

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS GOIÂNIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Alisson Rodrigues Castro

**ENTRAVES NO DESENVOLVIMENTO DO FLUXO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS BIM**

Goiânia, GO
2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Alisson Rodrigues Castro

Matrícula: 20191011050453

Título do Trabalho: ENTRAVES NO DESENVOLVIMENTO DO FLUXO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS BIM

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 10 / 07 / 2023.

Local

Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Alisson Rodrigues Castro

**ENTRAVES NO DESENVOLVIMENTO DO FLUXO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE
PROJETOS BIM**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação de
Engenharia Civil, do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás, Campus Goiânia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia
Civil**

**Orientadora: Prof^a. Dra. Liana de Lucca
Jardim Borges**

**Coorientador: Prof. Me. Vinicius Carrião
dos Santos**

Goiânia, GO

2023

C2795e Castro, Alisson Rodrigues.

Entraves no desenvolvimento do fluxo de compatibilização de projetos BIM / Alisson Rodrigues Castro. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.
51 f.: il.

Orientadora: Profª. Dra. Liana de Lucca Jardim Borges.

Coorientador: Prof. Me. Vinicius Carrião dos Santos.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Departamento de Áreas Acadêmicas III, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Modelagem de informação da construção. 2. Coordenação de processos.
3. Compatibilização de projeto. I. Borges, Liana de Lucca Jardim (orientadora). II. Santos, Vinicius Carrião dos (coorientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 690.0285

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Alisson Rodrigues Castro

ENTRAVES NO DESENVOLVIMENTO DO FLUXO DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS BIM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Dra. Liana de Lucca Jardim Borges (orientadora), Me. Vinicius Carrião dos Santos (coorientador),
Me Bruna Fioramonte Silva, Me Bruna Andrade Ferreira.

Aprovado em 05 de Julho de 2023.

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruna Andrade Ferreira, PROF ENS BAS TEC TECNOLÓGICO-SUBSTITUTO, em 08/07/2023 13:18:21.
- Vinicius Carrião dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 06/07/2023 22:08:07.
- Bruna Fioramonte Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLÓGICO-SUBSTITUTO, em 06/07/2023 21:01:36.
- Liana de Lucca Jardim Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO, em 06/07/2023 20:03:55.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 06/07/2023 20:00:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/07/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 428519

Código de Autenticação: 9efaccfb93



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

RESUMO

BIM (Building Information Modeling) ou Modelagem de Informação da Construção, pode ser definida como uma filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual de edifícios, de modo colaborativo, por meio de um conjunto de tecnologias e processos integrados. Apesar de ser confundido com um único programa, na realidade é o trabalho integrado de diversos programas, que permite a modelagem 3D de objetos de disciplinas como arquitetura, estrutura, hidrossanitário, elétrica e mecânica. As várias funções BIM quando devidamente aplicadas à coordenação de projetos, promovem processos eficazes. Uma dessas funções é a compatibilização de projetos, que através da integração dos vários produtos das múltiplas disciplinas necessárias para a construção do empreendimento, no modelo federado, possibilita resolver parte dos erros originados na etapa de projeto, visando o perfeito ajuste entre eles. Este trabalho objetivou caracterizar os principais entraves ou dificuldades do fluxo de compatibilização BIM, apontados na literatura científica recente por meio de um procedimento sistematizado de revisão de literatura. Com base na metodologia proposta foram encontrados 57 artigos, dos quais, apenas 10 apresentaram relação direta com a proposta desta pesquisa. Em apenas três publicações foram identificados os apontamentos buscados, sendo ao todo 26 entraves e nove medidas de melhorias sugeridas. A pesquisa forneceu conhecimento aprofundado sobre os processos de coordenação e compatibilização BIM, as dificuldades e as soluções em desenvolvimento, além de explicitar a relevância dos coordenadores BIM como profissionais e agentes no fluxo dos processos de projeto.

Palavras - chave: BIM; Fluxo de projeto; Coordenação de processos; Compatibilização de projeto; Entraves.

ABSTRACT

Building Information Modeling or BIM, can be defined as a work philosophy that integrates architects, engineers and constructors in the elaboration of a virtual model of buildings, in a collaborative way, through a set of technologies and integrated processes. Despite being confused with a single software, in reality it is the integrated work of several softwares, which allow the 3D modeling of objects from disciplines such as architecture, structure, plumbing, electrical and mechanical. The various BIM functions, when properly applied to project coordination, promote effective processes. One of these functions is the compatibility of projects, which through the integration of the various products of the multiple disciplines necessary for the construction of the enterprise, in the federated model, makes it possible to solve part of the errors originated in the project stage, aiming at the perfect between them. This work aimed to characterize the main obstacles or difficulties in the flow of BIM compatibility, pointed out in the recent scientific literature through a systematic procedure of literature review. Based on the proposed methodology, 57 articles were found, of which only 10 were directly related to the purpose of this research. In only three publications were identified the notes sought, with a total of 26 obstacles and nine suggested improvement measures. The research provided in-depth knowledge about BIM coordination and compatibility processes, the difficulties and solutions in development, in addition to explaining the heritage of BIM coordinators as professionals and agents in the flow of design processes.

Keywords: BIM; Project flow; Process coordination; Design compatibility; Obstacles;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dimensões do BIM, do 3D ao 10D.....	11
Figura 2. BIM e o ciclo de vida do edifício.....	13
Figura 3. Curva de esforço (Patrick Macleamy <i>curve</i>).....	15
Figura 4. Quadrantes da inovação em projetos.....	20
Figura 5. Fluxograma da hierarquia de especialistas.	22
Figura 6. Atribuições do coordenador de projeto e do coordenador BIM.	23
Figura 7. Diagrama de um fluxo de trabalho BIM.....	28
Figura 8. Captura de tela realizada no Portal de Periódicos CAPES.	31
Figura 9. Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa.	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resumo dos 10 artigos que apresentaram relação direta com a temática da pesquisa.	34
Quadro 2. Entraves e medidas de melhorias sugeridas, apontadas pelos três artigos e relacionadas ao fluxo da compatibilização de projetos.	37
Quadro 3. Entraves e medidas de melhorias sugeridas, apontadas pelos três artigos e relacionadas ao fluxo da compatibilização de projetos (continuação).	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2.	JUSTIFICATIVAS	13
1.3.	OBJETIVOS	16
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1.	CONCEITOS BIM.....	17
2.2.	ESTRUTURA DE TRABALHO BIM	20
2.2.1.	Pessoas	20
2.2.2.	Tecnologia.....	24
2.2.3.	Gestão de processo	26
2.2.4.	Desafios da coordenação de processos BIM.....	27
3.	MÉTODO DO ESTUDO.....	30
4.	ANÁLISE DE DADOS	34
4.1.	SOBRE OS ARTIGOS SELECIONADOS.....	34
4.2.	ENTRAVES LEVANTADOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS.....	35
4.3.	PRINCIPAIS ENTRAVES	41
4.4.	ANÁLISE GERAL	43
5.	CONCLUSÃO.....	44
5.1.	LIMITAÇÕES.....	44
5.2.	TRABALHOS FUTUROS.....	45
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
7.	APÊNDICE 1-QUADRO-RESUMO DAS INFORMAÇÕES DOS TEXTOS DE RELAÇÃO DIRETA.....	49

1. INTRODUÇÃO

É abordada a temática e o fluxo de processos BIM para projetos de edificações.

1.1. Contextualização

A metodologia BIM no setor AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), engloba desde os fluxos colaborativos de processo de projetos de um edifício, com seus modelos virtuais de informações, até o uso desta edificação. Estes correspondem a um banco de dados que pode conter informações de todas as fases do ciclo de vida da edificação, propiciando tomadas de decisões estratégicas desse empreendimento. O BIM é um processo baseado em gestão da informação e em colaboração simultânea entre as equipes (MANZIONE, 2013; ISO 16757-1:2018; SUCCAR; KASSEM, 2016; SILVA, 2020).

O BIM tem sido utilizado para várias metas e objetivos, como visualização antecipada e mais precisa de um projeto, melhoria de desempenho, gerenciamento de segurança e extração de estimativa de materiais e custos (EASTMAN *et al.*, 2014; CHAREHZEHI *et al.*, 2017). Além de fornecer funções técnicas, o BIM facilita a colaboração eficiente das partes interessadas, permitindo o compartilhamento conveniente de informações em uma plataforma centralizada baseada em nuvem ou em *data centers* e a cooperação entre múltiplas disciplinas de projeto (EASTMAN *et al.*, 2014; AKPONEWARE; ADAMU, 2017; KOO; O'CONNOR, 2022).

Iniciada como BIM 3D, devido à modelagem de projetos em três dimensões (comprimento, largura e profundidade), atualmente tem-se consolidado até o “BIM 10D”, como representado na Figura 1, visto que outras “dimensões” (não físicas) foram implementadas dentro da metodologia. Essas outras dimensões correspondem ao caráter do conteúdo dos dados associados ao modelo, a saber: Cronograma (4D), Orçamentação (5D), Gestão das Instalações (6D), Sustentabilidade (7D), Segurança (8D), Construção enxuta (9D) e Construção Industrializada (10D). Quanto mais dimensões um modelo puder atender, mais implementada está a metodologia dentro do processo de desenvolvimento do empreendimento (BARROS, 2018; GONÇALVES JR., 2020; SILVA, 2020).

Figura 1. Dimensões do BIM, do 3D ao 10D.



Fonte: MPDTF, 2020.

O Instituto Nacional do Câncer da Malásia e o Salão do Sultão Ibrahim, da *Universiti Tun Hussein Onn* – também na Malásia – são projetos que aplicaram o sistema BIM de forma integral e que demonstram tais possibilidades. Segundo Charehzehi *et al.* (2017) é reconhecido em ambas as edificações os benefícios da implementação do BIM em termos de custo, tempo, desenho do projeto, processo do projeto e comunicação.

O estudo realizado por Aredah *et al.*, (2019), buscou medir os efeitos do BIM 4D na indústria da construção. O resultado desse estudo apontou que mais de 75% do total dos entrevistados concordou que o BIM 4D – a dimensão que envolve o planejamento – é superior às técnicas tradicionais de agendamento.

A comunicação do plano, a avaliação da sequência e a coleta de informações foram os aspectos com melhores resultados, quando comparados ao método tradicional de planejamento. A metodologia BIM aplicada ao planejamento dos processos de produção da construção civil aumenta o entendimento das decisões entre os participantes, propiciando também simulação de cenários alternativos de forma rápida (DANTAS FILHO *et al.*, 2017).

O BIM possibilita o planejamento de cenários alternativos para uma edificação mesmo após concluída sua construção. Com menor custo e maior velocidade nesse planejamento os denominados gêmeos digitais são um reflexo digital de um objeto ou sistema físico, representando a forma de um ativo construído, ou seja, o edifício físico existente é espelhado em formato digital dinâmico a partir do qual se pode estudar alternativas de intervenção. Tanto os modelos *as built* como os projetados podem ser integrados e acessíveis ao gêmeo digital (AUTODESK, 2021; MANZIONE *et al.*, 2021).

