

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção

Phillipe Dias Duarte

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE PROJETOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Belo Horizonte
2023

Phillipe Dias Duarte

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE PROJETOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Área: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador(a): Eduardo Marques Arantes

Belo Horizonte
2023

D812a	<p>Duarte, Phillipe Dias. Aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil [recurso eletrônico] / Phillipe Dias Duarte. – 2023. 1 recurso online (43 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Eduardo Marques Arantes.</p> <p>"Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG".</p> <p>Bibliografia: f. 38-43. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Construção civil. 2. Construção civil - Inovações tecnológicas. 3. Gestão de projetos. 4. Modelagem de informação da construção. I. Arantes, Eduardo Marques. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 69</p>
-------	--



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: PHILLIPE DIAS DUARTE

MATRÍCULA: 2022672105

RESULTADO

Aos 26 dias do mês de julho de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 70

CONCEITO: C

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Assinatura

Eduardo Marques
Arantes:63619547653

Assinado de forma digital por Eduardo
Marques Arantes:63619547653
Dados: 2023.07.26 08:11:22 -03'00'

Nome

Eng.º Civil Esp. Hugo Sávio Penna Aleixo

Assinatura

HUGO SAVIO PENNA
ALEIXO:0995316660

Assinado de forma digital por HUGO
SAVIO PENNA ALEIXO:0995316660
Dados: 2023.07.26 08:59:08 -03'00'

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 26 de julho de 2023

Assinado de forma digital
por Antônio Neves de
Carvalho Júnior
Dados: 2023.07.27
00:24:15 -03'00'

Antônio Neves
de Carvalho
Júnior

Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio, aos meus amigos pela parceria nessa trajetória, e primeiramente à Deus por me permitir chegar até aqui.

RESUMO

O presente estudo buscou apresentar a aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil, destacando seus benefícios e desafios. Para tanto, foram realizados estudos bibliográficos com abordagem qualitativa e exploratória, com o intuito de entender o que é a tecnologia BIM e como ela é aplicada na construção civil, apresentar seus benefícios na gestão de projetos na construção civil, destacar os desafios e obstáculos que as empresas enfrentam com a utilização do BIM, além de mostrar a tendência de crescimento da utilização do BIM no setor de construção civil. Os resultados mostram que a tecnologia BIM é uma inovação tecnológica que traz inúmeros benefícios para o setor, principalmente no que diz respeito à eficiência na gestão de projetos. No entanto, a adoção da tecnologia BIM na construção civil requer um investimento inicial significativo, bem como mudanças nas práticas de trabalho e na cultura organizacional das empresas. Além disso, a falta de profissionais capacitados e a resistência à mudança podem ser obstáculos para a implementação da tecnologia. Em conclusão, a tecnologia BIM na construção civil é uma tendência mundial, incentivada por governos, entidades de classe e até mesmo por clientes finais, que exigem o uso da tecnologia em seus projetos. Por isso, é fundamental que as empresas do setor estejam atentas a essa tendência e invistam na capacitação de seus colaboradores para a utilização da tecnologia BIM.

Palavras-chave: BIM; construção civil; gestão de projetos; tecnologia na construção civil.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. METODOLOGIA DA PESQUISA	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
3.1 TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL	10
3.1.1 OBJETOS PARAMÉTRICOS	17
3.1.2 INTEROPERABILIDADE	18
3.2 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE PROJETOS.....	20
3.3 DESAFIOS E OBSTÁCULOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
3.4 TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS DA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL	26
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por grande parte do crescimento econômico e desenvolvimento urbano em muitos países ao redor do mundo. No entanto, a complexidade envolvida nos processos de planejamento e construção de projetos de grande porte tem gerado diversos desafios para os profissionais da área. Nesse contexto, a tecnologia BIM (Building Information Modeling) tem se destacado como uma solução inovadora para a gestão de projetos na construção civil.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar a aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil, destacando seus benefícios e desafios. Para alcançar esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: explicar o que é tecnologia BIM e como ela é aplicada na construção civil; apresentar os benefícios da utilização do BIM na gestão de projetos na construção civil; destacar os desafios e obstáculos que as empresas da construção civil enfrentam com a utilização do BIM; e mostrar a tendência de crescimento da utilização do BIM no setor de construção civil.

A hipótese com a qual se trabalha é que a tecnologia BIM é uma ferramenta capaz de proporcionar melhorias significativas nos processos de gestão de projetos na construção civil, mas que ainda enfrenta desafios e obstáculos para sua plena adoção na indústria.

A justificativa para a escolha desse tema reside na necessidade de aprimorar os processos de gestão de projetos na construção civil, a fim de melhorar a qualidade dos projetos, reduzir custos e prazos, além de minimizar erros e retrabalhos. A tecnologia BIM apresenta-se como uma solução promissora para atender a essas demandas.

Os capítulos deste trabalho serão organizados da seguinte maneira: o Capítulo 1 apresentará uma visão geral da tecnologia BIM, sua definição, características e funcionalidades, bem como exemplos de projetos que utilizam a tecnologia BIM. O Capítulo 2 destaca os benefícios da utilização do BIM na gestão de projetos na construção civil, com base em exemplos. O Capítulo 3 aborda os desafios e obstáculos que as empresas da construção civil enfrentam ao implementar o BIM em

seus projetos. Por fim, o Capítulo 4 discute a tendência de crescimento da utilização do BIM no setor de construção civil e suas perspectivas futuras.

Este trabalho visa contribuir para o avanço do conhecimento sobre a aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil, apresentando uma análise crítica dos benefícios e desafios que envolvem a sua utilização. Espera-se que os resultados deste estudo possam fornecer subsídios para profissionais e empresas da construção civil que desejam adotar o BIM em seus processos, bem como para pesquisadores interessados em aprofundar o tema.

2. METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em uma revisão sistemática da literatura com abordagem qualitativa e exploratória, com base em fontes bibliográficas e eletrônicas que disponibilizam informações sobre o tema, a fim de fornecer uma análise crítica e aprofundada da aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil.

Também utilizou-se foi elaborada por meio de estudo de artigos científicos voltados para o uso do BIM em gestão da construção civil, onde foi feito também um estudo da interface dos softwares para melhorar a interpretação do estudo e melhor apresentar os resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

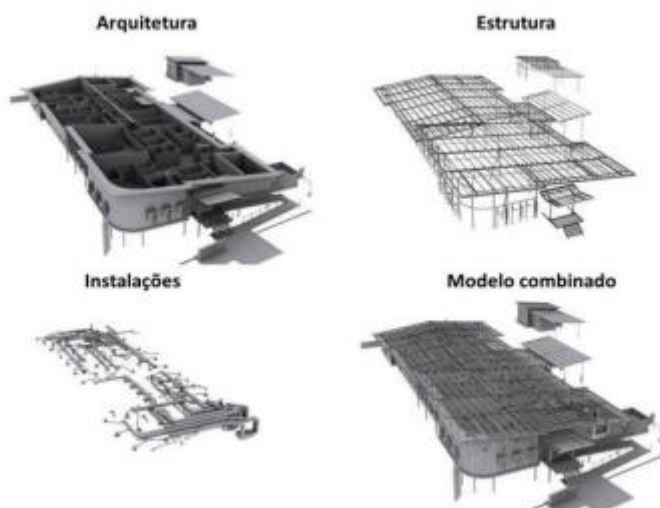
3.1 TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma das atividades humanas mais antigas, remontando à pré-história, quando as primeiras comunidades humanas construíram suas casas a partir de materiais naturais disponíveis, como pedras, madeira e argila. No entanto, historicamente, este setor tem enfrentado diversos desafios em relação à eficiência, produtividade, segurança e sustentabilidade. Ao longo dos séculos, a construção civil evoluiu significativamente, incorporando novas tecnologias, materiais e técnicas construtivas.

Desde a década de 1950, a tecnologia da informação tem sido aplicada na construção civil, com o uso de software de CAD (Computer-Aided Design) para projetar estruturas em 2D e 3D. Nos anos 80 e 90, o uso de softwares de gestão de projetos e planejamento de recursos se tornou comum na indústria da construção. No entanto, foi somente na década de 2000 que a tecnologia BIM começou a ser amplamente adotada na indústria.

A tecnologia BIM (Building Information Modeling) é uma ferramenta digital que vem sendo amplamente utilizada na indústria da construção civil, com o objetivo de integrar informações e processos de projetos em um único modelo virtual (EASTMAN et al, 2008).

