

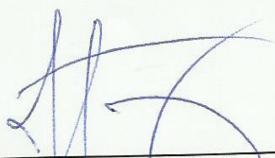
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ELIS REJANE DE LIMA

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIA DE PROJETOS DE ESDIFICAÇÃO:
BIM e CAD**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Me, Engenheiro Civil, Julio Tozo Neto**.

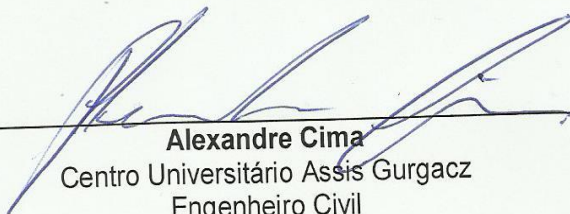
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. **Me. Engenheiro Civil, Julio Tozo Neto**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professora **Dra. Ligia Eleodora Francovig Rachid**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil



Alexandre Cima
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 30 de Outubro de 2019.



COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES:

BIM E CAD

Elis Rejane de Lima¹ Julio Tozo Neto²

RESUMO: O CAD é um sistema computacional utilizado nas áreas de engenharia e arquitetura que revolucionou o mercado de projetos nos últimos anos, ao transportar para o computador o desenvolvimento de desenhos técnicos. O BIM, por sua vez, é uma tecnologia integrada que engloba, além da fase de projetos, também o processo construtivo como um todo. Tendo em vista essas duas tecnologias que estão ocupando o mercado de projetos nos dias atuais este trabalho tem como objetivo compara-las e avaliar as vantagens e limitações do primeiro método em relação ao segundo. Para isso foi desenvolvido um projeto de edificação residencial utilizando a plataforma BIM. Foram realizados os projetos arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e estrutural de uma residência unifamiliar de dois pavimentos. Após na finalização, foi realizada a comparação do presente projeto com o de outro profissional que desenvolveu o mesmo, porém do modo tradicional. A seguir, foram abordados as facilidades e os desafios encontrados durante cada etapa. Ao comparar os projetos foi possível encontrar diversos erros de lançamento, em sua maioria erros humanos, causados por falta de atenção ou de conferência. Já ao fazer a compatibilização, pode-se perceber erros por falta de comunicação inicial entre as disciplinas de projeto. Com essa comparação, foi possível avaliar as vantagens que o BIM proporciona, bem como os pontos que ainda precisam de desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVES: BIM, Projetos de Construção Civil, Compatibilização de Projetos.

1. INTRODUÇÃO

Diante o desenvolvimento da indústria de *softwares* gráficos e da Tecnologia da Informação. A partir da década de 1960, a indústria de *software* gráfico começou a se desenvolver e o computador tornou-se uma ferramenta poderosa e imprescindível. Na década seguinte, o universo de projetos arquitetônicos foi surpreendido com o lançamento de uma tecnologia que mudaria os rumos dessa área, o Computer Aided Design (CAD), ou desenho auxiliado por computador. O desenvolvimento e a expansão dos *softwares* permitiram que um processo, antes inteiramente manual, passasse a ser desenvolvido num computador, garantindo, assim, melhor qualidade e eficiência EASTMAN *et al.*, (2014).

¹ Discente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, e.rejainedelima@gmail.com;

² Orientador Me. MSC, Prof. Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, juliotozo@fag.edu.br.

Com o passar dos anos, o aprimoramento de *hardwares* e a necessidade de melhorias representativas contribuíram para o desenvolvimento do CAD 3D, propiciando ainda mais destaque à ferramenta representativa. Desde então, os programas computacionais se tornaram indispensáveis na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC. Todavia, Eastman *et al.* (2014), considera que apesar da automatização de desenhos, o método representativo CAD é passível de falhas e inconsistências. Esse aspecto é um dos fatores que deram abertura à Modelagem da Informação da Construção (BIM).

A partir da busca por prazos cada vez menores e a constante procura pela excelência e eficiência nas obras de construção civil, evidencia-se a necessidade da adoção de novas tecnologias de apoio ao processo de projeto na indústria AEC.

Autores renomados em práticas de projeto como Ayres e Scheer, (2007); Crespo e Ruschel, (2007) e Eastman *et al.*, (2014), descreveram as dificuldades do setor relacionando sua fragmentação, deficiência de informações e incompatibilidade interdisciplinar.

No mercado atual, a prática mais comum de representação da edificação em projeto ainda é via desenho bidimensional – 2D, prevalecendo a metodologia CAD. Entretanto, essa ferramenta de representação é limitada, ao passo que considera, basicamente, parâmetros geométricos da edificação a ser construída. Consistindo basicamente em linhas geométricas, sem especificações não dimensionais como: volume, cor, custo ou propriedade térmica dos materiais, analogamente. Quando se deseja fazer uma melhor representação do projeto em protótipos físicos (maquetes), por exemplo, prática comum em alguns escritórios, se tem um resultado oneroso (MELHADO, 2005).

A construção civil passa a contar com uma nova demanda de clientes. Estando estes mais exigentes quanto a prazos, custos e eficiência do produto final. Segundo o Centro de Tecnologia de Edificações – CTE (2015), a fim de atender com eficiência ao aumento da escala de negócios e as novas demandas de clientes na construção, as empresas deverão remodelar e inovar no desenvolvimento de produtos e empreendimentos, de forma a gerir e aperfeiçoar seus resultados, desempenho e produtividade. Novos sistemas construtivos e aplicação da inteligência da Tecnologia da Informação nos processos são itens presentes na agenda do setor.

A eficácia do projeto é requisito fundamental para vantagens competitivas. A partir da qualidade deste se reduz dúvidas, erros e retrabalhos durante a execução. O projeto é a principal fonte para a equipe de execução que, por sua vez, é um dos principais objetos responsáveis pela qualidade final da edificação (DURANTE, 2013).

Neste contexto, tem-se a Modelagem da Informação da Construção, o conceito *Building Information Modeling* – BIM, que tem grande propensão de desenvolvimento no mercado AEC. A metodologia citada baseia-se em estabelecer um protótipo virtual com parâmetros exatos de uma edificação, tais como geometria precisa e informações detalhadas, necessárias para uma execução de qualidade (EASTMAN *et al.*, 2014).

A delimitação da pesquisa se dará pela análise de duas plataformas de elaboração de projetos importantes para os setores da engenharia civil arquitetura e construção. Essa análise será feita através da elaboração e compatibilização dos projetos arquitetônicos e complementares de uma edificação unifamiliar, a qual encontra-se localizada na cidade de Cascavel – PR.

Deste modo, essa pesquisa teve por objetivo geral realizar um comparativo entre as metodologias de projetos CAD e BIM. Para isso, uma residência será modelada empregando ferramentas computacionais pelo método tradicional CAD e através de metodologia BIM.

