

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
CAMPUS CHAPECÓ

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA OTIMIZAÇÃO DA
COMPATIBILIZAÇÃO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E
PLUVIAIS EM PROJETOS COLABORATIVOS**

ALUNO: Klever Marcante

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Grison

Agosto - 2022

KLEVER MARCANTE

Aplicação da metodologia BIM na otimização da compatibilização de sistemas hidráulicos, sanitários e pluviais em projetos colaborativos

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: **Prof. Fernando Grison**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 29/08/2022

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dr. Fernando Grison – UFFS



Prof. Dr. Roberto Carlos Pavan - UFFS



Eng. Thiago Gallina Delatorre - Cooperenge

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA OTIMIZAÇÃO DA COMPATIBILIZAÇÃO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS, SANITÁRIOS E PLUVIAIS EM PROJETOS COLABORATIVOS

Application of BIM methodology in optimizing the compatibility of hydraulic, sanitary and
rainland systems in collaborative projects

Kleiver Marcante¹

Fernando Grison²

Resumo: A metodologia tradicional de desenvolvimento de projetos, baseada em CAD é amplamente utilizada para a documentação e representação técnica de projetos hidrossanitários e pluviais. Entretanto, a tecnologia da informação ligada ao desenvolvimento de projetos que incluem o profissional de Engenharia Ambiental e Sanitária tem evoluído, bem como a complexidade geral e o número de profissionais de diferentes especialidades trabalhando concomitantemente em um mesmo empreendimento. Nesse sentido, a fim de aproveitar os novos recursos tecnológicos disponíveis, destaca-se a metodologia de projeto baseado na tecnologia BIM, como uma tendência no setor de Engenharia e Construção, onde é possível, através do conceito de engenharia simultânea, antecipar e resolver problemas de interferências entre disciplinas. Este trabalho aborda os conceitos ligados à metodologia tradicional de projeto CAD em comparação a metodologia otimizada BIM, esclarecendo os usos, aplicações, avaliando quais as dificuldades observadas, explorando as potencialidades de cada método, bem como validando as funcionalidades que possam suprir às limitações de maior relevância apontadas no sistema tradicional encontradas nas fases de desenvolvimento e compatibilização de projeto hidráulico, sanitário e pluvial, em projeto real, apresentando resultados através de uma análise qualitativa por estudo de caso. Os resultados comparativos entre as metodologias de projeto, indicam vantagens na adoção de BIM na resolução de problemas de compatibilidade entre projetos colaborativos, melhorando questões de produtividade, fluxo de informação e adaptações rápidas.

Palavras-chave: BIM, otimização, compatibilização, interoperabilidade, projeto hidráulico, projeto sanitário, projeto pluvial.

Abstract: The traditional methodology of project development, based on CAD, is widely used for the documentation and technical representation of hydrosanitary and rainwater projects. However, the information technology linked to the development of projects that include the Environmental and Sanitary Engineering professional has evolved, as well as the general complexity and the number of professionals from different specialties working concurrently in the same enterprise. In this sense, in order to take advantage of the new technological resources available, the design methodology based on BIM technology stands out, as a trend in the Engineering and Construction sector, where it is possible, through the concept of simultaneous engineering, to anticipate and solve problems. of interference between disciplines. This work addresses the concepts linked to the traditional methodology of CAD design in comparison to the optimized BIM methodology, clarifying the uses, applications, evaluating the difficulties

¹ **Autor:** Estudante do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFFS – campus Chapecó/SC

² **Orientador:** Doutor em Engenharia Ambiental do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – campus Chapecó/SC

observed, exploring the potential of each method, as well as validating the functionalities that can overcome the limitations of greater relevance pointed out in the traditional system found in the phases of development and compatibility of hydraulic, sanitary and rainwater design, in a real project, presenting results through a qualitative analysis by case study. The comparative results between the design methodologies indicate advantages in the adoption of BIM in solving compatibility problems between collaborative projects, improving productivity issues, information flow and quick adaptations.

Keywords: BIM, optimization, compatibility, interoperability, hydraulic design, sanitary design, rainwater design.

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento crescente de métodos construtivos, bem como tecnologias que permitem uma maior complexidade dos projetos a serem desenvolvidos, o uso de equipes de diferentes setores de forma simultânea em uma única obra é uma realidade. Anteriormente, o número de profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos era menor, normalmente dentro em um mesmo escritório ou empresa, tornando o processo mais facilitado, porém com a expansão dos setores, bem como o aumento da demanda de projetos, ocorre uma especialização específica dos profissionais, resultando na terceirização de projetos (GONÇALVES JUNIOR, 2016).

A atual e mais utilizada metodologia de projeto, denominada como desenhos auxiliados por computador, do inglês CAD (Computer Aided Design), gerou grandes mudanças no desenvolvimento de projetos em engenharia, tornando as alterações mais facilitadas e propiciando uma maior precisão e produtividade ao profissional. Porém, não tem atendido com eficiência as novas necessidades impostas pelo mercado, principalmente em relação ao fluxo de informação entre projetos. Outro fato é que, através desta metodologia, nem sempre é possível ofertar uma solução totalmente satisfatória, visto a limitação causada pela carência de uma compreensão holística da obra, prejudicando assim, o desempenho geral dos sistemas (FARINA, 2002).

Durante todo o processo é comum a constante troca de documentos, bem como a necessidade de reuniões com intenção de debater e encontrar soluções para os problemas relacionados às incompatibilidades encontrados entre os profissionais das diferentes disciplinas envolvidas, resultando em retrabalho, sem agregar valor ao produto final, além de comprometer a eficiência do processo (YWASHIMA e ILHA, 2010). As consequências são a má qualidade do projeto final, retrabalho, aumento de custos e desperdícios de materiais (OKAMOTO, 2006).

Especialmente em relação a projetos hidráulicos, sanitários e pluviais, após a constatação de problemas de incompatibilidade, é comum que os projetos desenvolvidos pelo Engenheiro Ambiental e Sanitarista atuante na área de projetos, sejam modificados a fim de se adequar aos demais, não ao contrário. Isso ocorre pois o impacto geral da mudança é menor, destacando-se questões orçamentárias, mão de obra e tempo empregado para as requeridas mudanças no decorrer da obra. As incompatibilidades relacionadas aos sistemas hidráulicos e sanitários são causadas principalmente por interferências com projetos estruturais e apelo estético, quando ocorre incompatibilidade com os projetos arquitetônicos, sendo estes, observados com os atritos mais frequentes, tornando-se comum a necessidade de redimensionamentos parciais e até de

sistemas inteiros. Nesse sentido, os projetos hidrossanitários são os projetos com mais tendências a modificações no decorrer da implantação de uma obra.

Por sua vez, o Building Information Modeling (BIM) vem surgindo como uma tecnologia que permite, uma prática de projetos integrada através de um modelo de virtual, com conjuntos de informações geradas e complementadas durante o ciclo de vida do projeto, possibilitando análise, envolvimento e comunicação entre todos os participantes envolvidos na cadeia de construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Segundo SCHEER (2013), BIM é um modelo virtual, contendo dados multidisciplinares para uma edificação em particular, podendo ser entendida como um processo ou método de trabalho. A compatibilização é uma das características mais importantes da metodologia BIM, pois é possível o trabalho conjunto com demais profissionais envolvidos, identificando erros, produzindo vistas detalhadas, extrair quantitativos entre outras informações importantes, otimizando de maneira geral a implantação do projeto.

De acordo com o National Institute of Building Science – NIBS (2007), o BIM pode ser definido como:

Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, é um recurso de compartilhamento de conhecimento que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que decisões sejam tomadas durante seu ciclo de vida, definido desde a sua concepção até a demolição.

A possibilidade de compatibilização através da metodologia BIM é possível graças a um modelo de dados padrão, ao contrário da metodologia tradicional em CAD, onde é possível gerar inúmeros tipos de arquivos, dependendo do software a ser utilizado. De acordo com MANZIONE (2013), às aplicações comumente utilizadas na metodologia tradicional CAD, são estruturadas por dados em "formato proprietário", onde não é possível compartilhar informações, exceto se existir um tradutor para isso.

O IFC (Industry Foundation Classes) se apresenta como uma opção de troca e compartilhamento de dados, e está presente como principal formato utilizado na metodologia BIM, pois permite abrir, examinar e trocar dados desenvolvidos em diferentes aplicações de diferentes fornecedores de software, sem necessitar das ferramentas nativas utilizados por cada parceiro de projeto. Tais características são possíveis, pelo fato que o IFC se caracteriza como um formato aberto, que não pertence a um fornecedor de software em específico, sendo neutro e independente.

Nesse sentido, a compatibilização de projetos torna-se fundamental tanto na fase de planejamento de obras quanto na execução, sendo caracterizada por ações destinadas ao gerenciamento, controle e garantia da qualidade (COELHO; NOVAES, 2008). Sendo assim, a utilização de metodologia de projeto compartilhado (BIM) pode auxiliar na redução de problemas pontuais enfrentados por profissionais da Engenharia Ambiental e Sanitária na implantação de seus projetos, possibilitando melhor qualidade no trabalho desenvolvido,

diminuição de tempo de concepção e revisão, bem como auxiliar de maneira geral profissionais que trabalham diretamente na implantação dos sistemas *in loco*, visto a maior clareza nas informações apresentadas.

