MODELAGEM E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR POR MEIO DA METODOLOGIA BIM

Eduardo Bado;
Vivian Siffert Wildner

RESUMO: O BIM (Modelagem da Informação da Construção) já é uma realidade no Brasil, e sua implementação se torna mais relevante, pois o governo federal aprovou o decreto 10.306/2020, que estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública. A metodologia BIM traz inúmeras vantagens para o setor da construção, dentre elas está a compatibilização de projetos. O presente estudo tem o objetivo de realizar a modelagem e a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico de uma residência unifamiliar localizada na cidade de Guabiruba – SC, por meio da metodologia BIM. As modelagens dos projetos foram realizadas através do software Autodesk Revit®, em seguida, foram feitas as verificações de incompatibilidades entre os projetos por meio do software Autodesk Navisworks®. A modelagem 3D possibilitou realizar cortes e vistas automaticamente, encontrar incompatibilidades e alterá-las durante a modelagem, além de possibilitar extrair quantitativos de materiais. A compatibilização dos projetos evita perdas de tempo e possibilita economia de materiais durante a execução da obra, e com isso diminui os custos finais do empreendimento. A verificação de interferências no software Navisworks® mostrou ser confiável e ágil por detectar automaticamente todas as colisões geométricas entre os elementos, porém foram identificadas várias interferências irrelevantes, cabendo ao projetista verificar e identificar as que necessitam alterações. Após a análise final, foram identificados 13 conflitos relevantes para o projeto analisado e foram apresentadas propostas de solução.

PALAVRAS-CHAVE: BIM. Compatibilização. Modelagem. Projetos. 3D.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com um relatório realizado pelo International Data Corporation (IDC) encomendado pela Autodesk®, o Brasil é o país mais atrasado e com o menor nível de maturidade em relação aos outros países analisados, se tratando da adoção de tecnologias como Big Data, Inteligência Artificial e modelagem 3D (AUTODESK, 2020).

Uma pesquisa publicada em 2020 desenvolvida pela Sienge (2020) mostrou que apenas 38,4% das empresas e profissionais autônomos da construção civil entrevistados utilizam a metodologia BIM. Desta forma, o processo projetual predominante ainda é baseado em projetos 2D, por meio das ferramentas CAD (*Computer-Aided Design*), onde a compatibilização de projetos é realizada pela sobreposição manual dos desenhos 2D.

Além disso, um estudo realizado por De Paula et al. (2017) teve o objetivo realizar uma revisão sistemática das referências, nacionais e internacionais sobre o uso do BIM no desenvolvimento de projetos. Assim, as buscas dos estudos do país foram realizadas em bases de publicações nacionais de periódicos, e foi constatado que de todos os trabalhos encontrados, a área que apresentou uma maior lacuna de estudo é na compatibilização de projetos.

É uma realidade para a indústria da construção civil, a importância da plataforma BIM, especialmente levando em consideração políticas públicas e privadas, de modo que o decreto Federal, N° 10.360/2020, designou que os projetos de obras públicas deveriam começar a ser entregues em arquivos elaborados em BIM, a partir de janeiro de 2021.

A etapa de compatibilização no planejamento de uma obra de engenharia é de extrema importância e a metodologia BIM pode aprimorar, beneficiar e inibir inexatidões durante esta fase. A compatibilização é formada por uma série de projetos multidisciplinares e no final do seu processo de desenvolvimento, isto é, antes de ir para o canteiro de obras, necessitam estar em harmonia entre si.

O presente artigo tem como objetivo realizar a modelagem e a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico de

uma residência unifamiliar por meio da metodologia Modelagem da Informação da Construção (BIM).

O presente trabalho irá focar na utilização das ferramentas BIM na modelagem 3D e na compatibilização dos projetos. O estudo limita-se em realizar a modelagem de uma edificação no software da Autodesk Revit®, a qual foi projetada utilizando a ferramenta CAD e já se encontra aprovada pelos órgãos públicos competentes. Neste contexto, o foco não foi verificar os dimensionamentos dos projetos com as Normas Técnicas Brasileiras. Posteriormente, a etapa de compatibilização ocorre com a inserção de todos os projetos modelados no software Autodesk Navisworks®, na qual o software irá verificar automaticamente todas as interferências entre os elementos 3D dos projetos, indicando as incompatibilidades para serem corrigidas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados referenciais bibliográficos sobre a metodologia BIM. Aborda-se as definições da metodologia BIM, abordando as suas principais características e demais conceitos relacionados ao tema.

2.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETO

Por volta da década de 60, houve o crescimento do mercado imobiliário, bem como também, os escritórios de projetos que antes abrangiam todo o processo de criação e passaram a focar em áreas exclusivas como arquitetura, estrutura e instalações (GRAZIANO, 2003). Logo, segundo Costa (2013), com o passar do tempo, o conhecimento entre os envolvidos se especializou cada vez mais em suas áreas, fazendo com que seu conhecimento generalizado fosse se perdendo. Em consequência, foram destacando-se a incompatibilidade nos projetos que somente eram identificados em obras.

Os custos da compatibilização podem representar de 1% a 1,5% do custo da obra. Porém, a economia em despesas é de 5% a 10% equivalente a este custo. Esta

economia é gerada correspondente à economia de tempo, redução de desperdício e eliminação de retrabalho (SANTOS, 2013).

Desta maneira, além da forma tradicional existem metodologias e tecnologias que agilizam o processo de compatibilização de projetos na construção civil, possibilitando a detecção de interferências entre disciplinas de forma mais direta e precisa. A forma mais tradicional é a sobreposição manual dos desenhos CAD 2D, ou seja, colocar um projeto em cima do outro para verificar alguma desconexão. Porém, com o avanço tecnológico, passou-se a utilizar a ferramenta 3D, onde através de ferramentas específicas pode ser detectado a incompatibilidade em disciplinas diferentes de um projeto, como elétrica, hidráulica, arquitetônica e outras (SOUZA E LIMA, 2021).

2.2 BIM (MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO)

Em 1974 surgiram as primeiras teorias sobre modelação de dados de produtos de construção, designadas pelo Professor Charles M. Eastman que cria o conceito *Building Product Model* (BDS), em português, Sistema de Descrição da Modelagem (CHELSON, 2010).

Com o passar dos anos, os conceitos sobre o BDS foram evoluindo até chegar na metodologia BIM. O termo *Building Information Modeling* (BIM), cuja tradução, remete à Modelagem de Informação da Construção, foi empregue pela primeira vez pelo arquiteto e consultor da Autodesk®, Phil Bernstein (BARBOSA, 2014). Em seguida, Jerry Laiserin, uma analista da indústria da construção, popularizou o termo para a representação digital dos processos de construção. A primeira aplicação dos princípios BIM esteve presente na aplicação ArchiCAD®, produzida em 1987 pela empresa Graphisoft® sob o conceito de "Virtual Building" (TARRAFA, 2012).

Na região de Brusque, pode-se citar a Estação de Tratamento de Água (ETA) Cristalina, cujo projeto foi todo desenvolvido em BIM. De acordo com o Anuário BIM Infraestrutura de Santa Catarina (2022), o projeto desenvolvido em Brusque englobou toda a infraestrutura da ETA, como a captação e adução de água, tubulações de saída da água tratada, projeto executivo da estação e até mesmo a instalação de placas

solares e subestação de energia e geradores. O projeto teve seu início no ano de 2019 e conclusão em 2021.

A escolha da melhor alternativa foi realizada com base em critérios técnicos, ambientais, econômico-financeiros e operacionais, logo, todo projeto executivo da ETA Cristalina foi executado em BIM. Além disso, as análises de incompatibilidades entre as estruturas, foram avaliadas nos modelos em BIM (ANUÁRIO BIM INFRAESTRUTURA, 2022). Na Figura 1 pode ser observado uma vista renderizada da estação de tratamento.

Figura 1 - Vista 3D da Estação de Tratamento de Água Cristalina

Fonte: Anuário BIM Infraestrutura de Santa Catarina (2022).

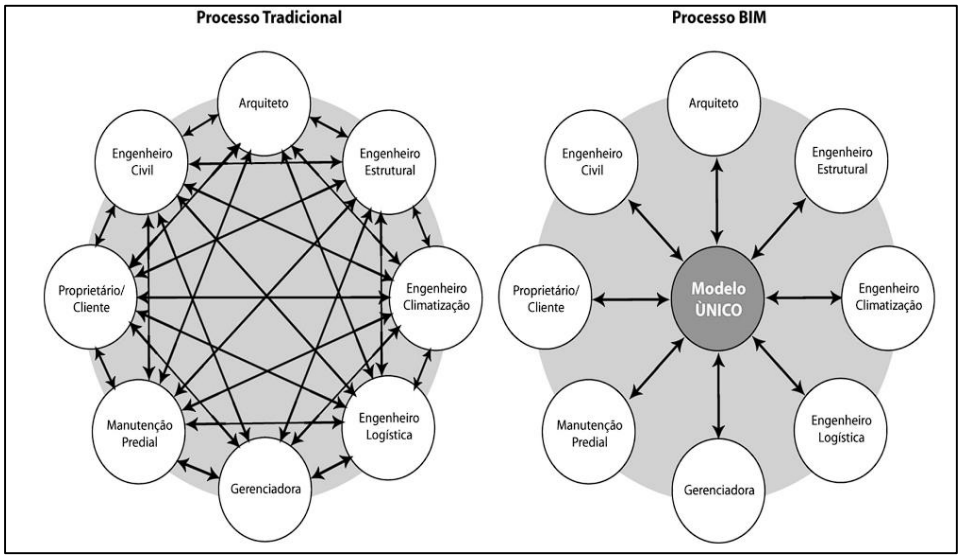
Com base na criação de um modelo 3D, o BIM é a metodologia na qual é usado para que contenha todos os projetos referentes a construção de uma obra, de maneira que intervenha na otimização dos projetos, que possa ser compartilhado pelas equipes do planejamento, na documentação do mesmo, no desenvolvimento e execução de obra (AUTODESK, 2017).