Para que este trabalho científico possa ter pleno êxito, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

- a) Investigar as diferenças nas etapas de projeto entre os métodos BIM e tradicional;
- b) Analisar a compatibilização de projetos através de *softwares* BIM;
- c) Evidenciar os benefícios da utilização da metodologia BIM.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MÉTODO TRADICIONAL DE PROJETOS BASEADO NO CAD

O modelo atualmente utilizado pelas empresas de construção civil é dividido em duas etapas distintas, a de projeto e de construção. Durante a primeira etapa é definido como deve ser o produto, qual sua função, forma, locação, especificações entre outros. A segunda é orientada à produção da edificação. Neste modelo, o cliente contrata uma empresa de arquitetura para fazer o projeto arquitetônico e, após a finalização deste, busca uma empresa especializada em cálculo estrutural e projetos complementares para desenvolver o projeto das estruturas entre outros. Finalmente, uma construtora é contratada para executar o

empreendimento. Todo esse processo de projeto acaba sendo desenvolvido de forma fragmentada, sem integração entre os projetistas das diferentes disciplinas (FARR *et al.* 2014).

Depois de certo ponto, a construção se inicia e qualquer modificação de projeto, dentro de limites pré-estabelecidos, são de responsabilidade do contratante. O mesmo é válido para os erros e omissões. Não é necessário que todos os desenhos tenham sido finalizados para que se inicie a execução das fundações por exemplo (EASTMAN *et al.*, 2014). Existe uma ordem lógica de desenvolvimento dos projetos que se inicia com o arquitetônico, estrutural e por fim com os complementares. Durante todo o desenvolvimento vão surgindo problemas que vão sendo resolvidos na medida do possível com alterações de projeto (EASTMAN *et al.*, 2014).

As mudanças são passadas do executor ao projetista para serem elaborados os projetos *as built* com o uso de ferramentas CAD, gerando um retrabalho para os responsáveis pela elaboração do projeto (MELHADO, 2005).

Na fase de execução, várias adaptações e interpretações podem ser feitas quando necessário, sendo submetidas às aprovações formais posteriormente. E desenhos são elaborados com o intuito de representar a forma como foi executado (projeto “*as built*”), podendo ter novas mudanças durante as fases de teste e manutenção sob a forma de ajustes finais (MIKALDO JR, 2006).

2.2. O MODELO DE PROJETO BASEADO NO BIM

A tecnologia BIM, sigla para *Building Information Modelling* (modelagem de Informações da Construção) é uma modelagem digital com a geometria detalhada. A modelagem é associada à interoperabilidade e compartilhamento de informação, ela permite representar, de maneira consistente e coordenada, todas as informações e etapas de uma edificação: do estudo preliminar à demolição (LEÃO, 2013).

Além disso, armazena todos seus atributos transmitindo mais informação do que modelos CAD tradicionais, pois os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Para Farr *et al.* (2014), o impacto do BIM é maior na fase conceitual de um projeto, ao passo que suporta uma maior integração e melhor avaliação para decisões de design inicial. Na

sequência, o impacto aborda o nível de construção da modelagem, detalhamento, especificações e estimativas de custos, e finalmente, a integração de serviços de engenharia e suporte em novas informações de fluxos de trabalho e integração colaborativa.

O BIM propicia novas possibilidades e torna processos de projeto automáticos e ágeis. A afirmação implica, portanto, na qualificação e atualização profissional. Excluindo aos poucos do mercado, profissionais que atuam de maneira monótona e apresentam soluções comuns, já reconhecidas e consagradas (DURANTE, 2013).

O método apresenta benefícios significativos, em relação à agilidade de prazo para entrega de edifícios com maior qualidade e melhor desempenho. A ferramenta BIM, uma vez operada em sincronia com as partes relacionadas do projeto (proprietário, arquiteto, engenheiro e construtor), reduz erros e omissões de projeto e modificações em obra, acarretando em um processo de entrega mais eficiente e confiável, que reduz o prazo e propicia um empreendimento menos oneroso (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.3. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Para Graziano (2003), compatibilização é o atributo do projeto, cujo componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si, além disso, os dados compartilhados apresentam consistência e confiabilidade até o final do processo e obra.

Segundo Nascimento (2014), a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões, entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver interferências que tenham sido detectadas.

Couto (2007), ainda afirma que é necessário a participação dos diversos profissionais de projetos envolvidos nas etapas de execução do empreendimento, que resultarão em maior entendimento das etapas construtivas e desse modo permitirão a elaboração de projetos futuros com redução de incertezas, pela maior proximidade com a realidade produtiva.

Segundo Melhado (2005), um dos problemas mais comuns nas diversas manifestações patológicas encontradas em edificações, é a interferência entre projeto estrutural e os projetos de instalações. Esta interferência é proveniente de incompatibilidades de projetos ou de modificações no decorrer da construção, devido principalmente a falta de uma maior coordenação entre os diversos sistemas construtivos envolvidos.

Para Rodriguez (2005 apud MIKALDO JR. 2006), a melhoria do processo de compatibilização será alcançada apenas com ações que estimulem a formação de equipes cooperativas de trabalho e a integração entre o projeto e a produção.

2.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O CAD TRADICIONAL E O CONCEITO BIM

Para Ayres e Scheer (2007), os arquivos CAD são constituídos por informações geométricas básicas e genéricas, que competem ao projetista interpretar e atribuir significado às linhas e demais elementos.

Apesar da relevante evolução oriunda do emprego do CAD, a forma de projetar e construir não apresentou mudanças significativas. Ao passo que apenas as ferramentas de desenho foram transferidas para o computador, diminuindo erros, tempo e proporcionando maior facilidade de trabalho. Em suma, o processo ficou mais fácil, contudo o resultado final se manteve para fins representativos, somente (EASTMAN *et al.* 2014).

As ferramentas mais utilizadas pelos projetistas consistem em sistemas CAD, decorrente do desenvolvimento de *softwares* que atuam nesse sistema. Todavia o processo BIM vem ganhando espaço de forma rápida (CZMOCH e PEKALA, 2014).

Conforme salienta Hilgenberg *et al.* (2012), ao contrário dos programas baseados no sistema CAD, onde interferências de projeto devem ser corrigidas manualmente, os *softwares* BIM permitem alterações dinâmicas no modelo. A visualização das informações pode ocorrer através de elementos tridimensionais com modificações automáticas e interativas em qualquer vista. Nesse âmbito, as informações são armazenadas em arquivos sincronizados entre si e o gerenciamento é realizado através de uma ferramenta computacional e não através de usuários.

Em relação a interoperabilidade computacional, os diferentes *softwares* CAD propiciam facilidades na transferência de arquivos. Enquanto isso, os *softwares* BIM possuem restrições de acessibilidade e compatibilidade, apesar da crescente busca pela ampliação do uso do sistema e compartilhamento completo das informações (PRETTI *et al.*, 2016).