Figura 1: Integração entre projetos no conceito BIM



Fonte: (MANZIONE, 2013)

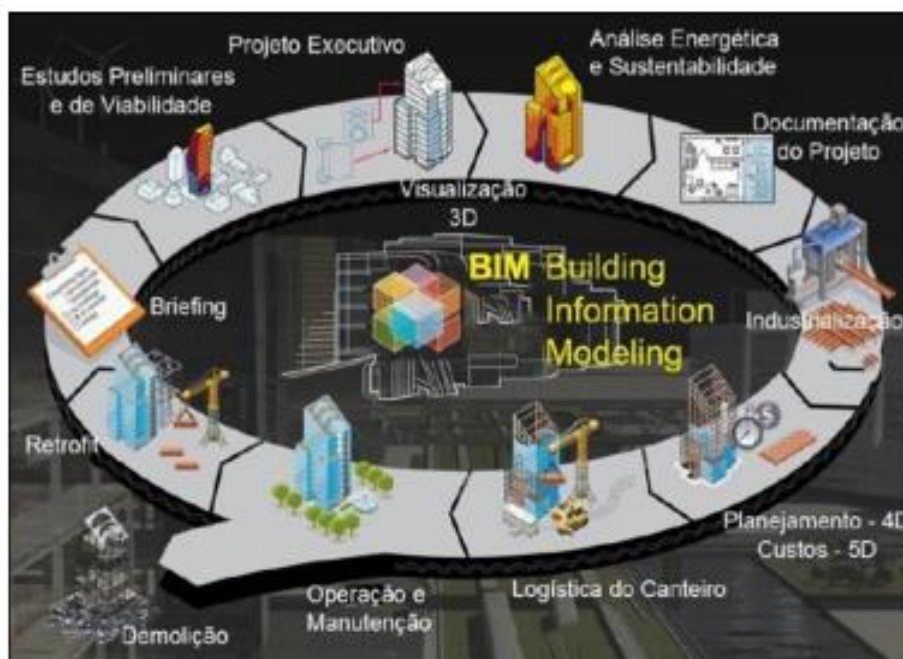
De acordo com Eastman et al. (2008):

“BIM é uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de um modelo virtual preciso, que gera uma base de dados que contém tanto informações topológicas como os subsídios necessários para orçamento, cálculo energético e previsão de insumos e ações em todas as fases da construção”.

Segundo a definição da International Organization for Technology Developers in the Construction Industry (Organização mundial de Desenvolvedores de Tecnologia para o Setor da Construção), o BIM pode ser descrito como a representação digital das características físicas e funcionais de uma construção, que permite a integração sistemática e abrangente de várias fases do ciclo de vida de uma obra, combinando a gestão de todas as informações disponíveis em projeto para formar uma base

confiável para tomada de decisões durante todo o seu ciclo de vida - desde a concepção inicial até a demolição (INBEC, 2018).

Figura 2: Ciclo de vida do conceito BIM



Fonte: MARGOTTI, GODENY, et al., 2019, p. 7

De acordo com Netto (2016), o conceito BIM engloba a ideia de criar um modelo virtual de um edifício antes da sua construção física. Todas as informações indispensáveis para a construção do edifício são reunidas no modelo digital concebido com base na tecnologia BIM. O modelo eletrônico, assim, transforma-se em um banco de dados que possibilita a simulação concreta de um protótipo da construção real.

Vale lembrar que o conceito BIM para as áreas de Arquitetura, Engenharias e Construção (AEC), serve de embasamento não apenas para uma construção específica, mas sim para simular o desenvolvimento do empreendimento em um bairro ou cidade, o comportamento da estrutura frente a questões climáticas, de conforto e segurança, eficiência energética e de consumo de materiais. Essas informações permitem perceber os impactos, interferências e ganhos sociais da edificação em todo seu ciclo de vida (INBEC, 2018).

O uso do BIM tem crescido rapidamente nos últimos anos, tanto nos Estados Unidos quanto no Brasil. Segundo o estudo realizado pela Dodge Data & Analytics (2018), mais de 70% das empresas de construção nos Estados Unidos já estavam usando o BIM em seus projetos. No Brasil, o governo tem incentivado o uso do BIM por meio de iniciativas como o Plano Nacional de Construção e o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), além da norma técnica NBR 15965, que estabelece diretrizes para a modelagem de informações de construção.

Segundo Eastman et al. (2014), a Construtora M. A. Mortenson Company, que frequentemente utiliza ferramentas BIM em seus projetos, define o BIM como "uma simulação inteligente da arquitetura". Para a Mortenson, essa simulação deve apresentar seis características principais para uma implementação integrada. A simulação deve ser digital, espacial (3D), mensurável em termos quantificáveis, dimensionáveis e consultáveis, deve ser abrangente incluindo a intenção de projeto, o desempenho da construção, a construtibilidade e aspectos financeiros e sequenciais dos meios e métodos. Deve ser acessível a toda a equipe do empreendimento e ao proprietário por meio de uma interface interoperável e intuitiva, e também deve ser durável para ser utilizada em todas as fases da vida de uma edificação.

De acordo com Masotti (2014), o BIM é composto por várias camadas de informação, também conhecidas como dimensões. Dependendo do contexto de uso, um modelo BIM pode variar de 4D a 5D, 6D, 7D e até nD. Conforme a análise de Neil Calvert (2013, citado por Masotti em 2014), as seis principais dimensões do BIM podem ser classificadas como:

- **2D Gráfico:** representa as dimensões do plano, onde as plantas do empreendimento são graficamente representadas.
- **3D Modelo:** adiciona a dimensão espacial ao plano, permitindo a visualização dinâmica dos objetos. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parâmetros que os caracterizam como parte de uma construção virtual, não apenas visualmente representativa.
- **4D Planejamento:** acrescenta a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será adquirido, armazenado, preparado, instalado e utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e

movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos cronologicamente relacionados.

- **5D Orçamento:** acrescenta a dimensão custo ao modelo, determinando o valor de cada parte da obra, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, além de controlar as metas da obra de acordo com os custos.
- **6D Sustentabilidade:** acrescenta a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida em seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo à quinta dimensão. Nesse caso, a energia pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que está inserido.
- **7D Gestão de Instalações:** acrescenta a dimensão operação ao modelo, permitindo que o usuário final obtenha informações sobre como o empreendimento funciona como um todo, suas particularidades e os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

A aderência de inovações tecnológicas como a modelagem da informação da construção em um setor em que possui uma intensidade grande de mão de obra conduz de forma fundamental a mudança e quebra de paradigma a busca da sua modernização e bem como o aumento da competitividade, dado o aumento da produtividade (ABDI, 2017).

O autor ainda diz que com um esforço comum todos os stakeholders da construção, sendo públicos e privados, deveriam unir-se na procura pela integração de novas tecnologias, sistemas, processos construtivos e materiais, tendo como objetivo uma configuração nova de uma via de mão única.

A pesquisa de Hanft, Tulk (2007, p. 79) afirma que essa ferramenta é adequada para visualizar dados de linha do tempo que são abstratos e complexos por natureza, que muitas vezes acabam enterrados em gráficos de Gantt profundamente aninhados. Complementarmente, o Guia da Verano (2017) afirma que o Modelo 40 pode ajudar os stakeholders a analisar o progresso e visualizar conflitos que não são aparentes nos tradicionais diagramas gráficos de progresso, pois facilitam a visualização de restrições de tempo e sugerem oportunidades de melhoria.

A natureza única e a escala da indústria da construção tornam difícil evolução lógica historicamente em comparação com outras indústrias não agrícolas. Por exemplo, sua produtividade costuma ser inferior à média da economia global (SINDUSCON, 2016).

O autor explicou que em 2003 a produtividade da construção civil foi cerca de 32,5% menor que a média econômica, e que essa diferença persistiu até 2013 com menos oscilações. Outro ponto fundamental são as restrições dos projetos, que muitas vezes precisam ser superadas devido às incertezas existentes nos projetos (VELASCO, 2013), muitas vezes devido a fatores ambientais, erros de projeto, mudanças de escopo, falta de informações, falhas de comunicação e atrasos. encontrar. Entrega de material (BORTOLINI, 2015, p. 19).

Os métodos tradicionais de gerenciamento de construção lutam para atender com eficácia às demandas de custo e cronograma, bem como à complexidade relacionada ao projeto. Velasco (2013, p. 14) argumenta que as mudanças necessárias devem se concentrar em parte na forma como as informações são gerenciadas e visualizadas ao longo do ciclo de vida do projeto, para que os projetos sejam melhor compreendidos por todos os envolvidos.

Pela importância desse tema para a modernização da construção civil no Brasil, o BIM está incluído como uma das prioridades do governo brasileiro na agenda estratégica do Plano Brasil Maior, programa do Governo Federal brasileiro que visa aumentar a competitividade industrial do país. Políticas no campo da engenharia civil (ABDI, 2011).

No entanto, eles detalham que existem várias barreiras e limitações que impedem a implementação do BIM na prática profissional atual, enquanto fornecedores de software, pesquisadores e organizações continuam a superar barreiras e limitações técnicas. No entanto, outra limitação a ultrapassar é que existem muitos utilizadores de ferramentas de projeto BIM que apenas usufruem de representações 3D, e quando aplicadas a todo o projeto e processo, os benefícios efetivos da utilização destas ferramentas são mais evidentes e justificados construtivo, referente às demais dimensões BIM 3D, 4D, 5D e 6D. Com isso, dar abertura aos benefícios, valor e importância do BIM, bem como os desafios e riscos que

impossibilitam a aceitação do mesmo é crucial, tendo em vista que afeta diretamente o projeto de várias maneiras.