Jernigan (2008), alega que os sistemas BIM lidam com um modelo único, de modo paramétrico. Assim sendo, não é mais sequencial o processo de projeto, todas as elaborações e alterações das disciplinas estão interligadas, de modo a providenciar a facilidade e agilidade nas fases de edificações, não existindo as etapas separadas.

Segundo Barbosa (2014), o objetivo do mesmo, é regressar o projeto comum a todas as especialidades, revogando o conceito de diversos projetos separados. Esta metodologia condiz na criação de um modelo virtual, a qual entre muitas outras capacidades, consente o compartilhamento de informação entre todos os intervenientes e fases do projeto.

Na Figura 2 é ilustrada a diferença na troca de informação das disciplinas de um projeto entre a metodologia tradicional e a metodologia BIM. No processo tradicional essa troca ocorre de forma cruzada, passando de um projetista para o outro e para qualquer alteração seria necessário encaminhar novamente o projeto. No processo BIM todo processo ocorre em um modelo único, permitindo que diferentes pessoas trabalhem simultaneamente no projeto, e as alterações são atualizadas automaticamente nesse modelo.

Figura 2 - Processo BIM como contraponto ao processo tradicional



Fonte: GOES e SANTOS (2011).

É de suma importância referir-se que o conceito BIM é sobreposto não apenas à fase de projeto, mas do mesmo modo, à fase de construção. Um modelo BIM pode ser extraído de maneira automatizada todos os desenhos ou outros elementos de apoio relativos a uma tarefa específica e a visualização do processo construtivo a partir do perspectivo modelo em obras. A metodologia acaba tornando o processo de construção mais objetivo e com mais clareza, para além de representar uma forma de

comunicação com a equipe de projeto. Tendo como exemplificação, as mudanças não previstas podem ser rapidamente averiguadas com base no modelo virtual do edifício e reajustadas em colaboração com os vários intervenientes no projeto (CHELSON, 2010).

Contudo, de acordo com Eastman et al. (2014), para que a adoção da metodologia BIM tenha sucesso é preciso que haja fundamentação na modelagem paramétrica e na interoperabilidade.

A modelagem paramétrica é feita com base em objetos paramétricos. Sendo assim, são aqueles construídos através de seus parâmetros e suas regras. Esta modelagem não equivale objetos com geometria fixa, mas caracteriza por propriedades e parâmetros definidos. Os parâmetros podem ser diferentes objetos com relações em si, permitindo que o sistema atualize de forma automática em todo o projeto quando o objeto for modificado (EASTMAN et al., 2011).

Segundo Papadopoulos (2014), a interoperabilidade caracteriza a aptidão de transmissão de dados entre aplicações, permitindo que todos envolvidos no projeto possam trabalhar de forma conjunta.

Segundo Deritti (2017), o fato de existirem muitos softwares para as variadas disciplinas e propósitos, pode fazer acarretar em formatos nativos diferentes para compatibilização, tornando-a inviável. Assim, para que essas compatibilizações ocorram de maneira eficiente, os projetistas devem trabalhar com seus arquivos em uma mesma extensão que é o IFC.

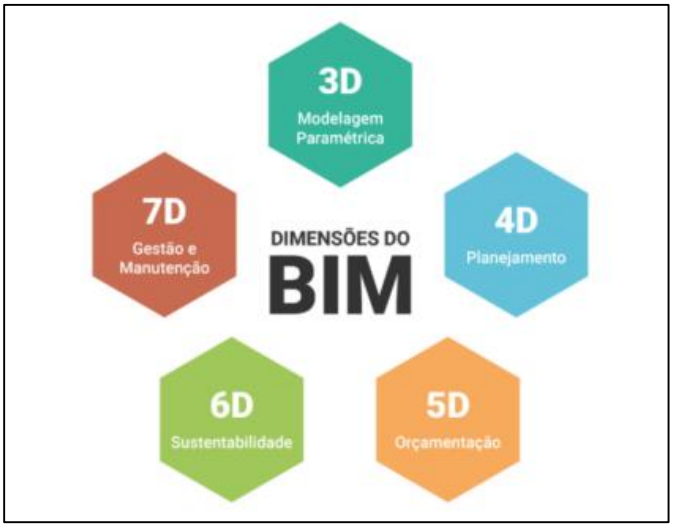
2.3 DIMENSÕES DO BIM

Projetos em BIM são baseados em diferentes divisões ou etapas de aplicação, sendo elas conhecidas como as diferentes dimensões dos processos BIM.

Assim sendo, quanto mais dimensões tiver o modelo, maiores serão os tipos de referências possíveis de serem modeladas a partir delas, tomando cabíveis decisões mais detalhadas a acertáveis (CAMPESTRINI et al., 2015). A Figura 3 ilustra as diferentes dimensões existentes nos processos BIM, sendo elas: a modelagem

paramétrica (3D), planejamento (4D), orçamentação (5D), sustentabilidade (6D) e a gestão e manutenção (7D).

Figura 3 - Dimensões do BIM



Fonte: Sienge (2020).

2.4 SOFTWARES BIM

Atualmente, existem diversos softwares disponíveis no mercado, onde cada um possui suas características e funções.

Segundo Monteiro et al. (2017), o Autodesk Revit®, considerado um dos principais softwares BIM, oferece recursos para todas as especialidades envolvidas em um projeto, desde ferramentas voltadas para o projeto arquitetônico, até ferramentas para projetos estruturais e de instalações. O Autodesk Revit® é um dos poucos programas no mercado disponível que atualmente oportuniza controle total de um projeto em um único arquivo. Com ele, o projetista tem todo conhecimento do projeto no mesmo ambiente de trabalho, tornando-se muito prático ao fazer alterações em qualquer vista do projeto (LIMA 2014).

O Revit® trabalha com sistemas de famílias para estruturar todos os elementos que compõem o projeto, como famílias de lajes, portas, paredes, janelas, entre outros. Todos estes elementos são elementos paramétricos, assim sendo, quaisquer alterações em seus valores, automaticamente serão alteradas e

representadas tridimensionalmente em todas as vistas do projeto. As Famílias possuem a capacidade de interação entre si, favorecendo a inserção de portas e de janelas em paredes (LIMA, 2014).

Outro software BIM é o Autodesk Navisworks®. De acordo com Vasconcelos (2019), o Navisworks® é o software de coordenação que permite a visualização de modelos e seus respectivos dados. Esta ferramenta procede na centralização das referências de geometria 3D de diversos softwares, concebendo um único modelo. Tem como intuito otimizar a visualização do modelo integrado, possibilitando a identificação de interferências, realização de simulações e, ainda, a aprovação das soluções técnicas projetadas pelas diferentes disciplinas.

2.5 VANTAGENS DO BIM

Uma das principais vantagens do BIM é o trabalho simultâneo em um mesmo modelo, diminuindo significativamente o risco de erro e levando a uma estimativa de custos e a um planejamento mais eficiente, na qual os projetistas podem realizar os cronogramas da obra com precisão ainda na fase de projeto. O BIM leva em consideração todo o ciclo de vida do edifício assim como toda a informação contidas nele (GIEL, 2009).

Para o cliente é fornecido toda a informação do modelo da edificação para futuras reformas, manutenções e até mesmo a análise energética (JOANNIDES, 2011). Além disso, numa fase inicial de conceção do projeto, na qual o dono da obra ou investidor está estudando os custos iniciais de distintas soluções, um projeto BIM que está ligado a uma base de dados de custos, pode oportunizar que este se torne uma excelente ferramenta para determinar os custos da obra (GEE, 2010).

A precisão e a velocidade na produção de relatórios de quantitativos do projeto em qualquer momento permite um controle nos custos de uma construção, diminuindo significativamente o tempo nos processos de orçamentação. A aplicação do BIM permite aos projetistas iniciarem a estimar os custos da obra numa fase inicial do projeto e atualizar eles conforme o projeto vai evoluindo (JOANNIDES, 2011). Ainda, Blanco (2011), afirma que também é possível tornar as estimativas de custo mais

precisas. Uma vez que cada item, insumo e material é quantificado automaticamente pelo software, reduzindo o tempo gasto no trabalho manual e a margem de erro.

Joannides (2011) afirma que outro fator positivo é que os desenhos 2D gerados a partir do modelo 3D são atualizados conforme as mudanças do modelo são realizadas, além disso, permite a geração automática de plantas e cortes a partir da modelagem 3D.

2.6 DESVANTAGENS DO BIM

Dentre as desvantagens que a metodologia possui estão os custos de implantação das ferramentas. Segundo os estudos realizados por Schmitt (2021), os softwares possuem um alto custo de aquisição, inviabilizando que escritórios menores possam implantar a metodologia.