No entanto, apesar das vantagens e potencial, a implementação da Modelagem da Informação da Construção envolve uma variedade de barreiras e processos organizacionais que tendem a influenciar a resistência em usar o BIM, baseado em questões técnicas ou econômicas (CAO *et al.*, 2016).

Para Crespo e Ruschel (2007), o principal obstáculo se refere à complexidade dos programas BIM, quando comparado com o sistema CAD. Ao passo que apresenta uma diversidade de parâmetros e exige conhecimento específico, o aprendizado se torna um tanto moroso. Outro empecilho é a não cooperação das informações para formatos mais usuais, como o dwg, por exemplo. Os *softwares* BIM, em sua generalidade, trabalham com a extensão ifc, um formato particular de documentação (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.5. PARAMETRIZAÇÃO

Sistema paramétrico é aquele que proporciona a definição de um modelo por meio da sua geometria e tamanho, finalmente criando um relacionamento entre as suas partes. A parametrização é uma ferramenta poderosa e com grande difusão nas indústrias. Através da parametrização é possível diminuir os custos com técnicos e engenheiros. O tempo para confecção do projeto dos equipamentos parametrizados sofre um decréscimo de, aproximadamente, 60%, pois alterando algumas dimensões, todo o desenho será alterado automaticamente, sendo necessários alguns ajustes, como em legendas, indicações de cortes, indicações e alguma mudança na posição das cotas (PERES *et al.*, 2007).

A parametrização vinculada ao modelo BIM garante a comunicação entre todas as instâncias da obra e, segundo Eastman *et al.* (2014), essa é a principal diferença entre a tecnologia BIM e um projeto tridimensional tradicional.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho engloba um estudo de caso com o objetivo de demonstrar as vantagens e desvantagens do uso de *softwares* da plataforma BIM perante ao *software* da plataforma CAD, bem como mostrar como a compatibilização de projetos gera diversos benefícios durante a etapa de construção.

Para esse estudo foi escolhido uma edificação realizada na cidade de Cascavel – PR, o qual foi desenhada no método tradicional. A partir deste, foram realizados os mesmos projetos com a metodologia BIM. Todos os projetos foram disponibilizados e autorizados para uso pelo Arquiteto responsável por tais.

Para aplicação do BIM foram usados os seguintes softwares:

- Revit 2019 (Autodesk): Projeto Arquitetônico, Elétrico e Hidrossanitário;

- Eberick V10 (AutoQi); Projeto Estrutural.

E para que fosse possível compatibilizar todos os projetos em um único arquivo, foi usado o *software* Navisworks 2019, da empresa Autodesk.

Para a execução dos projetos em BIM seguiu-se o modelo do projeto-base, dessa forma, a edificação foi feita com a mesma configuração arquitetônica e estrutural, dimensões, instalações hidrossanitárias e elétricas. Essa pesquisa se ateve aos cálculos, dimensionamentos e locação de equipamentos, mas sim com a forma na qual todos esses processos, tanto de projeto quanto de acompanhamento de obra, foram facilitados pela plataforma. Dessa forma, erros presentes no projeto-base não foram corrigidos.

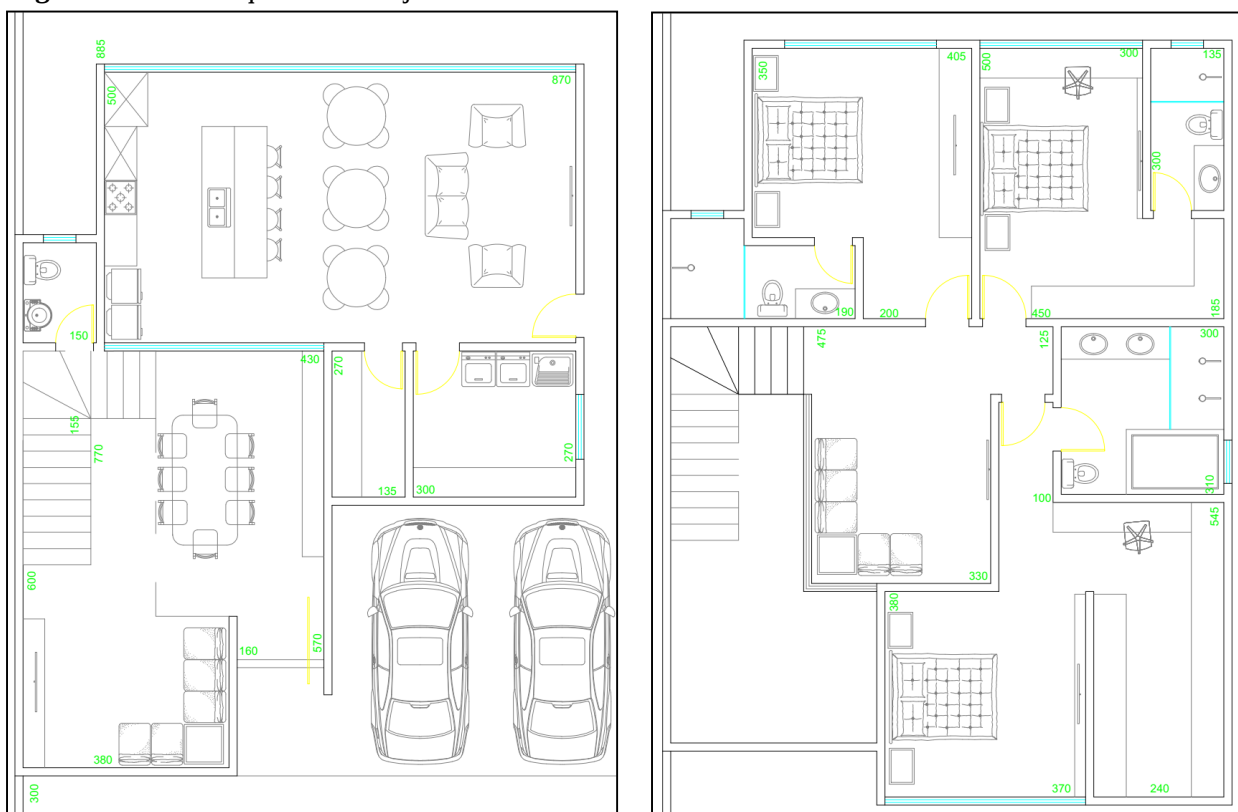
Ao fim da criação dos modelos, foi realizada a compatibilização de todos os projetos para verificar as interferências, identificando-as.

3.1. DESCRIÇÃO DO OBJETO ESTUDADO

Esta pesquisa está fundamentada nas análises de projetos em uma edificação unifamiliar na cidade de Cascavel no estado de Paraná.

