

TÍTULO: COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS BIM

Elvio Ap. Mattos
Tiago Alves Oliveira
Profª M.e. Candida Maria Costa Baptista
Universidade São Francisco
elviomattos@gmail.com

Alunos do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus Bragança Paulista Professor Orientador M.e. Candida Maria Costa Baptista, Curso de Engenharia Civil, Universidade Bragança Paulista; Campus Bragança Paulista.

Resumo. O artigo aborda a implementação e os benefícios da metodologia BIM (Building Information Modeling) na construção civil. Destaca a compatibilização de projetos como um dos principais ganhos do BIM, que possibilita a redução de erros e retrabalhos. A adoção do BIM resulta em maior precisão e eficiência na execução dos projetos, facilitando o compartilhamento de informações e a colaboração entre profissionais que reduz custos e aumenta a produtividade.

A utilização do BIM tem aumentado no Brasil após o Decreto nº 9.377/2018, que criou a Estratégia Nacional de Divulgação do BIM. Historicamente, o artigo menciona a evolução das práticas de projeto desde o uso de maquetes físicas e CAD 2D até a modelagem tridimensional com BIM, que agrega informações multidisciplinares de maneira mais precisa e eficiente.

Com o estudo de caso no artigo é demonstrado a eficiência do BIM, apresentando como ele pode evitar retrabalhos ao identificar e resolver incompatibilidades ainda na fase de planejamento.

A implementação do BIM enfrenta desafios como o alto custo inicial e a reestruturação das empresas.

O BIM representa uma inovação para o setor da construção civil, proporcionando maior confiabilidade e controle ao longo de todo o ciclo de vida dos projetos. Sua utilização possibilita melhorias significativas na gestão de custos, prazos e qualidade das construções, promovendo uma abordagem colaborativa e integrada entre as partes envolvidas.

Palavras-chave: BIM, Compatibilização de projetos, clash detection

Introdução

A implementação do BIM é essencial para o aumento da eficiência e a precisão nos processos construtivos, diminuindo conflitos entre disciplinas e aumentando a interação entre seus profissionais melhorando o compartilhamento de informações, o que reduz custos e aumenta a produtividade do setor.

A aplicação discutida neste artigo se refere especialmente ao contexto da construção civil, abordando como o BIM pode ser implementado em projetos arquitetônicos e de engenharia.

Demonstra-se a evolução histórica do BIM com sua crescente adoção a partir do Decreto nº 9.377/2018, que instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, impulsionando o uso da metodologia no país.

O artigo é destinado a profissionais da engenharia civil e arquitetura, acadêmicos e gestores que desejam compreender os aspectos técnicos e as vantagens da implementação do BIM nos projetos de construção.

Utilizando referências teóricas e estudo de caso, o artigo apresenta como o BIM pode ser aplicado de maneira prática, ilustrando o processo de compatibilização em 3D para prever e resolver problemas antes do início da construção física.

Embora o artigo não discuta valores exatos, ele aborda a economia de custos gerada pela adoção do BIM, mencionando estimativas de redução de até 20% nos custos de execução das obras, segundo estudos.

Histórico

No início da história da construção, as funções que hoje são desempenhadas por arquitetos e engenheiros eram desempenhadas por aqueles que detinham o conhecimento técnico, transmitindo diretamente as instruções aos construtores no próprio local da obra (Carvalho Júnior, 2023). Uma das primeiras maneiras de armazenar e transmitir esse conhecimento foi por meio de maquetes físicas, que eram esculpidas ou modeladas utilizando diversos materiais, como pedra, argila, madeira e metais. Essas maquetes serviam como referência para que a construção fosse fielmente replicada (Carvalho Júnior, 2023).

Oliveira (2002) cita exemplos na Mesopotâmia como evidências de que o ser humano já utilizava ferramentas como estiletes e compassos para realizar registros gráficos em porções de barro, naquela época já havia conhecimento sobre projeções ortogonais, permitindo a representação de plantas baixas e fachadas de construções.

Com a invenção do papel, o processo de transmissão de informações tornou-se significativamente mais eficiente. As instruções, antes passadas oralmente ou por meio de maquetes, agora podiam ser desenhadas e escritas, facilitando a sua distribuição aos construtores. Cada profissional envolvido no projeto elaborava seus planos em folhas de papel transparente, que posteriormente eram sobrepostas para realizar a compatibilização das diferentes disciplinas. Esse método permitia a visualização simultânea dos diversos sistemas e a identificação de possíveis interferências entre eles (Carvalho Júnior, 2023).

A transição da "era da prancheta" para a "era CAD" representou um avanço significativo, especialmente na precisão e agilidade do desenvolvimento dos projetos, mas a metodologia de desenho permaneceu essencialmente a mesma. No CAD (Computer-Aided Design), o processo ainda se baseia na criação de desenhos bidimensionais (2D), semelhante ao que era feito manualmente na prancheta. O uso de ferramentas digitais facilitou a elaboração e modificação dos projetos, permitindo correções mais rápidas e precisas, contudo, a limitação das representações em duas dimensões ainda impunha desafios à visualização completa do projeto, principalmente na detecção de conflitos entre diferentes disciplinas e na compreensão espacial de elementos mais complexos. (Carvalho Júnior, 2023).

Com a implementação da metodologia BIM, a construção passa a ser realizada virtualmente, de maneira mais próxima da realidade do que nos moldes anteriores. O BIM possibilita a criação de modelos tridimensionais integrados, nos quais todos os elementos da obra podem ser simulados e analisados antes da execução física. Essa metodologia aproxima-se dos processos já utilizados há décadas em outras indústrias, como a automotiva e a aeronáutica, que aplicam tecnologias avançadas para modelagem e simulação de seus produtos. No setor da construção civil, o BIM oferece uma visão mais precisa e detalhada do projeto, permitindo não apenas identificar interferências, mas também prever custos, cronogramas e impactos ambientais com maior exatidão, tornando o processo mais eficiente e assertivo (Carvalho Júnior, 2023).