Alguns estudos sobre modelagem BIM 4D (BANDEIRA et al., 2018; BAIA, 2015) a utilizam como ferramenta de apoio ao planejamento, limitando-a à fase inicial de um projeto, ainda na fase de projeto e planejamento pré-construção; visualização e simulação capacidades. Biotto (2012) propôs um método de utilização do BIM 4D no projeto e planejamento de sistemas de produção da construção civil, utilizando o Navisworks como principal software para desenvolvimento de pesquisas. As ferramentas do Navisworks também são utilizadas por Baia (2015) e Brito (2015), onde Baia (2015) apresenta um método para pesquisa e planejamento utilizando BIM, e Brito (2015) aplica o BIM não só ao planejamento, mas também à engenharia de controle. Kasim et al. (2012) alertam que há evidências de que muitos consultores parecem ter uma compreensão limitada dos benefícios do planejamento 4D.

No Brasil, a pesquisa científica sobre todos os aspectos do BIM vem crescendo, no entanto, as publicações relacionadas aos aspectos de atributos da modelagem 4D BIM e técnicas de análise e fluxos de trabalho favoráveis para as práticas de gerenciamento de construção; estão em sua infância ao longo da fase do ciclo de vida do desenvolvimento, especialmente em relação ao uso do Synchro PRO, uma plataforma integrada de planejamento de construção 4D. Assim, a pesquisa aqui apresentada se justifica inteiramente por ser um tema recente, conhecido como uma oportunidade de pesquisa, e tende a ajudar a diminuir as fragilidades no cenário da construção civil.

No Brasil, segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2018), o setor da construção civil tem grande importância na economia do país, representando 5,2% do PIB do Brasil em 2017 e 9,7% considerando os efeitos da atividade imobiliária. Apesar de sua força, não foi suficiente para evitar os efeitos da crise política e econômica criada no país em 2014. Até 2019, houve uma queda contínua em seu crescimento. processos produtivos e gerenciamento de projetos, que na maioria das vezes são considerados tradicionais e ultrapassados, conforme destacado por Isatto et al. (2015), revelando a necessidade de buscar e investir em inovação.

3.1.1 OBJETOS PARAMÉTRICOS

De acordo com Andrade e Ruschel (2009) a modelagem paramétrica pode ser descrita como o uso de parâmetros e regras relacionais para a representação completa de um elemento modelado, incluindo não apenas suas propriedades geométricas, mas também aspectos físicos e comerciais relevantes.

Silva (2021) fala sobre o uso de ferramentas digitais, incluindo a modelagem paramétrica baseada em objetos, no ensino de conceitos de engenharia de estruturas. Segundo o autor, tais ferramentas contribuem para um melhor entendimento da concepção arquitetônica e estrutural. Vários tipos de estruturas, como pontes (CASTRO, 2018a), concreto armado (CASTRO, 2018b), estruturas metálicas (RIGONI, 2018), estruturas protendidas (SOUZA, 2018) e fundações (OLIVEIRA et al., 2019), são abordados no ensino de estruturas usando a tecnologia BIM.

O projeto paramétrico difere do tradicional ao invés de desenhar uma instância de um elemento do edifício, como uma parede ou pilar, o projetista primeiro define a Classe ou Família do elemento, com geometria fixa ou paramétrica, e uma série de regras para controlar parâmetros e relações pelas quais o elemento é criado. Os objetos e suas faces são definidos usando relações que envolvem distâncias, ângulos e regras de comportamento, como anexado a paralelo a e deslocado de (EASTMAN et al., 2014 citado por NETTO, 2016).

Segundo Coelho (2017) o modelo BIM de um edifício é composto por objetos paramétricos que possuem informações detalhadas sobre a identidade e composição de cada componente da construção. Esse modelo, que contém uma grande quantidade de informação, permite a fácil análise de alternativas de projeto, através da substituição ou modificação das características dos objetos paramétricos utilizados, além de permitir análises direcionadas para aspectos como a sustentabilidade energética, cálculo estrutural, valor estético e orçamentação. Além disso, é possível obter diferentes tipos de desenhos e perspectivas para cada opção considerada.

Para o autor essa é a característica principal que difere o modelo BIM do modelo CAD/3D geométrico. Um objeto paramétrico BIM permite a incorporação de regras de relacionamento entre elementos adjacentes, permitindo a adequação da

geometria aos demais elementos do modelo e resultando em configurações não redundantes (sem inconsistências de forma). Além disso, os parâmetros relacionados a materiais e comportamento podem ser incrementados por tipo de objeto, permitindo a atualização e modificação de seus valores, viabilizando a realização de diversos tipos de quantificação (de componentes e materiais) e análise (acústica, energética ou orçamentária) sobre o modelo (EASTMAN, 2011).

3.1.2 INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade refere-se à habilidade dos softwares em permitir a transferência de informações entre diferentes aplicações, de modo que os dados possam ser manipulados em diversas plataformas BIM. Essa característica inerente do BIM contribui para a simplificação do fluxo de trabalho e automação de tarefas. De acordo com a definição, a interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais sistemas compartilharem informações entre si de forma a permitir a utilização da informação recebida (ARAYICI et al., 2018).

Dentro contexto do BIM, Barbosa (2014) diz que a interoperabilidade é definida como a capacidade de transferir dados entre aplicações, planilhas informativas e também a capacidade de vários aplicativos trabalharem juntos, permitindo que vários tipos de especialistas e aplicativos contribuam para o trabalho que está sendo executado.

Segundo Soares (2013), existe a necessidade da criação de uma plataforma de compartilhamento que permitisse a comunicação entre diferentes *softwares*, ocasionada pelo aumento progressivo do uso do BIM e da quantidade de informações produzidas, o que gerava problemas de interoperabilidade entre os *softwares*. Existem diferentes formatos de troca para fazer essa troca de dados entre aplicativos. Dentre eles, o mais importante é o formato *Industry Foundation Classes* (IFC), que vem sendo formalmente adotado por diversos governos e organizações em mundial (BAIA, 2015).

O modelo de dados do IFC é composto por definições, regras e protocolos que o banco de dados deve seguir para descrever todo o ciclo (BAIA, 2015). Tais condições permitem que os desenvolvedores de software criem interfaces IFC para permitir que as mesmas informações no mesmo formato sejam concedidas e trocadas

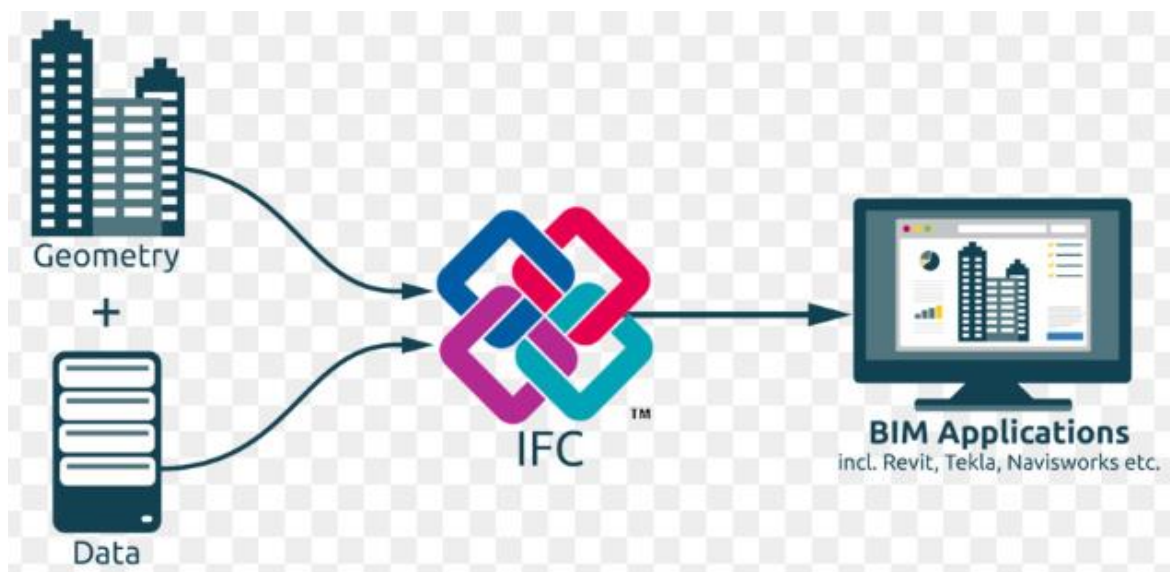
entre diferentes programas sem incompatibilidades entre eles. Os objetos descritos pelo modelo IFC compartilham informações básicas para o BIM. Esses objetos suportam um modelo para planejamento, projeto, construção e outras operações de processo (International Alliance for Interoperability, 2008).

Velasco (2013) esclarece que os objetos definidos por um aplicativo proprietário, quando convertidos para um modelo IFC, consistem no tipo de objeto apropriado, geometria, relacionamentos e propriedades associadas. Mas, apesar da capacidade do IFC de representar uma ampla gama de informações de projeto estrutural, engenharia e fabricação, ainda existem limitações em relação à geometria, relacionamentos e propriedades dos objetos representados.

Apesar dessas limitações, o formato IFC é aceito como padrão para troca de dados nos setores público e privado. Está em constante evolução, com novas extensões lançadas a cada dois anos que o disponibilizam para empresas de software BIM que desenvolvem implementações tradutoras de extensões de modelos IFC sujeitas a certificação. Assim, espera-se que essas limitações desapareçam à medida que novas versões do IFC forem definidas e implementadas (BAIA, 2015).