A edificação residencial, Figura 1, conta com dois pavimentos identificados como pavimento térreo e superior. O pavimento térreo conta com uma área *gourmet*/cozinha, lavabo, área de serviço, depósito, sala de estar, sala de jantar e garagem totalizando uma área de 140,85 m², já no pavimento superior estão contidos os dormitórios e instalações sanitárias sendo ao todo 3 suítes a área desse pavimento é de 115,50 m².

Figura 1: Planta Esquemática Objeto De Estudo.



Fonte: Autora (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.2. PROJETO ARQUITETÔNICO

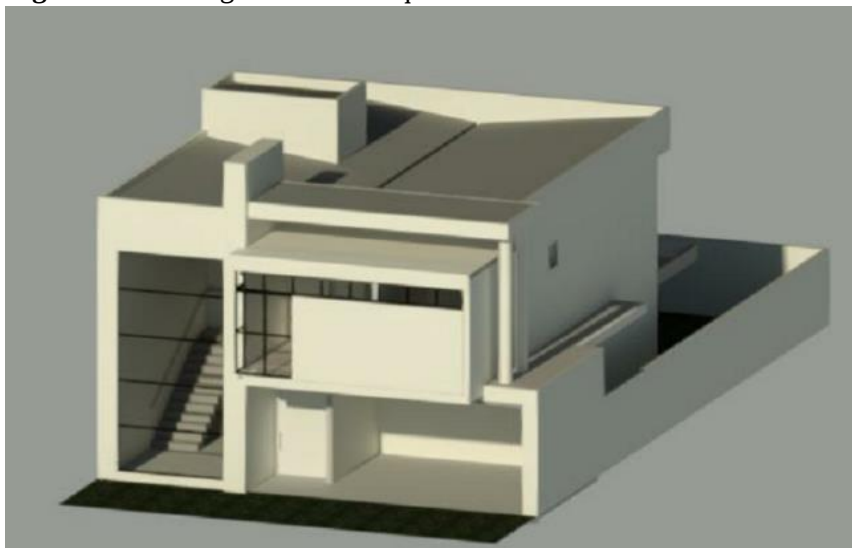
Para a execução do Projeto Arquitetônico foi utilizado o *software* Revit 2019, da empresa Autodesk. Conforme o projeto-base, foram feitos os seguintes desenhos: Planta baixa dos pavimentos 1 e 2, corte AB, cobertura e detalhe da escada.

Antes de iniciar o projeto no *software*, fez-se necessário escolher um template adequado aos padrões e normas brasileiras. O template é um modelo base que vem com características e parâmetros já pré-definidas para facilitar a criação do desenho. O template usado já possuía grande parte das famílias pré-configuradas pela autora. As famílias dentro do Revit é um conjunto de elementos com propriedades gráficas comuns, por exemplo família de portas e janelas. Esse fato agilizou a modelagem.

Como no projeto-base não havia especificações sobre o tipo de esquadrias, cores de paredes, estilos de piso, dentre outros, estes foram escolhidos de forma genérica

de acordo com a autora, uma vez que o Revit exige esses parâmetros. O resultado final da modelagem arquitetônica está apresentado na Figuras 2.

Figura 2: Modelagem final da arquitetura.



Fonte: Autora, 2019.

4.3. PROJETO ESTRUTURAL

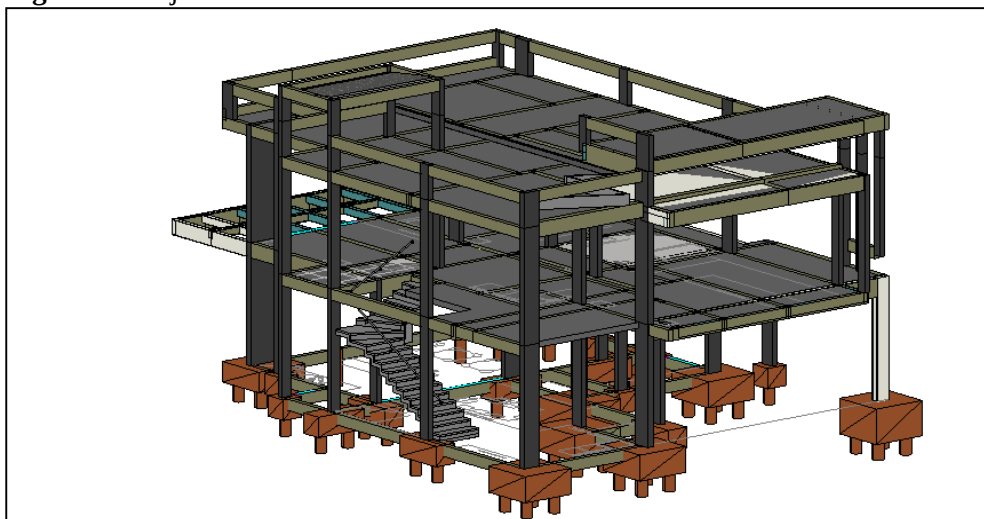
Para o Projeto Estrutural utilizou-se o *software* Eberick V10, da empresa AltoQi e conforme projeto-base, foram feitos os seguintes desenhos: Plantas dos pisos 1, 2 e 3 e fundação. Vale ressaltar que o dimensionamento do projeto já estava realizado, a metodologia BIM foi utilizada apenas como caráter de modelagem.

Para começar o projeto foi realizado a configuração inicial, inserindo os níveis do projeto arquitetônico, em seguida foram inseridas as plantas dos pavimentos, as quais precisam estar em formato de extensão DWG. Algumas definições de projeto em relação as normas de concreto armado já são configuradas no início do projeto também pelo autor.

Feito isso começou-se a lançar os pilares, vigas e pisos, seguido da fundação e escada; em seguida foram locadas as armaduras longitudinais e transversais. Por fim, foram colocadas as legendas e símbolos, para assim obtermos um projeto similar ao projeto-base. Da mesma forma que o projeto arquitetônico exemplificado anteriormente, basta fazer os projetos em planta baixa que eles já são automaticamente desenhados, 3D. Na Figura 3 pode-se visualizar a modelagem final da estrutura.

Como a elaboração do projeto estrutural se dá fora do *software* Revit, porém dentro do ambiente BIM, vale ressaltar que após a elaboração é necessário exportar um arquivo com extensão ifc, para compatibilização entre as demais disciplinas.

Figura 3: Projeto final em concreto armado.



Fonte: Autora, 2019.

4.4. MODELAGEM DOS PROJETOS ELÉTRICO E HIDROSSANITÁRIO

Dando seguimento ao estudo, tendo por base os projetos elétrico e hidrossanitário existentes em CAD, foi realizado a modelagem dos mesmos utilizando o *software* Autodesk RevitMEP. Como a metodologia BIM utiliza-se de um modelo único de projeto para cada empreendimento foi possível realizar o lançamento dos projetos elétrico e hidrossanitário a partir do arquitetônico e do estrutural já finalizados. Esta situação traz muitos benefícios, haja vista que possibilita uma compatibilização primária simultânea. Muitas interferências, que não seriam facilmente identificadas durante o processo dos projetos em CAD 2D, foram destacadas com facilidade por conta da maior visibilidade que o projeto tridimensional proporcionou.