Este estudo apresenta conceitos teóricos e práticos de forma comparativa entre metodologia tradicional e otimizada de compatibilização de projeto hidráulico, sanitário e pluvial em projeto colaborativo através de estudo de caso, a fim de qualificar o uso de novas ferramentas e tecnologias neste campo de atuação do Engenheiro Ambiental e Sanitarista. O foco deste estudo não se relaciona aos cálculos, dimensionamentos do sistema hidráulico, sanitário e pluvial, mas sim como esses projetos são facilitados ou não pelo uso das diferentes metodologias de compatibilização empregadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução do processo de desenvolvimentos de projetos e metodologia BIM na atualidade

Até o ano de 1982, todos os desenhos eram realizados de forma manual, utilizando as mais variadas ferramentas. Neste mesmo ano, a Autodesk apresentou um método que revolucionou a forma como os projetos eram desenvolvidos, o CAD – Computer-Aided Design (Desenho Auxiliado por Computador) (GIANACCINI, 2012).

Mesmo sendo uma revolução, as novas funcionalidades obtidas pelo CAD não mudaram a forma de projetar, ocorrendo basicamente a transferência do desenho do papel para o computador, visto que, inicialmente, as representações se limitavam a desenhos em duas dimensões (FREITAS, 2014).

Autores conceituados em práticas de projeto (Ayres e Scheer, 2007; Crespo e Ruschel, 2007; Eastman et al., 2014) detalham as limitações do sistema CAD, citando a frequente fragmentação, incompatibilidade interdisciplinar e deficiência de informações.

O processo de verificação de compatibilidade entre projetos, utilizando o modelo tradicional baseado em CAD, ocorre por meio da sobreposição de pranchas de forma física (projetos impressos sobrepostos) ou digital (desenhos em CAD sobrepostos digitalmente em softwares CAD), que depende da visualização atenta e experiente do profissional responsável. Esta forma de análise, está sujeita a incompatibilidades que passam despercebidas, sendo constatadas e corrigidas apenas no momento da execução, gerando custos e atrasos na obra (PAIVA, 2016).

Ayres e Scheer (2007) afirmam que a representação no sistema geométrico, obtida através do CAD, causa desintegração do virtual com o real, ao passo que dificulta a análise de clientes leigos, por exemplo. O profissional responsável pela implantação dos sistemas hidráulicos e sanitários no canteiro de obras, muitas vezes não entende a disposição de linhas, não compreendendo o projeto bidimensional e o real.

Para exemplificar, especificamente para os projetos de Engenharia Ambiental e Sanitária, de acordo com Souza (2010), projetos de instalações hidrossanitárias e projetos de estruturas, apresentam problemas típicos relacionados a não conformidades, sendo frequente a locação da passagem dos tubos em lajes ou vigas, que não condizem com a realidade da execução.

Costa (2013, p. 13), afirma que:

O processo mais comum atualmente para se compatibilizar um projeto é através da sobreposição das diferentes plantas e verificar a olho nu se existe alguma interferência. Porém, além de desgastante, esse processo pode ignorar alguns erros que só aparecem em vistas tridimensionais.

Surgido em 1980 e disseminado no ano 2000, o conceito de BIM introduziu a ideia de armazenamento e compartilhamento das informações de projetos colaborativos em um único arquivo, possibilitando o acesso facilitado e instantâneo, integrado todas as fases de um projeto (ROSSO, 2011).

Para Eastman et al (2011) o BIM é uma forma distinta de conceber e desenvolver projetos, utilizando o compartilhamento de dados durante todo o ciclo de vida da construção, com poder de afetar direta ou indiretamente as partes interessadas no processo de desenvolvimento do projeto.

A abreviação BIM - Building Information Modeling, tem tradução equivalente a “Modelagem da Informação da Construção”. Coelho e Novaes (2008) caracteriza BIM como um produto derivado do sistema CAD, pela capacidade de gerenciamento de todas as informações importantes no decorrer do ciclo de vida de uma obra. O BIM é uma representação digital do modelo geométrico somado às informações de cada componente existente (RUSCHEL, 2014).

Para De Goes (2011), acrescenta que o sistema BIM pode ser entendido como uma evolução do sistema CAD, pois possibilita a elaboração dos projetos em modelos tridimensionais, permitindo, que profissionais de áreas distintas, como arquiteto, estrutural, hidráulico, por exemplo, possam trabalhar em um único modelo de forma conjunta, adicionando e detalhando informações, de modo a adiantar várias etapas de uma obra, seguindo o conceito de engenharia simultânea. A primeira vez que o termo engenharia simultânea é citado pela primeira vez um relatório do Instituto de Análise de Defesa norte-americano, em 1988 (FABRÍCIO; MELHADO, 1998; ANUMBA; KAMARA; CUTTING-DECELLE, 2007), caracterizado como uma forma nova na organização de projeto, com o objetivo de tornar as fases do processo mais eficientes.

De acordo com Brito e Takii (2015), BIM surge como uma inovação tecnológica, transformando a maneira de realizar e visualizar um projeto, onde é possível elaborar um projeto virtual de uma construção, por meio de um modelo tridimensional, simulando uma edificação construída com todos os seus componentes e informações ainda na fase de projeto.

Para Ribeiro (2010) A metodologia BIM traz mudanças consideráveis no modo como são desenvolvidos os projetos, pois apresenta novas metodologias e fluxos de trabalho e informação. Florio (2007), destaca que vantagens são adquiridas, visto que todos os elementos da construção estão interligados, a exemplo de uma laje, que tem sua cota modificada, essa alteração pode gerar um efeito cascata de modificações em todos os componentes ligados a ela. Quando se muda um projeto base, todos os demais projetos envolvidos, como por exemplo o projeto hidrossanitário, também sofrem modificações (SCHEER et al, 2007).

O BIM possibilita novas possibilidades, tornando processos de projeto automáticos e ágeis. Esta constatação implica na qualificação e atualização profissional, pois profissionais que atuam de maneira desatualizada e apresentam soluções comuns, podem ser excluídos do mercado ao passar do tempo (DURANTE, 2013).

Em maio de 2018, o Governo Federal Brasileiro oficializou através do Decreto nº 9.377, a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, com intuito de valorizar e incentivar os investimentos relacionados a essa tecnologia no país. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), há uma expectativa de aumento de 10% de produtividade no setor de projetos e uma redução de custos que pode chegar a até 20% na execução das obras. A diminuição do tempo de projeto e retrabalho, bem como a redução de desperdícios são apontados como principais fatores de geração de economia (SANTOS, 2014).

A fim de reforçar as novas medidas, o Comitê Estratégico de Disseminação do BIM, que foi criado em 2017, definiu metas e prazos de implantação da plataforma no país. Sendo que, objetiva-se aumentar até dez vezes o uso de BIM, sendo que até 2024, 50% do PIB da construção use a metodologia (SINAENCO, 2020).

Além disso, de acordo com o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling - CE-BIM, o setor público brasileiro adotará o BIM no decorrer de três etapas. A primeira, iniciada em 2021, voltada para projetos de arquitetura, estrutura e instalações elétricas, hidráulicas, ventilação e ar-condicionado, em construções novas, ampliações ou reabilitações (SINAENCO, 2020).

2.2 BIM - Compatibilização e interoperabilidade dos projetos

Conceitualmente, a compatibilização de projetos compreende a análise, verificação e correção das interferências físicas, utilizando diferentes soluções de projetos em uma obra (RODRIGUEZ, 2005).

A compatibilização de projetos de engenharia tem tendência ao crescimento, pois qualquer obra a ser implantada depende de projetos topográficos, estrutural, hidrossanitário, arquitetônico, entre outros, sendo que, geralmente, esses projetos são desenvolvidos separadamente, podendo ocasionar erros. A compatibilização baseia-se na sobreposição de projetos, facilitando a análise e detecção de possíveis conflitos (SANTOS, 2014).

A competência de reconhecer os dados indispensáveis na compatibilização a serem transferidos de um programa a outro, é denominada interoperabilidade (ANDRADE E RUSCHEL, 2009). Dessa forma, os diversos tipos de informações pertencentes às etapas de desenvolvimento da construção, nos mais variados formatos, são transferidos de maneira automatizada e sem barreiras, garantindo uma melhora no fluxo de trabalho entre os profissionais que atuam de forma simultânea em um mesmo projeto.

Segundo Andrade e Ruschel (2009), a interoperabilidade a um nível satisfatório, diminui a duplicidade de informações, auxiliando a fluidez do fluxo de trabalho entre as disciplinas analisadas, permitindo a troca mais rápida e eficiente de informações no decorrer do projeto.

De acordo com EASTMAN et al. (2014), para que a interoperabilidade seja possível, é necessário um formato padrão de dados, que permita a troca de informações de forma direta, tanto entre os aplicativos (softwares), quanto nos processos de um projeto colaborativo.

Os principais formatos de intercâmbio de informações entre as ferramentas BIM podem ser divididos basicamente em três grupos: formatos proprietários, formatos públicos específicos e formatos públicos abertos (CBIC, 2016).

Formatos proprietários são utilizados unicamente para o intercâmbio de informações pelo quais foram desenvolvidos, não havendo interação com nenhum outro tipo de sistema ou aplicação, viabilizando apenas a comunicação entre softwares específicos. As conexões estabelecidas através destes formatos geralmente são de alta qualidade e confiáveis, pois os desenvolvedores conseguem prever as condições em que estes arquivos poderão ser utilizados, evitando inconsistências, perdas de dados ou falhas (CBIC, 2016; EASTMAN et al, 2011).