De acordo com Schmitt (2021), outro fator que impacta negativamente é a curva de aprendizado para a utilização dos softwares, onde pode ser necessário investimento em capacitação profissional para se ter um aproveitamento melhor das ferramentas. Ainda, Faria (2007) afirma que o tempo gasto com a aprendizagem pode ser de até um ano, fazendo com que escritórios de projetos percam produtividade nesse período.

Além disso, o problema da interoperabilidade pode ser uma barreira na fase de projeto. A evolução dos softwares e a competição entre as empresas pode tornar difícil a implantação de todas as capacidades em único software. Quando a informação é entregue a partir de softwares incompatíveis com o software utilizado, o tempo adicional necessário para reproduzir a informação necessária pode ser desvantajoso (DALCI, 2014).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste artigo foi adotado a abordagem de pesquisa qualitativa. Os pesquisadores qualitativos buscam entender um fenômeno em seu contexto natural (CRESWELL, 2014). Neste artigo, a proposta do autor é realizar a modelagem e a compatibilização do projeto arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico de uma residência unifamiliar por meio da metodologia Modelagem da Informação da Construção (BIM). Desta forma, a pesquisa se caracterizou como exploratória, visto que ela envolve um estudo de caso e o levantamento bibliográfico sobre um determinado assunto.

Quando aos procedimentos se caracterizou como pesquisa bibliográfica, pelo motivo de ter sido realizado um levantamento de referências sobre o assunto da pesquisa, e também classificada como um estudo de caso por avaliar e observar a relevância da compatibilização em um projeto específico.

Para esta pesquisa foi utilizado um projeto, realizado em CAD, de uma residência unifamiliar térrea com uma área total de 140,80 m², localizado na cidade de Guabiruba, Santa Catarina.

A edificação é composta por uma suíte com closet, dormitório, escritório, banheiro social, cozinha, sala de estar e jantar, área de festa, área de serviço e garagem. Sendo que na sala de estar e jantar possui um pé direito duplo. Na Figura 4 pode ser observada a fachada frontal renderizada da edificação.

Figura 4 - Fachada frontal renderizada da edificação

Fonte: Acervo da Construtora (2022).

Inicialmente realizou-se uma revisão bibliográfica em artigos, sites, livros, dissertações e monografias sobre o tema do estudo, com o propósito de buscar as referências mais recentes sobre a metodologia BIM e as contribuições e vantagens para a construção civil.

Posteriormente, foi realizada a aquisição de todos os projetos da edificação alvo dessa pesquisa, sendo eles o projeto arquitetônico, o estrutural, o de instalações hidrossanitárias e o de instalações elétricas.

Os projetos arquitetônico, hidrossanitário e elétrico foram elaborados por meio da ferramenta CAD, logo, estes foram recebidos em formado DWG. O projeto estrutural foi dimensionado em um software específico para dimensionamento de estruturas, assim, ele foi fornecido em arquivo IFC, dessa forma não necessitou realizar a sua modelagem 3D, pois esse formato já fornece toda sua modelagem.

Para a modelagem 3D dos respectivos projetos foi utilizado como ferramenta o software da Autodesk Revit® 2022, que se encontra disponível gratuitamente para estudantes no site da empresa e também no Centro Universitário de Brusque - UNIFEBE. Buscou-se elaborar todos os projetos conforme o existente, porém,

também procurou-se torná-los exequíveis dentro de um canteiro de obras. Assim, foram alteradas as incompatibilidades encontradas durante a etapa da modelagem e também foram acrescentados elementos inexistentes nos projetos originais, elevando a precisão na busca de incompatibilidades.

Em seguida, para a compatibilização dos projetos modelados, utilizou-se a versão de teste do software da Autodesk Navisworks Manage® 2022, o qual a empresa disponibiliza por 30 dias a versão de testes. Para encontrar as incompatibilidades automaticamente, utilizou-se a ferramenta Clash Detective do Navisworks®. Esta ferramenta realiza uma varredura entre os projetos e identifica colisões geométricas dos elementos dentro do modelo 3D.

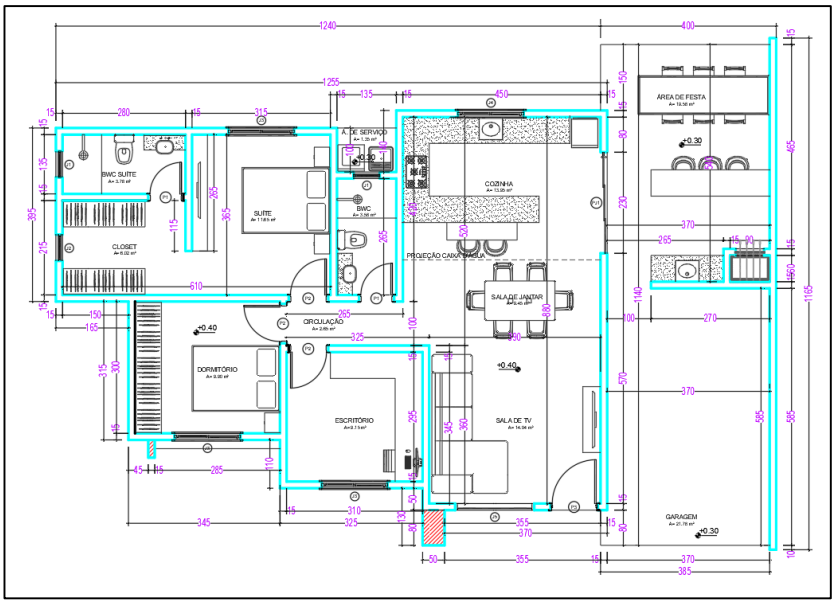
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados alcançados, por meio da pesquisa e da análise dos dados, conforme os objetivos deste trabalho.

4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

Com posse do projeto arquitetônico aprovado se deu início a modelagem através software Autodesk Revit®. A Figura 5 mostra a planta baixa da edificação realizada no CAD.

Figura 5 - Planta baixa do projeto original



Fonte: Acervo da Construtora (2022).

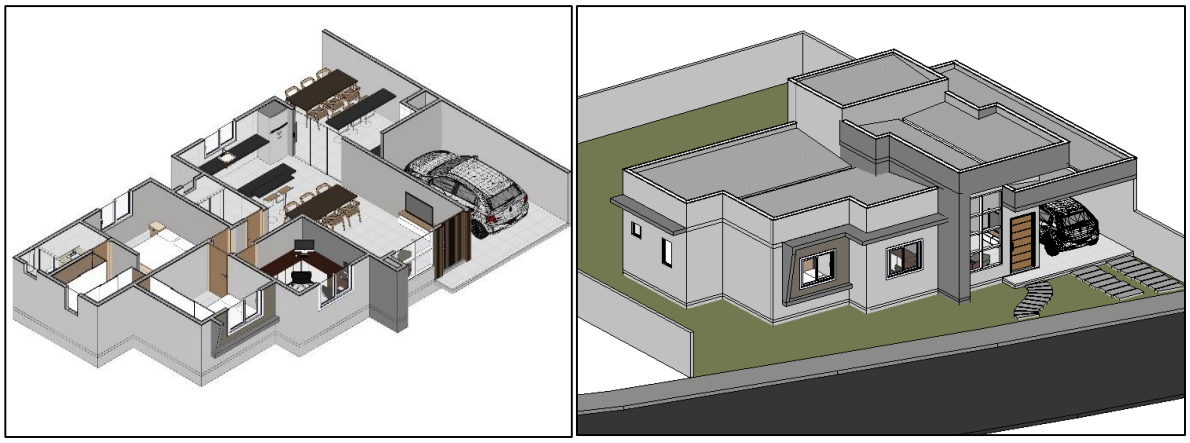
Iniciou-se a modelagem pelas paredes da edificação, após o lançamento das paredes, foram modelados os pisos do pavimento térreo e cobertura, adotando apenas concreto na sua estrutura, isto é, esta etapa tem apenas fins estéticos e sua verdadeira composição se encontra na modelagem estrutural.

Posteriormente foram inseridas as esquadrias da edificação, para as esquadrias foram utilizadas famílias parametrizadas que já se encontram dentro do layout utilizado, assim apenas foi necessário definir suas dimensões.

Para finalizar a modelagem, foram adicionados os demais elementos do projeto arquitetônico, como o telhado de fibrocimento, rufos, móveis, detalhes na fachada, elementos externos, dentre outros. Na Figuras 6 podem ser observado as representações virtuais do projeto arquitetônico da edificação construídas no Revit®, sendo elas: a) vista isométrica do primeiro pavimento e b) modelagem da edificação completa.