O projeto elétrico também foi modelado no *RevitMep*, foi utilizado também um template já configurado com as normas brasileira e as diretrizes da concessionária da cidade onde a edificação está localizada. Por fim, todos os elementos elétricos foram lançados e posicionados conforme o projeto original em CAD, finalizando assim o lançamento do projeto elétrico dos dois pavimentos.

Em relação à produtividade, alguns elementos existentes do projeto arquitetônico, como os aparelhos sanitários, não possuíam pré-configurações de diâmetro e posicionamento de tubulações de entrada e saída. Todavia, estes aparelhos foram transformados rapidamente

em elementos pré-configurados e, mesmo assim, constatou-se um ganho de tempo e precisão muito grande em relação ao projeto 2D em CAD.

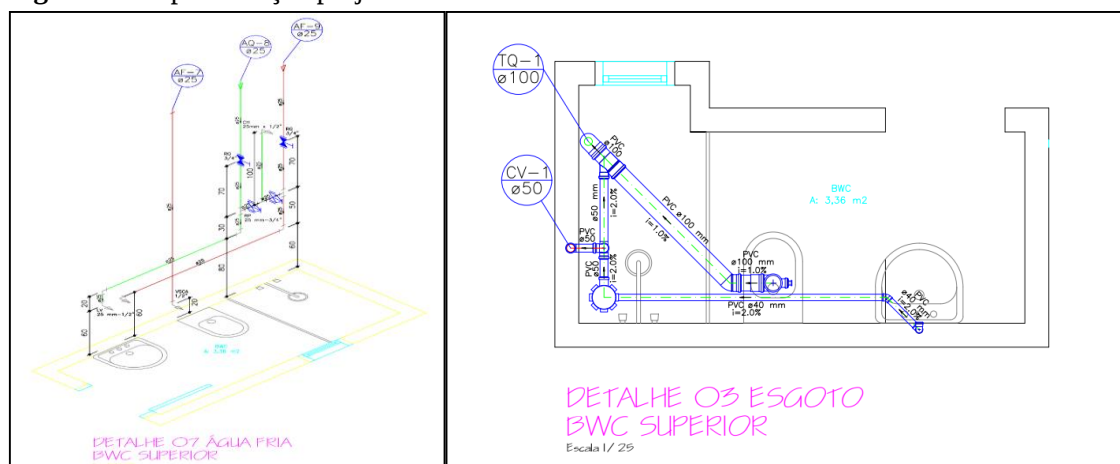
Nesta etapa, foi encontrada a maior quantidade de elementos projetados em locais que iriam gerar incompatibilidades com a estrutura de concreto, tais como:

- a) colunas de água fria e quente, dispostos dentro de vigas;
- b) tubulações de água e esgoto passando dentro de elementos estruturais;
- c) previsão de tubo de queda do pavimento superior em local sem alvenaria e estrutural para *shaft* no pavimento inferior;
- d) utilização do duto de churrasqueira como *shaft* para tubulações;
- e) tomadas na mesma parede interligadas por eletroduto, porém com um pilar no meio;
- f) quadro de distribuição do pavimento superior locado em posição de interferência com uma porta;
- g) falta de locação do quadro de medição.

4.5. COMPARAÇÃO REPRESENTAÇÃO DOS PROJETOS CAD X BIM

Quanto à representação dos projetos elétrico e hidrossanitário, comparando o CAD 2D e BIM, verificou-se que a modelagem 3D utilizada com *software* BIM possibilitou uma melhor interpretação e visão geral do projeto, sendo possível lançar alterar e identificar todos os elementos em 3D. As Figuras 4 e 5 apresentam a comparação entre CAD 2D e BIM, referente ao projeto hidrossanitário.

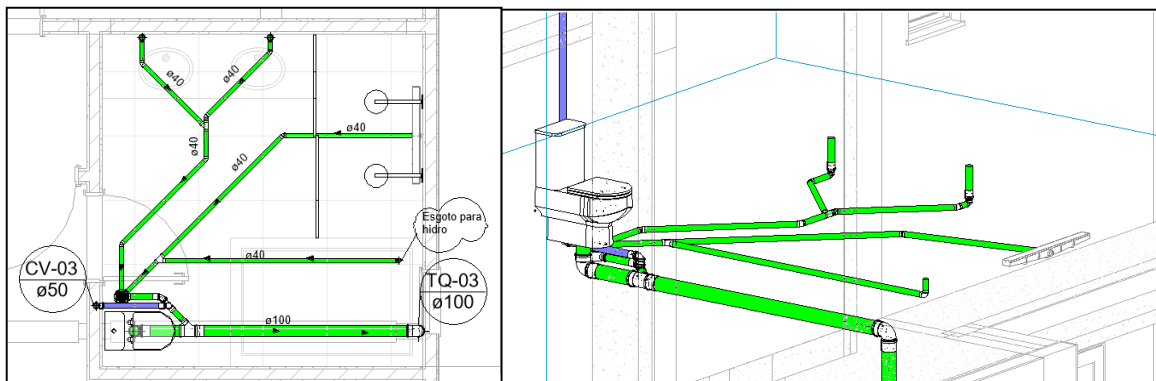
Figura 4 - Representação projeto hidrossanitário em CAD



Fonte: Autora, 2019.

Essa modelagem global também facilita a correção de erros. No CAD é necessário corrigir cada desenho de forma individual; por exemplo, se existe um erro na tubulação do sistema hidráulico é preciso corrigir a planta baixa, o isométrico e o corte separadamente. Já com o BIM, ao se corrigir em um desenho, o erro é reparado nos outros desenhos em que aparece, ou seja, são atualizadas automaticamente.

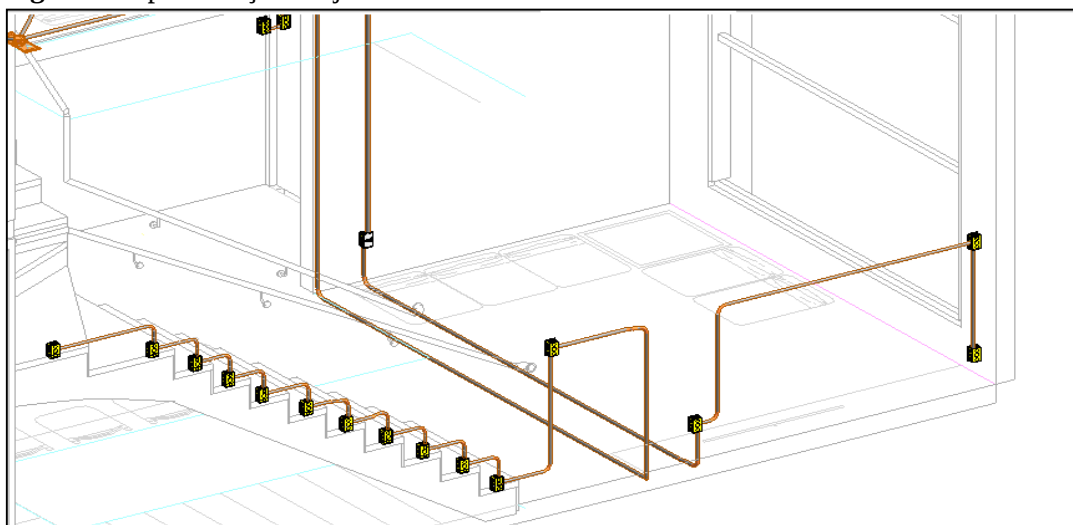
Figura 5 - Representação Projeto Hidrossanitário Em BIM



Fonte: Autora, 2019.