Dentre os formatos públicos abertos, o Industry Foundation Classes (IFC) é o principal representante. O IFC é importante para descrever, trocar e compartilhar informações utilizadas na indústria da construção civil, para todas as fases do projeto, inclusive instalações hidrossanitárias a serem implantadas (MANZIONE, 2013). Portanto, o modelo de dados IFC será provavelmente o formato padrão para o intercâmbio de dados e integração dentro da indústria de construção de edificações (CBIC, 2016).

O IFC consiste em um formato de arquivo, com estrutura extensível que tem como objetivo poder tratar todas as informações utilizáveis em todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a concepção inicial à operação (MANZIONE, 2013).

A norma ISO 16739 do ano de 2018, caracteriza o IFC como um esquema de dados conceituais abertos, utilizados para a troca e compartilhamento de dados entre aplicativos BIM, bem como entre os diversos participantes em um projeto de construção ou gerenciamento de instalações.

Para Deritti (2019), a existência de variados softwares, voltados a diferentes disciplinas com propósitos distintos, impossibilita o desenvolvimento de uma aplicação que possa receber e interpretar os dados contidos em todos os formatos nativos diferentes para realizar a compatibilização, sendo fundamental que os escritórios enviem seus arquivos em uma mesma extensão que é o IFC, garantindo assim a compatibilização de maneira eficiente.

2.3 Estrutura da metodologia BIM

Eastman et al. (2014) utilizou termos informais para caracterizar a hierarquia existente em aplicativos baseados em BIM, dividindo em três categorias: Plataforma BIM, Ferramenta BIM e Ambiente BIM.

As Plataformas BIM são softwares com capacidade de geração de dados para diversos usuários, através de ferramentas com diferentes funcionalidades, além disso, as plataformas, em sua maioria, incorporam interfaces para várias ferramentas com variados níveis de integração (FREIRE, 2015).

Freire (2015), descreve Ferramenta BIM como um aplicativo construído para a realização de uma tarefa específica, produzindo um resultado específico, como por exemplo, a detecção de interferências. Freire (2015) também destaca que, a partir do momento em que se inicia o gerenciamento de um ou mais meios de informação que englobam as aplicações de diferentes ferramentas e plataformas dentro de uma empresa, surge o Ambiente BIM.

De acordo com Sacks et al. (2021), ao planejar e desenvolver o ambiente BIM dentro de uma organização, são envolvidos múltiplos aplicativos para diferentes usos. Quando são utilizadas múltiplas plataformas, e conseqüentemente múltiplos modelos de dados, são necessários níveis adicionais de gestão e coordenação de dados.

A competitividade entre empresas de softwares pertencentes à indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção, aliada a necessidade de melhorar os processos atuais de projeto e métodos de trabalho, fomentam o crescente desenvolvimento de variadas opções de plataformas que possuem aplicações BIM (TARRAFA, 2012).

Atualmente, os sistemas BIM são capazes de gerar representações ricas em informações e componentes, onde o IFC permite a ocorrência de uma linguagem comum na transferência de informações e assim, proporcionar uma exploração de forma maximizada (AIA 2007). Esta característica de interoperabilidade do IFC é crucial na plataforma BIM. Ele é o formato universal responsável pela viabilização da intercomunicação dos softwares.

Especificamente para o trabalho em questão, destaca-se a plataforma Autodesk, pois fornece o *software Navisworks Manage*. O *Navisworks* permite a realização de um planejamento e compatibilização de projetos utilizando BIM. Com esse programa, os modelos de projetos podem ser abertos e revisados por todas as partes envolvidas, evitando erros, retrabalhos e custos adicionais ou permitindo a resolução mais rápida dos problemas (AUTODESK, 2022).

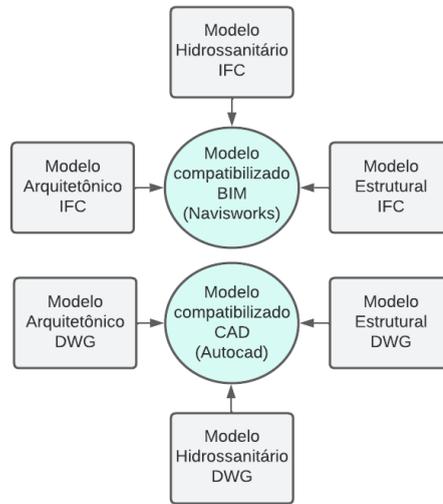
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Realizou-se um estudo de caso para avaliar as limitações no uso do sistema tradicional de projeto (CAD) em comparação à metodologia BIM, bem como sua influência na otimização, concepção, fluxo de informações durante a compatibilização de projeto de instalações hidráulicas, sanitárias e pluviais, realizado pelo Engenheiro Ambiental e Sanitarista, em projeto predial realizado por equipes multidisciplinares.

Sendo assim, com a finalidade de validar o processo de interoperabilidade da metodologia BIM, foi compatibilizado um projeto hidrossanitário e pluvial padrão, através de software específico, tendo como base, projeto arquitetônico e estrutural oriundo de profissionais associados ao desenvolvimento geral da obra, modelados previamente e fornecidos em formato compatível. A interoperabilidade se deu através de arquivos IFC disponibilizados, com suporte à plataforma BIM. A compatibilização se deu através do alinhamento dos modelos 3D a partir de ajustes iniciais de coordenadas de eixos existentes em cada arquivo IFC, adequação de escala e cotas, quando necessário, utilizando o software *Navisworks Manage*. A análise da compatibilização por esse método, utilizou funcionalidades automáticas.

Para efeito de comparação, o mesmo projeto hidrossanitário foi compatibilizado através do sistema tradicional (CAD), tendo os mesmos projetos base, agora em 2D CAD, sendo analisado o processo de resolução dos problemas encontrados no desenvolvimento do projeto e compatibilização, representando o modo tradicional de projeto utilizado atualmente. A compatibilização se deu através da sobreposição de *layers*, que são níveis ou camadas de representação gráfica, que criamos para melhor organizar projetos, por meio do *software AutoCAD*, a avaliação ocorreu pela busca a olho nu nas interferências entre os sistemas que compõem o dimensionamento hidráulico e sanitário projetado. Desta forma, em um panorama geral, as alterações ocorrem através de modificações manuais em todos os objetos. A Figura 1 ilustra a integração dos projetos base.

Figura 1 - Integração dos projetos base



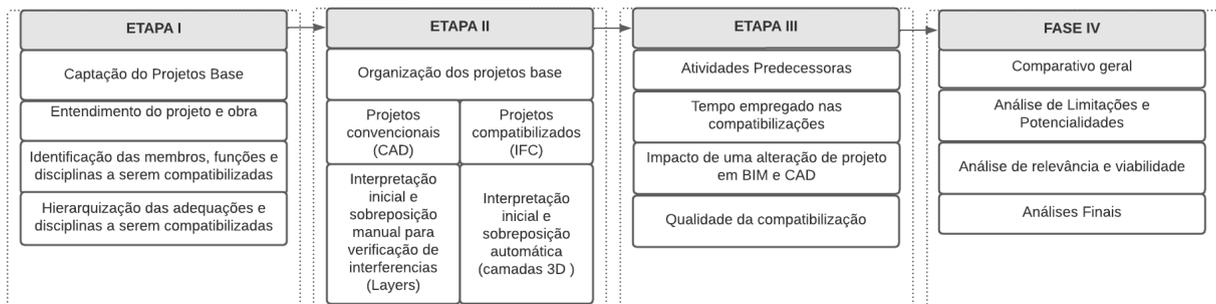
Fonte: Autor

A análise em ambas as metodologias foi realizada para cada pavimento, visto que cada um possui características arquitetônicas e estruturais distintas, bem como necessidades específicas a serem consideradas no projeto do Engenheiro Ambiental e Sanitário. As ações de avaliação buscam a detecção de sobreposições dos sistemas hidráulicos e sanitários em representações de vigas, pilares e lajes nos projetos estruturais e paredes, janelas, portas nos projetos arquitetônicos.

Vale ressaltar que ambos os projetos base foram formatados a fim de eliminar detalhes irrelevantes ao estudo, como elementos decorativos e revestimentos externos, propiciando uma visualização mais clara dos aspectos a serem analisados além de uma leveza maior nos arquivos digitais a serem processados, mantendo assim as informações principais. Representações em cortes e perspectivas não foram consideradas, visto que não foram apresentadas nos projetos base nos mesmos pontos, impossibilitando a comparação por meio da sobreposição dos layers.

A Figura 2 apresenta as etapas adotadas no procedimento metodológico, em ordem sequencial.

Figura 2 - Diagrama esquemático das etapas metodológicas



Fonte: Autor

A etapa I relativa a atividades iniciais fundamentais para o início do estudo, desde a captação dos projetos, elucidação do das necessidades de projeto e obra, atores envolvidos e definição da hierarquia de compatibilização. Na etapa II, objetivou-se a classificação dos tipos de arquivos recebidos, em CAD e BIM, bem como a separação em grupos conforme à forma de compatibilização adotada, e também a realização das ações de compatibilização dos projetos base aos sistemas hidráulico, sanitário e pluvial, foram analisadas as interferências existentes ao se unir todos os projetos em um único arquivo, conforme cada metodologia em estudo.

Nas etapas III e IV as ações foram voltadas ao levantamento dos pontos considerados de maior relevância em cada metodologia e a análise dos dados obtidos, respectivamente.

3.1 Softwares utilizados

Ao adotar a metodologia BIM para projetos colaborativos, é importante destacar que seu uso não se dá por nenhum programa de computador em específico, atualmente existem variadas opções no mercado para diferentes especialidades, que possuem a capacidade de gerar arquivos IFC utilizados para compatibilização de projetos. Este estudo de caso traz uma situação comum em projetos colaborativos, o uso de diferentes softwares, indicados no quadro 1, visto que cada profissional utiliza uma ferramenta específica de sua especialidade.