Modelagem E Compatibilização De Projetos De Uma Residência Unifamiliar Por Meio Da Metodologia Bim

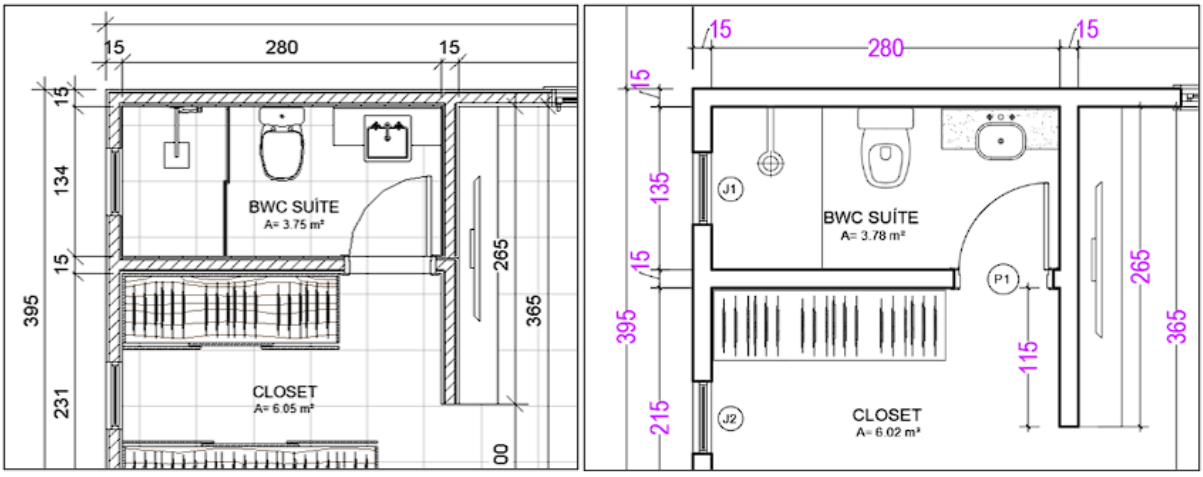
Figura 6 – a) Vista isométrica do pavimento térreo; b) Modelagem 3D



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 7 pode ser observado o detalhamento da planta baixa feito no Revit® com o projeto original desenvolvido no CAD, respectivamente. O detalhamento foi realizado no banheiro da suíte e no closet e na planta baixa feito no Revit® pode ser observado um nível maior de detalhamento, como a representação do corte passando pelas paredes, cerâmica no chão e os equipamentos do banheiro.

Figura 7 – a) Planta baixa no Revit®; b) Planta Baixa em CAD



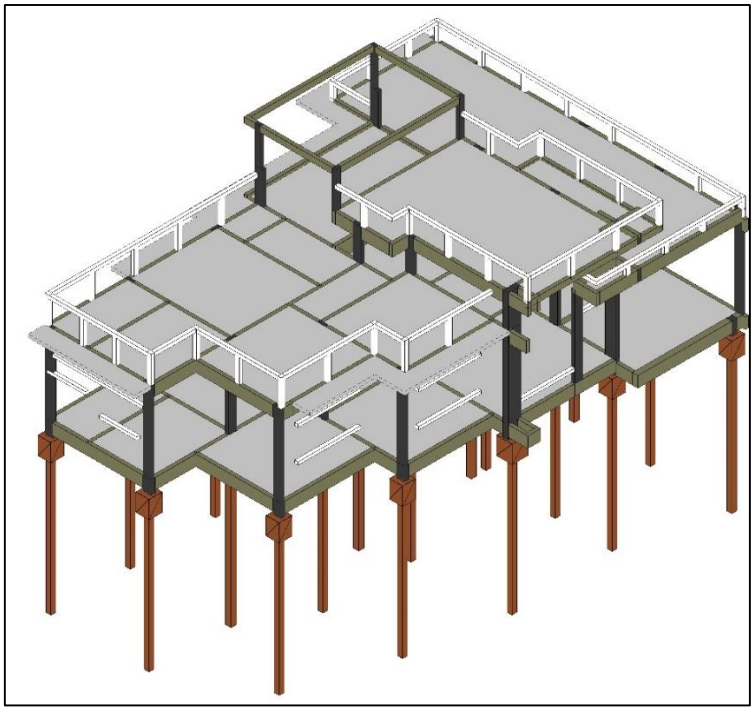
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.2 PROJETO ESTRUTURAL

O projeto estrutural recebido não teve a necessidade de ser modelado, pois durante a sua fase de dimensionamento pelo engenheiro responsável, o software utilizado para os cálculos já gerou um modelo 3D da edificação. Assim, devido a interoperabilidade entre softwares BIM, o arquivo IFC gerado do dimensionamento estrutural foi vinculado ao Revit®.

Após a vinculação do arquivo no Revit® foram necessários alguns complementos no projeto, como a inserção de vergas e contra vergas em janelas e portas e a inserção das cintas de amarração na cobertura, tendo a finalidade de aumentar a exatidão na etapa de compatibilização dos projetos. Assim, a representação final da modelagem 3D do projeto estrutural pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - Vista 3D do projeto estrutural com vergas, contra vergas, cintas de amarração e pilaretes



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

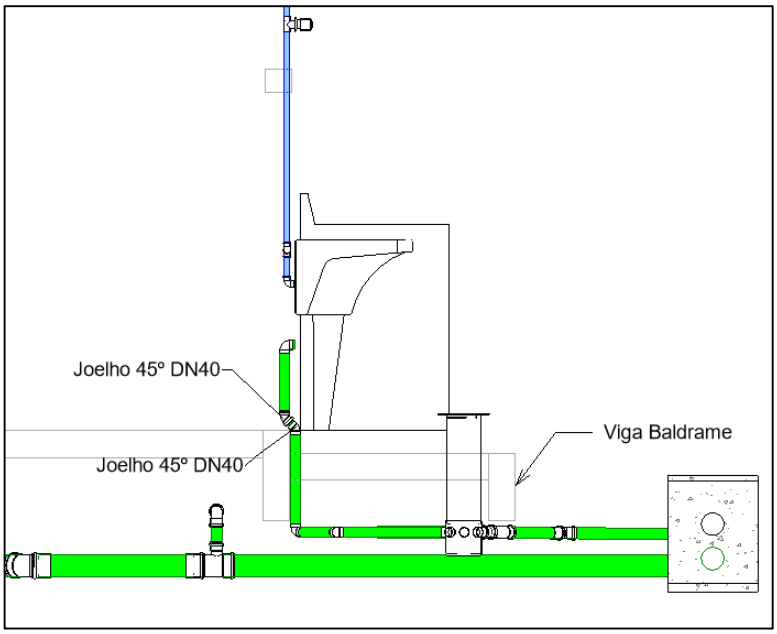
4.3 PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Em continuidade ao estudo, realizou-se a modelagem do projeto hidrossanitário por meio do Revit®, com base no projeto existente em CAD. Com o projeto já existente e aprovado não houve a necessidade de realizar novamente os dimensionamentos, assim, buscou-se seguir o projeto conforme foi elaborado pelo engenheiro responsável.

Primeiramente, se iniciou a modelagem do sistema de água fria da edificação, a qual irá possuir uma caixa de água de 1000 litros, que irá distribuir para os banheiros, cozinha, área de festa e área de serviço.

Seguindo na elaboração do projeto sanitário, todas as tubulações horizontais foram posicionadas abaixo das vigas baldrames para evitar furar os elementos estruturais. Além disso, as tubulações verticais que interceptavam as vigas foram desviadas utilizando joelhos de 45º. Na Figura 9, a tubulação na cor azul representa a ligação de água fria no tanque de lavar roupas, localizada na área de serviço. A tubulação na cor verde simboliza a tubulação de esgoto vindo do banheiro, passando a baixo das vigas baldrames até se conectarem na caixa de inspeção.

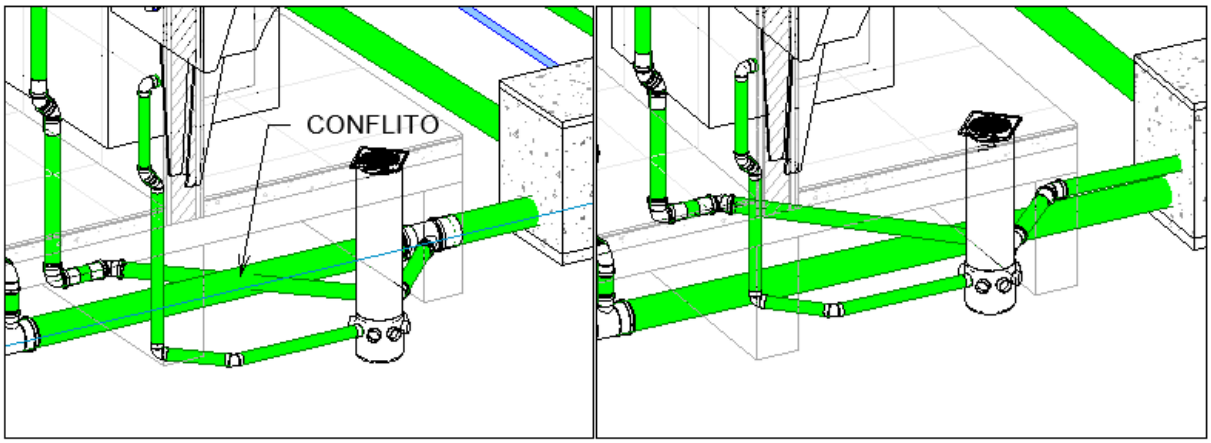
Figura 9 - Desvio das tubulações pelas vigas baldrames



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Durante a elaboração da modelagem já foi possível encontrar incompatibilidades de projeto e fazer seu ajuste, conforme mostrado na Figura 10. Pode-se observar que a primeira imagem possui duas tubulações se colidindo e na segunda imagem, após a alteração dessa incompatibilidade, não há colisão. Para solucionar essa colisão, a caixa sifonada foi ligada direto na caixa de inspeção, fazendo com que a sua altura diminua e a tubulação que estava colidindo passe a cima da outra.