Da mesma maneira, pode-se visualizar na Figura 6 o projeto elétrico em BIM, o qual, além das vantagens encontradas no projeto hidrossanitário, também apresentou a possibilidade de um controle total das dimensões e do posicionamento de todos os elementos do projeto, tubulações e conexões, tanto em 2D como em 3D, gerando uma visualização de possíveis interferências de forma fácil e antecipada. Em ambos os projetos, mas principalmente no projeto elétrico, o BIM propiciou uma visão com as dimensões e o posicionamento real de cada um dos elementos no espaço, situação que gerou uma redução significativa no esforço cognitivo do projetista em virtude da facilidade de visualização bidirecional de todos os elementos.

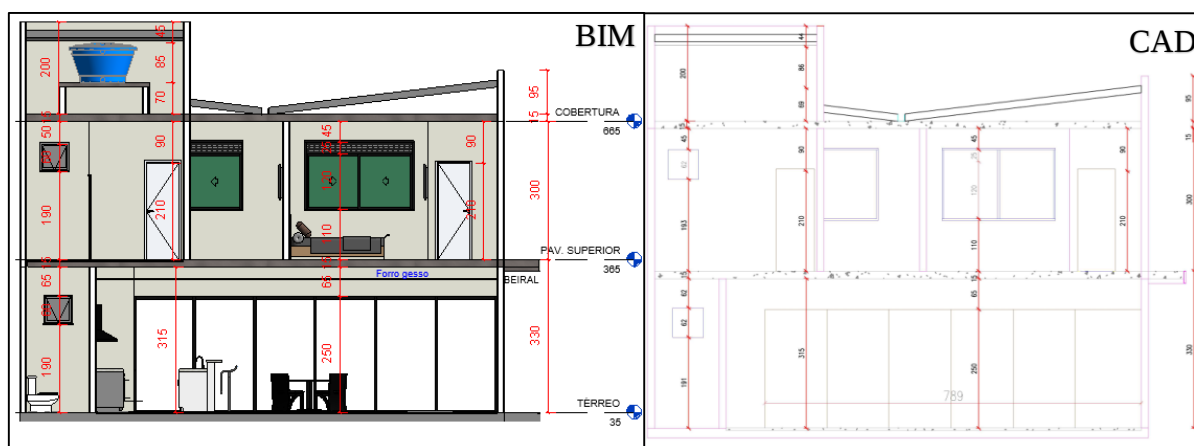
Figura 6: Apresentação Projeto Elétrico BIM



Fonte: Autora, 2019.

Na plataforma CAD, todas as informações referentes ao projeto arquitetônico devem ser inseridas e editadas manualmente, enquanto, no BIM, os cortes, as vistas e a perspectiva são gerados automaticamente, bastando determinar na planta, no caso dos cortes, onde eles irão passar. Esses, por sua vez, poderão ser editados manualmente ou simplesmente pela edição da planta, o que o torna um sistema interligado Figura 7.

Figura 7: Corte Esquemático BIM E CAD



Fonte: Autora, 2019.

Dentre todas as disciplinas, a que é mais facilitada pelo uso do BIM foi o projeto arquitetônico, uma vez que ele normalmente tem uma maior demanda de tempo e atenção para se executar pelo método tradicional, além de ser o que possui mais detalhes. Além disso, o projeto arquitetônico serve de base para os outros projetos.

Dessa forma, um arquitetônico bem feito e com menos erros facilitou o desenvolvimento das outras disciplinas.

A plataforma CAD traz, até então, algumas vantagens relevantes em relação à tecnologia BIM, que é o fato de ser a mais usada no mercado devido a se ter mais profissionais treinados para o uso e possuir um custo de implantação menor quando na aquisição de um *software*. No caso do BIM, as empresas que já o adotaram o fizeram há pouco tempo, e a maioria ainda não o utiliza em todos os projetos e ou não tem mão de obra treinada para tal.

4.5.1. Compatibilização Digital

Em continuidade ao desenvolvimento do estudo, realizou-se a última etapa de compatibilização digital dos projetos por meio do *software* Autodesk Naviswork Manager, no qual os projetos foram comparados de acordo com o proposto na metodologia do presente trabalho.

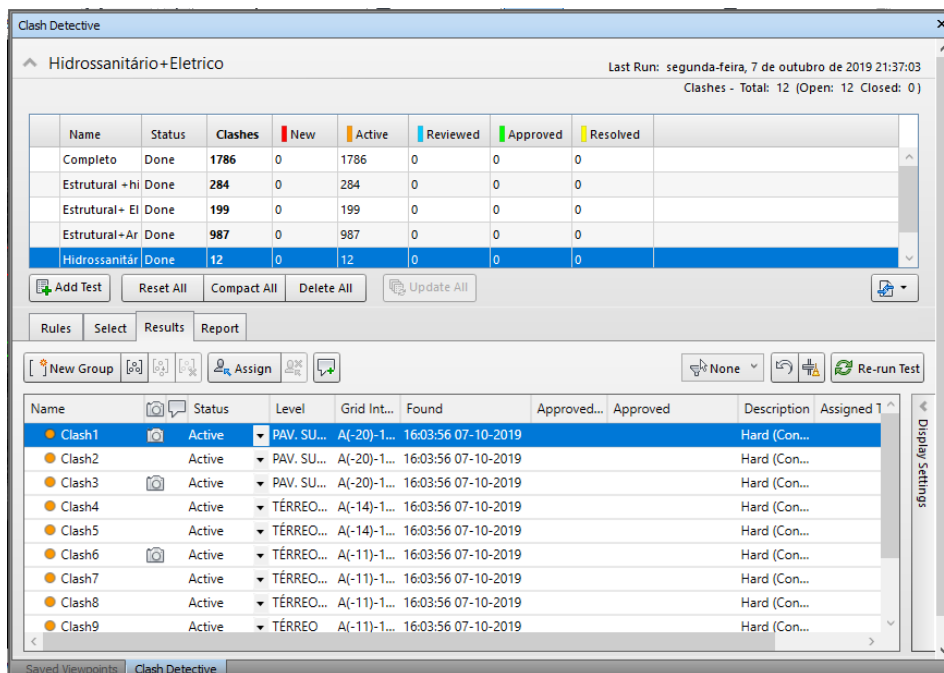
Primeiramente, foram importados os arquivos de todos os projetos para o *software* e criou-se um ambiente 3D de compatibilização BIM, onde se tem uma visão ampla de toda a edificação.