Conforme o uso, o edifício passará por mudanças, as quais serão acompanhadas pelo gêmeo digital. Ele poderá ser responsivo e continuará a evoluir na proporção que mais dados ou a Internet das Coisas sejam concedidas a ele, possibilitando que o gêmeo digital simule e preveja decisões informadas, com base nas condições reais do edifício (AUTODESK, 2021; MANZIONE *et al.*, 2021).

Embora o BIM beneficie o processo de projeto gerando um modelo 3D preciso, realizando a detecção automática de interferências e fornecendo uma plataforma *online* para a coordenação eficaz, ele ainda é deficiente para abordar certos aspectos deste processo como: a navegação anti-intuitiva¹; recursos inadequados² de tarefas de coordenação BIM; e inconsistências³ nas representações de projeto. Estes são alguns dos desafios e gargalos significativos que a equipe de projetos enfrenta ao interagir com o BIM, o que por sua vez, atrapalha e dificulta o processo de coordenação (MEHRBOD *et al.*, 2017; KOO; O'CONNOR, 2022).

A coordenação de projetos é a atividade de suporte ao desenvolvimento do projeto voltada à integração dos requisitos e das decisões do empreendimento, envolvendo a interação entre os diversos projetistas (MANZIONE *et al.*, 2021). Com o BIM essa interação deve ser feita de maneira colaborativa entre os participantes, de modo que, quanto mais ajustada a coordenação e a troca de informações, maior será a maturidade BIM da prática de trabalho (DANTAS FILHO *et al.*, 2017).

A falta de estratégias de coordenação eficientes para integrar processos de trabalho fragmentados é condição mais crítica para a coordenação de projeto do que a ausência ou o domínio pleno de tecnologias ou metodologias facilitadoras. Tais fatores permanecem como obstáculos para a implantação do BIM (MANZIONE, 2013; MEHRBOD *et al.*, 2017).

Como facilitador do processo de coordenação, a maturidade BIM ainda não alcançou níveis elevados no mercado nacional. Há empresas com conhecimentos de construção civil acumulados, mas que não desenvolveram suas competências BIM.

¹ A navegação das ferramentas BIM não é intuitiva, prejudicando a celeridade em reuniões (MEHRBOD *et al.*, 2017).

² Muitas ferramentas BIM são incompletas, não apresentando recursos como detecção de conflitos, por exemplo, necessitando serem combinadas com outras ferramentas, possibilitando erros (MEHRBOD *et al.*, 2017).

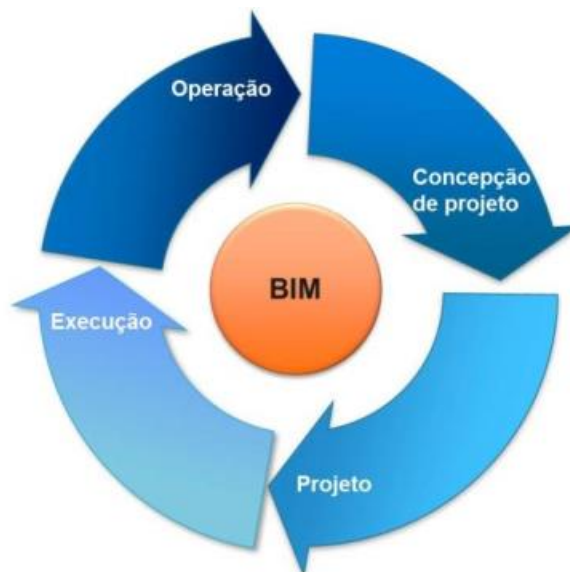
³ Pontos de referência incorretos dentro do modelo e modelos rotacionados, por exemplo (MEHRBOD *et al.*, 2017).

Empresas envolvidas em um projeto que não contarem com profissionais competentes na modelagem da informação em seu corpo técnico terão o nível de maturidade BIM limitado ao básico (SUCCAR, 2009; DANTAS FILHO *et al.*, 2017). A falta de clareza das responsabilidades de cada participante envolvido, as deficiências na interoperabilidade, o baixo entendimento da contribuição da tecnologia da informação (TI) para a melhoria dos processos e a falta de treinamento dos colaboradores indicam nível de maturidade BIM básica.

1.2. Justificativas

Manzione (2013) categoriza os principais usos e benefícios do BIM por fases do ciclo de vida: concepção de projeto, projeto, execução e operação, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2. BIM e o ciclo de vida do edifício.



Fonte: MANZIONE, 2013.

A concepção do projeto abrange os conceitos dos estudos preliminares e a viabilidade (técnica, física e econômico-financeira). A fase projeto engloba uma visualização mais precisa do que será executado no canteiro de obras, correções dos elementos diretamente no modelo após mudanças no projeto, geração automatizada de pranchas 2D, colaboração multidisciplinar, extração automática de quantitativos, dentre outros. Na fase execução podemos citar como benefícios a sincronização do planejamento da obra com os objetos modelados e a rapidez nas alterações de

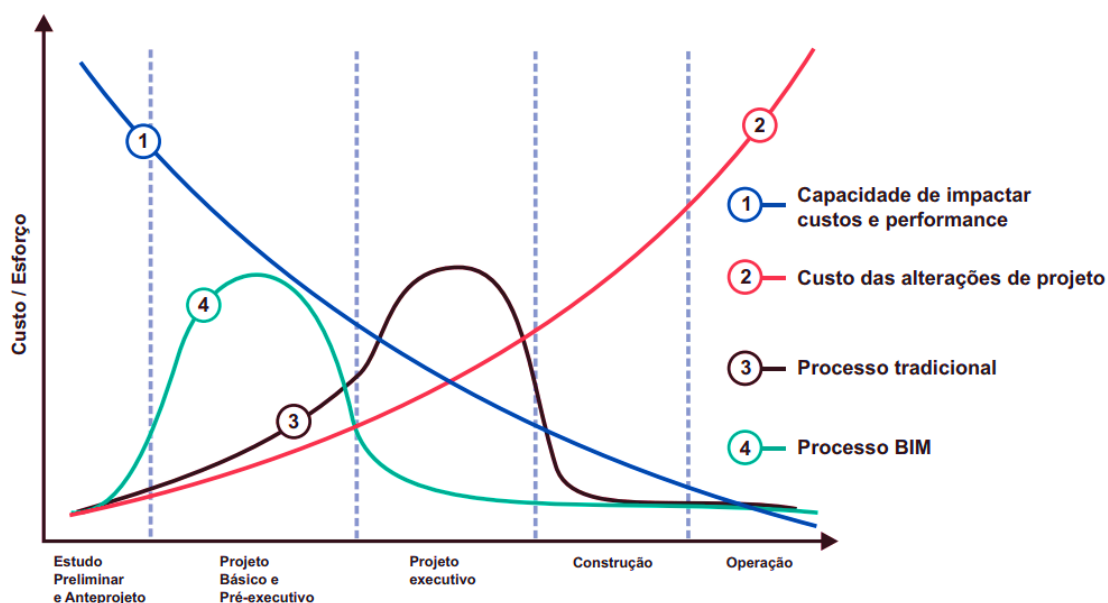
projetos após descobertas de conflitos na obra. Por fim, na etapa operação, temos o melhor gerenciamento dos sistemas ativos dos edifícios (MANZIONE, 2013).

A partir da adoção do BIM em processo de projeto, Barros (2018) aponta que as principais mudanças ocorridas se relacionam à facilidade de visualização do projeto ainda na fase de concepção, melhoria na qualidade dos projetos, controle das informações facilitando a interação entre os profissionais envolvidos, além dos ganhos com compatibilização de projetos. Essa compatibilização de projetos é uma alternativa para se resolver parte dos conflitos e erros originados na etapa de projeto das edificações, através da integração dos vários projetos do empreendimento, visando o perfeito ajuste entre eles (DURANTE *et al.*, 2015).

Através do processo BIM existe uma antecipação das decisões de projeto de fases futuras para fases iniciais, sendo que um volume maior de decisões é tomado na concepção. A etapa de documentação passa a acontecer após um desenvolvimento avançado dos modelos. Em comparação com as etapas tradicionais de projeto (Figura 3), nos processos do BIM o estudo de viabilidade passa a ter mais informações, enquanto o estudo preliminar se torna praticamente um anteprojeto. Já o projeto básico é apenas uma transição para o detalhamento dos projetos na etapa de projeto executivo (GUIA AsBEA, 2015).

A curva de tempo-esforço de Patrick Macleamy, apresentada na Figura 3, evidencia as vantagens do processo BIM em comparação com o processo tradicional de projetos. A maior parte do esforço, no processo BIM é empenhada antes da etapa de projeto executivo, que é o período de menor custo da obra, permitindo mudanças em soluções dos projetos, por exemplo. Já nos processos tradicionais, o maior esforço empenhado se dá a partir da etapa de projeto executivo, que é quando as obras já iniciaram e os custos com alterações de projeto são elevados (GUIA AsBEA, 2015; CBIC, 2016; GONÇALVES JR., 2020).

Figura 3. Curva de esforço (Patrick Macleamy curve).



Fonte: GUIA AsBEA, 2015.

Mesmo a metodologia BIM sendo conhecida no Brasil desde o início do século XXI, a indústria da construção civil ainda tem dificuldades para implementá-la no mercado produtivo adequadamente, seja nos escritórios de projetos ou mesmo na utilização dos modelos virtuais dentro dos canteiros de obras. Para que haja um entendimento e assimilação dos processos de projeto BIM uma mudança de mentalidade dos trabalhadores da construção civil é o fator mais importante. Altera-se a visão “do que fazer” para o “como fazer” e da postura de “deixa que a obra resolve” para a antecipação e solução de problemas ainda na concepção (ABDI, 2017; SILVA, 2020).

Além dessa mudança de mentalidade no setor AEC como um todo, alguns obstáculos inerentes à gestão do processo de projeto precisam ser citados. Por exemplo: processo fragmentado e sequencial; pouca integração entre os agentes envolvidos; coordenação de projetos confundida com compatibilização; resistência ao trabalho colaborativo; TI vista como custo e não como investimento (MANZIONE, 2013).

Dantas Filho *et al.*, (2017) apontaram como lacuna do conhecimento a descrição estruturada do processo de construção virtual BIM, mais precisamente, uma caracterização dos fluxos de trabalho e processos BIM. Visando contribuir para tal caracterização, este trabalho busca listar os principais entraves do fluxo de

compatibilização BIM identificados por meio de uma pesquisa de abordagem qualitativa com caráter exploratório.

1.3. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar os principais entraves ou dificuldades do fluxo de compatibilização BIM, apontados na literatura mundial recente sobre o tema. São objetivos específicos:

- Apresentar os conceitos relativos ao BIM e seus processos de coordenação;
- Aprofundar os conhecimentos sobre os processos de coordenação e compatibilização BIM por meio de procedimentos de revisão sistematizada de literatura;
- Apontar os principais entraves do fluxo de compatibilização BIM identificados;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

São descritos os principais conceitos relacionados ao tema de pesquisa.

2.1. Conceitos BIM

BIM é uma sigla inglesa para Modelagem da Informação da Construção que, apesar de ser confundido com um único programa, na realidade é o trabalho integrado de diversos programas, por vezes, de diferentes fabricantes. Estes programas permitem a modelagem tridimensional de objetos de disciplinas como arquitetura, estrutura, hidrossanitário, elétrica e mecânica, que após serem integrados, facilitam a compatibilização dos projetos, a orçamentação dos custos de obras, a elaboração do cronograma de execução e o desenvolvimento integrado do gerenciamento da construção (GONÇALVES JR., 2020).