De acordo com Goes (2011), Eastman identificou extensões que permitem a interoperabilidade entre diversas ferramentas BIM. A autora destacou o formato IFC (Industry Foundation Classes) como uma opção de padrão neutro e de domínio público, adequado para facilitar a troca de informações entre diferentes plataformas de software no setor da construção civil.

Figura 3: Usos do IFC



Fonte: Bimcommunity.

3.2 BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA GESTÃO DE PROJETOS

A adoção do BIM pode trazer benefícios em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento, desde o planejamento e projeto até a operação e manutenção. De acordo com Eastman et al. (2011), “o BIM é a tecnologia mais promissora para melhorar a produtividade, qualidade e sustentabilidade da indústria da construção”.

Em primeiro lugar, o BIM pode melhorar a comunicação e colaboração entre os membros da equipe do projeto. Segundo Gursans Guven (2019), o BIM permite que os membros da equipe trabalhem de maneira mais integrada, permitindo que as informações sejam compartilhadas em tempo real, facilitando a tomada de decisões e minimizando a possibilidade de erros.

Outro benefício importante do BIM é a possibilidade de criar simulações e visualizações em 3D. Essas simulações e visualizações podem ajudar os membros da equipe do projeto a entender melhor o projeto e a identificar possíveis problemas antes da construção. De acordo com Scherer e Santos (2018), o uso do BIM pode melhorar a precisão dos desenhos e reduzir a possibilidade de erros durante a construção.

O BIM também pode ajudar na gestão de prazos e recursos. Com a capacidade de criar modelos detalhados do projeto, é possível planejar com mais precisão os cronogramas de construção e os recursos necessários para a conclusão do projeto. Isso pode ajudar a garantir que o projeto seja concluído dentro do prazo e do orçamento estipulado (Eastman et al., 2011). Um estudo realizado por Wang e Li (2013) apontou que a adoção do BIM pode reduzir o tempo de projeto em até 64% e o tempo de construção em até 30%. Segundo os autores, isso é possível devido à melhoria na coordenação entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto, que permite a identificação e solução de problemas de forma mais eficiente.

Outro benefício da prática do BIM é a melhoria na eficiência energética dos edifícios. Segundo uma pesquisa realizada por Lee et al. (2018), a utilização do BIM no processo de projeto pode resultar em uma redução de até 50% no consumo de energia de edifícios. Isso ocorre porque o BIM permite a simulação do desempenho energético do edifício, permitindo a identificação de possíveis melhorias e a adoção de medidas para aumentar a eficiência energética.

Um estudo realizado por Barlish e Sullivan (2012) teve como objetivo apresentar uma abordagem para medir os benefícios do BIM por meio de estudos de caso. Os autores identificaram quatro principais categorias de benefícios do BIM: benefícios de projeto, benefícios de construção, benefícios de operação e benefícios de sustentabilidade.

O estudo mostrou ainda, que a medição dos benefícios do BIM deve ser personalizada para cada projeto, levando em consideração as necessidades e objetivos específicos de cada equipe e organização envolvida no projeto.

Uma pesquisa realizada pela Autodesk e McGraw-Hill Construction (2012) revelou as sete principais vantagens percebidas pelos proprietários de projetos de infraestrutura ao utilizar a plataforma BIM.

1. 44% – Melhores resultados;
2. 44% – Redução no retrabalho dos projetos em plataforma BIM;
3. 38% – Menos litígios de sinistros;
4. 33% – Redução de erros em documentos;
5. 33% – Redução no tempo do fluxo de trabalho;

6. 33% – Redução na duração do projeto;
7. 22% – Redução no custo da construção.

O fato de que os custos ocupam apenas a 7ª posição como vantagem primordial do uso do BIM difere de outros estudos, como o da Dodge Data & Analytics, em que 48% dos profissionais da construção entrevistados observaram uma redução de custos de pelo menos 5% no final do projeto, ao usar a plataforma BIM em vez de outras soluções. Além disso, mais de 51% dos participantes veem claramente uma redução no tempo de projeto, enquanto 31% observaram melhorias significativas de cerca de 25% na produtividade do trabalho.

O BIM está gradativamente deixando de ser uma tendência e se tornando uma realidade para a indústria da construção civil (BORGES, 2019). Se essa adoção não for realizada ou for adiada, é provável que essas empresas sejam eliminadas do mercado de trabalho (EASTMAN et al., 2014). Segundo Borges (2019), sua adoção tem crescido a cada ano e a tendência é que todas as empresas tenham adotado essa tecnologia em algum momento, assim como aconteceu com a transição dos projetos *in-box* para o CAD.

Esse movimento é evidenciado pelo aumento da intensidade das discussões em torno do BIM e pela disponibilização acelerada de Notáveis BIM *Publications* (NBP's). Os NBPs são documentos da indústria disponíveis publicamente que contêm diretrizes, protocolos e requisitos focados em produtos e fluxos de trabalho BIM. Essas publicações são produto de vários órgãos, associações industriais, comunidades de prática e instituições de pesquisa que visam facilitar a adoção do BIM e realizar o potencial de valor agregado do BIM (BORGES, 2019).

Contudo, a implementação do BIM pode trazer diversos benefícios, tais como melhoria na comunicação entre os membros da equipe de projeto, melhor coordenação de projetos, redução de erros e conflitos durante a construção, e aumento da eficiência do processo de construção. No entanto, a implementação do BIM também pode enfrentar obstáculos, como a resistência dos membros da equipe de projeto em aprender e usar novas ferramentas, o custo de implementação, a falta de padronização na indústria da construção, e a falta de conhecimento e experiência dos usuários (Migilinskas, 2013).

3.3 DESAFIOS E OBSTÁCULOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ahmed e Hoque (2018) abordaram os principais obstáculos e desafios enfrentados pela indústria da construção civil na implementação do BIM. Os autores revisaram a literatura existente sobre o assunto e identificaram diversas barreiras, incluindo:

- Falta de conhecimento e capacitação: a falta de conhecimento e capacitação dos profissionais da construção em relação ao BIM é apontada como uma das principais barreiras para sua implementação. A falta de treinamento adequado pode levar a erros e atrasos no projeto.
- Falta de padrões e protocolos: a falta de padrões e protocolos claros para a implementação do BIM pode dificultar a colaboração e comunicação entre os membros da equipe do projeto, bem como entre os diferentes setores da indústria da construção civil.
- Custo elevado de implantação: a implantação do BIM requer investimentos em software, hardware e treinamento, o que pode ser um obstáculo para pequenas e médias empresas da construção civil.
- Falta de integração de ferramentas e sistemas: a falta de integração entre as diferentes ferramentas e sistemas utilizados na construção civil pode dificultar a implementação do BIM.
- Falta de incentivos e pressão do mercado: a falta de incentivos governamentais e de pressão do mercado para a adoção do BIM pode desestimular as empresas a investir na tecnologia.

WU et al (2021) no artigo que trata de uma análise dos obstáculos e barreiras para a implementação do BIM na construção industrializada na China identificou além dos obstáculos citados acima, tais como falta de incentivos financeiros e recompensas para empresas que utilizam BIM; falta de colaboração e cooperação entre as

empresas envolvidas no projeto e a falta de comprometimento da alta administração das empresas com a implementação do BIM.

O artigo também discute possíveis soluções para superar essas barreiras. As soluções discutidas no artigo para superar as barreiras à implementação do BIM incluem:

- Educação e treinamento em BIM: o artigo destaca a importância de fornecer treinamento e educação adequados em BIM para a equipe de construção, bem como o desenvolvimento de programas acadêmicos em BIM para a formação de futuros profissionais.
- Políticas governamentais: o artigo sugere que o governo pode incentivar a implementação do BIM por meio de políticas, como regulamentações que exigem o uso do BIM em projetos governamentais ou incentivos fiscais para empresas que adotam o BIM.
- Padrões e regulamentos: o desenvolvimento de padrões e regulamentos nacionais para o BIM pode ajudar a garantir a qualidade dos dados e a interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM.
- Mudança cultural: a implementação bem-sucedida do BIM também requer uma mudança cultural nas empresas da construção para adotar e comprometer-se com o uso do BIM. Isso pode ser alcançado por meio de liderança forte, comunicação eficaz e alinhamento dos objetivos da empresa com os benefícios do BIM.

Para KINEBER et al (2023) a adoção do BIM é imediatamente dificultada por fatores como “localização geográfica, situação econômica da nação, política governamental e desejo de mudança”. Devido à capacidade limitada das nações em desenvolvimento para atender aos critérios globais de sustentabilidade, os projetos de construção geralmente enfrentam vários desafios, incluindo abandono de construção, estouros de tempo, estouros de orçamento, qualidade insuficiente e uma grande chance de ficar aquém dos objetivos almejados. Além disso, devido à escala restrita de investimentos neste setor, muitas iniciativas são posteriormente suspensas ou encerradas. Como um todo, a indústria da construção nos países em

desenvolvimento fica aquém das expectativas de seus governos, clientes e sociedade e fica significativamente atrás de outras indústrias nesses países e suas contrapartes KINEBER et al (2020). Em seu artigo o autor, KINEBER et al (2023), compila algumas das dificuldades apontadas por diferentes acadêmicos, como mostrado a seguir:

Tabela 1: Problemas que têm impedido a indústria da construção de adotar totalmente a tecnologia BIM.

