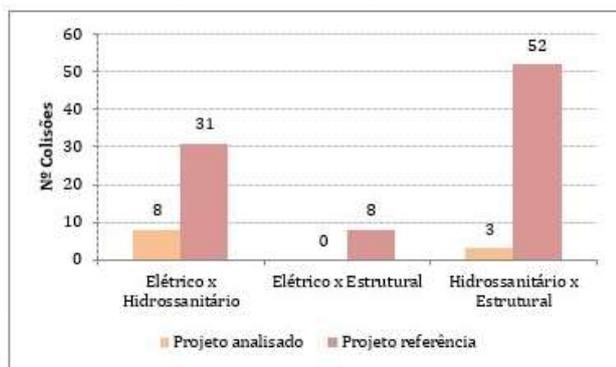
Quadro 3 – Incompatibilidades detectadas

Incompatibilidade entre disciplinas	Nº colisões
Elétrico x Hidrossanitário	31
Elétrico x Estrutural	8
Hidrossanitário x Estrutural	52
Falsos negativos Elétrico x Estrutural	216
Falsos negativos Elétrico x Hidrossanitário	31
Falso negativos Hidrossanitário x Estrutural	81

Fonte: dados da pesquisa, 2021.

O Gráfico 1 demonstra o comparativo de incompatibilidades detectadas, quando se implantou a plataforma BIM no escritório de projetos, com o mesmo projeto analisado recentemente, para desenvolvimento deste artigo.

Gráfico 1 – Comparativo de incompatibilidades detectadas



Fonte: dados da pesquisa, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo foi apresentar como a ferramenta BIM possibilita um aumento de produtividade e qualidade na construção civil, por meio da compatibilização de projetos complementares de uma residência unifamiliar. O objetivo foi alcançado após o desenvolvimento de todas as etapas de modelagem da edificação. Foi possível comparar o número de interferências de compatibilidade de um projeto no intervalo de 3 anos - o projeto elaborado no início da

Após a remodelagem do projeto em plataforma BIM (com as técnicas adquiridas durante o período de transição), analisados os dados e comparados com o início da implantação BIM, comprova-se que os próprios projetistas estão analisando o projeto durante o próprio desenvolvimento, visto que se trabalha com volumes, e muitas incompatibilidades são percebidas em tempo real de trabalho.

Vale ressaltar, por fim, que a plataforma BIM é uma evolução do modelo anterior de desenho de projetos, e, atualmente, a própria modelagem na plataforma já conduz o projetista a uma maior eficiência de trabalho, reduzindo tempo, custos de retrabalho, resíduos de materiais e maior qualidade no produto final, como pode ser detectado através dos números apresentados, quando comparadas as seções 4.1 e 4.2 deste estudo.

implantação da plataforma BIM no escritório e agora, após todo esse intervalo de tempo.

No início da implantação BIM, o relatório de interferências do projeto detectou 419 colisões, e o tempo de análise de item a item durou, aproximadamente, 3 horas. Com a remodelagem do projeto na plataforma BIM, o relatório de interferências do projeto detectou 282 colisões, e o tempo de análise de item a item durou, aproximadamente, 2 horas. O resultado demonstra que os escritórios de projetos estão

desenvolvendo projetos mais eficientes, com menos desperdício de material e em menos tempo de trabalho.

A análise das interferências foi fundamental para identificar a relevância das detecções. Todo o processo foi realizado minuciosamente, cada item detectado no relatório foi verificado, afinal, nem toda interferência é uma incompatibilidade. No projeto elaborado no início da implementação BIM detectou-se 328 falsos negativos, já após a remodelagem, 271 falsos negativos foram encontrados.

Além de detectar as interferências, a modelagem em 3D possibilitou a visualização de interferências antes mesmo do relatório ser gerado, facilitando as ações no intuito de resolver os problemas encontrados.