Eastman *et al.* (2014) definem BIM como uma “filosofia de trabalho que integra arquitetos, engenheiros e construtores na elaboração de um modelo virtual preciso”. Já Manzione (2013) define como um processo que permite a gestão da informação de um conjunto de modelos digitais, tridimensionais e compartilhados. O Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020) define como um “conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo”.

A letra “I” do BIM representa justamente as camadas de informações agregadas do modelo, contendo, por exemplo, as propriedades físicas dos materiais, às quais pode ter sua análise de desempenho integrada aos demais materiais e elementos da construção. O modelo é a representação digital das características físicas e funcionais da construção, que integram de forma sistêmica as fases do seu ciclo de vida, e podem ir da concepção à demolição (GONÇALVES JR., 2020). Visando um entendimento claro do que é BIM, Eastman *et al.* (2014) descreveram soluções de modelagem que não se enquadram como tecnologia BIM:

- modelos que só contêm dados 3D, sem atributos de objetos, utilizados basicamente para visualização gráfico, sem suporte para integração de dados e análise de projeto;

- modelos sem suporte para comportamento, em suma, modelos não-paramétricos;
- modelos compostos por múltiplas referências a arquivos CAD 2D, impossibilitando que o modelo 3D seja factível, consistente e contabilizável;
- modelos cujas modificações de dimensões em uma determinada vista não reflitam automaticamente as mesmas mudanças nas demais vistas.

O entendimento de alguns outros termos e conceitos relacionados à metodologia BIM são necessários, como projeto paramétrico, interoperabilidade, modelo federado e *clash detection*. Projeto paramétrico consiste na definição de um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instâncias dos elementos podem ser geradas, sendo que uma dessas instâncias irá variar conforme o contexto. Na prática, ao invés de se modelar diversos tipos de um mesmo elemento, como uma porta por exemplo, um único elemento pode representar uma porta de vidro temperado ou uma porta metálica, condicionada à seleção do parâmetro, no caso, do tipo de material (EASTMAN *et al.*, 2014).

Outro termo a se destacar é “interoperabilidade”, caracterizado como a comunicação entre diferentes programas, através da exportação/importação de um arquivo com o mesmo formato, sem perda ou alteração dos dados e informações ali contidos, possibilitando com que múltiplos especialistas contribuam para o trabalho em questão. O formato de arquivo mais geral e comumente utilizado neste intercâmbio de dados entre programas de diferentes fabricantes é o *Industry Foundation Classes* – IFC, mas existem outros formatos específicos para análises e simulações, como o BCF – *BIM Collaboration Format* (EASTMAN *et al.*, 2014).

É essa interoperabilidade que permite a criação do “modelo federado”, um arquivo composto por modelos distintos, sobrepostos a partir do mesmo ponto de referência, que juntos compõe o ativo, como a estrutura de um edifício multipavimentos e suas instalações, por exemplo. Esse modelo é coordenado por um aplicativo, sendo mantidas a integridade dos demais modelos, assim como sua base de dados e sua consistência (SEIL, 2018).

Clash detection, que em tradução livre significa “detecção de conflito”, consiste na identificação automática de interferências geométricas e funcionais entre os objetos que compõem um modelo. Os relatórios dessas interferências identificadas em um modelo BIM em desenvolvimento, podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas de projeto (SEIL, 2018). Essa abordagem de evitar conflitos entre disciplinas criará um ambiente de projeto onde a consciência situacional compartilhada prospera e onde menos erros de projeto são cometidos (AKPONEWARE; ADAMU, 2017).

Para identificar esses conflitos e evitar erros e problemas de consistência das soluções técnicas das disciplinas de projeto é realizada a compatibilização de projetos, responsável por eliminar conflitos e sanar inconsistências (MANZIONE *et al.*, 2021). A partir das reuniões de compatibilização são preparados relatórios de responsabilidades, definindo quem são os responsáveis por resolver cada um dos conflitos identificados (BARISON, 2015).

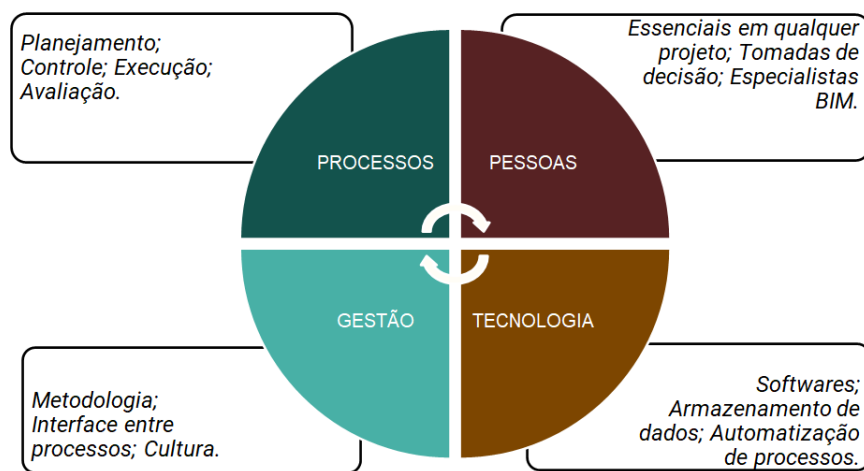
O Plano de Execução BIM (na sigla em inglês, BEP), que resume os objetivos, as responsabilidades e os produtos entregáveis ao longo de todo o processo, definindo também os usos aplicados aos modelos, sendo parte da documentação contratual (GUIA AsBEA, 2015; AMORIM, 2023). O Nível de Desenvolvimento (na sigla em inglês, LOD) especifica o conteúdo mínimo requerido para cada elemento do modelo, divididos em cinco níveis progressivos de detalhamento e complementação: fase conceitual, 100; geometria aproximada, 200; geometria precisa, 300; execução, 400; e obra concluída, 500 (MANZIONE, 2013; GUIA AsBEA, 2015; CBIC, 2016).

A proposta BIM é a centralização das informações do projeto através do modelo federado, agregando todos os aspectos do empreendimento. Neste sentido, além da criação de padrões universais para a troca de informação – obtida por meio da interoperabilidade entre programas – é necessário que cada empresa tenha um fluxo de informações definido que esclareça o papel de cada time envolvido no projeto (DURANTE *et al.*, 2015).

2.2. Estrutura de trabalho BIM

As empresas investem recursos para implantar novas tecnologias, de modo a melhorar seus processos, que por sua vez sustentarão as informações que devem ser compartilhadas pelas pessoas. O trabalho colaborativo deve ser estudado levando-se em consideração quatro recursos-chave: tecnologia, pessoas, processos e gestão, conforme apresentado na Figura 4 (MANZIONE, 2013; BARROS, 2018; MANZIONE *et al.*, 2021).

Figura 4. Quadrantes da inovação em projetos.



Fonte: MANZIONE *et al.*, 2021. Adaptado pelo autor.

Para a execução dos processos são necessárias pessoas, um recurso essencial ao sucesso de qualquer projeto. A qualificação dessas pessoas possibilita o uso das tecnologias, tanto nas etapas de concepção e de projeto, quanto na gestão dos ativos. Por meio da gestão, as pessoas podem controlar, executar e avaliar os processos de projeto (MANZIONE *et al.*, 2021).

2.2.1. Pessoas

As pessoas são um fator essencial e incontornável em todos os projetos, pois as decisões não são tomadas por tecnologias BIM, mas sim por indivíduos através do entendimento destas tecnologias. Em se tratando de pessoas, os desafios não se limitam somente aos profissionais acostumados aos processos tradicionais de projeto, mas também no modo como elas se relacionam e produzem seus trabalhos com a tecnologia da informação, na forma como trabalham entre si (MANZIONE, 2013).

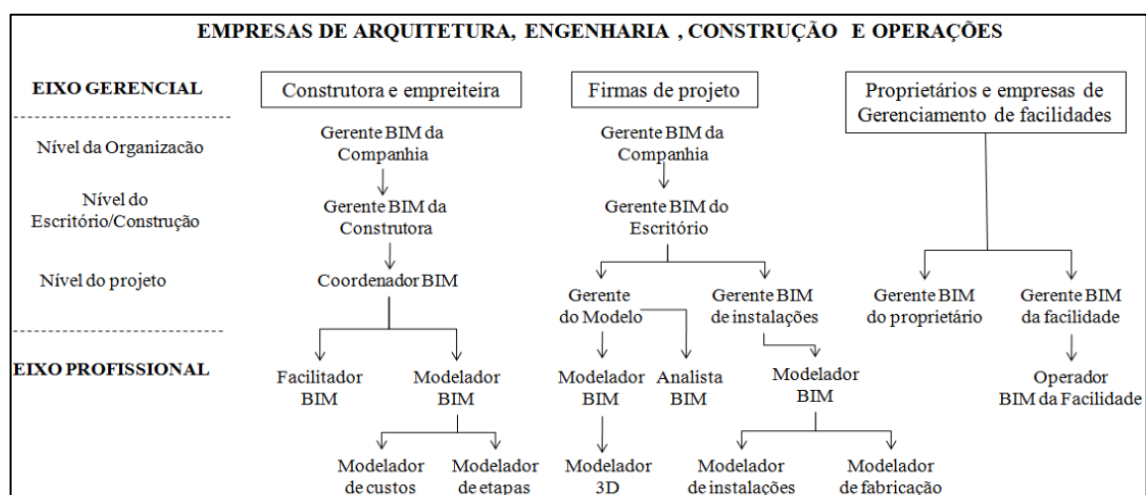
Os profissionais que atuam com BIM são chamados de especialistas BIM e podem exercer diversas funções em sua carreira, como: Facilitador BIM, Modelador BIM ou Analista BIM. Após adquirir experiência, outras funções podem ser exercidas, como Coordenador BIM e Gerente BIM (BARISON, 2015). Uma síntese dessas descrições é apresentada por Barison (2015):

- **Modelador BIM (*BIM Modeler*):** atua diretamente com a equipe de projeto, esse profissional cria e desenvolve a geometria nos modelos BIM; extrai documentações desses modelos.
- **Analista BIM (*BIM Analyst*):** este profissional pode atuar em escritórios de projeto ou como consultor. Realiza análises e simulações baseadas no modelo BIM, como por exemplo análises de desempenho, de circulação e de segurança.
- **Facilitador BIM (*BIM Facilitator*):** profissional que auxilia outros profissionais, sem expertise ou conhecimento em BIM na operação de programa e também na visualização e recuperação das informações do modelo. Geralmente atua auxiliando a comunicação entre o engenheiro e o mestre de obras ou construtor.
- **Coordenador BIM/Gerente de Modelo:** profissional responsável pela integração das informações provenientes de diferentes agentes, garantindo que tanto a equipe de projeto, quanto a de execução, se atenham às suas responsabilidades. Este coordenador ainda acumula as funções:
 - gestão do ambiente de dados comuns;
 - gestão das informações do projeto, por meio de processos pré-determinados;
 - gerenciamento da colaboração entre as equipes;
 - coordenação técnica do modelo, que compreende a revisão e as trocas do modelo;

- participar de reuniões das equipes de projeto e de empreendimento;
 - ajustar orçamento e planejamento.
- **Gerente BIM do Escritório (*Office BIM Manager*):** profissional responsável pela implementação de BIM e pela coordenação das equipes de projeto que interagem com o escritório. Atua também na participação de reuniões para discutir o plano de desenvolvimento para a implementação de um projeto BIM, além de auxiliar o desenvolvimento e a documentação de padrões BIM da empresa.
 - **Gerente BIM da Construtora (*Construction BIM Manager*):** profissional responsável pelo estabelecimento de padrões para a tecnologia BIM e também de processos de trabalho relativos ao planejamento, coordenação, licitação e detecção de interferências. Atua também no estabelecimento do tipo de tecnologia e de fluxos de trabalho, propiciando a escolha correta da tecnologia necessária para suportar o equipamento utilizado e sua ligação com os modelos BIM.