Através da Figura 8, pode-se perceber que foram encontrados 1786 erros. Foram percebidos alguns elementos duplicados, sendo esses tipos de problema analisados e descartados como interferência entre projetos.

A maior parte dos erros foram encontrados na compatibilização das disciplinas arquitetônica e estrutural, sendo elas as com maior potencial de retrabalho e desperdícios nos canteiros de obras, gerando o maior nível de gastos. Por outro lado, a compatibilização das disciplinas elétrica e hidrossanitária obteve poucos erros, incompatibilidades essas que costumam de ser fácil resolução se abordadas na etapa de projeto. É importante observar que esse grande número de erros ocorreu mesmo com os projetos realizados pelo mesmo profissional. Com a ideia de vários profissionais no mesmo projeto, o número de incompatibilidades tende a aumentar.

Ainda durante as análises, muitas falsas interferências oriundas do processo de modelagem puderam ser identificadas. Os choques físicos entre tubulações de água fria e as paredes são um exemplo. Isso ocorre porque durante a modelagem as saídas de alimentação de aparelhos não foram previstas com furos, que na realidade não representa uma interferência entre projetos, mas apenas uma fragmentação da modelagem.

Figura 8: Interferências Entre Disciplinas.



Clash Detective

Hidrossanitário+Elétrico

Last Run: segunda-feira, 7 de outubro de 2019 21:37:03
Clashes - Total: 12 (Open: 12 Closed: 0)

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Completo	Done	1786	0	1786	0	0	0
Estrutural + hi	Done	284	0	284	0	0	0
Estrutural+ El	Done	199	0	199	0	0	0
Estrutural+Ar	Done	987	0	987	0	0	0
Hidrossanitär	Done	12	0	12	0	0	0

Buttons: Add Test, Reset All, Compact All, Delete All, Update All

Buttons: Rules, Select, Results, Report

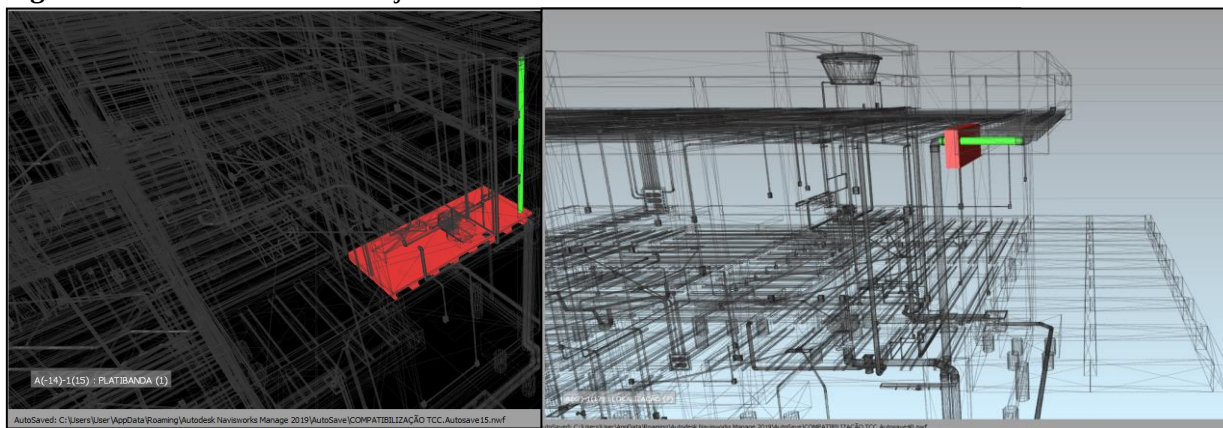
Buttons: New Group, Assign, Re-run Test

Name	Status	Level	Grid Int...	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned
Clash1	Active	PAV. SU...	A(-20)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash2	Active	PAV. SU...	A(-20)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash3	Active	PAV. SU...	A(-20)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash4	Active	TÉRREO...	A(-14)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash5	Active	TÉRREO...	A(-14)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash6	Active	TÉRREO...	A(-11)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash7	Active	TÉRREO...	A(-11)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash8	Active	TÉRREO...	A(-11)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	
Clash9	Active	TÉRREO...	A(-11)-1...	16:03:56 07-10-2019			Hard (Con...	

Fonte: Autora, 2019.

O Navisworks funciona como um *software* de gerenciamento; dessa forma, não é possível fazer as correções nele próprio. Contudo, ele foi extremamente importante para identificar todos os erros e facilitar a sua correção nos *softwares* de origem. Por organizar os projetos, foi possível identificar se a incompatibilidade já tinha sido analisada, se era nova, se já estava aprovada, dentre outras classificações, bem como salvar a imagem na melhor posição para análise, como mostram as Figura 9, Figura 10 e Figura 11.

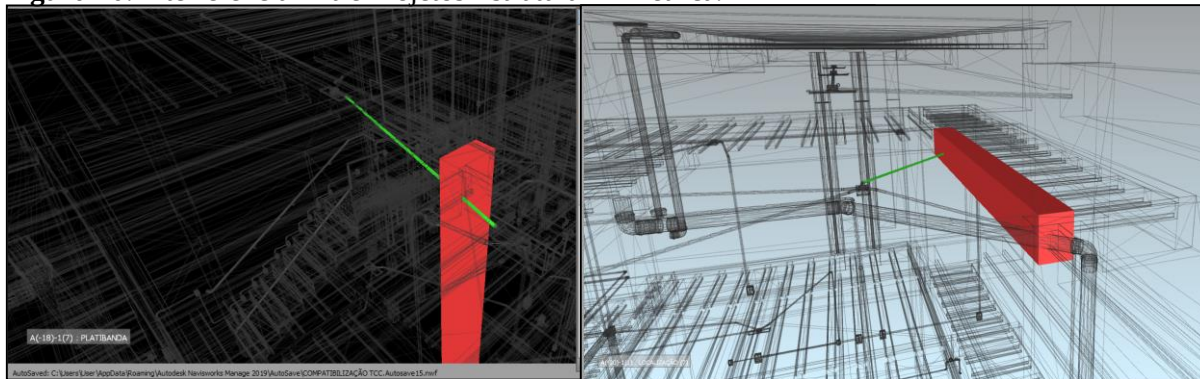
Figura 9: Interferência Entre Projetos Estrutural X Hidrossanitário.