A metodologia BIM teve sua origem no final da década de 1980, quando o arquiteto Jerry Laiserin, formado pela Universidade de Princeton (EUA) e especialista em Tecnologia da Informação (TI), iniciou suas pesquisas focadas em TI e interoperabilidade no setor da construção civil. Essas investigações levaram à criação da International Alliance for Interoperability (IAI), hoje em dia conhecida como BuildingSMART, uma organização internacional destinada ao desenvolvimento de padrões e práticas que permitam a interoperabilidade entre diferentes sistemas de software usados na construção civil. O trabalho de Laiserin foi fundamental para a consolidação do BIM, ao estabelecer as bases para a integração de ferramentas tecnológicas no processo de construção, promovendo a troca de informações e a coordenação entre os diversos agentes envolvidos em um projeto (ADDOR et al., 2010).

Empresas como Bentley, Autodesk, Optira e Commonpoint exerceram um papel fundamental no movimento de adoção em larga escala da tecnologia BIM. Em 2003, durante uma Conferência de Construção realizada em Seattle, nos Estados Unidos, essas companhias apresentaram à General Services Administration (GSA) — órgão responsável pela gestão das edificações públicas nos EUA — o conceito de modelagem parametrizada em 3D, integrada ao cronograma e com capacidades de análise energética das construções. Essa demonstração foi crucial para inspirar a criação de um plano de adoção do BIM na construção pública americana, desencadeando uma ampla implementação da metodologia. A partir dessa iniciativa, o BIM foi rapidamente incorporado por empresas de projeto, construção e fornecimento de materiais em toda a América do Norte, consolidando-se como um padrão na indústria (PEGGY YEE, 2009 apud MASOTTI, 2014).

Os conceitos, abordagens e metodologias que hoje são associados ao BIM remontam a aproximadamente 40 anos. Porém a terminologia Building Information Modeling (BIM) começou a ser largamente utilizada há cerca de 25 anos, consolidando-se gradualmente como o termo padrão para designar essa prática inovadora na gestão de projetos de construção, que integra modelagem tridimensional com informações detalhadas ao longo de todo o ciclo de vida da edificação (MENEZES, 2011).

Principais definições do BIM

Conforme Silva (2019, apud MICHEL, 2023), a utilização do BIM tem aumentado em passo acelerado no mundo todo, hoje em dia é tida como uma das tecnologias mais promissoras para o setor da construção civil. O BIM aceita a integração de dados de diferentes disciplinas e etapas do projeto, alcançando maior eficiência e qualidade no processo construtivo (SMITH, 2014 apud MICHEL, 2023). Importante enfatizar que a cooperação de todas as áreas envolvidas resulta em melhor compartilhamento de informações e desenvolvimento de projetos com menos problemas. Assim é possível realizar a execução com mais segurança e eficiência (CRESPO; RUSCHEL, 2007 apud MICHEL, 2023).

Com a tecnologia BIM, é possível de maneira digital construir uma edificação com precisão. Assim que finalizado, o modelo virtual possui dados de extrema importância em relação a construção física, fabricação e fornecimento de insumos necessários para a construção. O BIM é a base para um sistema em conjunto com a concepção, produção e uso no empreendimento, é a melhor opção para o setor alcançar níveis mais elevados de produtividade, equiparando-se aos demais setores da economia (AMORIM, 2020).

A compatibilização em BIM é um assunto cada vez mais importante no setor da construção civil no Brasil. A adesão ao BIM tem aumentado no país devido à diminuição de retrabalhos e erros no processo dos projetos (LOPES, 2022 apud MICHEL, 2023). Compatibilizar empregando uma ferramenta BIM permite a detecção de conflitos ainda na fase do projeto antes do início da construção, evitando custos com retrabalho (Sena, 2012).

Todavia, mesmo com todo potencial de vantagens da compatibilização em BIM, é comum se deparar com desafios na sua implementação tal como, alto custo de implementação, pouca informação sobre o assunto e a reorganização da empresa (ALVES, 2019, apud MICHEL, 2023).

Segundo Eastman (2014), a compatibilização em BIM oferece vários benefícios, mas a implementação pode ser muito desafiadora. Para uma efetiva compatibilização é necessário sair da zona de conforto e interagir com um modelo tridimensional cheio de informações conectadas, abandonando para trás o modelo 2D.

O Governo Federal Brasileiro através do Decreto nº 9.377 de maio de 2018, sancionou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, com isso valorizando e incentivando no país o investimento dessa tecnologia. A expectativa da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, é de aumentar a produtividade no setor de projetos em 10% e na execução das obras reduzir os custos em até 20% (Buss, Carneiro e Lédo, 2020).

Conforme o Ministério da Economia, a difusão do BIM no Brasil juntamente com processos e tecnologias elevará o PIB da construção civil em 28,9% até 2028 (BRASIL, 2019 apud QUEIROZ, 2022).

A Modelagem da Informação da Construção (BIM, na sigla em inglês Building Information Modeling), quando traduzida para o português, engloba o conceito de criar um edifício virtual antes de sua construção física. Todas as informações essenciais para a execução do edifício estão integradas no modelo digital, permitindo que o projeto seja desenvolvido com precisão e previsibilidade. Esse modelo eletrônico funciona como um banco de dados abrangente, onde estão armazenadas as características geométricas, materiais e funcionais da edificação. Assim, o BIM possibilita a simulação realista de um protótipo virtual, permitindo prever com exatidão como a construção se comportará no mundo real, otimizando a eficiência e minimizando os riscos durante a fase de construção (NETTO, 2016).

Segundo a coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, publicada pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em 2016, o BIM, refere-se a uma série de interações entre políticas, processos e tecnologias que compõem uma metodologia de gerenciamento digital dos dados essenciais ao projeto de uma edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida. O Volume 1 da coletânea descreve o BIM como um processo gradual, capaz de viabilizar de maneira eficaz a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o acesso simplificado às informações de uma construção. Dessa forma, o BIM pode ser definido como uma tecnologia de modelagem virtual com processos integrados, destinada a gerar, comunicar e analisar modelos de construção de forma rápida e precisa, facilitando a tomada de decisões em todas as etapas do empreendimento (Buss, Carneiro e Lédo, 2020).

O BIM é uma representação digital que engloba as características físicas e funcionais de uma construção, esse modelo digital serve como um meio de informação compartilhada, permitindo o acesso a informações essenciais para a tomada de decisões ao longo de todo o ciclo de vida da edificação, desde o planejamento e concessão até a manutenção. Além disso, o BIM pode ser considerado uma ferramenta para a criação e utilização de modelos digitais, facilitando processos de colaboração entre diferentes empresas e disciplinas, com o objetivo de maximizar o valor dos modelos e otimizar os resultados do projeto (FREITAS, 2014).