Figura 10 - a) Colisão entre tubulações b) Ajuste da incompatibilidade

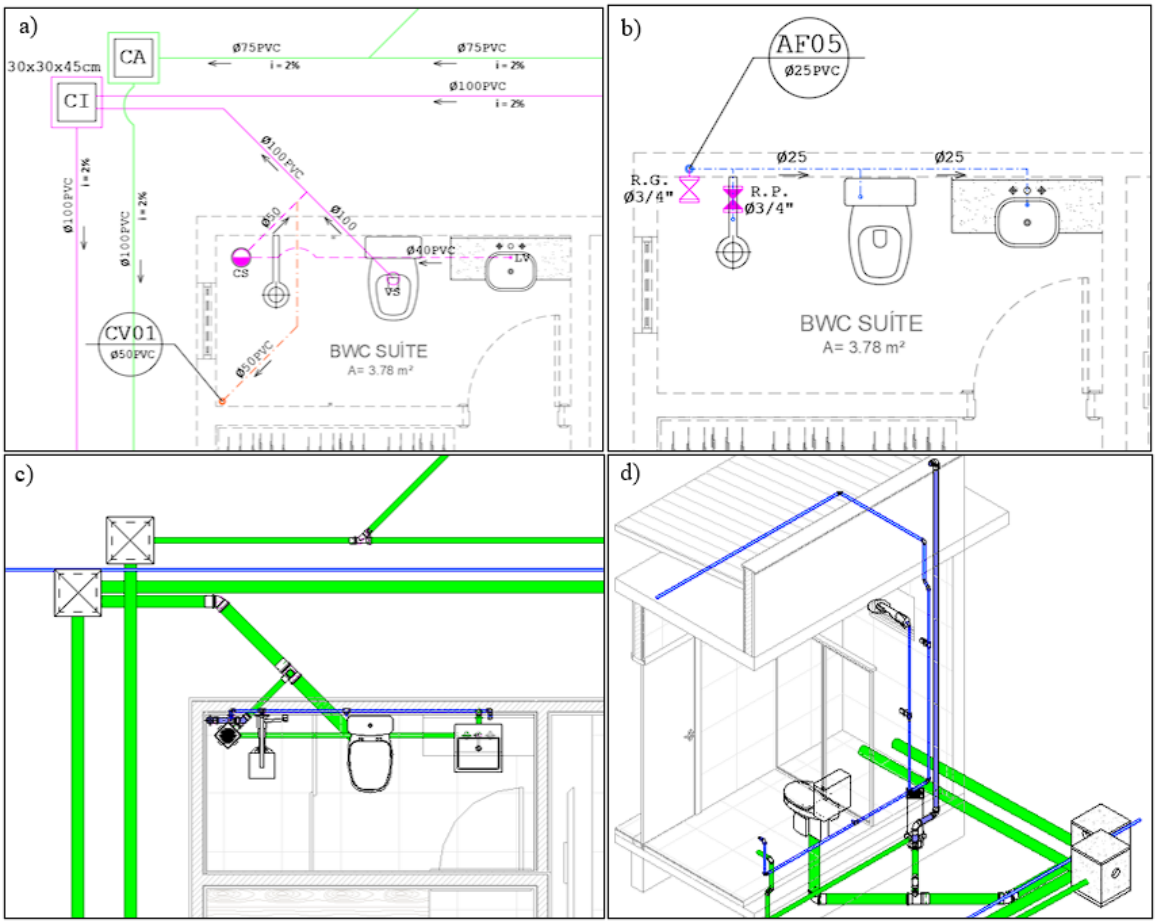


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 11 pode ser observado um comparativo no banheiro da suíte na edificação entre a) o projeto sanitário elaborado no CAD, b) projeto de água fria elaborado no CAD, c) a planta baixa do projeto hidrossanitário no Revit® e d) uma vista 3D desses mesmos sistemas modelados no Revit®. No sistema sanitário em CAD, as linhas na cor magenta representam as ligações de esgoto, no banheiro elas seguem até uma caixa de inspeção (CI), em tubos de 10cm de diâmetro, que depois vão para a fossa e filtro, as linhas verdes simbolizam o sistema de drenagem da água pluvial, sendo que elas estão conectadas por caixas de areia (CA). No sistema de água fria elaborado no CAD, as linhas azuis representam a ligação dos pontos de água nos respectivos aparelhos, foram utilizadas tubulações com diâmetros de 2,5cm.

A modelagem no Revit® é possível visualizar as conexões detalhadas que são utilizadas no projeto, as tubulações de PVC Série Normal estão indicadas na cor verde e representam o sistema sanitário e de água pluvial, as tubulações na cor azul é o sistema de água fria, e, por fim, a tubulação na cor roxa, simboliza a coluna de ventilação do banheiro.

Figura 11 - a) Sistema sanitário em CAD; b) Sistema de água fria em CAD; c) Sistema sanitário e de água fria no Revit®; d) Vista 3D dos elementos



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.4 PROJETO ELÉTRICO

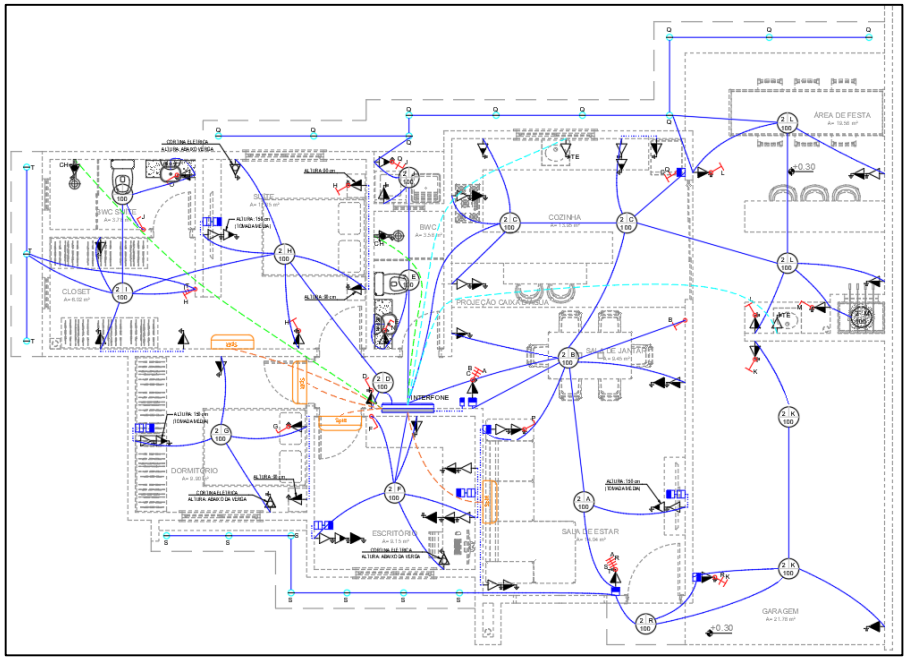
Por fim, realizou-se a modelagem do projeto elétrico, onde todos os elementos elétricos foram lançados e posicionados conforme o projeto original em CAD. Primeiramente foram inseridos todos pontos de luz da edificação, posteriormente

foram colocados os pontos elétricos de acordo com suas respectivas características, como por exemplo, caixas 4x4” ou 4x2”, interruptores simples ou paralelo, tomadas baixas, médias ou altas, conjunto de tomadas com dois pontos, tomadas de uso específico, dentro outras características.

Foram distribuídos os eletrodutos no projeto, sendo que as mangueiras de cor amarela caracterizam a passagem deles pelas paredes. Já os eletrodutos na cor laranja representam a distribuição deles pela laje por possuírem uma resistência maior.

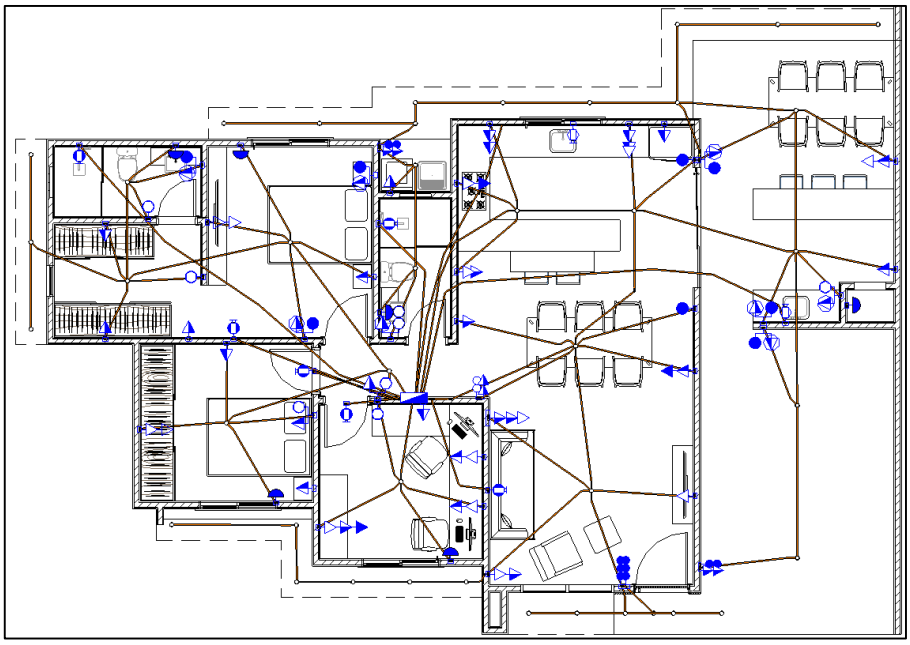
A Figura 12 representa a planta baixa do projeto elétrico original da edificação, já a Figura 13 mostra o projeto realizado no Revit®, ressaltando que as tomadas, interruptores e afins não foram identificados conforme seu respectivo circuito e/ou características, ou seja, foi realizada a modelagem 3D que representa a infraestrutura da construção para a futura passagem de condutores.