1	Falta de apoio do governo, clientes e contratados
2	Falhas no suporte tecnológico
3	Alto custo de aplicação BIM e consciência BIM inadequada
4	A falta de profissionais capacitados na construção civil
5	Acessibilidade e custo de software BIM especializado
6	Auto eficácia do computador
7	Falta de infraestrutura de tecnologia da informação para potencializar o uso do BIM
8	Desafios na implementação de novas formas de trabalho em equipe
9	Resistência à mudança dos profissionais da construção civil
10	A falha em retrainar os membros profissionais no uso e aplicação do BIM
11	Problemas com a interoperabilidade BIM em todas as fases de um projeto
12	Falta de diretrizes e padrões de cooperação BIM
13	Problemas de privacidade e propriedade de dados
14	Falta de conscientização e apoio dos gerentes
15	ambiente contratual
16	Educação BIM ineficiente sobre colaboração
17	Falha em adquirir conhecimento individual de BIM
18	Falta de materiais de referência para recomendar a aplicação BIM aos Profissionais
19	Falta de especialistas BIM qualificados
20	Não ter conhecimento suficiente quando necessário
21	Problema de incompatibilidade do aplicativo BIM
22	Atualização de frequência no software
23	Natureza fragmentária da indústria da construção
24	Falta de iniciativa e educação
25	Conflitos entre gerentes de projeto, gerentes de tecnologia da informação e gerentes de modelagem de informações de construção
26	Medo da segurança e confiabilidade da modelagem de informações de construção
27	Custo da atualização de hardware necessária para BIM

28	Falta de ambiente de dados comum
29	Falta de protocolos BIM padrão para colaboração entre setores
30	Falta de padrões para orientar a implementação do BIM
31	Natureza complicada das ferramentas BIM
32	Configuração e estrutura de equipe desajeitadas
33	Os membros da equipe tendem a trabalhar isoladamente durante os projetos
34	Oposição ao compartilhamento de informações
35	Os designers e a cadeia de suprimentos a jusante não estabeleceram um método confiável de trabalhar juntos

Fonte: Adaptado de KINEBER et al (2023)

De acordo com os autores, a implementação bem-sucedida do BIM na indústria da construção requer uma abordagem holística que aborda as barreiras identificadas. Eles afirmam que os governos devem desempenhar um papel importante na promoção do BIM por meio da adoção de políticas que incentivem a sua implementação, e as empresas devem investir em treinamento e educação em BIM para garantir que sua equipe tenha as habilidades necessárias para utilizar a tecnologia com eficácia. Eles também destacam a importância da colaboração e do compartilhamento de informações em todo o setor para ajudar a impulsionar a adoção do BIM.

3.4 TENDÊNCIAS E PERSPECTIVAS FUTURAS DA UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Gobira (2020), a indústria da construção está em uma tendência ascendente de inovação. Depois de enfrentar um período prolongado de resultados negativos, esse mercado está voltando a crescer, graças em grande parte às novidades e tendências que indicam um futuro promissor para o setor. No Brasil, há uma grande necessidade de se tornar mais eficiente em vários aspectos da construção. A redução de custos, a garantia de segurança e a busca pela sustentabilidade podem se tornar objetivos alcançáveis em todo o país em um prazo médio a longo prazo.

Projetistas costumam desdobrar a estrutura 3D mental em diferentes componentes e mostrá-los em planos e seções usando representações 2D para descrever o que eles queriam projetar (ASCE, 2007). Os construtores, por outro lado, invertem o processo. Asce (2007) afirma que é necessário ler as plantas dos projetistas e as seções 2D e reuni-las novamente em uma estrutura mental 3D para entender o produto a ser construído em um mundo 3D. Ao representar uma empresa, as ferramentas de design tradicionais muitas vezes apresentam seu estado final e completo sem prestar atenção às suas mudanças ao longo do tempo (FISCHER et al., 2005). Consequentemente, uma das principais limitações dos modelos 3D é a incapacidade de exibir o estado exato do andamento da construção (WANG et al., 2004).

Desenvolver um plano de construção é ainda mais difícil porque os construtores precisam dividir a estrutura em pacotes funcionais, identificar as relações entre esses pacotes e configurar a ordem de execução para esses pacotes de trabalho passo a passo (ASCE, 2007). Para desenvolver o planejamento construtivo, Velasco (2013) diz que é necessária uma visão mais dinâmica da sequência, permitindo a visualização das etapas intermediárias, mas os planejadores têm tradicionalmente utilizado ferramentas como o diagrama colunas, diagramas de rede (PERT - Técnica de Avaliação e Revisão do Programa e - método do caminho crítico) que não é facilmente entendido por todos os membros do projeto porque não exibem características espaciais e exigem um alto nível de abstração para criar uma representação mental (KOO; FISCHER, 1998; CHAU et al., 2004).

A incorporação do atributo tempo em um ambiente 3D (x, y, z) resulta em um ambiente 4D (x, y, z, t), (VELASCO, 2013). Fukai (2005) detalha que a quarta dimensão é uma questão de relatividade dimensional, e que para um objeto ser considerado em quatro dimensões, ele deve necessariamente estar em três dimensões e ser continuamente representado em sua quarta dimensão, permitindo ao observador visualizar mudanças continuamente no modelo ao longo do tempo (BIOTTO, 2012; FUKAI, 2005).

A representação de uma sequência de imagens tridimensionais não pode ser considerada um ambiente 4D, pois são imagens e posteriormente arquivos 2D (FUKAI, 2005). No entanto, os primeiros conceitos sobre a tecnologia 4D datam do

final da década de 1980 (EASTMAN et al., 2011) e a retratam como uma técnica de visualização de processos construtivos baseados na geometria (KOO; FISCHER, 1998), pois desde a uso de 3D de ferramentas, construtores passou a combinar manualmente fotos virtuais instantâneas de cada fase do projeto ao lado do modelo, criando assim o termo CAD 4D (BIOTTO, 2012; VELASCO, 2013).

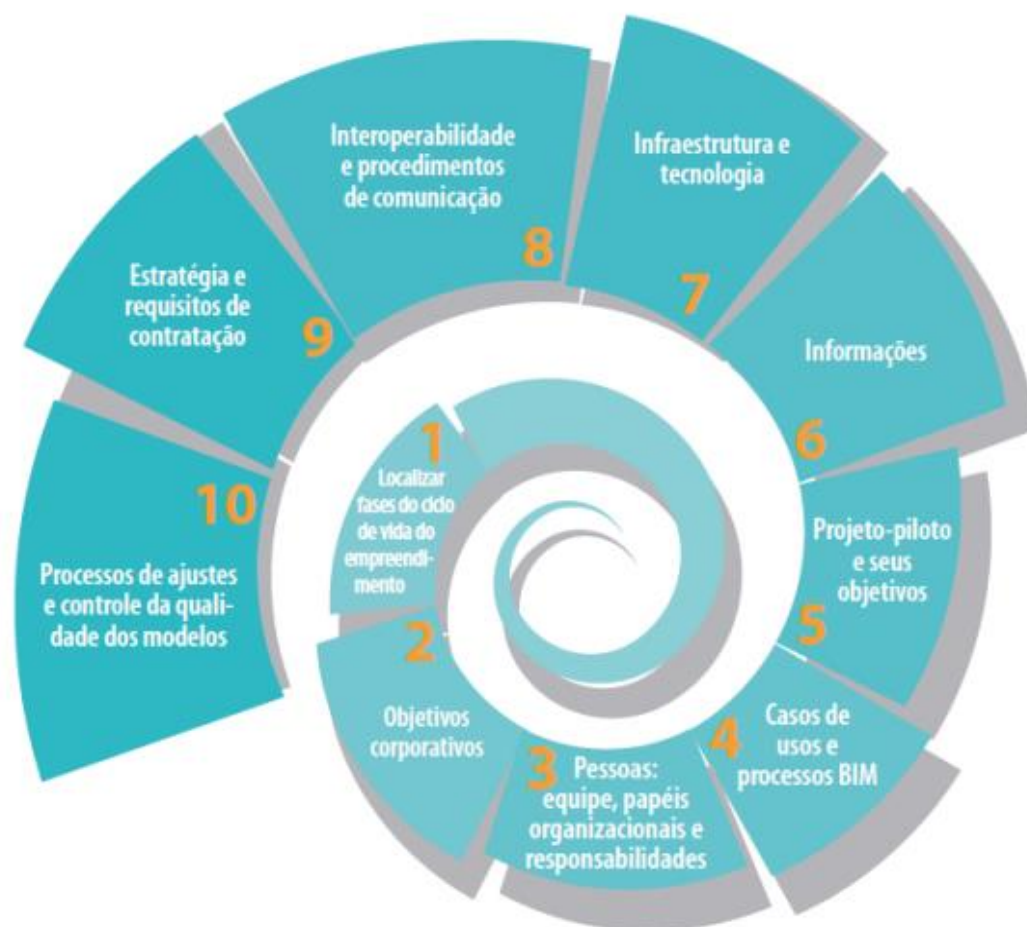
Desde o desenvolvimento de pacotes de software ao longo dos anos, as ferramentas tornaram-se mais inteligentes em relação à construção de objetos em seus relacionamentos e atributos (FUKAI, 2005), permitindo a criação automática de conexões entre geometria 3D e atividades (KOO; FISCHER, 1998). Em suma, os modelos 4D são uma combinação de modelos 3D com atividade de design (HARTMANN et al., 2007). Portanto, Eastman et al. (2011) descreve que através da modelagem 4D é possível simular detalhar graficamente o plano de andamento da construção e o canteiro de obras ao longo do tempo, entre outras aplicações (EASTMAN et al., 2011).