De acordo com o National BIM Standard, o conceito de BIM envolve a geração e gestão de uma representação digital das características físicas e funcionais de uma edificação. O modelo BIM criado torna-se um recurso de conhecimento confiável e compartilhado, que apoia a tomada de decisões em todas as fases do empreendimento, desde os primeiros estágios conceituais do projeto até o final do seu período de vida útil. Esse recurso integrado garante maior precisão e eficiência ao longo do ciclo de vida da construção, facilitando o

planejamento, a execução e até mesmo a manutenção da edificação (TARRAFA, 2012 apud PEREIRA, 2017).

O uso de tecnologias BIM oferece inúmeros benefícios, tanto para a otimização dos processos de trabalho quanto para a qualidade do produto. Com o desenvolvimento de um modelo 3D ou até nD, dependendo do nível de informações integradas, é possível realizar atualizações automáticas nos projetos complementares. Isso reduz significativamente o tempo de trabalho das equipes de projeto e minimiza a ocorrência de falhas, proporcionando maior precisão e eficiência em todas as fases do empreendimento (EASTMAN, 2011 apud PEREIRA, 2017).

Segundo Mikaldo Júnior e Scheer (2007) a compatibilização a partir de um modelo 3D oferece vantagens claras em comparação com o processo tradicional em 2D. Utilizando softwares específicos para compatibilização, é possível sobrepor diferentes projetos, como os de instalações hidráulicas, elétricas e estruturais. Esses programas detectam automaticamente inconsistências e pontos de conflito entre as disciplinas, permitindo que as falhas sejam identificadas e corrigidas ainda na fase de planejamento. Com essa antecipação, é possível estudar soluções mais eficazes, evitando gastos desnecessários e atrasos no cronograma da obra.

Além disso, um modelo nD oferece a vantagem de armazenar informações detalhadas, como dados sobre os fabricantes dos materiais, garantias, números de série e históricos de manutenção. Esse recurso facilita a gestão de manutenção do empreendimento e proporciona suporte eficaz para as equipes de atendimento pós-entrega, no caso de eventuais defeitos ou necessidade de reparos, garantindo maior controle e eficiência no acompanhamento do ciclo de vida da construção (SCHLEY, 2013 apud PEREIRA, 2014).

A concentração de informações em um único modelo reduz significativamente o número de canais de comunicação, o que diminui a probabilidade de conflitos e mal-entendidos. O BIM permite uma maior integração entre os projetos e processos envolvidos na construção, resultando em uma melhoria substancial na qualidade da obra, além de reduzir os custos e encurtar o tempo de execução. O impacto dessa integração na gestão da comunicação é evidente, como mostrado na Figura 1, que apresenta um comparativo entre o modelo tradicional de gestão e o modelo com o uso do BIM (EASTMAN, 2011 apud PEREIRA, 2017).

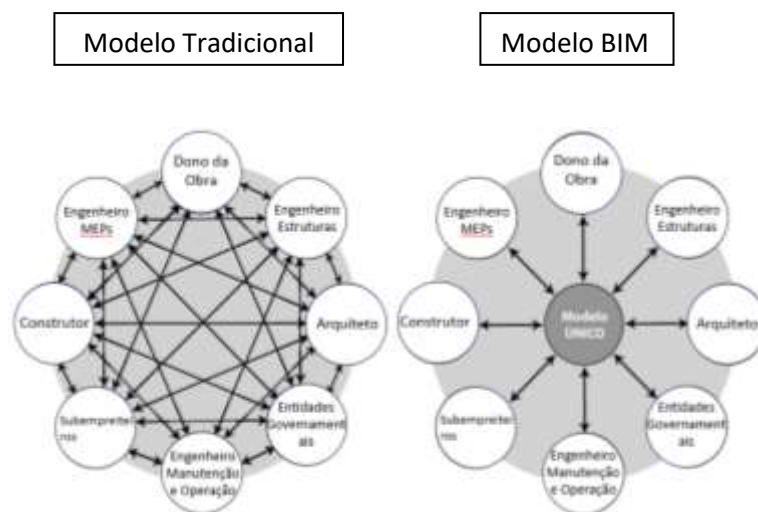


Figura 1 – Comunicação no modelo tradicional (esquerda) e modelo BIM (direita).
FONTE: Eastman et al. (2011) apud Pereira (2013).

Cabe ao arquiteto desenvolver o projeto arquitetônico e se manter atualizado em relação a todos os projetos complementares. Nesse contexto, o papel do BIM Manager torna-se fundamental, pois esse profissional atua como elo entre todos os envolvidos nas diferentes fases do projeto, garantindo a coordenação e a integração das diversas disciplinas. Escritórios de arquitetura que utilizam ferramentas BIM para desenvolver seus projetos acabam, muitas vezes impulsionando outros escritórios a adotarem essa mesma tecnologia. A necessidade de alinhar os processos de trabalho entre todos os participantes gera uma demanda por profissionais que utilizem as mesmas ferramentas e metodologias, caso contrário, o uso do BIM pode, ter efeitos negativos, pois os projetos precisam ser constantemente convertidos para formatos como DWG ou IFC, para que possam ser utilizados em ferramentas convencionais, o que pode gerar atrasos e perda de informações no processo (SILVEIRA, 2013).

Estudos feitos por Campos Neto et al. (2012) concluíram que o uso do BIM pode reduzir pela metade o tempo necessário para a execução de projetos de engenharia em infraestrutura. O estudo destaca também que apenas uma pessoa com conhecimento prévio do sistema é capaz de obter um volume de informações maior do que um grupo de três pessoas utilizando o método tradicional. A Figura 2 apresenta um comparativo das horas gastas com o uso de ferramentas CAD em relação às horas gastas pelo uso de ferramentas BIM. De acordo com o estudo de Nunes e Leão (2018), ainda que em alguns tipos de projetos as ferramentas CAD apresentem maior agilidade, é importante considerar o grau de precisão — mesmo que não demonstrado na figura — e o aumento da produtividade, especialmente no cronograma físico-financeiro. Esses fatores são cruciais para avaliar a qualidade do produto e o tempo total acumulado para o desenvolvimento de todos os projetos.