Na Figura 5 tem-se um fluxograma da hierarquia de especialistas BIM.

Figura 5. Fluxograma da hierarquia de especialistas.



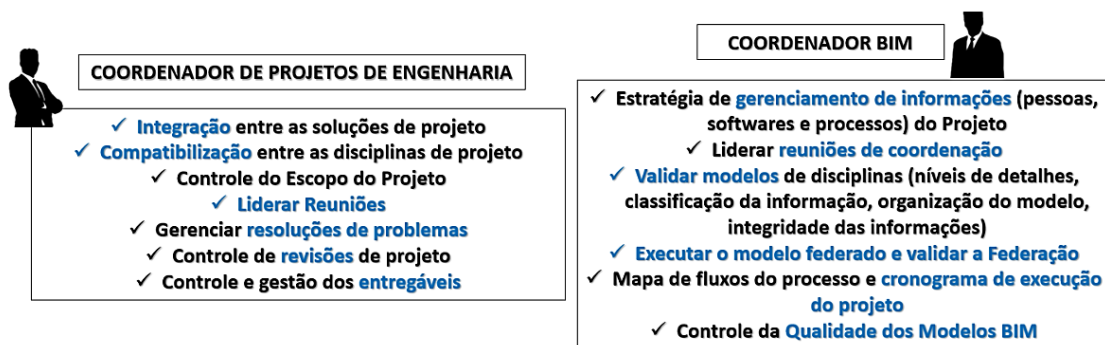
Fonte: BARISON, 2015.

Os processos integrados promovidos pelo BIM podem não favorecer uma compreensão clara da responsabilidade individual entre os diferentes membros da equipe do projeto (KOO; O'CONNOR, 2022). A realização de diversos processos,

como por exemplo: integração entre as soluções de projeto, resoluções de problemas, controle e gestão dos entregáveis, gestão da informação, e controle da qualidade dos modelos poderiam ser atribuídos a um mesmo profissional (GUIGNONE, 2022).

É fundamental a atuação do coordenador BIM, responsável pela gestão do processo de projeto, assim como pela implementação das tecnologias digitais associadas à modelagem da informação (MANZIONE *et al.*, 2021). Enquanto o coordenador de projetos atua na resolução de questões técnicas multidisciplinares de engenharia, conduz reuniões e executa a gestão de pessoas (GUIGNONE, 2022). Na Figura 6 estão resumidas as atribuições de cada coordenador.

Figura 6. Atribuições do coordenador de projeto e do coordenador BIM.



Fonte: GUIGNONE, 2022.

O processo de coordenação do projeto em si trata de soluções técnicas de engenharia, envolve por exemplo a definição da localização exata para cada componente do sistema de construção do edifício, buscando atender a diversos critérios de projeto e operações. A função de dar soluções técnicas cabe aos projetistas, que devem organizar os componentes em áreas sobrecarregadas para evitar interferências na arquitetura, estrutura e outros componentes do sistema de construção, orientando os modeladores a ajustarem os modelos (KORMAN, 2009).

Desde as funções apresentadas por Barison em 2015, novas funções surgiram, como o gerente de informação e o agente compatibilizador. Este primeiro profissional é responsável pela gestão das informações do ativo, principalmente dos gêmeos digitais. Seu papel é associado à estruturação e manutenção da informação contida no modelo (MANZIONE *et al.*, 2021).

Já agente compatibilizador é o responsável por reunir todos os projetos, criando o modelo federado, verificando a existência de possíveis falhas e interferências entre

disciplinas. Esse profissional leva a informação dimensional para a discussão e através da compatibilização de projetos, garante a qualidade do produto, bem como de todas as etapas do processo de execução (MPDTF, 2020).

2.2.2. Tecnologia

Em se tratando de recursos tecnológicos no BIM é preciso entender sobre armazenamento de dados, programas e automatização de processos. Afinal, projetos em BIM são elaborados em programas, com auxílio de rotinas automatizadas e transmitidos como dados entre as equipes.

A gestão de pacotes de dados estruturados e a gestão das comunicações são essenciais para o desenvolvimento de um projeto colaborativo em BIM. Uma vez que informações e comunicações mal estruturadas podem resultar em prejuízos de tempo e de custos do projeto. O rigor nos protocolos de gestão dos arquivos e das comunicações são fundamentais (MANZIONE *et al.*, 2021).

A solução é a utilização de um repositório central para armazenamento das informações do projeto, denominado ambiente comum de dados ou CDE (do inglês *common data environment*). Esse CDE pode ser uma nuvem computacional na internet ou um *data center* físico, cujo propósito é coletar, gerenciar e compartilhar informações com a equipe de projeto, possibilitando melhores condições de segurança e de inspeção dos dados (MANZIONE *et al.*, 2021).

Autodesk Revit Architecture, *Bentley Architecture*, *Graphisoft ArchiCAD*, *Gehry Technology Digital Project* e *Nemetschek Vectorworks* para arquitetura; *Alto QI Eberick* e *Autodesk Revit Structure* para estrutura e fundações; *Autodesk Revit MEP* e *Alto QI Builder* para instalações elétricas e hidrossanitárias (EASTMAN *et al.*, 2014; BARROS, 2018). Já as configurações de *hardware* variam bastante, uma vez que as funções de modelador, compatibilização e gerente de projetos, por exemplo, possuem requisitos mínimos diferentes para suas tarefas.

As plataformas para coordenação BIM, que possuem as funcionalidades necessárias e apresentam melhor compatibilidade são *Solibri* e *Autodesk BIM 360 Glue*. Já numa faixa intermediária ficaram os programas *BIMServer*, *ArchiCAD* da

Graphisoft e Autodesk Navisworks, enquanto a plataforma menos favorável foi Tekla BIMSight (MEHRBOD *et al.*, 2017).

Um recurso tecnológico característico nestes programas são as ferramentas de automatização de processos, melhorando a eficiência do projeto, encurtando a duração do processo de projeto e reduzindo erros e omissões. A ferramenta responsável pelo processo de detecção de conflito é denominada *clash detection* e auxilia no rastreamento de problemas de compatibilização de projeto, principalmente no estágio inicial (KOO; O'CONNOR, 2022; BHAT *et al.*, 2018). Em resumo, os algoritmos medem a proximidade de dois ou mais objetos e analisam se as suas geometrias colidem no espaço (AKPONEWARE e ADAMU, 2017).

No estudo de caso apresentado por Bhat *et al.*, (2018), a detecção de conflito ajudou a resolver os problemas entre os projetistas das instalações hidrossanitárias e de estrutura, evitando um custo extra de US\$ 9.449,41 dólares, para todo o escopo, Levava uma semana para a identificação manual dos problemas, solucionada em um dia por processos automatizados. O número total de conflitos reais (resolvíveis) detectados, que só seriam verificados na obra, para todo o escopo foi de 70.

Apesar da utilização da ferramenta *clash detection* otimizar o processo da compatibilização de projeto, o processamento de conflitos por si só não produzirá um relatório assertivo em sua totalidade. Os resultados gerados pelo programa devem ser analisados e criticados, pois o conhecimento insuficiente dessas ferramentas pode levar a interpretações erradas de falsos-positivos e falsos-negativos, ocasionando resultados enganosos durante a coordenação do projeto (AKPONEWARE; ADAMU, 2017).

No estudo realizado por Akponeware e Adamu (2017) foi indicada uma correlação entre detecção de conflitos por programa e falta de competência profissional. Isso comprova que a prevenção de conflitos pode ser alcançada na etapa de projetos desde que os profissionais recebam treinamento adequado em práticas BIM e não apenas no uso de programas, além de incentivos a transparência e a colaboração. Segundo observado pelos referidos autores, um número significativo de projetistas aprendeu a função detecção de conflitos “no trabalho”, ou seja, informalmente, mas apenas 22% relataram ter mais de seis anos de experiência com a ferramenta.

2.2.3. Gestão de processo

O projeto é um esforço temporário utilizado para criar um produto, serviço ou resultado único, buscando cumprir objetivos através da produção de entregas, sejam estas tangíveis ou intangíveis (PMBOK, 2017). O processo consiste numa sequência organizada e predeterminada de atividades, orientadas para se atingir determinado objetivo. A gestão do processo consiste num conjunto de ações relacionadas com planejamento, organização, direção e controle desse processo, visando garantir que sua finalidade seja atingida (MANZIONE *et al.*, 2021).

O processo de projeto é definido como um fluxo de trabalho que abrange etapas de projeto, por vezes subsequentes, que podem ser relacionadas ao nível de detalhamento do projeto e também aos graus de contribuição das equipes de especialistas envolvidas (BARROS, 2018). O processo de desenvolvimento de um projeto BIM envolve a coordenação do processo de projeto e a coordenação do desenvolvimento do modelo, que ocorrem de maneira simultânea. Portanto, a geração de um modelo virtual de uma disciplina demanda esforços conjuntos e integrados, por meio da gestão e coordenação do processo de projeto, sendo desenvolvidos de maneira contínua e interdependente (MANZIONE, 2013).

A coordenação de projetos é a atividade de suporte ao desenvolvimento do processo de projeto, voltada à integração dos requisitos e das decisões de projeto, envolvendo a interação entre os diversos projetistas (MANZIONE *et al.*, 2021). Nos modelos de instalações por exemplo, essa coordenação envolve definir as localizações dos componentes dos sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidrossanitários (do inglês *Mechanical, Electrical, Plumbing* – MEP), às quais devem se encaixar nas determinações da Arquitetura e Estrutura, buscando evitar interferências e atender a diversos critérios de projeto e operação (KORMAN, 2009).

Segundo Eastman *et al.* (2014), os modelos virtuais podem ser exatos em qualquer escala, uma vez que são gravados e carregados na forma digital, podendo ser automaticamente detalhados e analisados de maneiras que não são possíveis com modelos físicos em escala. Um modelo 3D possui dinamismo, permite a visualização de toda a edificação, com suas variadas disciplinas, ao mesmo tempo.

O processo de compatibilização BIM permite maior compreensão espacial aliada ao aprofundamento do gerenciamento de informações do projeto, o que possibilita, por exemplo, a antecipação de problemas e definições de projeto (GUIA AsBEA, 2013). A compatibilização de projetos consiste em identificar problemas de consistência das soluções técnicas das disciplinas de projeto resultante de situações não estudadas ou não resolvidas anteriormente e conflitos entre duas ou mais disciplinas (MANZIONE *et al.*, 2021).