Fonte: Autora, 2019.

Dentre as interferências encontradas e relacionados com a estrutura e as instalações, os furos não previstos para passagem de tubulações são os mais recorrentes Figuras 9.

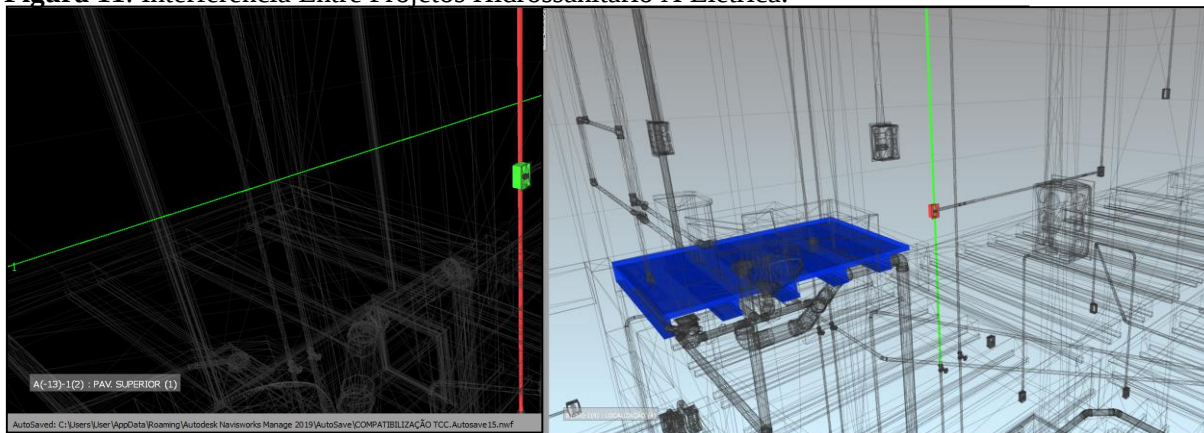
Figura 10: Interferência Entre Projetos Estrutural X Elétrica.



Fonte: Autora, 2019.

A consideração de furos em elementos estruturais interfere na capacidade resistente destes elementos, sendo obrigatório verificar se os mesmos atendem às condições mínimas de segurança previstas na NBR 6118/2014 Figura 10.

Figura 11: Interferência Entre Projetos Hidrossanitário X Elétrica.



Fonte: Autora, 2019.

Por fim, outras incompatibilidades encontradas na compatibilização digital foram a de tubulações do projeto hidrossanitário e elétrico colidindo entre si e ou passando pelo mesmo ponto Figura 11. Esta situação demonstra uma falta de visão geral do projeto, pois em 2D interferências como estas são dificilmente perceptíveis por estarem no mesmo plano horizontal, quando deveriam estar em alturas diferentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho em questão foi possível identificar a praticidade no uso do BIM, bem como um grande número de incompatibilidades entre as diversas disciplinas de projetos quando são elaboradas separadamente. Ao fazer a compatibilização, a autora detectou 1786 interferências algumas não tão relevantes ao ponto de ter que ser modificadas. Devido ao uso de *softwares* BIM, essas incompatibilidades puderam ser resolvidas na fase de projetos, evitando o transtorno em canteiro de obras.

Além da compatibilização, o uso de BIM permitiu uma melhor visualização e entendimento do projeto como um todo, através das vistas, cortes e desenhos em 3D criados de forma automática. Essa capacidade de automatizar desenhos diminuiu a chance de erros por projeção, por exemplo: o corte reproduz exatamente o desenho da planta baixa, pois ambos são visualizações de um único modelo. Essa automatização também tornou o processo mais ágil ao evitar a necessidade de elaboração de certos desenhos e/ou refazer outros. Com toda essa facilidade, pode-se dizer que o BIM fornece uma grande economia e rapidez no processo de projeto, assim como reduz surpresas e retrabalho no canteiro de obras.

Entende-se que o BIM potencializa o desenvolvimento de aplicações para a gestão de projetos e construção, pois além de controlar todas as fases de projeto e execução, racionaliza os processos de tomadas de decisão. Esta ferramenta traz significativos benefícios à construção civil como um todo e, por consequência, aos adjacentes a ela, pois permitem cumprir como maior eficiência e eficácia não só os objetivos e os valores integrados no empreendimento, como também os da própria organização.

Além disso, entende-se que é essencial que os profissionais comecem a estreitar suas comunicações dentro de cada projeto a ser desenvolvido, como um benefício não apenas para os profissionais, que terão mais segurança em seus projetos, como também para os clientes, que terão um produto final com uma qualidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

AYRES FILHO, C.; Scheer, S. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo de projeto arquitetônico. In: **Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios**. Curitiba, 2007.

COUTO, J. P.& C. A. B. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. Universidade de Coimbra. Coimbra. 2007

CRESPO, C.; Ruschel, R. C. Ferramentas BIM: **Um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Porto Alegre, 2007.

CZMOCH, I.; Pękala, A. Tradicional design versus BIM based design. In: **Procedia Engineering**, Elsevier, 2014.

DURANTE, F. K. **O uso da metodologia BIM (Building Information Modeling) para gerenciamento de projetos**: Gerente BIM, Londrina, PR: UEL, 2013 (Trabalho de Conclusão de Curso).

EASTMAN, C. M.; Liston, K.; Sacks, R.; Teicholz, P. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de C. G. Ayres Filho *et al.*; Revisão Técnica de E. T. Santos. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARR, E. R. P.; Piroozfar, P. A. E.; Robinson, D. **BIM as a generic configurator for facilitation of customisation in the AEC industry**. In: Automation in Construction, Elsevier, 2014.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

HILGENBERG, F. B.; Almeida, B. L.; Scheer, S.; Ayres Filho, C. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. In: **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Paulo, SP: USP, 2012.



LEÃO, M. Aulas. **Tecnologias BIM na gestão de empreendimentos na construção civil**. Sinop: FACET - UNEMAT, 2013.

MELHADO, S.B. *et al...* **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo. O nome da Rosa, 2005.

MIKALDO JUNIOR, Jorge. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de TI**. 2006. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) - Universidade Federal do Paraná.

NASCIMENTO, José. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil**, 2014. – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 7ª Edição nº007 Vol.01/2014 Julho/2014. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/download-arquivosite.sp?arquivo=a-importancia-da-compatibilizacao-de-projetos-como-fator-de-reducao-de-custosna-construcao-civil-1711121211.pdf>>. Acesso em: 11 de Abril. 2019.

PERES, M.P; HAYAMA, A.O.F.; VELASCO, A.D. A PARAMETRIZAÇÃO E A ENGENHARIA In GRAPHICA 2007- **Desafio da Era Digital: Ensino e Tecnologia – VIII Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico & VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design**. Curitiba. UFPR:2007.