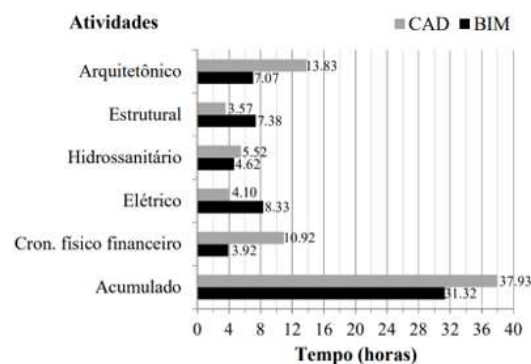


Figura 2 – Comparativo das horas gastas com o uso de ferramentas CAD e BIM.

FONTE: Nunes e Leão (2018, p.5).

Dimensões

Conforme Masotti (2014) o BIM integra múltiplas camadas de informação, conhecidas como dimensões, que variam conforme o contexto e o nível de detalhamento exigido, podendo alcançar modelos classificados como 4D, 5D, 6D, 7D e até nD. De acordo com a análise de Neil Calvert (2013 apud MASOTTI, 2014), as seis principais dimensões do BIM são:

- **2D Gráfico** – Corresponde às representações em planta, nas quais o projeto do empreendimento é desenvolvido de forma gráfica e bidimensional.
- **3D Modelo** – Incorpora a dimensão espacial, permitindo a visualização dinâmica dos objetos no ambiente do projeto. Um modelo 3D é utilizado para visualizar

perspectivas do empreendimento, planejado a pré-fabricação de peças e realizando simulações de iluminação. No BIM, cada componente 3D possui atributos parametrizados que o caracterizam de maneira precisa, representando, de fato, elementos construtivos e não apenas objetos visualizados graficamente.

- **4D Planejamento** – Inclui a dimensão tempo, estabelecendo o cronograma de compra, armazenamento, preparo e instalação de cada elemento. Esse planejamento organiza o canteiro de obras, a movimentação das equipes e equipamentos, e demais aspectos ligados ao tempo de execução e à manutenção do cronograma.
- **5D Orçamento** – Adicionado a dimensão de custo, permitindo o cálculo dos gastos de cada etapa da obra, a alocação de recursos em cada fase e o acompanhamento orçamentário com base nos custos personalizados e executados.
- **6D Sustentabilidade** – Apresentar a dimensão energética, avaliando o consumo energético tanto durante a construção quanto ao longo do ciclo de vida do empreendimento, em conjunto com a quinta dimensão. Esta dimensão considera ainda o impacto ambiental do projeto em seu entorno.
- **7D Gestão de Instalações** – Incorpora a dimensão operacional, facilitando ao usuário final o acesso a informações de funcionamento, especificidades e procedimentos de manutenção do empreendimento, garantindo a eficiência na operação e manutenção.

O que não é uma plataforma BIM

O termo BIM é frequentemente desenvolvido por desenvolvedores de software para descrever funcionalidades de seus produtos que se alinham com os processos BIM. No entanto, muitas vezes geram equívocos sobre o que realmente constitui a tecnologia BIM, sendo importante destacar exemplos de soluções que não atendem aos requisitos do BIM (EASTMAN, 2011 apud PEREIRA, 2017):

- **Modelos com apenas dados 3D** – A tecnologia BIM se diferencia pela inclusão de informações apresentadas em cada objeto modelado, permitindo análises como orçamento, quantitativo, sustentabilidade entre outros. Ou seja, modelos que contêm apenas representações visuais em 3D facilitam a compreensão do projeto, mas não possibilitam análises aprofundadas essenciais para o processo BIM.
- **Modelos sem parametrização de objetos** – A parametrização é fundamental no BIM, pois permite ajustar componentes e gerar vistas e cortes automáticos. Sem esses parâmetros ajustar dimensões e proporções entre objetos se torna uma tarefa manual e complexa, contrariando a proposta de eficiência do BIM.
- **Modelos criados pela combinação de múltiplos elementos em CAD 2D** – A particularidade de elementos em CAD 2D para formar um modelo 3D pode gerar incoerências na representação dos objetos, com erros de modelagem e limitações na atribuição de informações relevantes, prejudicando a precisão comum pelo BIM.
- **Modelos onde alterações em uma vista não se propagam automaticamente** – No BIM, alterações feitas em uma parte do modelo devem ser atualizadas automaticamente em todas as vistas. Quando isso não ocorre, aumentam os riscos de erros e retrabalho, além de comprometer a produtividade, contrariando os princípios de integração do BIM.

Interoperabilidade

O processo BIM envolve a participação de vários profissionais no decorrer de todo o ciclo de vida de uma edificação, e implica a comunicação eficiente entre os diferentes sistemas de análise do modelo tridimensional. Nesse contexto, a interoperabilidade é um

conceito fundamental, pois constitui a condição básica para que os modelos "conversem" entre si (ADDOR et al., 2010). Nenhuma aplicação é capaz de suportar sozinha todas as tarefas associadas ao projeto e à execução de uma construção. A interoperabilidade, portanto, representa a necessidade de compartilhar dados entre diferentes aplicações, permitindo que profissionais de diversas áreas e softwares distintos contribuam de maneira integrada ao desenvolvimento do projeto. Tradicionalmente, a interoperabilidade se baseia no intercâmbio de formatos de arquivos, como o DXF (Drawing eXchange Format) e o IGES, que, embora úteis, limitam-se à troca de informações geométricas (EASTMAN et al., 2014).

Segundo Eastman (2014), se cada vez que um modelo BIM precisasse ser transferido para uma nova plataforma fosse necessário realizar cópias manuais dos arquivos, isso desestimularia as interações colaborativas durante a fase de projeto. Como consequência, a qualidade das soluções desenvolvidas poderia ser comprometida, aumentando o risco de erros e a incidência de retrabalho.