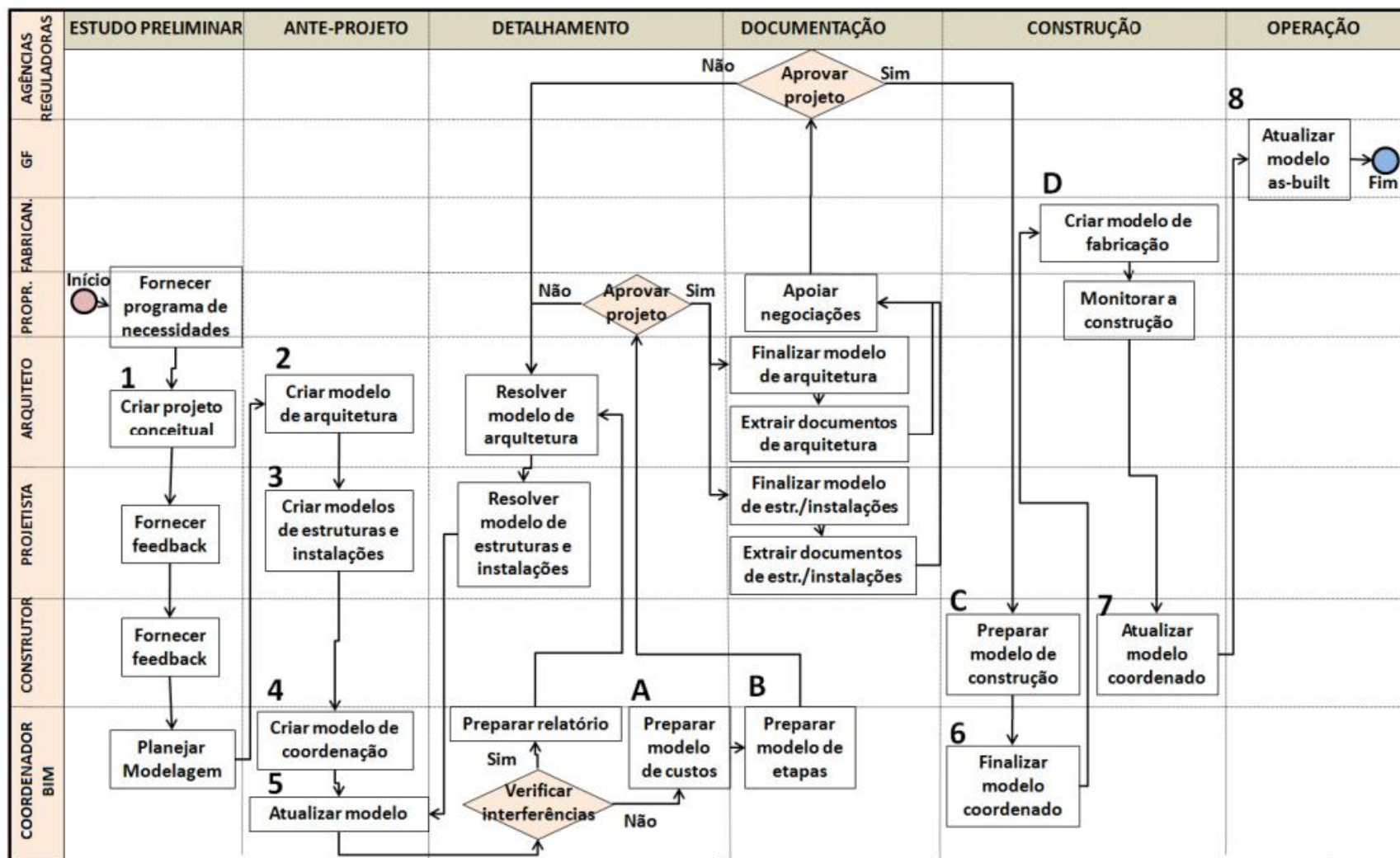
A partir do processo BIM, o desenvolvimento de projeto deixa de ser linear e paralelo, tornando-se integrado. Portanto, a utilização do modelo BIM altera não só o fluxo de informações, mas também as interfaces entre os projetistas e o coordenador de projetos, apresentando uma modificação na maneira de se conduzir o próprio processo (DURANTE *et al.*, 2015).

2.2.4. Desafios da coordenação de processos BIM

As reuniões de coordenação BIM, chamadas de reuniões colaborativas, devem ser feitas com a participação de um representante de cada disciplina envolvida no projeto, bem como com a presença e condução do coordenador BIM, visto que a ausência deste profissional limita a capacidade de coordenação das diferentes partes interessadas. Essas reuniões representaram uma das principais vantagens do processo de projeto em BIM, pois as soluções obtidas em comum acordo e de forma dinâmica, proporcionam ganho de tempo e qualidade ao projeto (DURANTE *et al.*, 2015; BHAT *et al.*, 2018).

Esse processo de projeto em BIM pode ser sintetizado no diagrama de fluxo de trabalho BIM, proposto por Barison (2015), apresentado na Figura 7. Nele as linhas exibem as atividades de cada profissional, enquanto as colunas indicam a etapa de projeto. Pode ser observado que ao coordenador cabem as atividades finais das etapas, especificamente “criar o modelo de coordenação” ou modelo federado, seguida de “verificar interferências”, que consiste na compatibilização de projeto.

Figura 7. Diagrama de um fluxo de trabalho BIM.



Fonte: BARISON, 2015.

É justamente em uma das reuniões da coordenação BIM, na de compatibilização de projetos, que são apresentados os conflitos identificados na análise feita no modelo federado. Em conjunto com os projetistas das diferentes especialidades são definidos os responsáveis e as soluções para cada um destes conflitos, sendo o modelo e os apontamentos posteriormente cadastrados no ambiente comum de dados (CDE) (GUIGNONE, 2022).

Alguns desafios da coordenação de processos BIM foram identificados no estudo de Charehzehi *et al.*, (2017) realizado sobre os dois projetos que aplicaram BIM de forma integral na Malásia. Identificou-se que as principais causas de desavenças entre clientes, contratados e consultores originou-se de questões relacionadas a tempo, custo, qualidade e documentação. Foram apontadas: discrepâncias ou ambiguidades nos contratos; erros e omissões no projeto; especificações e desenhos de projeto incompletos, sendo considerado um processo de coordenação BIM ineficiente.

Foram identificados também alguns desafios relacionados ao fluxo de compatibilização, como por exemplo: falta de especialistas BIM (AKPONEWARE; ADAMU, 2017); inconsistências nas representações de projeto (MEHRBOD *et al.*, 2017); conhecimento BIM insuficiente do gerente de projeto (BHAT, *et al.*, 2018); uso de referências ou pontos de origem errados (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022).

3. MÉTODO DO ESTUDO

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa com caráter exploratório. A pesquisa qualitativa se baseia na coleta de dados descritivos que retratem a realidade da temática, prezando pelo entendimento e descoberta, baseada em amostras pequenas e não-representativas, sem métodos estatísticos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Uma vez que não há a preocupação em comprovar nenhuma hipótese previamente estabelecida, esse tipo de pesquisa prioriza o processo. O caráter exploratório permite o levantamento de mais informações sobre o assunto de estudo, delineando o tema proposto, através de um planejamento flexível, levantamento bibliográfico, realização de entrevistas e análise de exemplos que estimulem a compreensão da temática (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Este estudo bibliográfico foi desenvolvido por meio de procedimentos sistematizados de revisão de literatura. Através dessas técnicas buscou-se aprofundar os conhecimentos sobre os processos de coordenação e compatibilização BIM, identificando os principais entraves do fluxo de compatibilização.

Para a realização das buscas de material foram definidos como principais termos de busca: coordenação de projetos BIM e processos de projeto BIM. Para a busca inicial, no portal de Periódicos CAPES⁴ optou-se por artigos científicos que apresentassem a combinação de termos: “BIM”, “*coordination*” e “*clash detection*”, com a utilização do operador *booleano* “and”, conforme apresentado na Figura 8.

⁴ <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?>

Figura 8. Captura de tela realizada no Portal de Periódicos CAPES.

The screenshot shows the search filters section of the CAPES Periodicals Portal. It includes a search bar with the text 'bim' and a dropdown menu set to 'Qualquer campo'. Below this, there are two more search bars, one with 'coordination' and another with 'clash detection', both with the dropdown set to 'E'. To the right, there are filters for 'Tipo de material' (Artigos), 'Idioma' (Qualquer idioma), and 'Data de publicação' (Qualquer ano). At the bottom, there is a summary of the filters and a 'BUSCAR' button.

Filtros de busca

Qualquer campo contém bim

E Qualquer campo contém coordination

E Qualquer campo contém clash detection

+ ADICIONAR OUTRO CAMPO LIMPAR

Qualquer campo contém bim E Qualquer campo contém coordination
E Qualquer campo contém clash detection

BUSCAR

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com o intuito de se concentrar nas pesquisas mais recentes sobre esses temas foram buscados artigos científicos e desconsiderados livros e artigos de eventos. Os materiais foram restringidos às áreas de construção civil (área fim da pesquisa) e ciências da computação (recurso-chave tecnologia). Como marco temporal para seleção dos artigos científicos foi definido o prazo dos últimos 10 anos, entretanto, devido à ocorrência da pandemia⁵ do coronavírus (COVID-19) e consequente impacto⁶ na publicação de estudos acadêmicos nos últimos dois anos, foram consideradas publicações a partir de 2010.

A busca no Portal de Periódicos da Capes, realizada em setembro de 2022, indicou a base de dados *Scopus*⁷ e foram apontadas 48 ocorrências. Em abril de 2023, uma nova busca com os mesmos critérios, retornou 52 ocorrências. Foram consideradas ainda as bases de dados: *Web of Science*⁸, *Engineering Village*⁹ e *Science Direct*¹⁰. Na *Engineering Village*, devido a dificuldades do pesquisador no manuseio da ferramenta, a pesquisa não foi bem-sucedida.