Com a adoção gradual do BIM no setor AEC, a tecnologia 4D se integrou ao processo BIM. Acredita-se que sua combinação em uma mesma metodologia de trabalho pode auxiliar os projetos devido a diversas vantagens (VELASCO, 2013), que foram descritas detalhadamente no ponto 3.3. As tecnologias 4D evoluíram nas últimas décadas, deixando para trás um grupo de diferentes gerações de ferramentas. Vale ressaltar que a tecnologia BIM e a tecnologia 4D são conceitos separados e tiveram diferentes desenvolvimentos de seu conceito.

Embora seja uma metodologia amplamente difundida em muitos países, o BIM ainda está em seus estágios iniciais de adoção no Brasil (VARGAS, 2019). As empresas pioneiras a adotarem o então novo conceito foram a Gui Mattos Arquitetura e a MATEC Engenharia e Construções, ambas localizadas em São Paulo, de acordo com Santos (2014).

O CBIC (2016) afirmou que a adoção do BIM por construtoras e incorporadoras pode não seguir um único padrão, mas, em geral, pode ser dividida em dez etapas principais, conforme resumido na Figura 03.

Figura 3: Principais passos para um projeto de implementação BIM.



Fonte:

CBIC,

2016.

Por meio das ferramentas de modelagem BIM, é possível criar modelos compostos por objetos paramétricos (COELHO, 2017). A Tabela 2 apresenta os softwares mais utilizados de acordo com o tipo de aplicação.

Tabela 2: Lista de alguns softwares de base BIM

Empresa	Software	Utilização
Autodesk	Revit Architecture	Modelação de arquitetura
	Revit Structure	Modelação de estruturas
	Revit MEP	Modelação de redes de sistemas (mecânica, elétrica e hidráulica)
	Navisworks	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
	Synchro Professional	
	Green Building Studio	Análise de desempenho energético e de sustentabilidade
Graphisoft	ArchiCAD	Modelação de arquitetura
	MEP Modeler	<i>Plugin</i> para a modelação de sistemas (mecânica, elétrica e hidráulica)
	EcoDesigner	Análise de desempenho energético e de sustentabilidade
	ArchiFM	Gestão e manutenção
Bentley	Bentley Architecture	Modelação de arquitetura
	Structural Modeler	Modelação de estruturas
	ConstrucSim	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
	Bentley Facilities	Gestão e manutenção
Tekla	Tekla Structures	Modelação de estruturas
	Tekla BIMSight	Construção (visualização e análise)
VicoSoftware	Vico Office Suite	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
Solibri	Model Checker	Visualização e análise

Fonte: COELHO, (2017).

O uso do BIM possibilita à indústria da construção explorar tecnologias emergentes, como realidade aumentada, estruturas cyber-físicas, sistemas em nuvem, Internet das Coisas, entre outras, com alto potencial de digitalização. Tanto os clientes quanto os fornecedores de serviços podem se beneficiar dessas tecnologias (MCGIBNEY; REA; PLOENNIGS, 2016).

Meng (2020) destacou como a combinação do BIM com outras tecnologias pode levar a uma melhor eficiência e eficácia em todas as fases do ciclo de vida do edifício. Por exemplo, foi mencionado que a combinação do BIM com a computação em nuvem pode permitir o compartilhamento e o acesso remoto a informações e modelos, além de permitir uma colaboração mais eficiente entre equipes de projetos que estejam trabalhando em locais diferentes.

Em relação à realidade aumentada e virtual, o estudo discutiu como essas tecnologias podem ser usadas para visualizar e simular modelos em 3D de edifícios, permitindo que os usuários possam interagir com os modelos e ter uma melhor compreensão do design e das funcionalidades do edifício. Além disso, foi mencionado

que a combinação do BIM com a IoT (Internet das Coisas) pode permitir a coleta e análise de dados em tempo real, o que pode ser usado para melhorar o gerenciamento de edifícios e sistemas.

Por fim, o estudo destacou que a análise de dados pode ser usada para identificar padrões e tendências em dados coletados ao longo do ciclo de vida do edifício, permitindo que sejam tomadas decisões mais informadas em relação a questões como manutenção preventiva e reformas.

McKinsey (2020) menciona que empresas que conseguiram se destacar durante a pandemia do COVID-19 foram aquelas que possuíam uma forte capacidade em tecnologias digitais e uma estratégia corporativa focada em tecnologia e dados. Isso mostra como a tecnologia pode ser uma ferramenta importante para enfrentar desafios e se adaptar a mudanças no mercado.

Heigermoser (2019) apresentou a criação de uma ferramenta intitulada "BIM-based Last Planner System tool" baseada em BIM e no Sistema Last Planner (LPS) para melhorar a gestão de projetos de construção. A ferramenta foi desenvolvida e testada em um projeto real de construção de uma escola primária na Espanha. A ferramenta permite a criação de um modelo BIM, que pode ser usado para planejar e rastrear o progresso do projeto em tempo real, bem como identificar possíveis problemas e atrasos.

Os resultados mostraram que a ferramenta melhorou significativamente a eficiência da gestão do projeto, permitindo que as equipes de projeto trabalhassem de forma mais colaborativa e efetiva, e reduzindo os atrasos e custos adicionais do projeto. Além disso, a ferramenta permitiu uma melhor comunicação e coordenação entre as equipes de projeto, o que levou a uma melhor utilização dos recursos e reduziu os desperdícios.

As discussões do estudo destacaram que a implementação bem-sucedida do BIM e do Last Planner System pode ajudar as empresas de construção a melhorar a eficiência e a rentabilidade de seus projetos. Além disso, os autores destacaram a importância da colaboração e comunicação efetiva entre as equipes de projeto para o sucesso da implementação da ferramenta.







Segundo Al-Ghassani e Al-Yahyai (2021), a tecnologia BIM tem se mostrado eficaz em melhorar a eficiência e eficácia em cada estágio do ciclo de vida do edifício,

desde a concepção até a construção, manutenção e desativação. Ainda segundo os autores, espera-se que a tecnologia BIM continue a evoluir e ser cada vez mais adotada pelos profissionais da construção civil em todo o mundo.

Acreditar que o BIM é um *software* não é correto. Existem vários softwares que trabalham com BIM (cerca de 150 aprovados pela Building Smart). Cada produto tem características e capacidades diferentes, tanto em termos de sistemas orientados a projetos quanto de ferramentas de produção BIM. Baia (2015) destaca que a escolha do software afeta os processos produtivos, a interoperabilidade e as capacidades funcionais da organização para desenvolver determinados tipos de projetos.

A metodologia de trabalho BIM requer a adoção de um *software* como plataforma de projeto. Algumas dessas aplicações disponíveis e mais utilizadas segundo Eastman et al. (2011) até o momento foram listados na tabela 3 a seguir e classificados por empresa. Vale ressaltar que nenhuma plataforma será ideal para todos os tipos de negócios, cada um com suas peculiaridades e vantagens, o que não será o resultado desta pesquisa.

Tabela 3: Plataformas BIM e suas últimas versões

EMPRESA	PLATAFORMAS BIM	LOGO
Autodesk	Revit (Architecture, Structures, MEP) <i>Ultima Versao: Revit 2019</i>	
Graphisoft	ArchiCAD <i>Ultima Versao: ArchiCAD21</i>	
Bentley	Bentley Architecture <i>Ultima Versao: Bentley Architecture VBi</i>	
Nemetschek	Allplan Architecture <i>Ultima Versao: Allplan Architecture 2018</i>	
Gehry Technologies	Digital Project <i>Ultima Versao: Digital Project V1, RS</i>	
Tekla	Tekla Structures* <i>Ultima Versao: Tekla Structures 19</i>	

Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2011)