O principal modelo de interoperabilidade utilizado atualmente é o IFC (Industry Foundation Classes), desenvolvido pela organização sem fins lucrativos *buildingSMART*. O IFC é voltado para a representação de objetos e é baseado em classes que definem elementos, processos, aparências, entre outros aspectos da construção (ANDRADE E RUSCHEL, 2009 apud BUSS, 2020). Sua principal característica é ser um formato de arquivo neutro e de linguagem comum, não controlado por fabricantes de software. Isso permite uma ampla interoperabilidade entre diferentes plataformas, facilitando a integração de dados e garantindo maior flexibilidade no uso de diversas ferramentas. (ADDOR et al., 2010).

Modelagem

Os escritórios de arquitetura são a base de todos os processos BIM, já que é a partir do modelo arquitetônico que os demais projetos são desenvolvidos. A criação da modelagem arquitetônica na fase inicial do projeto é crucial, uma vez que ela serve de base para os demais profissionais envolvidos. Os modelos arquitetônicos incluem informações detalhadas, como os materiais utilizados, fabricantes, dimensões, e, em alguns casos, até o código dos produtos, quando provenientes de famílias criadas pelos fabricantes. Um dos maiores ganhos de produtividade para os arquitetos no uso do BIM é a geração automática de cortes, vistas e plantas baixas, o que acelera o desenvolvimento e revisão dos projetos (SILVEIRA, 2013).

Segundo Carvalho Júnior (2023) primeiramente, é necessário criar a geometria 3D do elemento, depois atribuímos parâmetros que ficarão vinculados a ele. Assim, cada vez que um elemento é inserido no projeto, ele traz consigo esses parâmetros, essas configurações podem ser ajustadas sempre que necessário.

A seguir, apresentamos um exemplo didático de como as configurações podem ser aplicadas a uma caixa sifonada (Carvalho Júnior, 2023):

- **Nome:** Caixa Sifonada (Identificação do elemento no projeto e pode ser exibido para referência);
- **Material:** PVC (Material de fabricação da Caixa Sifonada);
- **Cor:** Branca (Cor padrão da Caixa Sifonada. Os parâmetros podem ter ligação direta com elemento, nesse caso se alterar este parâmetro para "Cinza" é modificado automaticamente na cor visualizada do elemento);
- **Medidas:** 100 x 150 x 50 (Dimensões da Caixa Sifonada. Caso o parâmetro seja alterado, a geometria 3D é automaticamente ajustada para refletir as novas medidas);
- **Formato da grelha:** Quadrado (Define o formato da grelha da Caixa Sifonada. Alterar o parâmetro para "Redondo" adapta-se à geometria 3D, exibindo uma grade redonda);

- **Fabricante:** Tigre (Marca fabricante da Caixa Sifonada. Muitas bibliotecas de fabricantes já trazem elementos com parâmetros preenchidos de acordo com as especificações técnicas);
- **Tipo do Sistema:** Esgoto Sanitário (Classificação do sistema a que o elemento pertence. Essa informação permite criar filtros de visualização e seleção por tipo de sistema);
- **Produtividade:** 3 por hora (Índice de instalação, indicando que é possível instalar três caixas sifonadas por hora. Esse dado pode ser usado para planejamento de cronograma com base nas informações do modelo);
- **Custo:** R\$25,00 (Custo unitário da caixa sifonada, possibilitando a estimativa de custos do projeto com base nos dados do modelo);
- **Vida útil:** 30 anos (Durabilidade estimada do elemento, considerando manutenções adequadas. Esse parâmetro pode ser utilizado para verificar a durabilidade durante o uso);
- **Manutenção:** Limpeza Mensal (Tipo e periodicidade de manutenção recomendada. Esse dado também pode ser integrado às normas de desempenho para acompanhamento de manutenção);

Localização: 3º Andar – Banho 2 (Indica a localização do elemento no edifício, facilitando sua identificação no projeto);

No exemplo da Figura 3, observamos um elemento paramétrico, que também pode ser chamado de “família” ou “objeto”, dependendo do software utilizado.



Figura 3 – Exemplo de projeto elementos paramétricos.

FONTE: Carvalho Júnior (2023, p.82).

Quando o projeto é desenvolvido com alto nível de detalhamento e realismo, uma montagem pode ser replicada no canteiro de obras sem necessidade de alterações nas peças ou improvisações, garantindo que o fluxo de trabalho siga sem interrupções. Isso evita custos imprevistos e mudanças de última hora que poderiam comprometer o funcionamento do sistema. Além disso, eventuais dúvidas surgidas durante a execução poderiam exigir o retorno do projetista a um trabalho já finalizado, implicando em retrabalho (Carvalho Júnior, 2023).

Conforme ilustrado no exemplo da Figura 4 cada elemento paramétrico é adicionado ao projeto compondo gradualmente o sistema hidráulico de esgoto (Carvalho Júnior, 2023).

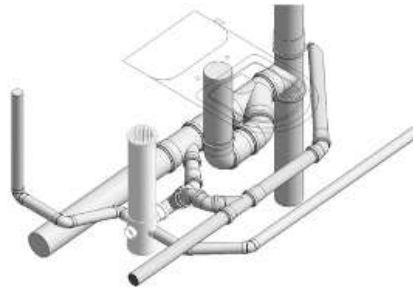


Figura 4 – Exemplo de modelo BIM sendo construído.
FONTE: Carvalho Júnior (2023, p.82).

Como cada elemento possui parâmetros previamente configurados, as anotações de projeto podem ser geradas automaticamente ao exibir o parâmetro desejado, eliminando erros que poderiam ocorrer em processos manuais. No caso do nosso exemplo da caixa sifonada (Figura 5), basta selecionar o elemento e optar por exibir o parâmetro “nome” para visualizar a identificação “Caixa Sifonada” (Carvalho Júnior, 2023).

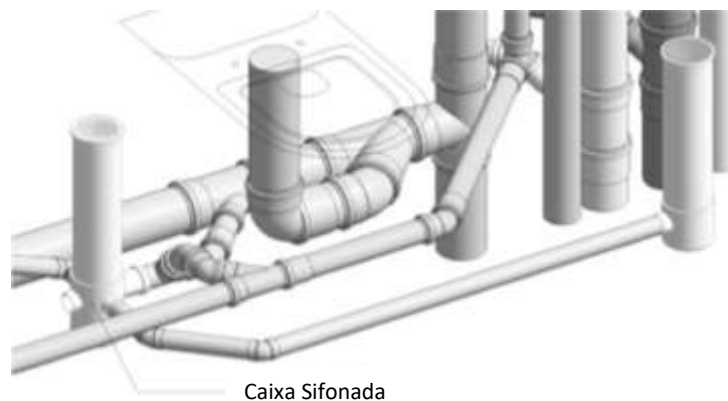


Figura 5 – Exemplo de anotações extraídas do modelo.
FONTE: Carvalho Júnior (2023, p.82).