Já com a *Science Direct*, adotando os mesmos critérios de busca adotados no Portal de Periódicos da Capes, quatro ocorrências foram retornadas. No entanto,

⁵ <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>

⁶ <https://scholarlykitchen.sspnet.org/2020/11/19/guest-post-scientific-output-in-the-year-of-covid/>

⁷ <https://www.scopus.com/home.uri>

⁸ <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>

⁹ <https://www.engineeringvillage.com/home.url?redir=t>

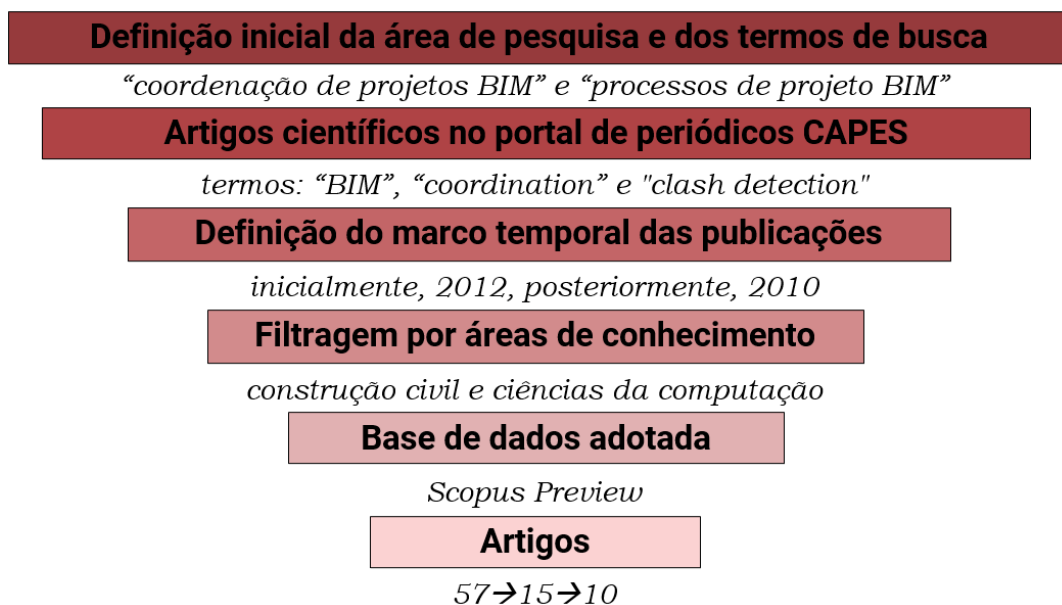
¹⁰ <https://www.sciencedirect.com/>

estas não interessaram à pesquisa, pois não apresentaram objetivos relacionados com a temática deste trabalho. Na *Web of Science*, ainda seguindo aqueles mesmos critérios, foram encontrados 28 artigos, dos quais apenas cinco são diferentes daqueles retornados pela *Scopus*. Para selecionar os trabalhos científicos de maior relevância foram adotados critérios que consistiam em selecionar, analisar e sintetizar sistemática e progressivamente as informações disponibilizadas pela literatura (MANCINI; SAMPAIO, 2006).

A partir dos campos: título, resumo e palavras-chave, de cada um dos 57 artigos listados pelas bases, sendo 52 da *Scopus* e outros cinco da *Web of Science*, foram selecionadas 15 publicações. Após a leitura dos tópicos introdução e objetivos destes, 10 textos apresentaram relação direta com o tema e cinco relação indireta. O critério considerado para essa relação direta dos textos foram estudos que abordassem dificuldades da coordenação de projetos em BIM ou que pelo menos abordassem sobre processos de projeto. Estes 10 artigos de relação direta foram lidos na íntegra.

Dos cinco artigos da base de dados *Web of Science*, nenhum foi selecionado, pois não interessaram à pesquisa, uma vez que, apresentaram objetivos como o funcionamento dos algoritmos na análise de verificação de conflitos, por exemplo. Na Figura 9 é apresentado um fluxograma resumindo a metodologia desta pesquisa.

Figura 9. Fluxograma da metodologia aplicada na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Foi criado um quadro-resumo das informações dos estudos selecionados após a leitura completa dos textos de relação direta e apresentado no Apêndice 1-Quadro-resumo das informações dos textos de relação direta. Seu propósito permitiu a identificação de pontos de convergência e divergência entre as referências e buscar nestas informações maior conhecimento sobre a coordenação do processo BIM e entraves do fluxo de compatibilização.

4. ANÁLISE DE DADOS

4.1. Sobre os artigos selecionados

No Quadro 1 são apresentados título, autoria, ano de publicação e os países de estudo dos 10 artigos que possuem relação direta com a temática.

Quadro 1. Resumo dos 10 artigos que apresentaram relação direta com a temática da pesquisa.

Título	Autoria	Países
<i>Clash detection or clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM</i>	Akponeware e Adamu, (2017)	Reino Unido
<i>Investigating the Causes of Missing Field Detected Issues from BIM-Based Construction Coordination through Semistructured Interviews</i>	Alsuhaibani et al., (2022)	Estados Unidos da América
<i>Project Scheduling Techniques Within a Building Information Modeling (BIM) Environment: A Survey Study</i>	Aredah et al., (2019)	Mundial
<i>Improving design coordination with Lean and BIM, an Indian case study</i>	Bhat et al., (2018)	Índia
<i>Building information modeling in construction conflict management</i>	Charehzehi et al., (2017)	Malásia
<i>A Strategy for Building Design Quality Improvement through BIM Capability Analysis</i>	Koo e O'connor, (2022)	Estados Unidos da América
<i>Rules and guidelines for improving the mechanical, electrical, and plumbing coordination process for buildings</i>	Korman, (2009)	Estados Unidos da América
<i>Parallel vs. Sequential cascading MEP coordination strategies: A pharmaceutical building case study</i>	Lee e Kim (2014)	Estados Unidos da América
<i>Analysis of bottlenecks in bim-based building design coordination process and benchmarking state of the art bim tools</i>	Mehrbod et al., (2017)	Canadá
<i>Adopting the 3D BIM Coordination during the Early Design Stages in Egypt</i>	Othman et al., (2022)	Egito

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Além de referenciais teóricos para embasamento de conceitos BIM, os artigos compreendem: um estudo de caso da compatibilização de projetos MEP (sigla inglesa para Mecânicos, Elétricos e Hidrossanitários) comparando dois processos de coordenação diferentes (LEE; KIM, 2014); uma análise do uso das ferramentas BIM e suas funcionalidades para a coordenação de projetos (MEHRBOD et al., 2017); um levantamento de entraves da adoção do BIM em escritórios de projeto (AREDAH et

al., 2019) e uma análise dos recursos de gerenciamento da qualidade de projetos (KOO; O'CONNOR, 2022).

Relacionados diretamente com a coordenação e compatibilização BIM temos três artigos que abordam: aplicação de questionário voltado para a ferramenta de detecção de conflitos (AKPONEWARE; ADAMU, 2017); um estudo de caso sobre a economia financeira proporcionada pela utilização de BIM e *Lean* no projeto (BHAT *et al.*, 2018) e entrevistas buscando identificar as causas da não identificação de conflitos durante o processo de coordenação (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022).

Dentre os artigos selecionados, temas correlatos foram abordados: a recomendação de um processo de coordenação para projetos MEP em 2D (KORMAN, 2009); a utilização da metodologia BIM como estratégia em disputas judiciais, em questões de contrato, coordenação, execução e comunicação (CHAREHZEHI *et al.*, 2017) e a apresentação de estatísticas coletadas antes e depois do uso do BIM em uma obra para valorizar a adoção da metodologia (OTHMAN *et al.*, 2022).

4.2. Entraves levantados e sugestões de melhorias

A partir da leitura completa dos 10 textos de relação direta com a proposta desta pesquisa e a identificação dos três que apresentaram causas de conflitos em projetos e questões relacionadas ao fluxo da compatibilização de projetos, 26 entraves e nove medidas de melhorias sugeridas foram verificadas nestes últimos. As três publicações em questão, apresentaram como objetivos:

- investigar as principais causas de conflitos entre disciplinas de projetos e as tentativas de evitá-los (AKPONEWARE; ADAMU, 2017);
- identificar fatores e problemas na coordenação de projetos de construção, aplicando as funções *Lean* e BIM simultaneamente para superar parte dos problemas (BHAT *et al.*, 2018);
- determinar as causas subjacentes da não identificação de conflitos durante o processo de coordenação de construção baseado em BIM, por meio de entrevistas com especialistas e utilizando a abordagem da teoria fundamentada (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022).

Os entraves encontrados foram categorizados considerando-se os quatro recursos-chave do trabalho colaborativo: pessoas, processos, gestão de processo e tecnologias. (MANZIONE, 2013; BARROS, 2018; MANZIONE *et al.*, 2021). Entretanto, após analisar os entraves encontrados, uma quinta categoria foi considerada, a de projetos. Percebe-se que questões que envolvem conceitos de engenharia e falhas de modelagem não se enquadram nas quatro primeiras categorias. No Quadro 2 são apresentados os entraves e as medidas de melhorias sugeridas, separadas por categorias e temas-chave.

Quadro 2. Entraves e medidas de melhorias sugeridas, apontadas pelos três artigos e relacionadas ao fluxo da compatibilização de projetos.

Categoria	Tema-chave	Entraves	Autoria	Medidas sugeridas	Autoria
Pessoas	Especialistas BIM	1. Falta de especialistas.	(1)		
		2. Pouco conhecimento de sistemas BIM.	(1) (2)		
	Equipe de projeto	3. Profissionais inexperientes.	(3)		
		4. Má coordenação das disciplinas envolvidas no projeto.	(1)		
Processo	Plano de Execução BIM (BEP)	5. Uso de nível de detalhe (LOD) errado ou baixo.	(1) (3)	Modelar todos os elementos com a precisão e LOD corretos.	(3)
		6. Uso de desenhos 2D em vez de modelos 3D BIM.	(1)	Imposição de BIM em contratos tradicionais.	(1)
		7. Conflitos entre modelos.	(1) (2)	Participação dos especialistas de cada disciplina nas reuniões de coordenação BIM.	(3)
				Co-criação entre projetistas em um espaço de trabalho compartilhado.	(1)
		8. Uso de referências ou pontos de origem errados.	(3)	Projetistas trabalhando com mais informações fornecidas por outros especialistas.	(1)
		9. Instruções de modelagem não usadas para o projeto.	(2)		
Gestão do processo	Ambiente Comum de Dados (CDE)	10. Projetistas trabalhando isoladamente uns dos outros (sem integração).	(1)	Co-criação entre projetistas em um espaço de trabalho compartilhado.	(1)
				Coordenação do projeto por meio de um ambiente de dados comum.	(3)
		11. Modelos defasados.	(3)	Equipe de projetos disponibilizar a última versão atualizada do modelo para a coordenação BIM.	(3)
	Cronograma	12. Alterações arquitetônicas tardias.	(1)		
		13. Cronograma inadequado do projeto à construção.	(1) (2)		
	Escopo	14. Mudanças frequentes durante o projeto.	(2)		
		15. Sem escopo claro.			
	Equipe de projeto	16. Compartilhamento indistinto de funções entre os projetistas na equipe.			
	Comunicação	17. Falta de comunicação.			

(continua)

Quadro 3. Entraves e medidas de melhorias sugeridas, apontadas pelos três artigos e relacionadas ao fluxo da compatibilização de projetos (continuação).

Categoria	Tema-chave	Entraves	Autoria	Medidas sugeridas	Autoria
Tecnologia	Plano de Execução BIM (BEP)	18. Uso de diferentes formatos de arquivo.	(1)		
Projeto	Conceitos de engenharia	19. Falta de experiência em normas de projeto.	(1) (3)	Aprender com os problemas do passado.	(3)
		20. Incerteza de projeto/uso de espaços reservados.	(1)		
		21. Soluções de projeto erradas.			
		22. Complexidade de edifícios ou seus subsistemas.			
	Falhas de modelagem	23. Elementos de modelo não paramétricos.	(1)	Incluir no modelo tudo que não for flexível, principalmente elementos que não podem ser movidos facilmente ou ajustados na obra.	(3)
		24. Elementos de modelo ausentes/incompletos.	(3)		
		25. Desconsiderar a manutenção/operabilidade.			
26. Desconsiderar a funcionalidade/construtibilidade.					