Diante do exposto, acredita-se que para um aumento de qualidade e mais eficiência de

um projeto utilizando a metodologia BIM, é necessário: a) que haja uma mudança de pensamento de todos os envolvidos quanto a sua utilização; b) durante o processo projetual, que todos os envolvidos estejam engajados e acreditem que a compatibilização através da metodologia BIM é necessária; c) compreensão de que a etapa do projeto é fundamental para que durante a sua execução não seja necessário aguardar por alguma solução, devido a algum problema inesperado; d) acreditar que é o melhor método para desenvolvimento das ações, pois não atrapalha o fluxo de trabalho dos mesmos; e) compreensão de que os programas vão além da modelagem arquitetônica tradicional; f) entendimento do conceito para utilização de todos os recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BIBLUS. **O que é um modelo IFC? Que relação tem entre BIM e IFC?** 2017. Disponível em: <https://biblus.accasoftware.com/ptb/o-que-e-um-modelo-ifc-que-relacao-tem-entre-bim-e-ifc/>. Acesso em: 4 out. 2021.

BIMMDA. **O que é o BIM e o que não é o BIM**. [s.d.]. Disponível em: <https://bimmda.com/pt/o-que-e-o-bim-e-o-que-nao-e-o-bim>. Acesso em: 07 out. 2021.

BONATTO, H. **A adoção da modelagem da informação da construção (Building Information Modeling – BIM) no projeto de Lei N° 1292, de**

1995. ONLL – Observatório da nova lei de licitações, [S./], 06 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – Estratégia BIM **BR**, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. **Diário Oficial da união**, Brasília, 2 abr. 2020.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. v. 1. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras. Brasília: CBIC, 2016.

CHECCUCCI, É. de S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM A. L. Colaboração e Interoperabilidade no contexto da modelagem da informação da construção (BIM). *In: XV CONGRESO SIGRADI, 15., 2011* – Congreso de La Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Santa Fé, Argentina, 2011.

CONSTRUDIGITAL: inovação tecnológica na construção. Conferência 19, São Paulo, Mapa da obra, out., 2019.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de Bim**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores [recurso eletrônico]. Tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.* Revisão técnica: Eduardo Toledo Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERRAZ, M.; MORAIS, R. **O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.

GONÇALVES JR., F. de A. A. **Os processos de compatibilização de projetos na construção civil e o BIM**. Mais Engenharia, [publicado em 9 de jun. 2018]. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/os-processos-de-compatibilizacao-de-projetos-na-construcao-civil-e-o-bim/>. Acesso em: 07 out. 2021.

KRIEGER J. **My BIM journey – 6 lessons from a BIM/VDC expert**. New York Avenue: AIA – The American Institute of Architects, 2013. Disponível em: <https://www.bdcnetwork.com/my-bim-journey-6-lessons-bimvdc-expert>. Acesso em: 2 out. 2020.

LEUSIN, S. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM**. São Paulo: GEN LTZ, 2020.

MARSICO, Matheus Lamas *et al.* Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41, 2017.

MARTINI, G. BIM e as Políticas Públicas do Brasil. **Blog GMartine Engenharia**, 2018. Disponível em: <https://www.gmartineengenharia.com/single-post/2018/03/10/bim-e-as-politicas-p%C3%BAblicas-do-brasil>. Acesso em: 06 out. 2021.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

OLIVEIRA, A. F. **Gerenciamento/Coordenação de projetos através do BIM 4D**: (BIM – BuildingInformationModeling). Caruaru, 2015. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Centro Universitário do Vale do Ipojuca, Caruaru, 2015.

OLIVEIRA, M.; FREITAS, H. Melhoria da qualidade da etapa de projeto de obra de edificação: um estudo de caso. *In*: ENANPAD, ANPAD, Produção Industrial e de Serviços, 21., 1997, Angra dos Reis/RJ. **Anais [...]**. Angra dos Reis/RJ, 1997. 15 p.

PEREIRA, A. P. C. **Modelagem da informação da construção na fase de projeto**: proposta de plano de execução BIM para a SUMAI /UFBA. 2017. 332 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

SANTOS, E. T. Building Information Modeling and Interoperability. *In*: **Sociedad Ibero Americana de Gráfico Digital**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2009.

SENA, T. S. de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 81 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SOLANO, R. da S. Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: Método das dimensões possíveis e fundamentais. **XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção** – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 out. a 01 de nov. de 2005.