Quadro 1 - Softwares utilizados indiretamente por profissionais associados à obra

<i>Softwares utilizados nos projetos base</i>		
Nome	Descrição	Função
Graphisoft - ArchiCad®	software para projetos arquitetônicos	- Exportou o arquivo IFC utilizado como projeto base arquitetônico, utilizado no BIM. - Exportou plantas baixas, cortes e modelos isométricos, utilizados em CAD.
AltoQi - Eberick V9®	software de projeto estrutural e concreto armado	- Exportou o arquivo IFC utilizado como projeto base estrutural, utilizado no BIM. - Exportou plantas baixas, cortes e modelos isométricos, utilizados em CAD.
AltoQi - QiBuilder®	software para a elaboração de projetos hidrossanitários.	- Exportou plantas baixas, cortes e modelos isométricos, utilizados em CAD. - Exportou o arquivo IFC utilizado como projeto base hidrossanitário, utilizado no BIM.

Fonte: Do autor

Os softwares utilizados diretamente neste estudo, para a compatibilização, foram escolhidos visto a popularidade dos mesmos em cada metodologia de projeto, bem como a sua gratuidade de licença para acadêmicos, e são indicados no Quadro 2.

Quadro 2 - Softwares utilizados diretamente para o estudo de caso

Softwares utilizados na compatibilização		
Nome	Descrição	Função
Autodesk - AutoCad®	- Software de desenho e concepção dos projetos, sendo possível o estudo de formas e volumes.	- Utilizado para a compatibilização do projeto hidrossanitário pela metodologia tradicional. - Unificação dos projetos base por sobreposição de layers 2D.
Navisworks Manage®	-Software de gestão de projetos BIM.	- Utilizado para a compatibilização do projeto hidrossanitário pela metodologia BIM. - Unificação dos projetos base por sobreposição de camadas 3D, funcionalidades automáticas.

Fonte: Do autor

As ferramentas supracitadas, demonstram a variabilidade típica de opções e métodos de se realizar determinadas funções por profissionais de áreas de conhecimento diferentes, demonstrando a situação encontrada para a realização deste estudo de caso e ilustrando a realidade encontrada no desenvolvimento de projetos colaborativos. Os softwares utilizados para geração dos projetos base foram usados de maneira indireta.

3.2 Objeto de estudo

O empreendimento utilizado para o estudo de caso consiste em uma edificação para fins educacionais, com área total a ser construída de 3.486,58 m², disposto em 6 pavimentos. O primeiro pavimento contará com a entrada principal da edificação, e será composto por saguão e áreas administrativas; O segundo pavimento possui áreas de convivência e espaço para alimentação; Do terceiro ao sexto pavimento a estrutura é semelhante, sendo denominado como pavimentos tipo, visto a repetição do padrão, e contará com a instalação de salas de aula e áreas de estudo. Para todos os pavimentos possuem lavatórios e banheiros, sendo projetados instalações hidráulicas e sanitárias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Etapa I

O quadro a seguir apresenta um resumo relacionado às vantagens e desvantagens na realização das ações discutidas.

Quadro 3 - Análise comparativa das ações da etapa I

Etapa I: Metodologia BIM vs. tradicional				
Ações	BIM		CAD	
	Vantagem	Desvantagem	Vantagem	Desvantagem
Captação projetos base		x	x	

Entendimento Obra	x			x
Hierarquização de adequações	x			x

Fonte: Do autor

As vantagens associadas ao uso de BIM em projetos ainda não são amplamente conhecidas e sua implantação e uso podem parecer morosos e onerosos, principalmente nas fases iniciais de adaptação, visto a necessidade de atualizações de equipamentos, aquisição licenças de softwares, bem como cursos e treinamento necessários, esses fatores somados à necessidade de adoção da BIM por todos os profissionais associados ao desenvolvimento da obra, que ainda não é comum, podem gerar uma desmotivação para a mudança, refletindo em uma baixa adesão dessa metodologia.

Esse cenário foi observado durante a captação dos projetos base para a realização deste estudo, onde foram encaminhadas variadas versões em IFC de projetos base, com diferentes tipos de erros, desde erros na exportação dos dados do projeto, até erros de exportação do arquivo IFC. Estas observações são reforçadas por Kymmel (2008), afirmando que um número significativo de empresas se depara com dificuldades em encontrar profissionais familiarizados com softwares BIM, necessitando promover treinamentos junto a seus projetistas, resultando em uma demanda maior de tempo e recursos.

Para Dantas Filho et al (2015) existe uma grande dificuldade em encontrar profissionais com especialização no uso da plataforma BIM no Brasil, visto que a mesma ainda é considerada relativamente nova e não se popularizou como parâmetro de trabalho no país. Dantas Filho et al (2015) declaram que a maioria das empresas que procuram implantar o conceito BIM foram mal-sucedidas, visto as necessidades imediatas de tempo e recurso, além de um alto nível de aprendizagem dos subordinados, o que resulta em um retrocesso ao método tradicional.

Apesar de ser uma tendência de mercado, considerando o Decreto Federal, assinado em 2020, que relata que, a partir de 2021, será obrigatório o uso do BIM na execução indireta ou direta de serviços e obras de engenharia, realizadas por órgãos ou entidades da administração pública federal, referente a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, e abordado por diferentes autores no referencial teórico, observa-se uma mudança lenta na adoção do BIM como metodologia de prevenção e solução dos problemas ocasionados pela falta de compatibilização. Nesse sentido, cabe ressaltar a importância deste estudo de caso, como catalisador na migração da tecnologia tradicional para a BIM, no uso de projetos em sistemas prediais hidráulicos e sanitários através do uso de programação visual, considerando incremento na qualidade e produtividade do Engenheiro Sanitarista Ambiental em projetos colaborativos.

Em relação à análise dos projetos técnicos envolvidos, visando o entendimento geral da obra, os projetos apresentados em IFC, pela metodologia BIM apresentaram vantagens, visto a facilidade de definir das necessidades dos sistemas hidráulico, sanitário e pluvial a ser implantado, compreendendo características dos equipamentos hidrossanitários, quantidade, localização e estimativas de consumo, graças as informações intrínsecas presentes nos elementos que compunham os projetos. Essa característica propiciou também a hierarquização de mudanças de forma mais dinâmica, e o entendimento entre os atores envolvidos que em um contexto geral, as alterações em sistemas ocultos possuem menor impacto em variados aspectos da obra, como por exemplo, impacto visual, custo de alterações, custos de material, mão de obra e tempo para

execução das adaptações.

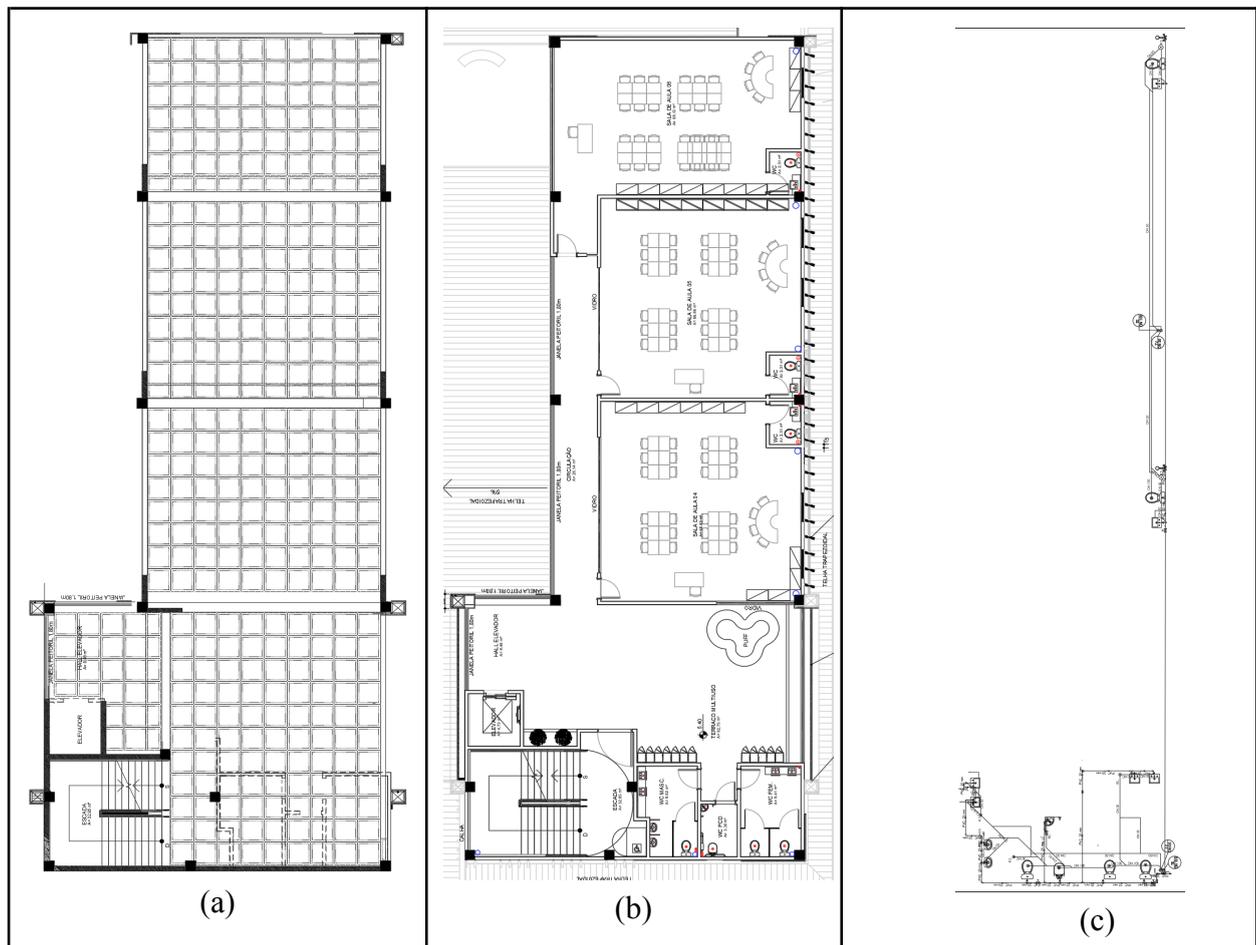
A hierarquização relativa às adequações a serem realizadas entre os profissionais de atuação conjunta no desenvolvimento da obra, projetos arquitetônicos e estruturais foram definidos como preliminares fundamentais para o desenvolvimento do projeto hidrossanitário e pluvial, sendo que as possíveis atualizações a serem realizadas de forma simultânea seguiram a seguinte hierarquização: O projeto estrutural deve se adaptar a alterações do projeto arquitetônico, e o projeto hidrossanitário e pluvial deve se adaptar às necessidades arquitetônicas e estruturais, evitando interferências.