Conforme Carvalho Júnior (2023) em uma única base, integramos os diversos subsistemas que compõem o empreendimento, proporcionando uma visão sistêmica e completa da obra. À medida que avançamos no projeto, a modelagem nos permite visualizar claramente as interfaces de cada subsistema com o edifício. Por exemplo, caso surja uma interferência da passagem da tubulação com a estrutura, podemos decidir se será necessário solicitar ao projetista estrutural a criação de um furo na viga para a passagem, ou direcionar por baixo da viga (Figura 6).

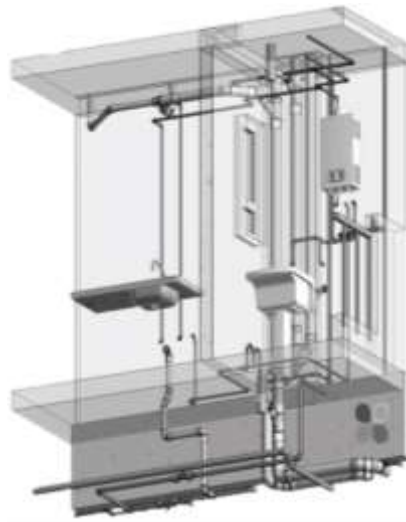


Figura 6 – Exemplo de visualização integrada de vários subsistemas
FONTE: Carvalho Júnior (2023, p.83).

Plataformas BIM

As plataformas BIM são aplicadas de várias maneiras na construção civil, essas plataformas com diferentes pacotes de funcionalidades que atendem a diversas necessidades dos usuários viabilizam desde a modelagem e eficiência de projetos até o gerenciamento de dados. Além das funções básicas de modelagem 2D e 3D, as plataformas BIM abordam uma cooperação eficiente entre as partes envolvidas, permitindo uma análise profunda desde aspectos estruturais até custos (Eastman, 2014).

Principais Plataformas BIM:

- **Allplan:** Da Nemetschek Group, lançado em 1984, é modular e voltado para arquitetura e engenharia. Baseia-se em uma modelagem paramétrica e possui o núcleo Parasolid 3D para modelagens complexas. Seus pontos fortes são capacidade de trabalho com geometrias sofisticadas e boa integração para projetos de larga escala, mas requerem tempo para adaptação devido à interface baseada em camadas e à necessidade de conhecimento técnico para customizações avançadas (Eastman, 2014).
- **ArchiCAD:** Desenvolvido pela Graphisoft, é uma das plataformas BIM mais antigas e destaca-se pela interface amigável, com uma grande biblioteca de objetos paramétricos. Tem como principais qualidades a facilidade de uso e a integração de ferramentas para projetos inovadores. Contudo, há limitações para modelos paramétricos customizados (Eastman, 2014).
- **Bentley Systems:** Focada em engenharia civil e infraestrutura com suporte para superfícies complexas e renderização rápida. A integração entre seus diversos produtos pode ser um desafio, exigindo formatos e adaptação do usuário às diferentes interfaces (Eastman, 2014).
- **DESTINI Profiler:** Aplicativo da Beck Technology, especializado em análise de custos desde a concepção do projeto. Suporta a definição rápida de layouts preliminares, integrando orçamentos e cronogramas, mas seu foco é mais limitado à análise financeira e não é um BIM generalista (Eastman, 2014).

- **Projeto Digital:** Requer estações de trabalho potentes, mas é capaz de lidar com os maiores projetos e apresenta uma curva de aprendizado longa. Seu diferencial é a capacidade de modelar de maneira direta montagens grandes e complexas para o controle de superfícies, detalhes e montagens, mas possui limitações nas bibliotecas de objetos e é de difícil aprendizagem (Eastman, 2014).
- **Revit:** Popular no mercado, o Revit da Autodesk oferece uma interface intuitiva e ampla biblioteca de objetos. Suporta a integração com várias ferramentas externas, como AutoCAD e Navisworks. Apesar de suas características, é limitado na modelagem de superfícies curvas complexas e perde desempenho com arquivos muito grandes (Eastman, 2014).
- **Tekla Structures:** Focado em estruturas, com suporte para diversos materiais (aço, concreto pré-moldado, concreto armado, madeira) e bom desempenho em modelos grandes, suporta usuários múltiplos trabalhando no mesmo modelo de projeto em um servidor. Usado em engenharia estrutural, a complexidade do software exige treinamento e especialização (Eastman, 2014).
- **Vector Works:** É um software versátil com especialidades para arquitetura, paisagismo e iluminação. Seu ponto forte é a interface amigável e as ferramentas de visualização (Eastman, 2014).
- **Aplicativos baseados em AutoCAD:** Classificar os aplicativos baseados em AutoCAD como plataformas BIM é algo questionável, embora ofereçam algumas funcionalidades de modelagem 3D e objetos parametrizados, não mantém relações paramétricas e a integridade entre objetos portanto não são plataformas BIM completas. Seu uso é muito difundido principalmente devido à familiaridade dos usuários, mas limitados em funcionalidade BIM, necessitando de integração com softwares dedicados (Eastman, 2014).

Ferramentas de Revisão e Verificação de Modelos:

- Aplicativos como DP Manager, Autodesk Navisworks, iTWO, Vico Office e Solibri Model Checker oferecem recursos para visualização de modelos 3D, integração de cronogramas, extrações de quantitativos e detecção de conflitos. Essas ferramentas facilitam a identificação de erros e inconsistências, e são essenciais na progressão de projetos complexos (Eastman, 2014).
- Ferramentas de verificação, como o BIM Assure, Solibri Model Checker, Revit Model Review e o SmartReview APR, automatizam a validação de conformidade com normas e códigos, usando seleção baseada em regras para garantir a precisão e adequação dos modelos antes da construção (Eastman, 2014).