Legenda da autoria:

(1) AKPONEWARE; ADAMU, (2017).

(2) BHAT *et al.*, (2018).(3) ALSUHAIBANI *et al.*, (2022).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na categoria pessoas foram apontados quatro entraves. Depreende-se que o mercado tem uma carência de especialistas BIM e que as equipes de projeto apresentam problemas, como profissionais inexperientes no corpo técnico. Os estudos relatam que poucos profissionais são considerados especialistas na metodologia e que parte destes possuem pouco conhecimento em BIM (AKPONEWARE; ADAMU, 2017; BHAT *et al.*, 2018).

Com relação a equipe de projetos (considerando conhecimento de engenharia em geral e não especificamente BIM) foram apontados que a inexperiência dos profissionais (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022) e a má coordenação das disciplinas envolvidas nos projetos (AKPONEWARE; ADAMU, 2017) são problemáticas diretas do fluxo de compatibilização.

Nenhum dos estudos analisados levantou propostas de soluções para as dificuldades da categoria pessoas. Esta falta de propostas talvez se deva ao fato desta não ser uma necessidade exclusiva da metodologia BIM, apesar de sua importância fundamental. Amorim (2023) destaca que o sucesso dos processos BIM passam *“prioritariamente pela capacitação da equipe e pela consolidação de seu conhecimento”*, corroborado por Guignone (2022): *“todo o esforço é pouco no sentido de treinar e motivar os membros da equipe”*, integrando esses profissionais aos novos processos de trabalho.

Na categoria processos todos os entraves encontrados podem ser relacionados ao BEP (Plano de Execução BIM, traduzido da sigla em inglês) e possuem sugestão de melhorias apontadas por Akponeware e Adamu (2017) e Alsuhaibani *et al.*, (2022). É no BEP que são definidos e especificados os produtos entregáveis e seus responsáveis, sendo este documento essencial para as atividades da coordenação, dentre elas, a compatibilização de projetos (AMORIM, 2023).

A participação dos especialistas de cada disciplina nas reuniões de coordenação pode sanar o item de conflitos entre modelos, pois elementos modelados com a precisão correta solucionam a questão do LOD (Nível de Desenvolvimento, traduzido da sigla em inglês). A imposição do BIM em contrato obrigaria a entrega de modelos 3D ao invés de apenas pranchas em 2D, sendo tal exigência tendência do mercado (AREDAH *et al.*, 2019). Projetistas trabalhando com mais informações, fornecidas pelo BEP e por outros especialistas, podem sanar o uso de referências ou

pontos de origem incorretos e fazer com que as instruções de modelagem sejam seguidas por todos os envolvidos.

Na categoria gestão de processos os entraves relacionados ao ambiente comum de dados (CDE) apontam para o trabalho sem integração e modelos defasados, resultando em soluções de projetos que podem estar em desacordo com as demais disciplinas (AKPONEWARE; ADAMU, 2017; ALSUHAIBANI *et al.*, 2022). Por exemplo, a equipe de arquitetura precisa trocar o ambiente de um banheiro para uma sala de quadros elétricos. Caso os times das instalações estejam com arquivos defasados da arquitetura, estes ambientes estarão com soluções incompatíveis.

As soluções propostas para essas questões consideram projetistas trabalhando em um espaço digital compartilhado (servidor interno ou nuvem). Já a coordenação do projeto pode ser realizada em um ambiente comum de dados, de modo que toda a equipe tenha acesso aos modelos mais recentes (AKPONEWARE; ADAMU, 2017; ALSUHAIBANI *et al.*, 2022).

Outros entraves levantados na gestão de processo incluem alterações arquitetônicas tardias, cronograma com prazos apertados, mudanças de escopo, falta de clareza na definição das funções dentro da equipe e falta de comunicação. (AKPONEWARE; ADAMU, 2017; BHAT *et al.*, 2018). Estes pontos não possuem soluções propostas nos estudos uma vez que tais questões não são decorrentes da metodologia BIM, mas como colocado por Polito (2011), inerentes às práticas da construção civil.

Na categoria tecnologia, a questão levantada tem como tema-chave o Plano de Execução BIM (PEB) e trata sobre o uso de diferentes formatos de arquivo (AKPONEWARE; ADAMU, 2017). Não foi apresentada solução para essa questão nos estudos analisados, mas a adoção do formato IFC na exportação dos arquivos nativos pode ser uma solução, contribuindo para a interoperabilidade do projeto (EASTMAN *et al.*, 2014; AMORIM, 2023).

Na categoria projeto, ligados à conceitos de engenharia, foram apontados: falta de experiência com normas de projetos, incertezas de projeto, soluções erradas de projeto e complexidade dos edifícios ou de seus subsistemas (AKPONEWARE; ADAMU, 2017; ALSUHAIBANI *et al.*, 2022). A sugestão de solução é aprender com

problemas do passado (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022), indicando que os projetistas precisam sistematizar o conhecimento adquirido. Mas para que esse conhecimento não seja apenas coletado e guardado a empresa deve colocá-los em prática.

Ligados a falhas de modelagem, ainda na categoria projetos, há entraves relativos a alguns elementos de modelo ausentes/incompletos e aqueles que não são paramétricos. Tem-se também situações que desconsideram a manutenção e operabilidade, como por exemplo tubulações projetadas rente à parede e que não permitem o manuseio do operador na realização de um reparo.

Em outros casos, a equipe de modelagem desconsidera a funcionalidade e/ou a construtibilidade dos elementos, como por exemplo, a locação de condensadoras de ar-condicionado em espaços confinados, impossibilitando a renovação do ar. Uma medida proposta para as questões de modelagem é seguir as definições do BEP, como por exemplo incluir no modelo tudo que não for flexível, principalmente elementos que não podem ser movidos facilmente ou ajustados na obra (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022).

4.3. Principais entraves

Das 26 dificuldades listadas no Quadro 2, cinco destas são apontadas ao menos em duas publicações distintas. Logo, podem ser considerados dentro do espaço amostral levantado, como os principais entraves do fluxo de compatibilização de projetos BIM. Destas cinco, apenas três tiveram medidas resolutivas sugeridas. Considerando a numeração adotada no Quadro 2, os principais entraves levantados são: (2) Pouco conhecimento de sistemas BIM; (5) Uso de nível de detalhe (LOD) errado ou baixo; (7) Conflitos entre modelos; (13) Cronograma inadequado do projeto à construção; (19) Falta de experiência em normas de projeto.

Nos questionários aplicados por Akponeware e Adamu (2017) foi constatado que o treinamento e a experiência dos projetistas são cruciais para o uso eficaz das ferramentas de coordenação BIM, como a detecção de conflitos, por exemplo. Nas reuniões da coordenação, quanto mais especialistas em construção, operação e manutenção envolvidos na visualização e identificação de possíveis problemas antes da execução, mais eficiente será o trabalho da coordenação (ALSUHAIBANI *et al.*,

2022). Tais afirmações reiteram que o pouco conhecimento de sistemas BIM é um dos principais entraves no fluxo de compatibilização de projetos.

Com relação ao LOD, os modelos enviados pelos escritórios de projetos devem ser criados de modo que seja suficiente para atender ao objetivo do processo de coordenação BIM: evitar a descoberta de problemas somente na execução da obra. Portanto, o modelo deve representar com precisão as dimensões e detalhes reais dos elementos (ALSUHAIBANI *et al.*, 2022). Em ambientes técnicos que costumam ser congestionados e apertados, por exemplo, a falta de precisão no modelo de um maquinário, pode implicar na impossibilidade da abertura da porta deste local.

Para alcançar modelos livres de conflitos, Akponeware e Adamu (2017), confirmaram a necessidade do trabalho colaborativo. Este pode ser alcançado através de plataformas que permitam colaboração síncrona em tempo real, possibilitando que todos os projetistas visualizem as versões atuais dos modelos das demais equipes.

Entretanto, existem preocupações sobre esse tipo de trabalho, tais como direitos de propriedade, confidencialidade e preocupações de segurança da informação. Embora válidos, tais temores podem ser resolvidos por meio de direitos de acesso baseados em função, controle de configuração e *backup* (AKPONEWARE; ADAMU, 2017).

No que tange ao entrave do cronograma reduzido, Akponeware e Adamu (2017), sabendo que os clientes continuarão a colocar prazos apertados, concluíram que esta questão foge das competências da coordenação BIM, apesar de sua relevância. É indispensável fundamentar uma argumentação consistente, embasada por indicadores de produtividade e revisões de projeto, justificando a importância de um prazo coerente. Sobre a falta de experiência em normas de projeto, Alsuhaibani *et al.*, (2022) propõe aprender com problemas do passado, indicando que os projetistas precisam sistematizar o conhecimento adquirido.

Estes entraves principais podem também ser considerados básicos ou fundamentais, pois sem conhecimento em sistemas BIM não é possível se ter profissionais especialistas. Por consequência, o uso do LOD correto no processo de modelagem, por exemplo, requer conhecimento da metodologia e treinamento dos colaboradores.

4.4. Análise geral

Do ponto de vista da aprendizagem BIM a importância do levantamento destes entraves permite identificar, analisar e propor soluções para melhorar o fluxo de compatibilização de projetos, buscando formas de implementar tais melhorias em seus processos, sem desprezar particularidades de cada organização. Almeja-se no mercado o aprimoramento da qualidade dos projetos, seja por conta da redução de erros e custos, por soluções mais convenientes ou pela maior precisão das informações contida nos modelos (AMORIM, 2023).

Para a obra, a relevância está na qualidade do projeto, na execução dentro do orçamento previsto e no ganho de tempo. Pois uma incompatibilidade pode tomar semanas para ser descoberta e solucionada no processo tradicional, sendo sanada sem as possibilidades técnicas disponível na fase de projeto (DURANTE *et al.*, 2015).

Cada escritório ou construtora possui seus próprios processos internos, podendo apresentar apenas parte destes problemas listados ou mesmo outros, que não foram apresentados nas publicações analisadas. Por isso, não é possível generalizar as problemáticas e o modo como elas incidem em cada empresa ou instituição.

Cabe ainda frisar que mesmo o BIM auxiliando na resolução dos conflitos através da detecção de interferências, o processo da coordenação precisa ser gerenciado de forma eficaz (BHAT *et al.*, 2018). Portanto, um dos pontos-chave para a garantia da qualidade do modelo através da detecção de interferências é um processo de coordenação bem planejado e executado, com destaque para o fator humano (GUIGNONE, 2022).

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo caracterizar os principais entraves ou dificuldades do fluxo de compatibilização BIM apontados na literatura científica recente sobre o tema. Estes foram categorizados dentro dos quatro recursos-chave do trabalho colaborativo: pessoas, processos, gestão de processo e tecnologias, além de uma quinta categoria, a de projetos.

A partir da metodologia proposta de um trabalho de revisão de literatura sistematizada, foram encontrados 57 artigos. Destes, apenas 10 publicações apresentaram relação direta com a proposta. Da leitura completa destes artigos foram identificados 26 entraves e nove medidas de melhorias sugeridas, apesar de tais apontamentos constarem somente em três publicações. Isso ocorreu porque as outras sete publicações não visavam identificar causas de conflitos em projetos ou abordar questões relacionadas ao fluxo da compatibilização BIM.