4.2 Etapa II

4.2.1 Método Tradicional CAD

A Figura 3, indica as formas de representação de camadas (*layers*) de pavimento tipo, de cada disciplina dos projetos base analisados, em planta baixa.

Figura 3 - Indicação das representações mais comuns de projetos em CAD. (a) Estrutural; (b) Arquitetônico; (c) Sistemas



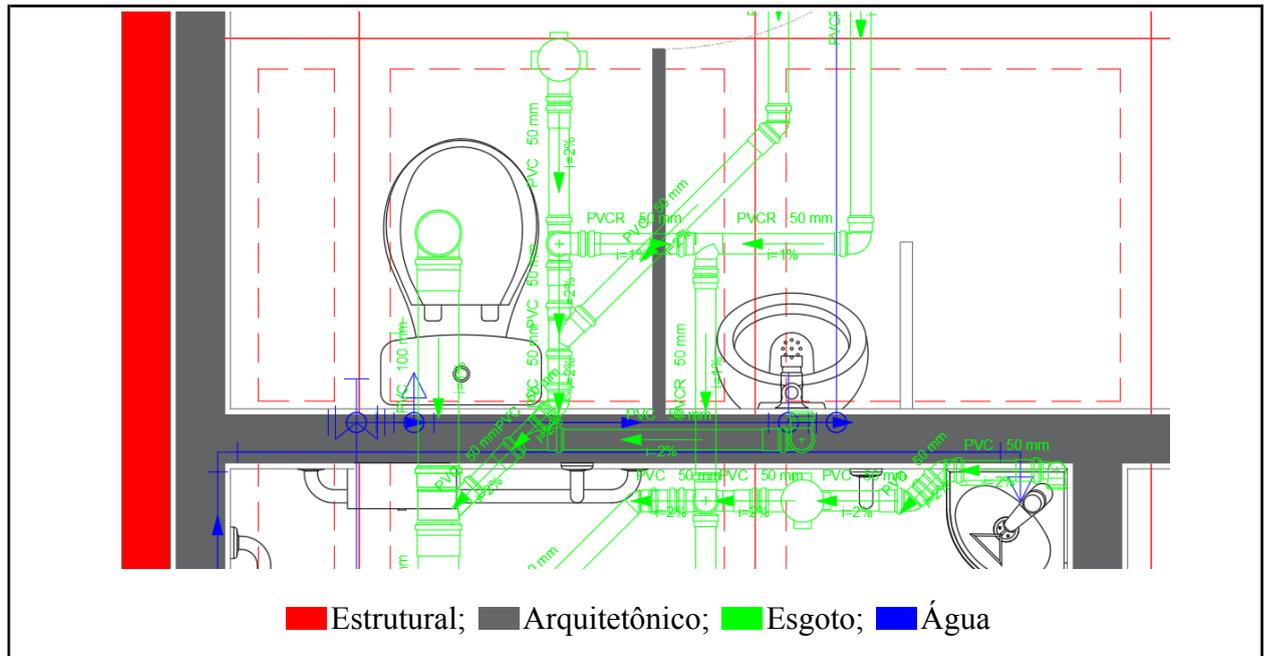
Fonte: Autor

Na Figura 3(a) é indicado um *layer* relativo ao projeto base estrutural, onde é possível observar a representação da laje, vigas e pilares, sendo estes pontos críticos no momento de avaliação de interferências. Na Figura 3(b), é apresentado um *layer* do projeto arquitetônico, indicando a disposição dos aparelhos hidráulicos e sanitários a serem atendidos, bem como os

demais componentes característicos, como paredes, portas e janelas. Na Figura 3(c), é apresentado a disposição da tubulação que compõe o sistema de água fria, ilustrando a representação dos sistemas prediais em *layer* específico.

As camadas apresentadas representam o pavimento tipo, destaca-se que a compatibilização tradicional requer a sobreposição dos diferentes *layers* em todos os pavimentos da edificação, conforme indicado na Figura 4.

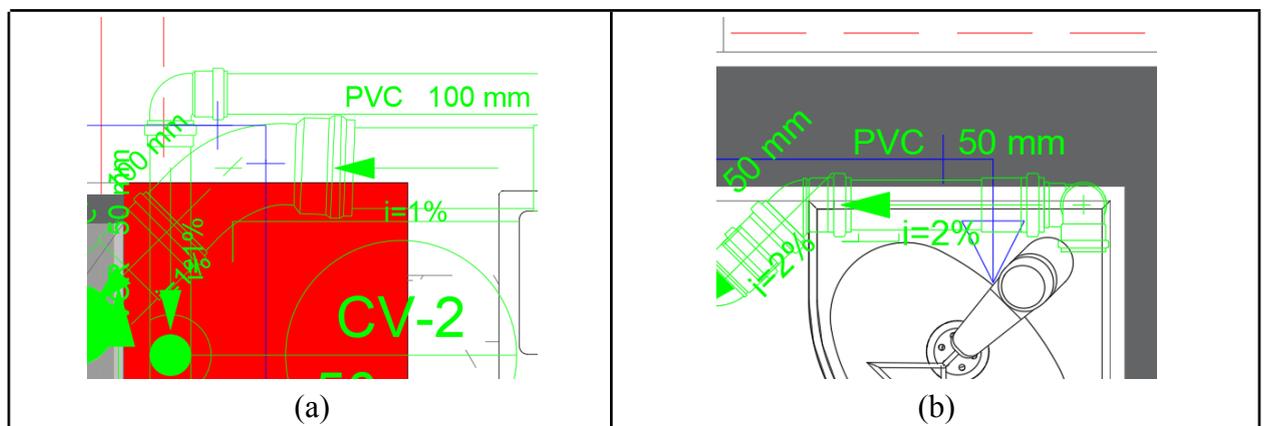
Figura 4 - Indicação de sobreposição de layers para análise de compatibilidade, utilizando diferenciação por cores.



Fonte: Autor

A diferenciação de cores dos *layers* é normalmente utilizada para facilitar o processo de visualização de incompatibilidades a olho nu. A Figura 5 apresenta exemplos de conflitos encontrados.

Figura 5 - Conflitos comuns. (a) Estrutural e Sistemas; (b) Arquitetônico e Sistemas



Fonte: Autor

A imagem (a) indica um ponto de incompatibilidade entre pilar estrutural e tubulação de esgoto, a imagem (b) indica um exemplo de incompatibilidade com parede relativa a projeto

arquitetônico, com a tubulação de água e esgoto.

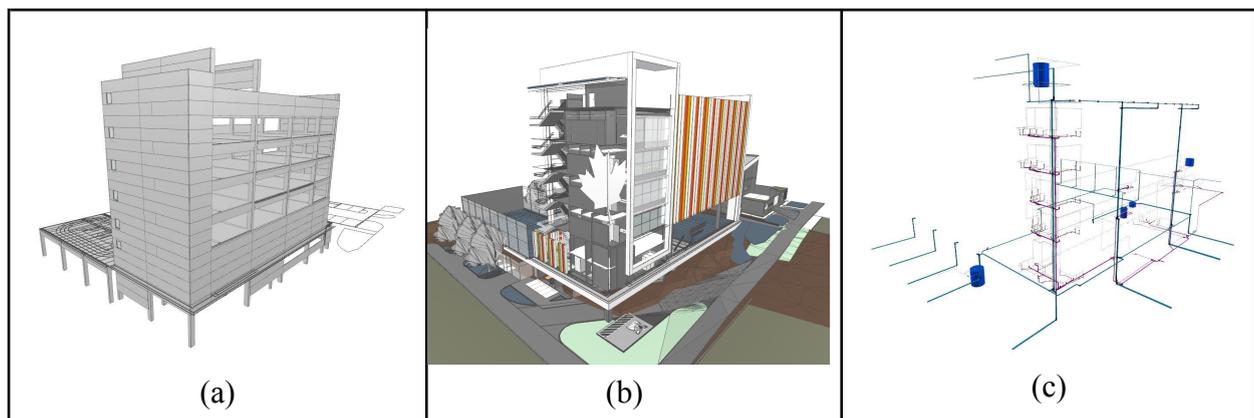
Na realização da análise de interferências utilizando o método apresentado, foram detectadas 53 interferências entre os *layers* sobrepostos, no primeiro pavimento, 68 interferências no segundo pavimento, e em cada pavimento tipo, que corresponde ao 3º, 4º, 5º e 6º pavimento, foram identificadas 72 interferências em cada pavimento.