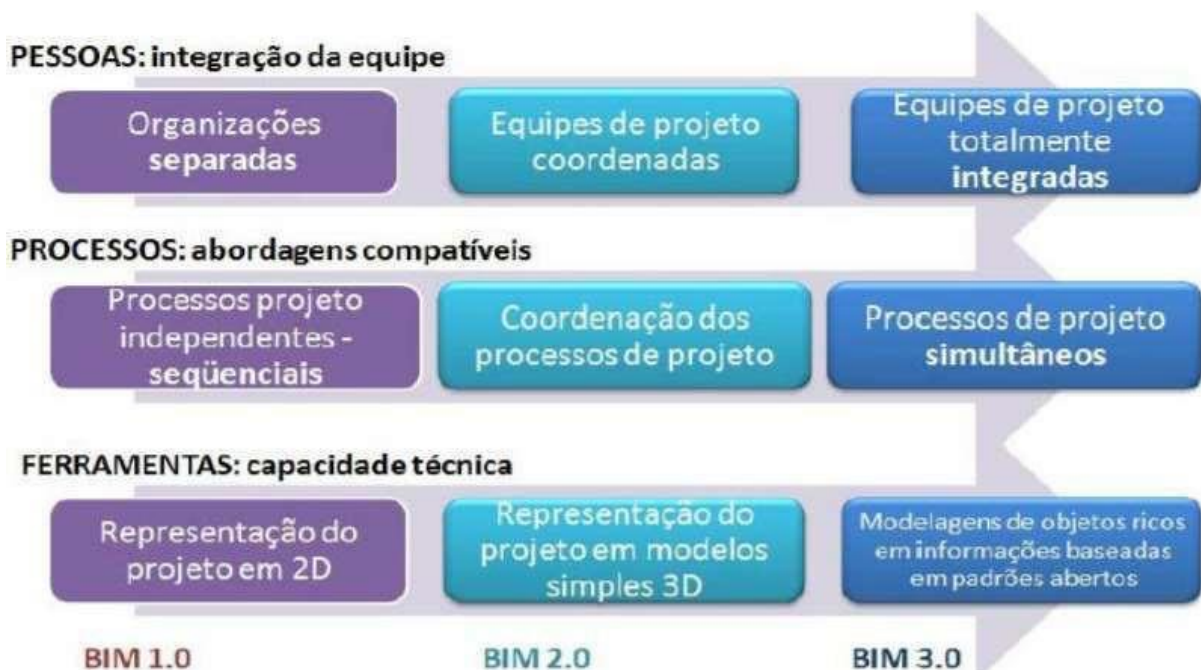
Além dos *softwares* listados acima, a indústria vem apresentando cada vez mais programas que integrem as várias etapas do contexto BIM.

Relativamente aos níveis de implementação do BIM, existem diferentes definições e classificações de natureza diversa. Borges (2013) destaca que está ficando cada vez mais claro para os pesquisadores que as mudanças trazidas pelo uso do BIM não se limitam ao uso de *softwares*.

Software e computadores são os meios, mas o real poder do BIM está na informação, interação, colaboração e organização (CARMONA; CARVALHO, 2017). Visto que há uma mudança de paradigma, é necessário um novo olhar sobre os processos realizados até então para que a implementação seja efetiva e traga resultados positivos. Para Succara (2009), a adoção plena do BIM não ocorre imediatamente. O autor propõe estágios de maturidade no BIM e estabelece requisitos mínimos que caracterizam o nível de adoção em que um profissional, equipe ou empresa se encontra.

Essas fases estão relacionadas ao número de disciplinas envolvidas nos projetos, quais fases do ciclo de vida da edificação são abordadas e os níveis de mudança que ocorrem em termos de políticas adotadas, processos e tecnologias utilizadas. Os níveis do BIM e suas principais atividades podem ser vistos na figura abaixo.

Figura 4: Níveis de Maturidade de Implantação do BIM



Fonte: Andrade (2012)

A partir disso tem-se os níveis, que são descritos abaixo

- Nível 0: O nível de maturidade mais baixo seria baseado em CAD 2D básico sem requisitos específicos de colaboração e com documentação em papel (física ou eletrônica) para compartilhamento de dados. Não há colaboração entre diferentes disciplinas.
- Nível 1: Design baseado em CAD 2D ou mesmo 3D, os padrões começam a ser usados para produção de informações e compartilhamento de dados mais eficientes. Os dados gráficos ainda carecem de inteligência e não há integração entre desenhos e outras funções como planejamento e estimativa de custos. Apesar dos avanços em relação ao Pré-BIM, o processo de trabalho ainda é não colaborativo.
- Nível 2: A adoção do BIM entra neste nível, assim como o ambiente 3D. As informações são anexadas a objetos gráficos que podem ser usados para outros fins. Gerenciamento de biblioteca, estruturação de dados e alguns outros requisitos comuns são definidos para facilitar a troca de dados. Este nível de integração entre diferentes plataformas pode ser alcançado por meio de aplicativos proprietários, mas não de forma totalmente aberta, ou por meio de exportações em formato IFC entre softwares BIM. Succar (2009) menciona apenas que um dos modelos deve conter informações sobre a geometria do edifício para fazer alterações semânticas no BIM. É caracterizado principalmente pelo uso de dimensões 4D e 5D.
- Nível 3: O nível mais alto de maturidade BIM inclui gerenciamento de ciclo de vida de dados totalmente integrado e interoperável e um servidor de modelo da web colaborativo. Isso permite que os membros da equipe participem independentemente de sua localização e o software usado não importa mais. Tudo seria integrado ao repositório ou ao modelo de dados do Comic. Inclui princípios de construção enxuta e inteligência de negócios, princípios de sustentabilidade e análise de operações de construção durante seu ciclo de vida.
- Entrega Integrada de Projetos: A última etapa é a obtenção da chamada Entrega Integrada de Projetos (IPD). É um tipo de contrato que

pressupõe um alto nível de confiança entre todos os participantes, compartilhando decisões, riscos e recompensas.

Depois disso, o conceito de nível de desenvolvimento (LOO) também faz parte do BIM. De acordo com o *American Institute of Architects* (AIA), “descreve o nível de completude para o qual um elemento de modelo é desenvolvido” (AIA, 2008). Em outras palavras, os requisitos de conteúdo dos elementos do modelo BIM são descritos em cada um desses níveis para uma melhor troca de informações entre os membros do projeto em um ambiente contratual.

AIA (2008) define 5 LOOs diferentes: (1) LOO 100, (2) LOO 200, (3) LOO 300, (4) LOO 400 e (5) LOO 500. Como os níveis são cumulativos, eles incluem os anteriores, por exemplo, LOO 200 inclui LOO 100, etc. Cada um deles também corresponde a uma fase de design: (1) projeto conceitual, (2) projeto esquemático, (3) documentação de construção, (4) produção/montagem a (5) condição de construção, condição durante a construção. Os objetos modelos tornam-se assim mais próximos dos produtos reais da construção no decorrer dos projetos (EASTMAN et al., 2011).

Além do nível de maturidade e do nível LOO, a introdução de recursos adicionais na metodologia BIM leva ao que é comumente reconhecido como BIM dimensões referentes a áreas de possível implementação. Longe de ser apenas uma ferramenta de modelagem 3D, o BIM representa uma abordagem multidimensional (nD) que integra muitas funções de negócios no processo de manipulação e armazenamento de informações (JOO; JUNG, 2011). Isso é alcançado em parte pela integração de dados gráficos e não gráficos. Então 4D, 5D, 6D, ..., nada acontece ao lado da sigla BIM: 4D BIM para gerenciamento de tempo, 5D BIM para gerenciamento de custos, etc.

Finalmente, pode haver aplicações para representar a hierarquia ao nível de: (1) ambientes BIM, (2) plataformas BIM e (3) ferramentas BIM (Eastman et al., 2011). A primeira diz respeito à integração de diferentes plataformas e ferramentas BIM dentro da organização para simplificar o gerenciamento de dados e outras funções de negócios em sistemas como servidores BIM. O segundo inclui principalmente aplicativos de design onde o modelo de dados original é criado. A saída das plataformas BIM é normalmente exportada para ferramentas BIM, um terceiro tipo de aplicativo onde você pode executar tarefas específicas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foi possível abordar a importância da tecnologia BIM para o planejamento e gestão de projetos na construção civil. Através da revisão bibliográfica e análise de casos práticos, foi possível verificar que o uso dessa tecnologia traz diversos benefícios, tais como: maior precisão na elaboração de projetos, redução de custos, diminuição de erros e retrabalhos, melhor comunicação entre os envolvidos e aumento da eficiência do processo construtivo.

Também foi possível identificar alguns desafios e obstáculos que as empresas da construção civil enfrentam com a utilização do BIM, tais como: falta de capacitação técnica, falta de padronização e compatibilidade entre softwares, e resistência à mudança de cultura.

Apesar dos desafios, a tendência é de que a utilização do BIM na construção civil continue crescendo, uma vez que os benefícios são inegáveis e as tecnologias estão em constante evolução. Conclui-se, portanto, que a aplicação da tecnologia BIM no planejamento e gestão de projetos na construção civil é uma tendência importante para a melhoria da qualidade e eficiência do processo construtivo.

Com base no exposto, sugere-se que trabalhos futuros possam aprofundar-se em aspectos como a padronização de softwares, capacitação de profissionais e estudos de caso com diferentes tipos de projetos e empreendimentos, a fim de explorar ainda mais os benefícios e possibilidades oferecidos pela tecnologia BIM na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Autodesk. Business **value of bim for infrastructure smartmarket** report 2012. Disponível em: http://images.autodesk.com/adsk/files/business_value_of_bim_for_infrastructure_smartmarket_report__2012.pdf. Acessado em 17 de Abril de 2023.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **BIM: Conceitos, Cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE PROJETOS. 1., 2009, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: RiMa, 2009.

ANDRADE, M.; RUSCHEL, R. BIM: Conceitos, cenários das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. **SBQP-Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto Construído**. Sao Carlos - SP, 2009.

ANDRADE, M.L.V. **Projeto Performativo na Prática Arquitetônica Recente: Estrutura Conceitual**. 2012. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Estadual de Campinas, Campinas 2012.

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, 2017. Disponível em: http://old.abdi.com.br/Paginas/bim_construcao_download.aspx. Acesso em: jun. 2018.

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Relatório de atividades 2011-2014. Brasília, 2011.