Figura 12 - Planta baixa do projeto elétrico em CAD



Fonte: Acervo da Construtora (2022).

Figura 13 - Planta baixa do projeto elétrico no Revit®

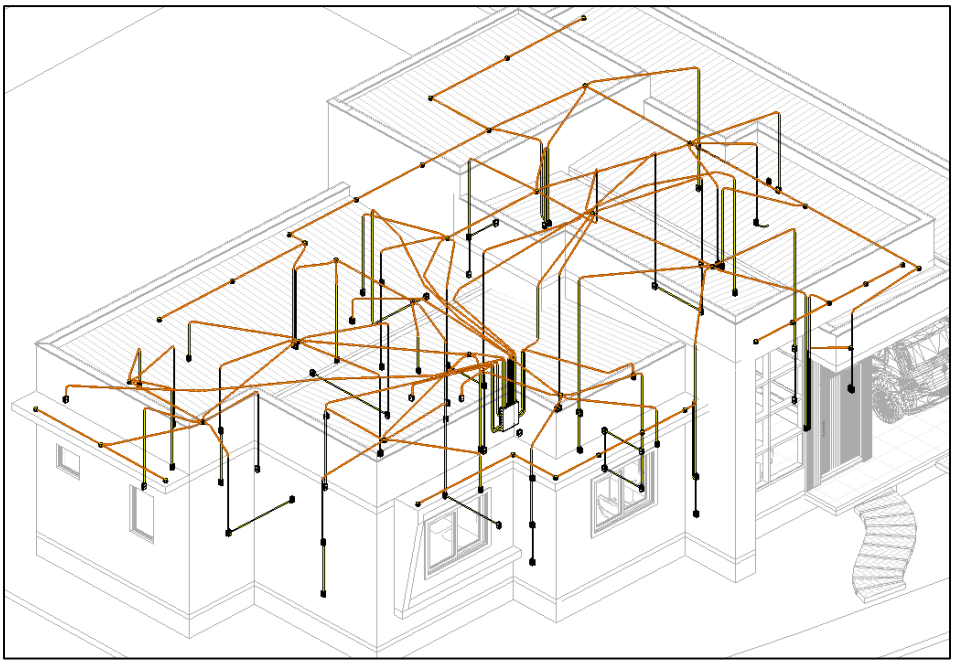


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A tomada de uso específico da torneira elétrica está localizada abaixo da janela, fazendo com que seja necessário desviar por ela, e, posteriormente seguir até o quadro geral. Também é possível observar a distribuição das cores dos eletrodutos, sendo que a cor amarela está sendo distribuído pelas paredes e a laranja pelo teto.

Por fim, a modelagem 3D final do projeto elétrico de toda a residência pode ser observada na Figura 14.

Figura 14 - Modelagem 3D do projeto elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.5 COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS

A compatibilização entre os projetos se iniciou com a exportação de todos os projetos elaborados para o software Autodesk Navisworks Manage® 2022, o qual irá contemplar todos os projetos em um único modelo. Posteriormente, foi realizado a busca de interferências entre os projetos através da ferramenta “Clash Detective”.

Para que todos os projetos possam ser conflitados entre si, foi montada a matriz representada como auxílio para que não haja nenhum equívoco durante as conferências. Foi adotado a abreviação “ARQ” para o projeto arquitetônico, “EST para o projeto estrutural, “HS” para o projeto hidrossanitário e “ELE” para o projeto elétrico. Cada retângulo na cor “verde” representa uma verificação realizada pelo software, totalizando dez verificações.

Após realizar os testes propostos, pode-se verificar que o software detecta uma grande quantidade de conflitos. Na Tabela 1 encontra-se as incompatibilidades encontradas pelo software, onde a coluna “Name” indica as verificações entre os

projetos, conforme o checklist proposto, e a coluna “Clashes” indica as quantidades de colisões entre as disciplinas testadas. Assim, por exemplo, a verificação entre os elementos do projeto arquitetônico (ARQ – ARQ) resultou em 41 conflitos, a verificação entre o projeto arquitetônico e estrutural (ARQ – EST) resultou em 589 conflitos e assim por diante.

Tabela 1 - Incompatibilidades dos projetos geradas pelo Navisworks®

	Name	Status	Clashes
	ARQ - ARQ	Done	41
	ARQ - EST	Done	589
	ARQ - HS	Done	128
	ARQ - ELE	Done	170
	EST - EST	Done	139
	EST - HS	Done	36
	EST - ELE	Done	342
	HS - HS	Done	15
	HS - ELE	Done	1
	ELE - ELE	Done	17

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Neste contexto, a maioria dos conflitos são irrelevantes para o projeto, pois a grande parte das interferências identificadas trata-se de colisões por conta da modelagem, como, por exemplo, a colisão entre paredes e vigas, janelas e paredes, conduítes e vigas, dentre outros. Desta forma, para evitar que este tipo de incompatibilidade ocorra é possível selecionar os elementos que serão verificados pelo software, ou seja, foi necessário selecionar apenas os itens que resultariam em interferências relevantes caso ocorresse alguma.

Os testes de colisões entre o projeto arquitetônico e as demais disciplinas foram repetidos novamente, porém com novas condições. As novas condições adotadas para o projeto arquitetônico foram apenas as portas, janelas e telhados da edificação.

Além do projeto arquitetônico, houve uma grande quantidade de interferências entre o projeto estrutural e elétrico também devido ao fato de que os conduítes na sua maior parte estão dentro da laje e passam pelas vigas até os pontos elétricos,

acarretando em várias colisões entre os projetos. Diante disso, as novas condições de testes entre as disciplinas foram selecionados apenas os pilares, vergas e contra vergas para o projeto estrutural e para o elétrico considerou-se o projeto completo.

Desta forma, os novos testes realizados e seus respectivos resultados se encontram na Tabela 2 na qual os testes que possuem a simbologia "_NOVO" são as novas incompatibilidades geradas pelo Navisworks®. As conferências de incompatibilidades entre os projetos hidrossanitário com elétrico, arquitetônico com hidrossanitário e o projeto arquitetônico com os elementos contido nele mesmo resultaram em nenhum conflito.

Tabela 2 - Novas incompatibilidades dos projetos geradas pelo Navisworks®

	Name	Status	Clashes
	EST - EST	Done	139
	EST - HS	Done	36
	HS - HS	Done	15
	HS - ELE	New	0
	ELE - ELE	Done	17
	ARQ_NOVO - EST	Done	7
	ARQ_NOVO - ARQ	Done	0
	ARQ_NOVO - HS	New	0
	ARQ_NOVO - ELE	Done	1
	EST_NOVO - ELE	Done	9

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

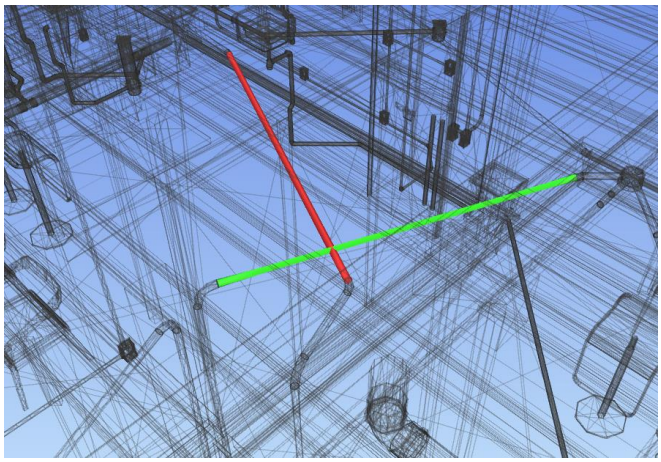
4.5.1 Incompatibilidades entre elementos do projeto estrutural e do projeto elétrico

As interferências encontradas pelo software entre os elementos contidos dentro do projeto estrutural resultaram em 139 conflitos, sendo que todos eles foram considerados irrelevantes para o canteiro de obras devido ao fato de que se tratam de colisões entre elementos por conta da modelagem.

Os conflitos entre elementos do projeto elétrico resultaram em 17 conflitos gerados pelo software, todos foram considerados irrelevantes para execução da obra.

Foram identificados conflitos entre as mangueiras elétricas e a laje. Na Figura 15 pode ser observado um exemplo de conflito irrelevante, o na qual pode ser resolvido na obra com o desvio de um eletroduto sobre o outro.