As diferenças numéricas das interferências identificadas se justificam pelos diferentes dimensionamentos em cada pavimento. O total de componentes em conflito utilizando a compatibilização tradicional foi de 409 interferências.

4.2.2 Método otimizado BIM

Para a compatibilização otimizada, o lançamento dos elementos estruturais, bem como dos elementos arquitetônicos base, hidráulico, sanitário e pluvial, ocorreu a partir de arquivos IFC combinados através do software *Navisworks Manage*®, estes arquivos permitem a visualização em 3D. A Figura 6 apresenta os modelos 3D de cada projeto base analisado.

Figura 6 - Indicação de perspectivas de cada disciplina em IFC. (a) Estrutural; (b) Arquitetônico; (c) Sistemas

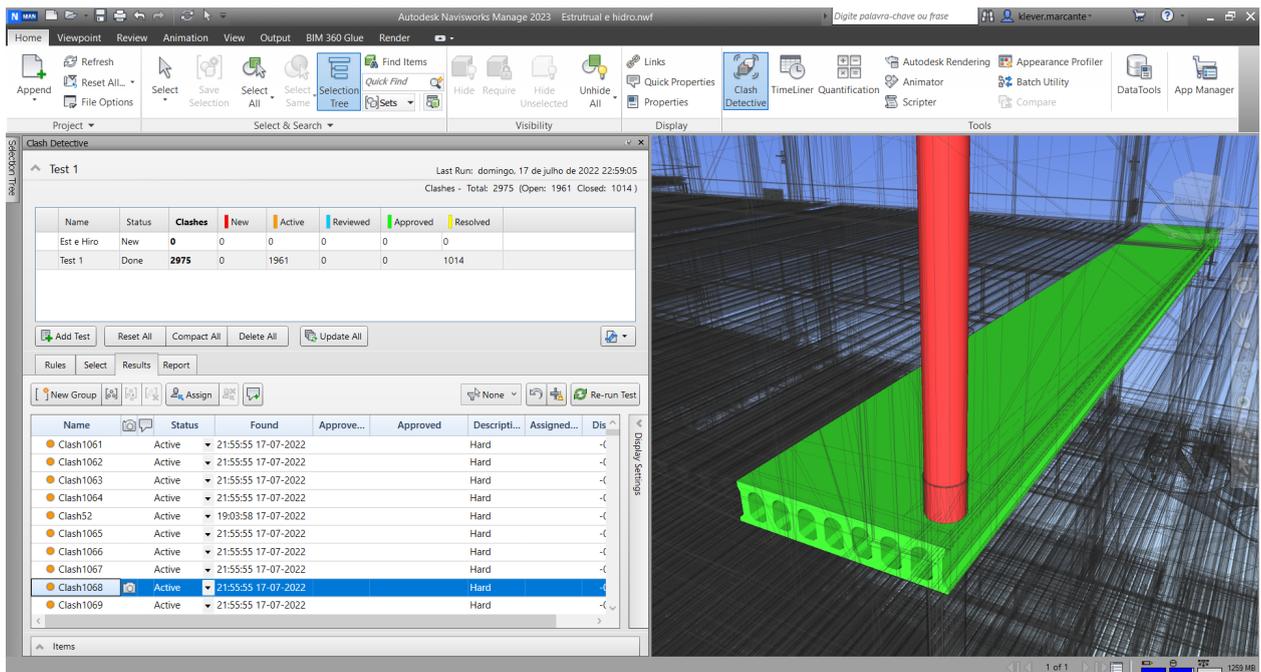


Fonte: Autor

Na Figura 6 (a), é indicado o modelo 3D relativo ao projeto base estrutural, onde é possível observar a representação geral da obra, sendo toda a volumetria considerada área críticas de interferências pelas funcionalidades de avaliação BIM; modelo já incorpora *shafts* e outros tipos de passagens destinados a instalação hidrossanitária. Na Figura 6 (b), é apresentado o modelo 3D do projeto arquitetônico, possuindo incorporado ao arquivo, todas as informações de cada componente utilizado. Na Figura 6 (c), é apresentado a disposição da tubulação que compõe o sistema de água fria, água quente, esgoto e drenagem pluvial, que foi adaptado aos demais modelos durante o processo de compatibilização.

Para o estudo de caso, considerando apenas as interferências entre os projetos base e o projeto hidráulico, sanitário e pluvial, na primeira compatibilização, foram localizadas 2975 interferências, utilizando a ferramenta “*Clash Detective*” que realiza uma varredura automática dos elementos em conflito, gerando resultados em tabela, com links direto a localização do ponto problemático, para tal, é possível definir as regras e opções para a realização dos testes de compatibilidade. A Figura 7, apresenta a visualização da funcionalidade em utilização.

Figura 7 - Relatório de incompatibilidades, em destaque, conflito de tubulação e laje

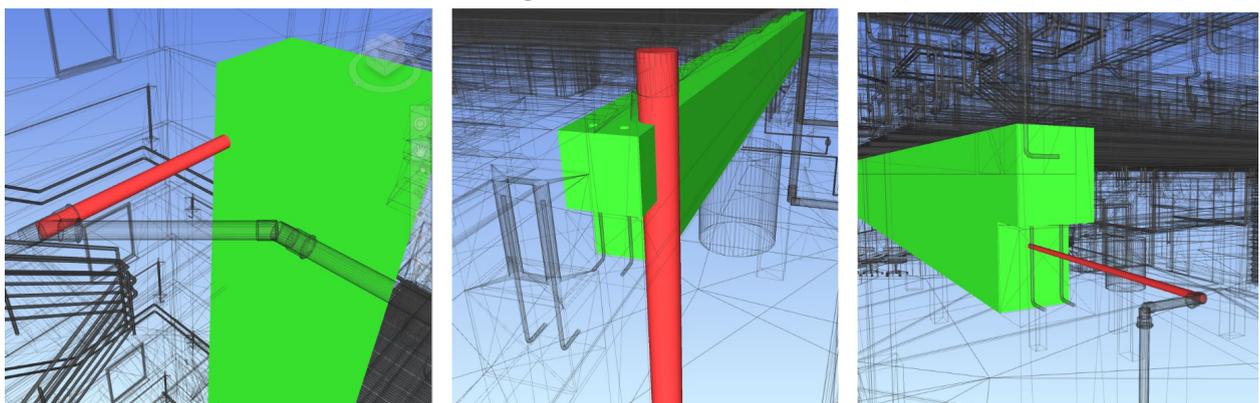


Fonte: Autor

A Figura 7 mostra o *feedback* realizado pela funcionalidade automática de busca de interferências nos modelos 3D sobrepostos através da ferramenta *Navisworks Manage*®, que apresenta uma lista dos componentes em conflito, com um link específico para visualização de cada erro, possibilitando uma análise mais dinâmica da gravidade de cada caso, oferecendo uma visualização clara, auxiliando na tomada de decisão e retrabalho.

A Figura 8 indica algumas das representações de conflitos gerados na compatibilização BIM entre tubulação, vigas e pilares. Dependendo do grau de detalhamento e qualidade dos arquivos base em IFC disponibilizados pelos profissionais das diferentes disciplinas associadas ao desenvolvimento da obra, é possível obter indicações ainda mais precisas.

Figura 8 - Conflitos comuns



Fonte: Autor

4.3 Etapa III

O gerenciamento dos aspectos mais relevantes observados no desenvolvimento das ações necessárias, em ambas as metodologias de compatibilização é indicado no Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Análise comparativa das ações da etapa III

Etapa III: Metodologia BIM vs. tradicional				
Aspectos avaliados	BIM		CAD	
	Vantagem	Desvantagem	Vantagem	Desvantagem
Atividades Predecessoras		x	x	
Tempo empregado na compatibilização	x			x
Impacto de alteração de projeto em BIM e CAD	x			x
Qualidade na compatibilização	x			x

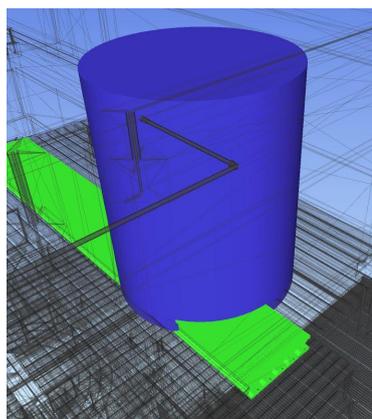
Fonte: Autor

Primeiramente, em relação às atividades predecessoras a compatibilização, a metodologia BIM se mostrou trabalhosa e complexa na manipulação e configuração dos arquivos IFC, os principais problemas foram relacionados a pontos de referência distintos entre os projetos base, gerando sobreposição das camadas 3D de forma equivocada, necessitando ajustes e diálogos com os demais profissionais. Este problema não foi observado na compatibilização em CAD, visto que foram necessários apenas pequenos ajustes de escala.