Legislação no Brasil

Em 17 de maio de 2018, entrou em vigor o Decreto nº 9.377, que institui a Estratégia Nacional de Divulgação do Building Information Modeling (BIM) no Brasil, conhecida como Estratégia BIM BR. Esse decreto apresentou a intenção do governo brasileiro de promover o uso do BIM no âmbito nacional, incentivando a adoção desse processo tanto em obras públicas quanto privadas. Além disso, visa o desenvolvimento de novas normativas e a criação da Plataforma e da Biblioteca Nacional BIM (BRASIL, 2018).

Posteriormente, em 22 de agosto de 2019, o Decreto nº 9.983 reforça a implementação do BIM no Brasil, com o objetivo de difundir seus benefícios, fomentar a capacitação e cultivar a criação de normas técnicas específicas para o método. O decreto também definiu

um Comitê Gestor da Estratégia, responsável por discutir e planejar ações para avaliar, direcionar e definir estratégias externas para a disseminação do conhecimento sobre BIM (BRASIL, 2019).

Mais recentemente, o Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, tornou obrigatório o uso da tecnologia BIM em obras de serviço público e em projetos de entidades da administração pública federal. A primeira fase, iniciada em 2021, abrange projetos básicos como arquitetônicos, hidráulicos, elétricos que passam por processos de compatibilização para verificar interferências e gerar documentos gráficos (BRASIL, 2020)

Estudo de caso

Para o desenvolvimento deste estudo de caso, foi escolhido um projeto onde um dos integrantes trabalha presencialmente. Este modelo possui em sua composição os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico tanto em 2D quanto em 3D. Foi escolhido esse projeto por ter ocorrido um erro e na sua composição possui projetos e arquivos que possibilitavam a compatibilização entre os projetos.

Metodologia

Iremos apresentar o impacto da ausência de compatibilização na execução de uma obra residencial de alto padrão localizada no município de Itatiba, interior do estado de São Paulo.

Essa pesquisa foi realizada por meio da coleta de dados para análises visuais e técnicas, seguido de anotações e registros fotográficos para descrever as incompatibilidades de projetos identificadas na fase de execução, a fim de propor uma solução para a continuidade da obra.

O levantamento fotográfico e documentação descritiva para verificação e análise da incompatibilidade foi feito no canteiro de obra, através de observações in loco e estudos de documentos identificando a incompatibilidade entre o projeto de arquitetura e o projeto estrutural no qual faltava uma viga no projeto estrutural que grouw modificação no projeto, retrabalho, custos não previstos anteriormente e atraso na obra.

Resultados

A incompatibilidade identificada foi entre o projeto estrutural e o projeto arquitetônico. Durante a execução de assentamento de tijolos ao verificar a altura da parede identificou-se que no projeto estrutural não constava a viga que seria feita na parte de cima da parede que estavam subindo conforme figuras 7,8, 9 e 10.



Figura 7 – Foto in loco
FONTE: Arquivo pessoal

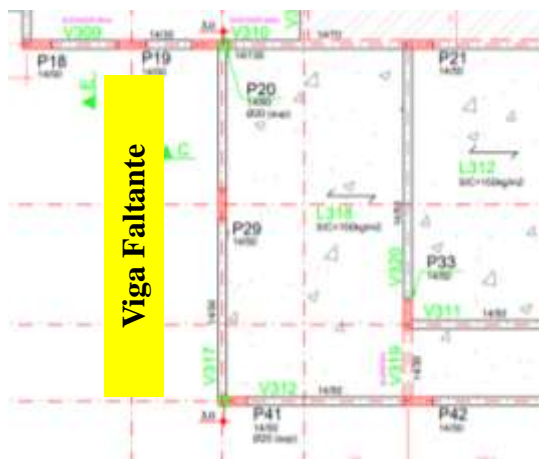


Figura 8 – Detalhe do projeto estrutural
FONTE: Arquivo pessoal



Figura 9 – Detalhe do projeto arquitetônico
FONTE: Arquivo pessoal

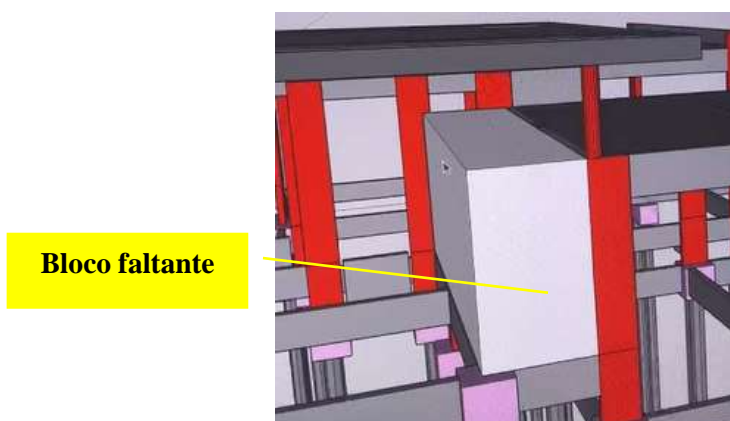


Figura 10 – Detalhe do projeto estrutural 3D
FONTE: Arquivo pessoal

Após análises nos projetos e reunião com o arquiteto e engenheiro de estruturas foi identificado que o projeto estrutural não contemplava a viga demonstrada, os pilares para sustentação da viga e vigas laterais, demonstrando uma clara falta de compatibilização de projetos. Posteriormente a identificação da falta de projeto para essa área o engenheiro de estrutura refez o projeto com os itens faltantes incluindo as vigas e pilares, conforme figura 11, o baldrame que já estava executado não foi necessário retrabalhar pois no projeto de fundações foi previsto todos esses itens.



Figura 11 – Detalhe do projeto estrutural atualizado
FONTE: Arquivo pessoal

Assim que recebido o projeto alterado foi reunido a equipe de engenharia e o empreiteiro no qual foi definido até que altura da parede seriam assentados tijolos e que seria preciso cortar duas paredes para que fossem feitos os pilares faltantes conforme figura 12.



Figura 12 – Locais onde foi preciso cortar a parede
FONTE: Arquivo pessoal

Com as paredes cortadas, as ferragens e caixarias foram montadas para receberem o concreto. Na figura 13 podemos observar o retrabalho concluído com os pilares e a viga concretados e nos locais corretos.