AL-GHASSANI, A. M.; AL-YAHYAI, S. A. **Building information modelling (BIM) technology: past, present and future**. Journal of Building Engineering, v. 38, p. 102206, 2021.

Ahmed, Shakil & Hoque, Md. **Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) to Construction Industry: A Review**. 45-60. (2018). DOI:[10.32732/jcec.2018.7.2.107](https://doi.org/10.32732/jcec.2018.7.2.107)

ARAYICI, Y.; COZER, S.; KOSKELA, L.; KILINC, A. **BIM adoption and implementation for architectural practices**. Architectural Engineering and Design Management, v. 14, n. 2, p. 94-109, 2018.

AIA. The American Institute of Architects. AIA Document E202: Building Information Modeling Protocol Exhibit, 2008. Disponível em: <http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab083007.pdf>. Acesso em: nov. 2018.

<http://old.abdi.com.br/Estudo/RelatorioGest%C3%A3o2011-2014.pdf>. Acesso

em: set. 2018.

ASCE, M.; ASCE, M.; CLAYTON, M. J.; KANG, H.; STUART, D. A. Empirical Study on the Merit of Web-Based 4D Visualization in Collaborative Construction Planning and Scheduling Julian. **Journal of construction engineering and management**, n.133, p 447-461, 2007.

AZHAR, S. Role of visualization Technologies in safety planning and management at construction jobsites. **Procedia Engineering**, n. 171, p 215-226, 2017.

BAIA, D. V. S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construc;ao civil**. Dissertac;ao (Mestrado). Universidade de Brasflia - Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasflia, 2015.

BANDEIRA, R. A de M.; MAGALHAES, R. M.; MELLO, L. C. B. de. Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso multiplo em construtoras no Rio de Janeiro. **Gestao e Produç;ao**, Sao Carlos, v. 25, n. 1, p. 44-55, 2018. Disponfvel em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v25n1/0104-530X-gp-0104-530X2079-15.pdf>>. Acesso em: ago, 2018.

BARBOSA, A.C.M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso pratico da construc;ao de uma ETAR na Argelia**. Dissertac;ao (Mestrado). Isep - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014.

BARLISH, K.; SULLIVAN, K. **How to measure the benefits of BIM - A case study approach**. Automation in Construction, v. 24, p. 149-159, 2012. ISSN 0926-5805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.02.008>.

BATAGUN, F. S.; **Modelo para gestao dos processos logisticos em obras de sistemas pre-fabricados Engineer-to-ord**. Dissertac;ao. Dissertagao (Mestrado). Programa de P6s-Graduagao em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2017.

BIOTTO, C.N.; **Metodo para planejamento de sistemas de produc;ao na construc;ao civil com uso de modelagem BIM 4D**. Dissertagao (Mestrado). Programa de P6s-Graduagao em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2012.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Metodo para o uso da modelagem BIM 4D na gestao da produgao em empreendimentos de construgao. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE QUAUDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMA<;Ao E COMUNICA<;Ao NA CONSTRU<;AO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

BORTOUNI.R; **Modelo para planejamento e controle logistico de obras de sistemas pre-fabricados do tipo engineer-to-order com o uso de BIM 4D**. Dissertagao (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de P6s-Graduagao em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

BOTON, C.; KUBICKI, S.; HAUN, G. The challenge of level of development in 4D

BIM simulation across AEC project lifecycle. A case study. **Procedia Engineering**, v. 123, p59-67, 2015.

BOTON, C., KUBICKI, S., HAUN, G. Designing adapted visualization for collaborative 4D applications. **Automation in Construction**, v. 36, p. 152-167, 2013.

BRITO, D. M.; FERREIRA, E. a. M. Strategies for representation and analyses of 4D modeling applied to construction project management. **Procedia Economics and Finance**, v. 21, n. 15, p. 374-382, 2015.

BROWN, D. C.; RILEY, M.J. Comparison of cultures in construction and manufacturing industries. **Journal of Management in Engineering**, v. 17, n. 3, p. 149-158, 2001.

BROCARD, F. L. M.; SCHEER, S. O uso da Modelagem da Informagao da construgao 4D (BIM 4D) em projetos de obras militares. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMA<;AO E COMUNICA<;AO NA CONSTRU<;AO, 1.: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GESTAO E ECONOMIA DA CONSTRU<;AO, 10., 2017, Fortaleza. **Anais... Cean:'i: SIBRAGEC - SBTIC 2017**

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Metodo para o uso da modelagem BIM 4D na gestao da produgao em empreendimentos de construgao. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE QUAIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMA<;AO E COMUNICA<;AO NA CONSTRU<;AO, 6., 2013, Campinas. **Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013.**

BORGES, M. L.A. E; **Metodo para implementac;ao da modelagem BIM 4D em empresas construtoras.** Dissertagao (Mestrado). Programa de P&G-Graduagao em Engenharia Civil, UFRN, Natal, 2019.

CASTRO, L. C. L. B. de . **Estruturas de Concreto armado em BIM: a interoperabilidade.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM, 1., 2018, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018b. p. 1–1. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/127>. Acesso em 05 Abril 2023.

COELHO, Eduardo Miguel Ramos de Oliveira. **Estabelecimento de objetos paramétricos em BIM de pavimentos aplicados em edifícios** Trabalho de Conclusão de Mestrado, técnico Lisboa. 2017, 08p.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadora.** 2016

DODGE DATA & ANALYTICS. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling.** 2018. Disponível em: https://icn.nl/pdf/bim_construction.pdf

EASTMAN, C. **Manual de BIM: : um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Porto Alegre : Bookman, 2014.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** New Jersey: Wiley, 2011.

GOBIRA, J. **Inovação na construção civil: 7 tendências para 2020 que você precisa saber.** STARTSE, 2020. Disponível em: . Acesso em: 27, setembro de 2020

GUVEN, G. **Integrating BIM and Sustainable Design: A Literature Review.** *Advances in Civil Engineering.* v. 2019, 2019.

KINEBER, Ahmed Farouk; OTHMAN, Idris; FAMAQIN, Ibukun O.; et al . **Desafios para a Implementação de Building Information Modeling (BIM) para Projetos de Construção Sustentável.** *Ciências Aplicadas* , v. 13, n. 6, pág. 3426, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/app13063426>>.

Kineber, A.F.; Othman, I.; Oke, A.E.; Chileshe, N.; Alsolami, B. **Critical Value Management Activities in Building Projects: A Case of Egypt.** *Buildings* 2020, 10, 239.

LEE, S. H. et al. **Energy performance prediction of buildings using BIM-based data mining technique.** *Applied Energy*, v. 225, p. 868–880, 2018.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão de Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** São Paulo: [s.n.], 2013.

MARGOTTI, A. E. et al. **Caderno de apresentação projetos em BIM.** [S.l.]: [s.n.], 2019.

MASOTTI, Luís Felipe Cardoso. **Análise da Implementação e do Impacto do BIM no Brasil.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC. 2014, 79p.

MENG, Qingfeng et al. **A review of integrated applications of BIM and related technologies in whole building life cycle.** *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 27, n. 9, p. 2202-2228, 2020. ISSN: 0969-9988. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2019-0454>. Acesso em: 27 abr. 2023.

Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). **The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation.** *Procedia Engineering*, 57, 767-774. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>

MCGIBNEY, A., REA, S.; PLOENNIGS, J., "Open BMS - IoT driven architecture for the internet of buildings," **IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**, 2016, pp. 7071-7076, doi: 10.1109/IECON.2016.7793635.

MCKINSEY & COMPANY. "The Next Normal in Construction". **Mckinsey & Company**. 2020. Web.

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

OLIVEIRA, A. M. S.; MEDEIROS, J. L. L. de .; SOUSA, L. da S.; PINTO, F. D. de L. .; SANTOS, D. V. **Aplicação da plataforma BIM no ensino aprendizado da disciplina de fundações**. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM**, 2., 2019, Fortaleza. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–1. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/263>. . Acesso em 05 de Abril 2023

RIGONI, R. . **Modelagem BIM para o detalhamento estrutural metálico, concreto armado in-loco e pré-fabricado em LOD 300-500**. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM**, 1., 2018, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1–1. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/96>. Acesso em 05 de Abril 2023

SANTOS, William Rodrigues. **Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura**. 159 f. Dissertação - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, F. T. da. **Experiências com ferramentas digitais no ensino de estruturas arquitetônicas**. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12,p. e021022,2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8661548>

SOUZA, F. A. . **Utilização de novas tecnologias de informação e da comunicação na aprendizagem de projetos estruturais protendidos**. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE O ENSINO DE BIM**, 1., 2018, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 1–1. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/117>. Acesso em 05 Abril 2023.

SCHERER, R. S.; SANTOS, E. T. A. **Building Information Modeling and Performance Analysis in Construction Projects**. **Procedia Engineering**. v. 211, pp.

WANG, X.; LI, H. **The Analysis of Building Information Modeling (BIM) Applications in Construction Engineering Management**. **Procedia Engineering**, v. 123, p. 518-526, 2015.

WU, Ping et al. **The analysis of barriers to BIM implementation for industrialized building construction: a China study**. Journal of Civil Engineering and Management, [s.l.], v. 27, n. 5, p. 354-365, 25 mar. 2021. Taylor & Francis. <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2021.14105>.