Outro ponto analisado, diz respeito ao tempo empregado para análise de interferências, destaca-se um menor tempo na metodologia BIM, visto as funcionalidades automáticas presentes do software utilizado, porém necessitou-se de uma conferência das interferências reais a serem consideradas. A necessidade de conferência foi necessária, pois os arquivos IFC dos projetos base não possuíam informações detalhadas de cada elemento de composição dos projetos, isso impossibilitou uma configuração mais específica na utilização função “*Clash Detective*”, gerando um resultado menos detalhado que o esperado, sendo esse, um detalhe importante a ser considerado visto que nem todas as interferências detectadas automaticamente pelo software *Navisworks Manage*® na metodologia otimizada, foram de fato problemas a serem corrigidos. A disposição padrão de dispositivos hidráulicos como registros, peças e o próprio encanamento são normalmente dispostos em paredes, forros e pisos, nesse sentido, nem todas as interferências relacionadas a estes eventos não foram levadas em consideração, visto que a análise automática classifica todas as sobreposições como conflitos. Esse fato, explica os diferentes números de interferências identificados em cada metodologia.

Na metodologia tradicional a análise visual pelo projetista já identifica e desconsidera interferências consideradas normais ou não relevantes, o que não é realizada pelo *software* utilizado para a metodologia otimizada, como indicado na Figura 9, onde a base do reservatório ultrapassou o limite de proximidade estipulado em relação ao piso do pavimento. Sendo assim, observa-se a necessidade de uma conferência visual para um levantamento mais preciso dos reais problemas encontrados também na metodologia de compatibilização BIM.

Figura 9 - Exemplo de conflito desconsiderado



Fonte: Autor

Os principais pontos de conflito detectados em ambas as metodologias de compatibilização, foram relacionados a prumadas de posicionamento da tubulação, localização dos furos de laje e vigas relativos ao projeto estrutural e relativos ao projeto arquitetônico, disposição horizontal do encanamento e exposição de componentes dos sistemas, indicado no quadro a seguir.

Quadro 5 - Interferências entre as disciplinas Hidrossanitário e pluvial vs. Estrutural.

HIDROSSANITÁRIO vs. ESTRUTURAL			
TIPO	DESCRIÇÃO	SOLUÇÃO	IMPACTO
Laje/Tubulação	Posição colunas coincidem com nervuras	adoção de shafts e reposicionamento	Adição de peças solicitação adicional
Vigas/Tubulação	colunas coincides com viga	reposicionamento	adição de peças tempo de trabalho
Pilares/Tubulação	Pilares coincidem com tubos	reposicionamento	adição peças tempo de trabalho
Paredes/Tubulação	Paredes estruturais sem possibilidade de passagem de encanamento	reposicionamento de tubos para piso ou teto	adição de materiais e readequação de bitolas
Fundação/Reservatórios	sapatas em local de instalação de reservatório subterrâneo	redimensionamento de reservatórios	adição peças tempo de trabalho

As interferências relacionadas às prumadas foram relacionadas às colunas de tubulação, muitas vezes em um único ponto foi necessário a passagem de uma grande quantidade de sistemas, como tubo de alimentação, de abastecimento, esgoto, ventilação e drenagem pluvial, dificultando as adequação a todas as necessidades pelo espaço físico requerido, impedindo o simples reposicionamento, sendo necessário um novo dimensionamento. Outro ponto foi o alinhamento da tubulação vertical com furos nas lajes, visto a necessidade de adequação a paginação do piso e respeitando a estrutura da laje tipo protendida, a compatibilização se deu

através de ajustes na posição das colunas de encanamento. Nesse sentido, a precisão dos resultados emitidos pelo software *Navisworks Manage*® foram importantes na rapidez da compatibilização, em relação à simples análise visual em 2D em CAD. O quadro a seguir indica as interferências identificadas entre as disciplinas Hidrossanitário e Arquitetônico.

Quadro 6 - Interferências entre as disciplinas Hidrossanitário vs. Arquitetônico.

HIDROSSANITÁRIO vs. ARQUITETÔNICO			
TIPO	DESCRIÇÃO	SOLUÇÃO	IMPACTO
Parede/ Encanamento	Encanamento no interior da parede	Interação comum, não considerado	desconsiderado
Parede/ Encanamento	Diâmetro tubo superior largura parede	exposição de tubulação e reposicionamento	impacto visual
Encanamento/ Aberturas	Altura de tubulação interfere em aberturas	Reposicionamento do sistemas	adição de peças e aumento de perda de carga geral
Calhas/ cobertura	Calha interferindo na estética da cobertura	diminuição de dimensões e aumento de pontos coletores	Adição de peças, aumento

Para a disposição horizontal dos componentes dos sistemas instalados, foram realizadas ações para que os encanamentos atendessem todos os equipamentos hidrossanitários, se adequando à posição de janelas e portas da edificação. As interferências referentes à exposição de componentes do sistema foram resolvidas com o aumento da distância entre o reboco e o encanamento, no caso de instalações horizontais, instalação de shafts para encanamentos verticais e previsão de paredes falsas para ocultamento dos sistemas.

A análise das interferências relevantes foi importante, visto que a sobreposição de paredes não estruturais com a tubulação não são consideradas, pois a instalação do encanamento se dá justamente no interior da parede. Nesse sentido, a visualização e diagnósticos desses problemas foram otimizados pela representação 3D obtida através da compatibilização em BIM.

Em relação aos impactos ocasionados por mudanças em projetos base no decorrer da obra, assim como esperado, foram mais notáveis na compatibilização em CAD, visto a necessidade de geração de novas pranchas, novas sobreposições e conferências visuais. Na compatibilização BIM, graças aos vínculos de cada arquivo IFC, as modificações nos projetos base são atualizadas de forma direta, sem necessidade de ações adicionais, além disso, conforme as atualizações foram possíveis refinamentos na funcionalidade de detecção automática de interferências.

Por fim, foram analisados a qualidade geral dos projetos compatibilizados, observou-se que a compatibilização em BIM, possibilitou uma qualidade superior, visto que as funcionalidades automáticas garantem a avaliação de todas as interferências, diferentemente do ocorrido na compatibilização em CAD, onde a análise ocorre de maneira visual, ocasionando uma possibilidade maior de erros. A possibilidade de uma representação 3D através do BIM também proporcionou um acréscimo na qualidade, pois possibilitou a melhor caracterização dos componentes, que puderam ser acessados e modificados com maior clareza.

4.4 Etapa IV

Barreto; Sanches e Almeida (2016) realizaram um estudo, no intuito de obter um parâmetro quantitativo acerca do uso da tecnologia BIM, através da aplicação um questionário aos profissionais da engenharia e arquitetura, avaliando os motivos que os levaram a adquirir a plataforma BIM, a viabilidade e fatores de não adesão a essa metodologia. Segundo essa pesquisa, 51% dos entrevistados responderam que a metodologia BIM se encontra em menos de 20% dos projetos realizados. Em relação a escolha da adoção da metodologia, os fatos que mais se destacaram para o uso foram diminuição de tempo de trabalho, geração de mais detalhes e informações e facilidade de alteração ou criação de projeto. Em relação a não adoção, os motivos principais são a falta de capacitação dos profissionais de disciplinas diferentes associados a obra, alto custo dos softwares e o alto tempo requerido de treinamento.

Esses dados corroboram os resultados obtidos neste estudo de caso, citando inicialmente a dificuldade em obter os projetos base utilizados para a compatibilização pela metodologia BIM. Pode-se destacar também, dificuldades na capacitação dos envolvidos, em gerar projetos base mais completos e precisos, reflete um nível de treinamento que pode influenciar muito na dinâmica de compatibilização por BIM, além disso, as frequentes atualizações dos programas utilizados e o valor necessário para obtê-los motiva os profissionais a se manterem em versões antigas que não permitem certas funcionalidades para um estudo mais aprofundado. A diminuição do tempo de retrabalho em atividades relacionadas a detecção de interferências, identificação mais detalhada dos elementos em conflito e adequação mais rápida e eficiente dos sistemas hidráulicos, sanitários e pluvial se mostrou um fator favorável no decorrer deste estudo, visto as funcionalidades automáticas presentes nos softwares utilizados, porém a necessidade de uma conferência visual para eliminação de interferências consideradas normais tornaram o processo mais demorado, anulando em partes os ganhos de tempo obtidos.

Quanto à relevância do uso de BIM em relação à metodologia tradicional, observa-se o entendimento do conceito de metodologia otimizada e interesse na adoção desse método de trabalho, porém o conhecimento prático das equipes multidisciplinares em relação à utilização ainda foi um problema. Os autores Moreira e Ribeiro (2015), realizaram uma pesquisa de doze empresas brasileiras que utilizam a metodologia otimizada BIM, com o intuito de obter parâmetros de comparação a partir do início do uso em relação à metodologia tradicional. O resultado indicou que 92% das empresas concordam que ocorre uma melhor visualização e entendimento dos projetos e também uma facilidade maior nas modificações, 83% concordam que ocorre um aumento da produtividade, redução de erros a compatibilização entre outras disciplinas é facilitada.

Neste estudo, foi possível observar dados que tendem aos resultados da pesquisa realizada pelo autores supramencionadas, o entendimentos dos projetos bem como dos elementos que os constituem foram facilitados pelas representações 3D e pelas informações intrínsecas contidas nos elementos do arquivo IFC, as interferências foram mais rapidamente detectadas pelo uso de funcionalidades automáticas, a adequação também ocorreu de modo mais dinâmico, pelo fato da possibilidades de re-projeto no próprio modelo 3D. Porém, as ações relacionadas a configurações necessárias para nivelar os arquivos base, nas etapas I e II do processo metodológico tomaram um tempo de adequação e pesquisa relevante, apesar dos arquivos IFC conterem todas as informações do projeto, o processo de unificação dos projetos não foi facilitado, essa dificuldade ocorre principalmente pelo geração dos projetos bases em softwares de plataformas diferentes e adoção de diferentes escalas e pontos de referência nos projetos da

edificação.