Figura 13 – Retrabalho concluído
FONTE: Arquivo pessoal

Impacto dos erros

Esse retrabalho gerou um custo adicional de R\$ 900,00 de mão de obra para montagem de caixarias dos pilares e viga, um aditivo no valor de R\$ 1.595,26 (figura 14) referente ao valor das ferragens da viga e dos pilares que não estava previsto no custo inicial da obra e 5 dias a mais no cronograma.

ORÇAMENTO / FERRAGEM		18/11/2024	Nº	-	
CLIENTE:	LEONARDO	FONE:			
ENDEREÇO:		BAIRRO:			
MUNICÍPIO:		ESTADO:			
Elaborado por:	0	Pedido formalizado		Nº	
APRESENTAMOS PROPOSTA P/ FORNECIMENTO DE FERRAGEM: ARMADA		Cálculo conforme			
TIPO	QUANT.	COMP.	DESCRIÇÃO	TOTAL R\$	
				R\$ Un.	R\$ total
P28	2	3,2	B210 - € 05 : 8X44 CD 12CM	R\$ 187,80	R\$ 375,60
V323A	1	9,48	606 2016 3020 - € 06 : 8X5 CD 15CM	R\$ 1.219,66	R\$ 1.219,66

Figura 14 – Orçamento de ferragens
FONTE: Arquivo pessoal

Discussões

Referente ao caso citado de incompatibilidade entre projeto estrutural e projeto arquitetônico, o erro poderia ter sido evitado caso anteriormente na etapa de criação de projeto houvesse uma compatibilização do projeto estrutural com o projeto arquitetônico, essa compatibilização poderia ter sido feita utilizando um software de clash detection por exemplo o Navisworks.

Conclusão

A pesquisa realizada indica que diversos erros de execução que resultam em retrabalho e desperdício estão diretamente ligados à falta de compatibilização entre projetos. Ainda que as análises sejam feitas durante a execução é quase inevitável o retrabalho ou a execução de serviços não previstos anteriormente. Desta forma, evidencia-se a relevância da

compatibilização como uma etapa essencial do planejamento, já que sua implementação na fase de execução se mostra insuficiente para evitar esses problemas.

Referências Bibliográficas

ADDOR, M. R. A. et al. **Colocando o 'i' no BIM**. Revista Arq.Urb., p. 104 - 115, 2010. Disponível em: <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/207/185>. Acesso em: 05 de out 2024.

AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. 1a. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm 39>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

BRASIL. **Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling Estratégia BIM BR**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

BUSS, Arthur Guilherme; CARNEIRO, Deborah Deah Assis; LÉDO, Byatriz Cordeiro. **Aplicação do bim na compatibilização de projetos complementares**. Brazilian Applied Science Review, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 319-332, jan./fev. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/6909/6090>. Acesso em: 05 de out 2024.

CAMPOS N., S.; Pamboukian, S. V. D.; Craveiro, M. V.; Barros, E. A. R. **Estudo comparativo de ferramentas computacionais que utilizam tecnologia BIM para desenvolvimento de projetos de engenharia civil**. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Belém, 2012. Disponível em: <https://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104300.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2024.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Interfaces Prediais: hidráulica, gás, segurança contra incêndio, elétrica, telefonia, sanitários acessíveis, NBR 15575: edificações habitacionais – desempenho e BIM – nova forma de projetar**. 3ª ed. – São Paulo: Blucher, 2023.



EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 1º ed. São Paulo: Bookman, 2014.

FREITAS, João A. G. **Metodologia BIM: Uma nova abordagem, uma nova esperança.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade da Madeira. Funchal, p132. 2014. Disponível em: <https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/745>. Acesso em: 29 de jul. 2024.

MASOTTI, Luís Felipe Cardoso. **Análise da Implementação e do Impacto do BIM no Brasil.** TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. Florianópolis, p.79. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/127335/TCC%20-%20Luis%20Felipe%20Cardoso%20Masotti%20-%20BIM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 de out 2024.

MENEZES, G. L. B. B. **Breve histórico de implantação da plataforma BIM.** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC Minas. v. 18, n. 22, p-153-171, Belo Horizonte 2011. Disponível em: <http://npbimcnat.ifrn.edu.br/pdf/historicobim.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

MICHEL, I. **Contribuições do Bim Para a Compatibilização de Projetos.** TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 66. 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/262693>. Acesso em: 05 de out 2024

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de Projetos ou Engenharia Simultânea: Qual é a Melhor Solução?.** Gestão & Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 79–99, 2008. Disponível em: <https://revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50928>.. Acesso em: 05 de out 2024.

NETTO, Cláudia Campos. **Autodesk Revit Architecture 2016 – Conceitos e Aplicações.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

PEREIRA, Priscila P. K. **Implementação do Bim no Setor de Planejamento e Controle de Uma Construtora.** Monografia de Especialização (Curso de Especialização em Gerenciamento de Obras), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 42. 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19031/2/CT_GEOB_XIX_2014_08.pdf. Acesso em: 05 de out 2024

PEREIRA, Nilton J. **UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NO DESENHO ARQUITETÔNICO: UM ESTUDO DE CASO.** TCC (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, p. 56. 2017. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronofoms/uploads/tcc/20190415211917_2017.X_-_TCC_Nilton_Pereira_Utilizao_da_Tecnologia_Bim_no_Desenho_Arquitetnico_um_Estudo_de_Caso.pdf. Acesso em: 05 de out 2024

QUEIROZ, M. D. **UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA O GERENCIAMENTO DE PROJETOS: o Gerente BIM na construção civil.** TCC



(Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, p.33. 2022.
Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/47776/1/TCC%20Melquison%20David%20Queiroz%20Silva.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2024.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 3rd ed. Porto Alegre: Bookman, 2021. *E-book*. p.iii. ISBN 9788582605523. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582605523/>. Acesso em: 29 de jul. 2024.

SENA, T.S. de. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. TCC (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 81. 2012. Disponível em:

<http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%20Compatibiliza%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 02 de out 2024.

SILVEIRA, Naiara A. N. C. **O papel do BIM para a qualidade do projeto: avaliação da técnica em escritório de arquitetura**. Monografia (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 48. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9AZK6J>. Acesso em: 02 de out 2024.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **Desenho de Arquitetura Pré-Renascentista**. 1º ed. Salvador: EDUFBA, 2002.