Figura 15 - Conflito entre dois eletrodutos



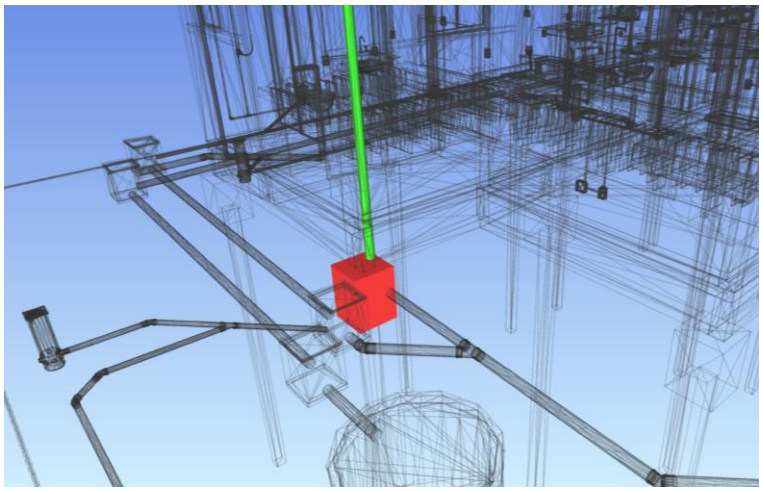
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.5.2 Incompatibilidades entre o projeto estrutural e hidrossanitário

Os testes entre o projeto estrutural e hidrossanitário resultaram em 36 conflitos. Dentre os quais, 15 correspondem a furos para serem realizados nas lajes para passagem das tubulações e dois representam conflitos relevantes para o projeto, sendo eles a colisão de tubulações nos blocos estruturais.

Na figura 16 é apresentado o conflito entre a tubulação de água pluvial, destacado em verde, e o bloco estrutural, em vermelho.

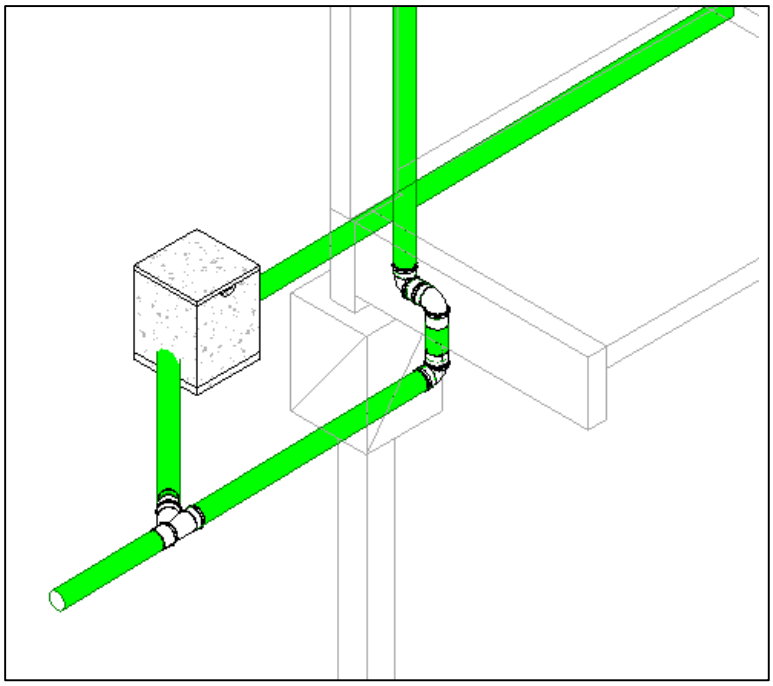
Figura 16 - Interferência entre bloco estrutural e tubulação de água pluvial



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Desta forma, a resolução da colisão entre a tabulação de água pluvial e o bloco estrutural pode ser observado na Figura 17, onde foi realizado o desvio da tubulação ao redor do bloco.

Figura 17 - Solução do conflito entre o bloco estrutural e tubulação de água pluvial



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

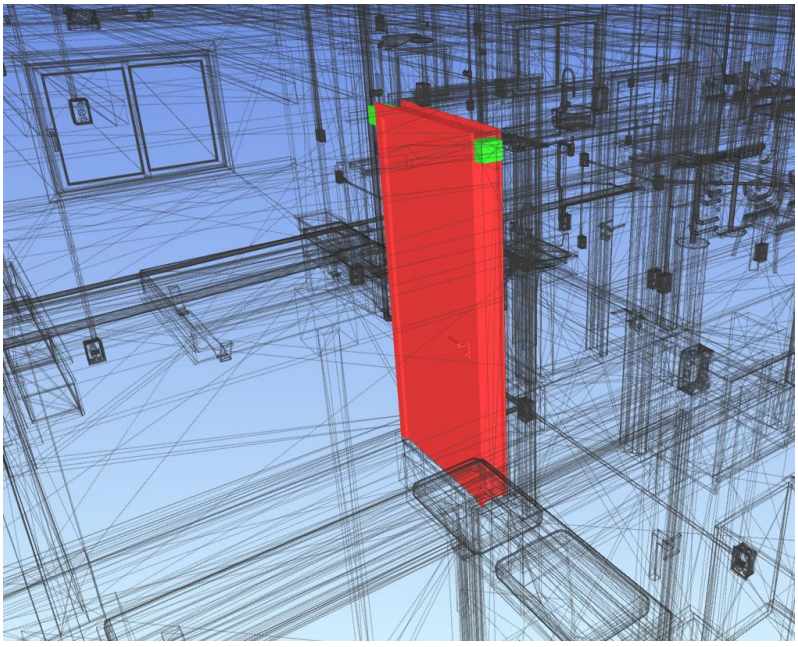
4.5.3 Incompatibilidades entre os elementos do projeto hidrossanitário

Foram encontrados 15 conflitos no teste realizado entre os elementos contidos no projeto hidrossanitário, na qual apenas um conflito foi considerado relevante, sendo ele a colisão entre a caixa de inspeção com a tubulação da água fria. A solução desse conflito pode ser resolvida durante a execução dessa etapa na obra, pois apenas alguns centímetros se colidem com a caixa de inspeção.

4.5.4 Incompatibilidades entre o projeto arquitetônico e estrutural

Entre o projeto arquitetônico e o projeto estrutural foram identificados 7 conflitos, sendo necessário a resolução de todos eles para a execução da obra. Todos os conflitos encontrados são das portas colidindo com as vergas do projeto estrutural, conforme pode ser observado na Figura 18.

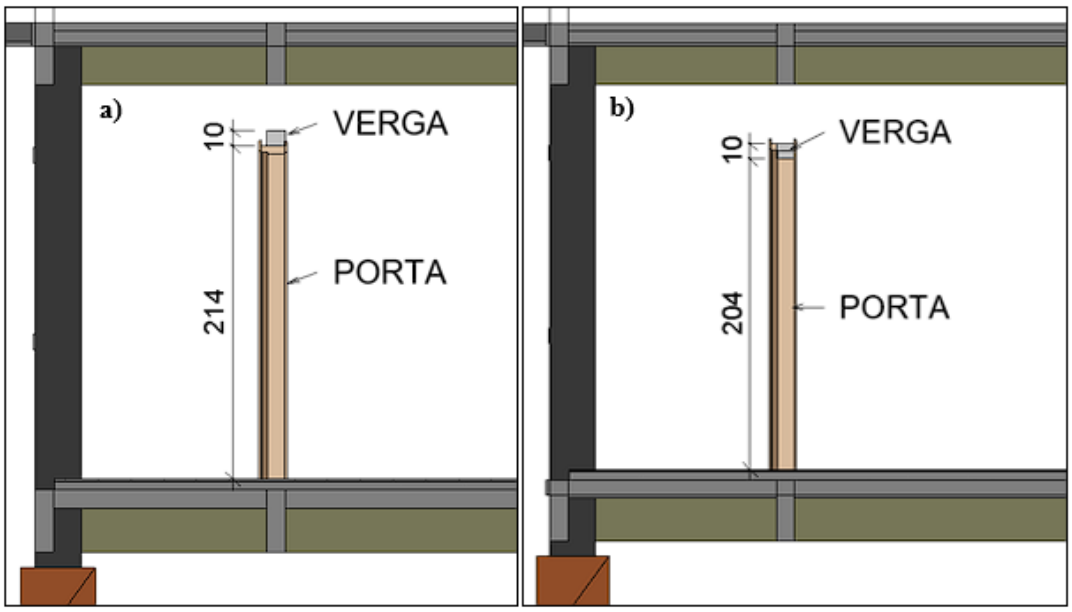
Figura 18 - Conflito entre verga e porta



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Na Figura 19 pode ser observado a solução destes conflitos, sendo a) a solução da incompatibilidade com o deslocamento da verga 10cm para cima, evitando o conflito com a porta e b) a colisão entre a verga e a porta antes da alteração.

Figura 19 - a) Solução da incompatibilidade entre a verga e a porta b) Interferência entre a verga e a porta



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.5.5 Incompatibilidades entre o projeto arquitetônico e elétrico

O teste entre o projeto arquitetônico e elétrico resultou em apenas uma incompatibilidade, sendo ela a colisão entre uma caixa de luz e a janela. A sua solução pode ser resolvida apenas deslocando a caixa de luz 15 cm para o lado esquerdo, tirando a sobreposição entre os elementos.

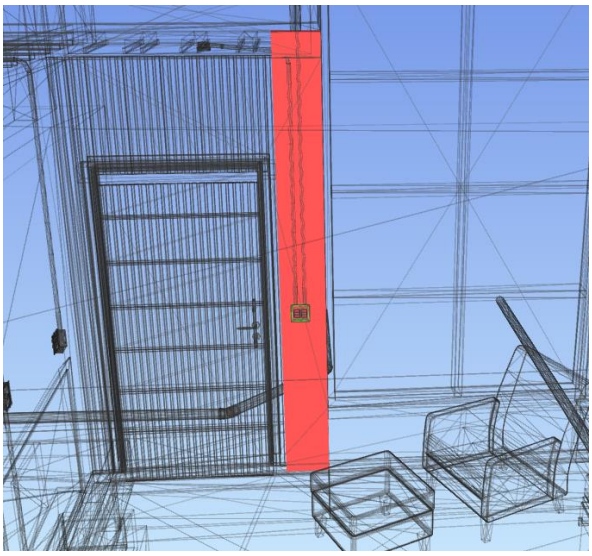
4.5.6 Incompatibilidades entre o projeto estrutural e elétrico

Por fim, a busca de conflitos entre o projeto estrutural e elétrico procedeu com 9 incompatibilidades encontradas. Dentre as incompatibilidades registradas três

apresentaram serem importantes para a execução do empreendimento. O primeiro trata-se de um conflito entre uma caixa 4x4” e o pilar entre a porta de entrada e a janela da sala de estar da casa, indicada na Figura 20.