A metodologia tradicional se mostrou eficiente, porém o tempo de retrabalho se mostrou maior, principalmente pela maior dificuldade em encontrar todas as interferências através das sobreposições de layers, e a identificação detalhada dos elementos de composição de cada disciplina, o retrabalho ocasionado pelas adequações também se mostrou mais demorado, visto a necessidade de redesenhar manualmente as novas representações, conferência manual de dimensões e cotas, por exemplo. Fatores como, acesso a ferramentas e capacitação existente se apresentam em destaque como pontos positivos a continuação do uso da metodologia tradicional baseada em CAD.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao decorrer do trabalho, foi possível obter informações que caracterizam a aplicação na metodologia BIM em um contexto prático, na compatibilização de um projeto hidráulico, sanitário e pluvial realizado pelo profissional de Engenharia Ambiental e Sanitária, realizada analogamente a compatibilização pelo método tradicional mais usado atualmente, obtendo parâmetros que permitem traçar um paralelo relativo a viabilidade de cada metodologia.

Dentre as potencialidades das ferramentas BIM, destaca-se como uma das principais contribuições, o aumento da qualidade do geral dos projetos, pela possibilidade de associar os projetos desenvolvidos de forma gráfica aos demais projetos de profissionais associados ao desenvolvimento de uma obra, evidenciado na etapa III, permitindo fazer simulações e análises visando principalmente a melhoria na representação, explicitação e detalhamento dos projetos envolvidos, diminuindo o tempo despendido na realização dos projetos através da visualização e correção mais rápida de problemas, além da eficiência das ações tomadas diminuindo o retrabalho e a dificuldade em novas adequações, o que pelo método tradicional de planejamento não possibilitaria resultados satisfatórios.

A partir das informações obtidas, é possível observar que apesar de se mostrar uma tendência atual de mercado e apresentar avanços e benefícios no processo de compatibilização, a metodologia BIM ainda não é adotada pela maioria dos profissionais, sendo perceptível desde a etapa I deste estudo, na dificuldade de se obter projetos base compatibilizados bem como uma equipe multidisciplinar apta a realizar esse tipo de metodologia com eficiência. A carência de profissionais capacitados impactou diretamente a etapa II, pela geração de projetos base em IFC sem uma configuração adequada que permitisse o uso sem a necessidade de adequações entre modelos para o início da compatibilização.

Em relação a viabilidade, esta se mostra mais presente em equipes que já possuam as ferramentas tecnológicas adequadas e um treinamento prévio, o que facilita a inserção e posterior extração de informações desejadas nos modelos base a serem compatibilizados, pois irão conter um detalhamento mais adequado, que possibilita a aplicação de filtros e exceções em funcionalidades de compatibilização automáticas, obtendo melhores resultados. Para impulsionar a adoção de BIM nos fluxos de trabalho, sugere-se ações informativas sobre as potencialidades da metodologia, bem como a introdução dessa tecnologia através de projetos piloto, promovendo suavidade na migração, interesse e motivação em profissionais e equipes na zona de conforto.

Observa-se que os projetos integrados requerem um tempo e esforço maior na etapa de projeto, mesmo comparada ao método tradicional, porém espera-se uma fluidez maior na fase executiva com vantagens ambientais importantes, como a diminuição da geração de resíduos da construção civil, sendo este uma sugestão para trabalhos futuros.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Vol. 5. Brasília: ABDI, 2017.

AIA National – **AIA California Council, The American Institute of Architects**. Integrated Project Delivery: A Guide. 2007. Disponível em: <<https://www.aia.org/resources/64146-integrated-project-delivery-a-guide>> Acesso em: 02 de setembro de 2021.

ALTOQI. **Tecnologia Aplicada à Engenharia**. Disponível em: <<https://altoqi.com.br/qibuilder/>> Acesso em: 01 de setembro de 2021.

ANDRADE, M.; RUSCHEL, R. Interoperabilidade Entre ArchiCAD e Revit Por Meio do Formato IFC. **In: IV ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 3, 2009, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, 2009.

ANDRADE, M. L.; RUSCHEL, R. BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2009, São Carlos. **Anais do Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído**. São Carlos, 2009. p. 603 – 613.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13531: **Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

AUTODESK. **Softwares de projeto de edificações e construção**. Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/revit-family/overview> > Acesso em: outubro de 2021.

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.

BARRETO, B. V.; SANCHES, J. L.; ALMEIDA, T. L. O BIM no cenário de Arquitetura e Construção Civil Brasileiro. *Construindo*, v. 8, n. 2, jul./dez. 2016

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. **Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling**, Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Decreto n. 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**. Brasília, DF, 2020.

BRITO, C. R.; TAKII, T. **Modelagem de projetos elétricos usando a tecnologia BIM. 2015. TCC (Curso de Engenharia Industrial Elétrica)** – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção**. Implementação BIM. Brasília, 2016.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil. **In:** VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Paulo, 2008.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da Metodologia BIM Para Compatibilização de Projetos.** 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

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.

DANTAS FILHO, J .B. P. et al. Estado de adoção do Building Information Modeling (BIM) em empresas de arquitetura, engenharia e construção de Fortaleza/CE. **In:** Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015. p. 1-7.

DE GOES, R. H. T. B. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM.** 2011. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo.

DERITTI, M. D.; FREIRE, F. **Interoperabilidade entre aplicativos Bim utilizando modelo de dados “não-proprietário” IFC.** *Revista Técnica - Científica do CREA – PR*, Paraná, 18. ed. p. 2, abr.2019.

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, Chuck et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, C. et al. **Manual de Bim- Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores.** 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FABRICIO, M. M. ; MELHADO, S.B. **Projeto simultâneo e a qualidade na construção de edifícios.** ARQUITETURA E URBANISMO - Tecnologias para o Século 21., 1998, São Paulo. Anais. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00347.pdf>. Acesso em: 02 setembro de 2021.

FARINA, H. **Formulação de diretrizes para modelos de gestão da produção de projetos de sistemas prediais.** 2002. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade de São Paulo, São Paulo.

FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura, **In:** SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2007, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: TIC 2007, 2007. CD-ROM.

FREIRE, G. H. A.; MARTHA, L. F.; SOTELINO, E. D. Interoperabilidade entre Plataforma BIM e Ferramenta de Análise Estrutural Utilizando Industry Foundation Classes (IFC). In: DUMONT, N. A., XXXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2015, Rio de Janeiro.

FREITAS, J. G. A. **Metodologia BIM: uma nova abordagem, uma nova esperança**. CCCEE - Centro de Competências de Ciências Exatas e da Engenharia - Universidade da Madeira. Funchal - Portugal. 2014.

GIANACCINI, T. **O Surgimento do AutoCAD e Sua Importância para a Indústria**. CADguru, 2012. Disponível em: <<https://cad.cursosguru.com.br/como-surgiu-autocad-qual-sua-importancia/>>. Acesso em: 03 setembro 2021.

GONÇALVES JUNIOR, F. **Guia Para Compatibilização De Projetos Com BIM**. [S.l.]: AltoQI, 2016.

ISO 16739-1:2018 **Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema**.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projets with 4D CAD and Simulations**. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 311 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MOREIRA, R. A. D.; RIBEIRO, S. E. C. **Transição do modo tradicional de construção para o BIM em algumas regiões do Brasil**. Construindo, v. 7, n. 1, 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCE - NIBS. **National BIM Standard**. 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/ccwjwU>>. Acesso em 10 de julho de 2022.

OKAMOTO, P. S. **Teoria e prática da coordenação de projetos de edificação residenciais na cidade de São Paulo**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PAIVA, D. C. S. **Uso do BIM para compatibilização de projetos: barreiras e oportunidades em uma empresa construtora**. 2016. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – UFRN, Rio Grande do Norte, 2016.

RIBEIRO, Tollendal G. R. **Modelagem de informações de edificações aplicadas no processo de projetos de aeroportos**. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília:, 2010.

RODRIGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Florianópolis, 2005.

ROSSO, S. M. **Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos.** aU, n. 208, Julho 2011.

RUSCHEL, R. C. To BIM or not to BIM? **In:** III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, p. 15. 2014.

SANTOS, E. T.; DELATORREM, J. P. M. **Introdução de novas tecnologias: o caso do BIM em empresas de construção civil.** Anais do evento. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído. Maceió – AL. 2014

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul, GHANG, Lee, Et Al. **Manual de Bim: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre: Bookman, 2021.

SCHEER, S.; **BIM Modelagem da Informação da Construção: Panorama de potencialidades e desafios,** 2013. p. 40.

SCHEER, Sergio et al. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura.** Workshop Brasileiro de Gestão de Projetos da Construção Civil. Curitiba, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50958/55043/63437>><https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/download/50958/55043/63437>>. Acesso dia: 09 setembro de 2021.

SINAENCO. **Governo estabelece metas e prazos para implementação do BIM.** Sinaenco, 2020. Disponível em: <<http://sinaenco.com.br/noticias/governo-estabelece-metas-e-prazos-para-implementacao-do-bim/>>. 28 agosto 2021.

SOUZA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares e estudo de caso.** Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

TARRAFA, D. G. P. **Aplicabilidade prática do conceito BIM em projeto de estruturas.** 2012. 69 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra - Portugal.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. O. **Concepção de projeto dos sistemas hidráulicos sanitários prediais: mudanças no processo de projeto com a utilização de Building Information Modeling (BIM).** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. Anais... Canela: ANTAC, 2010. p. 1-8.