Primeiramente, a incompatibilidade deve ser verificada com o engenheiro estrutural se é permitido a instalação da caixa de luz no pilar sem causar patologias ao longo dos anos, se permitido, a colisão é registrada e solucionado durante a execução. Nesse caso, a caixa de luz e os eletrodutos devem ser instalados no pilar antes da concretagem do mesmo.

Figura 20 - Conflito entre caixa de luz e pilar



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os outros dois conflitos registrados precisam ser alterados e resolvidos no projeto, que são: uma caixa de luz em um pilar, e a passagem de um eletroduto por outro pilar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi possível realizar a modelagem e a compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico de uma residência unifamiliar de 140,80 m² por meio da metodologia Modelagem da Informação da Construção (BIM).

A utilização da metodologia BIM se mostrou vantajosa em vários aspectos, durante a modelagem já é possível visualizar todos os elementos em vistas distintas, realizar cortes e detalhamentos de forma rápida, aumentado assim a produtividade e facilitando alterações no projeto. A metodologia mostra ser benéfica para todas as pessoas envolvidas no projeto, desde o dono da obra até os construtores.

Com uma ferramenta ligada a banco de dados é possível estudar os custos numa fase inicial do projeto de forma rápida, buscando a melhor solução. Também é possível tornar a extração de quantitativos mais precisas e rápidas, diminuindo significativamente o tempo nos processos de levantamentos de materiais e de orçamentação.

A modelagem 3D dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico no Revit®, possibilitou representar virtualmente a edificação e identificar todos os elementos 3D, conforme será executado na obra, além de possibilitar relacionar os conceitos aprendidos nas disciplinas de estruturas, hidráulica, instalações hidrossanitárias, e instalações elétricas no curso de Engenharia Civil da UNIFEBE.

A modelagem também possibilitou a detecção de incompatibilidades na segunda etapa permitindo que fossem corrigidas. O processo de compatibilização através do software Navisworks® mostrou ser ágil por detectar automaticamente todos conflitos geométricos presentes nas disciplinas modeladas, porém para que o processo seja produtivo é necessário que se tenha uma maior qualificação profissional devido à complexidade do software, pois foram identificadas diversas interferências irrelevantes para o projeto, cabendo ao profissional responsável detectá-las.

Ao final foram identificados 13 conflitos relevantes nos testes realizados entre os projetos, e a solução dessas interferências foram alteradas facilmente no Revit®. A precisão na quantidade de incompatibilidades encontradas e dos quantitativos extraídos do Revit® está diretamente relacionada ao grau de detalhamento e a qualidade do modelo elaborado. Neste contexto, o conhecimento teórico do projeto e experiência prática dentro do canteiro de obras são essenciais para elaborar um projeto mais preciso para a execução.

É possível destacar que com essa metodologia, todos os detalhes podem ser elaborados e visualizados sem dificuldades, trazendo uma melhor interpretação do

projeto. Ao ser entregue ao canteiro de obras de forma antecipada, o projeto compatibilizado evita erros que geram perdas de tempo durante a execução. Além disso, possibilita prever problemas antes da obra ser executada, e, como consequência, aumenta a produtividade dentro do canteiro de obras, reduzindo tempo e gastos. O levantamento de quantitativo torna a compra de materiais mais assertiva e diminui os gastos com desperdícios.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BIM DE SANTA CATARINA. **Anuário BIM Infraestrutura de Santa Catarina**. 2022. Disponível em: http://conexaobim.com.br/anuario-bim-sc/. Acesso em: 02 jun. 2022.

AUTODESK. **Digital Transformation**: The Future of Connected Construction. 2020. Disponível em: http://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC-Digital%20Transformation_The-Future-of-Connected-Construction.pdf. Acesso em: 25 maio 2022.

AUTODESK. **Introdução ao uso do BIM em projetos de edificações**. 2017. Disponível em: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/bim/autodesk-ebook-bim-getting-started-guide-bldgs-pt-br.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D Aplicada a um Caso Prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014.Instituto Superior de Engenharia do Porto – ISEP. Mestrado em Engenharia Civil. 2014.

BLANCO, Mirian. **Vantagens de negócio**: saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais. PINIWeb: Revista Construção Mercado - negócios de incorporação e construção. Ed. 115, fevereiro de 2011.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco *et al*. **Entendendo BIM: uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1 ed. Curitiba - PR, 2015.

CHELSON, Douglas E. **The Effects of Building Information Modeling on Construction Site Productivity**. 2010. Dissertation (Doctor of Philosophy) - the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, Maryland, 2010.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da Metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

CRESWELL, John W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa**: Escolhendo entre Cinco Abordagens. Penso Editora, 2014.

DALCI, Aliye. **An Investigation on Some Benefits of BIM Application**. 2014. Dissertation (Master of Science in Civil Engineering) – Eastern Mediterranean University, North Cyprus, 2014.

DE PAULA, Heber Martins *et al*. Mapeamento Sistemático de Referências do Uso do Bim na Compatibilização de Projetos na Construção Civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 1, 2017. DOI: 10.5216/reec.v13i1.45014. Disponível em: https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/45014. Acesso em: 11 jun. 2022.

DERITTI, Marco Deouro. **A Importância da Interoperabilidade dos Softwares BIM Utilizando Arquivos IFC**. 2017. Disponível em: https://pt.linkedin.com/pulse/bim-interoperabilidade-e-industry-foundation-classes-ifc-deritti. Acesso em: 13 maio 2022.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook**: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2ª ed., 2011.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de Bim**: Uma Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Construtores e Incorporadores. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483p.

FARIA, Renato. **Construção Integrada**. Techne. São Paulo, n. 127, p. 44-49, outubro 2007.

GEE, Christine. **The Influence of Building Information Modelling on the Quantity Surveying Profession**. 2010. 82 f. Thesis (Bachelor's degree) - Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, South Africa, 2010.

GIEL, Brittany k. **Return of Investment Analysis of Building Information Modeling in Consruction**. 2009. Thesis (Master of Science in Building Construction) - University of Florida, Florida, 2009.

GOES, Renata Heloisa; SANTOS, Eduardo Toledo. **Compatibilização de projetos**: comparação entre o BIM e o CAD 2D. In: TIC2011: 5º Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação da Construção Civil. Salvador, 2011.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. 2003. 70 p. Dissertação (Mestrado Profissional) - Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo, São Paulo, 2003.

JERNIGAN, Finith. **Big BIM little BIM**: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way! Salisbury, 2nd ed. 2008.

JOANNIDES, Maya M. **Implementation of Building Information Modeling (BIM) into existing architecture and construction educational curriculum**. 2011. 88 f. Thesis (Master of Science in Building Construction) - University of Florida, Florida, 2011.

LIMA, Claudia Campo. **Autodesk Revit Architecture** 2014. São Paulo: Érica, 2014.

MONTEIRO, Ana.Carolina Nogueira. et al. **Compatibilização de Projetos Na Construção Civil**: Importância, Métodos e Ferramentas. Revista Campo do Saber, v. 3, p 53-77, 2017.

PAPADOPOULOS, Nicolas Alexandros. **Avaliação da metodologia BIM através da modelagem paramétrica 3D de um projeto convencional**. 2014. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, Altair. **Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%**. 2013. Disponível em: https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10/#:~:text=Compatibilizar%20projetos%20requer%20investimentos%20que,desperd%C3%ADcio%20e%20elimina%C3%A7%C3%A3o%20do%20retrabalho. . Acesso em: 21 mar. 2022.

SCHMITT, Miguel Geovani Meereis. **Compatibilização de projetos com base na metodologia BIM**. Orientador: Adriana Gindri Salbego. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Curso de Engenharia Civil, Alegrete, 2021.

SIENGE. **BIM no mundo: a revolução mundial da construção inteligente**. 2020. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/bim-no-mundo/. Acesso em: 03 jun. 2022.

SIENGE. **Entenda todas as dimensões do BIM**. 2020. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/#:~:text=As%20dimens%C3%B5es%20da%20metodologia%20BIM,)%207D%20%E2%80%93%20gest%C3%A3o%20de%20instala%C3%A7%C3%B5es.. Acesso em: 03 maio 2022.

SOUZA DE PASSOS, Paulo Rafael; LIMA, Izabel Maria. O uso da plataforma BIM na compatibilização de projetos da construção civil. **Tecno-Lógica**, v. 25, n. 2, p. 227-235, 5 jul. 2021.

TARRAFA, Diogo Gonçalo Pinto. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projetos de estruturas**. 2012. Dissertação (Mestrado). FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra – Departamento de Engenharia Civil. Coimbra, 2012.

VASCONCELOS, Alexandre de Almeida. **Análise de um processo de projeto industrial de mineração com foco na validação para compatibilização dos modelos BIM (Building Information Modeling).** 2019. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.