A pesquisa forneceu novos conhecimentos sobre os processos de coordenação e compatibilização BIM. Foi explicitada a relevância dos coordenadores BIM no fluxo dos processos de projeto, assim como o fato de que a metodologia está em constante desenvolvimento e adaptação.

O estudo permitiu constatar que o processo de projeto BIM já se consolidou como opção vantajada para o desenvolvimento de projetos de construção. O sucesso na sua aplicação está intimamente ligado ao desenvolvimento paralelo das quatro dimensões envolvidas: pessoas, tecnologia, processos e procedimentos (AMORIM, 2023).

5.1. Limitações

Foi encontrado um número reduzido de artigos publicados sobre a temática e dificuldades proporcionadas pelas traduções de termos da língua inglesa, como por exemplo “*design*”, que pode se referir tanto a “desenho” como “projeto”, a depender do contexto. O enfoque dos artigos em disciplinas de projeto específicas, restringiram ainda mais a quantidade de material compatível com o tema. Por consequência, entende-se que este ainda é um campo com grande potencial a ser explorado.

Na pesquisa esperava-se encontrar soluções para os entraves que fossem sustentadas por estudos de caso. Entretanto, talvez em função da maneira como foi realizada a busca, tais soluções não foram verificadas. Também impactou a produção da pesquisa a demanda de tempo que chocou com a condição de trabalhador do pesquisador e às demais atividades acadêmicas.

5.2. Trabalhos futuros

Estudos posteriores podem se concentrar em propor soluções para os entraves levantados neste trabalho que não possuem medidas sugeridas. Ou ainda avaliar se as resoluções apresentadas são de fato efetivas e se outras medidas seriam cabíveis, em estudos de caso. Outra sugestão de estudo é a realização desta pesquisa alterando o modo de seleção dos trabalhos, buscando validar os entraves aqui pontuados e ainda publicações que apresentem soluções aos problemas levantados.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). A Implantação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, 2017. 22 p. v. 6. ISBN 978-85-61323-48-6. E-book.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR ISO16757-1: 2015. **Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para serviços de construção - Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo**, Rio de Janeiro, 2018.

AKPONEWARE, A. O.; ADAMU, Z. A. Clash detection or clash avoidance?: An investigation into coordination problems in 3D BIM. **MDPI**, [s. l.], v. 75, n. 7, p. 1-28, 2017.

ALSUHAIBANI, A., HAN, B., LEITE, F. Investigating the causes of missing field detected issues from BIM-based construction coordination through semistructured interviews. **Journal of Architectural Engineering**, [s. l.], v. 28, n. 4, 2022.

AMORIM, S. R. L. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM**: Um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023. 185 p.

AREDAH, A. S.; BARAKA, M. A.; ELKHAFIF, M. Project scheduling techniques within a building information modeling (BIM) environment: A survey study. **IEEE Engineering Management Review**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 1-1, 2019.

AUTODESK. **Desmistificando o Gêmeo Digital**: para o Setor de Arquitetura, Engenharia e Construção. [S. l.: s. n.], 2021. 10 p.

BARISON, M. B. **Introdução de modelagem da informação da construção (BIM) no currículo**: Uma contribuição para a formação do projetista. 2015. 387 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARROS, R. A. M. L. de. **Processo de projeto e fluxo de informações em BIM**: Estudos de caso em Florianópolis/SC. 2018. 219 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2018.

BHAT, V.; TRIVEDI, J. S.; DAVE, B. Improving design coordination with lean and BIM an Indian case study. **Proc. 26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC)**, Chennai, p. 1206-1216, 2018.

BRASIL. Presidência da República. 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- EstratégiaBIMBR**, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, Brasília, ano 2020, 3 abr. 2020.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos BIM - Parte 1:** Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. [S. l.: s. n.], 2016. 124 p.

CHAREHZEHI, A., CHAI, C., MD YUSOF, A., CHONG, H. Y., LOO, S. C. Building information modeling in construction conflict management. **American Society of Civil Engineers: International Journal of Engineering Business Management**, [s. l.], v. 9, 2017.

DANTAS FILHO, J. B. P; BARROS NETO, J. de P; ANGELIM, B. M. Mapeamento do fluxo de valor de processo de construção virtual baseado em BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 343-358, 2017.

DURANTE, F. K.; MENDES JR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C. Avaliação de aspectos fundamentais para a gestão integrada do processo de projeto e planejamento com uso do BIM. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. LISTON, K. **Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** (tradução: Cervantes Gonçalves Ayres Filho et al.; revisão técnica: Eduardo Toledo Santos). Porto Alegre: Bookman, 2014.

GONÇALVES JR., F. **BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia.** [S. l.]: ALTOQI, 2020. Disponível em: <https://lp.altoqi.com.br/bim-tudo-sobre-a-metodologia>. Acesso em: 13 set. 2020.

GUIA AsBEA: Boas Práticas em BIM: Fascículo 1 – Estruturação do Escritório de Projeto para a Implantação do BIM. São Paulo: GTBIM - Grupo Técnico BIM - AsBEA, 2013.

GUIA AsBEA: Boas Práticas em BIM: Fascículo 2 – Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução. São Paulo: GTBIM - Grupo Técnico BIM - AsBEA, 2015.

GUIGNONE, G. 8 Lições Aprendidas em Processos de Coordenação BIM. **Mundo PM: Project Design Management**, n. 106, p. 18-31, ago/set-2022.

KOO, H. J.; O'CONNOR, J. T. A strategy for building design quality improvement through BIM capability analysis. **American Society of Civil Engineers: Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 148, n. 8, p. 1-11, 2022.

KORMAN, T. M. Rules and guidelines for improving the mechanical, electrical, and plumbing coordination process for buildings. **Construction Research Congress: Building a Sustainable Future**, [s. l.], p. 1-10, 2009.

MANCINI, M. C.; SAMPAIO, R. F. Quando o objeto de estudo é a literatura: estudos de revisão. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, ano 4, v. 10, p. 361-472, dez 2006.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MANZIONE, L.; MELHADO, S.; NÓBREGA JR., C. L. **BIM e Inovação em Gestão de Projetos**: de acordo com a norma ISO 19650. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 176 p.

MEHRBOD, S.; STAUB-FRENCH, S.; BAY, Y. Analysis of bottlenecks in BIM-based building design coordination process and benchmarking state of the art BIM tools. **Canadian Society for Civil Engineering**: Leadership in Sustainable Infrastructure, Vancouver, p. 1-10, 2017.

MPDTF. Ministério Público do Distrito Federal e Territórios. **Caderno de projetos e gestão de edificações em BIM**. Brasília: [s. n.], 2020. 315 p. E-book.

OTHMAN, M.; ELBELTAGI, E.; ABDELSHAKOR, M.; EHAB, A. Adopting the 3D BIM Coordination during the Early Design Stages in Egypt. **Construction Research Congress 2022**: Computer Applications, Automation, and Data Analytics. p. 1212-1222, 2022.

PMBOK. Project Management Institute. **Guia do CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS**. 6. ed. Pennsylvania: LTC, 2017. 762 p. E-book.

POLITO, G. E6 – Gerenciamento do Escopo: Uma Real Necessidade. **Maturity by Project category model**: Maturidade Brasil 2010, Pesquisa sobre maturidade e sucesso em gerenciamento de projetos na indústria da construção (I.C.), Brasília, p. 78-79, 2011.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013. 277 p. ISBN 978-85-7717-158-3.

SEIL. Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. **Caderno BIM Coletânea de cadernos orientadores**: Caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM – Edificações. Curitiba: [s. n.], 2018. 136 p. v. 11. E-book.

SILVA, R. F. T. D. **Democratizando BIM**: Conceituação básica. [S. l.]: Plataforma BIM BR, 2020. 305 p. E-book.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Elsevier**, Australia, ano 2009, v. 18, 9 dez. 2009. Automation in Construction, p. 357-375.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. Building Information Modelling: Point of Adoption. **CIB World Congress**, Tampere, p. 1-11, 2016.

7. APÊNDICE 1-QUADRO-RESUMO DAS INFORMAÇÕES DOS TEXTOS DE RELAÇÃO DIRETA

Autoria	Título	Key words	Objetivo	Primeiras impressões	Análise	País
Akponeware e Adamu, (2017)	<i>Clash detection or clash avoidance? An investigation into coordination problems in 3D BIM</i>	<i>clash detection; clash avoidance; design coordination; MEP coordination; co-creation; common data environment</i>	<i>This paper investigates the root causes of clashes with respect to achieving “clash avoidance” as proposed in PAS 1192-2 design phase specifications for BIM in the UK.</i>	Coordenação de projeto, com foco em <i>clash detection</i> .	Questionário aplicado em um grupo de trabalho online, voltado para <i>clash detection</i> . Conteúdo bastante específico. Contém dados robustos sobre a temática. Apresenta entraves da compatibilização de projetos.	Reino Unido
Bhat et al., (2018)	<i>Improving design coordination with Lean and BIM, an Indian case study</i>	<i>Lean construction, Building Information Modelling (BIM), Request for Information (RFI), Clash Detection, 4D Scheduling</i>	<i>This study explores two perspectives, firstly identifying factors and issues in design coordination of construction projects; secondly, applying lean and BIM functions simultaneously to overcome some of the problems in design coordination</i>	Coordenação de projeto. Matriz Lean x BIM	Estudo de caso, comprovando economia na execução de obra devido a utilização de BIM e Lean no projeto. Apresenta entraves da compatibilização de projetos.	Índia
Alsuhaibani et al., (2022)	<i>Investigating the Causes of Missing Field Detected Issues from BIM-Based Construction Coordination through Semistructured Interviews</i>	-	<i>The research findings can benefit industry practitioners by providing the causes and preventive measures that can enhance the ability to capture issues before they occur in the field.</i>	Processos de projeto. Apresentação de problemas encontrados durante a execução, que não foram identificados na etapa de projeto. Baseado em entrevistas.	Utilizar como referencial para base teórica de conceitos BIM e de coordenação de projetos. Os resultados apresentados abordam sobre problemáticas da coordenação. Utilizar este artigo nas análises. Apresenta entraves da compatibilização de projetos.	Estados Unidos da América

Autoria	Título	Key words	Objetivo	Primeiras impressões	Análise	País
Aredah et al., (2019)	<i>Project Scheduling Techniques Within a Building Information Modeling (BIM) Environment: A Survey Study</i>	<i>4D BIM, 4D BIM barriers, 4D BIM benefits, BIM, CPM, LBMS, construction planning, and scheduling</i>	<i>Critical Path Method technique over the others, and BIM is positively affecting the project coordination</i>	Relação do BIM com a coordenação de projeto	Levanta entraves da adoção do BIM nos projetos, aborda bem sobre Nível de Desenvolvimento (LOD) e também sobre BIM 4D. Não apresenta entraves da compatibilização.	Mundial
Mehrbod et al., (2017)	<i>Analysis of bottlenecks in bim-based building design coordination process and benchmarking state of the art bim tools</i>	<i>BIM, Design Coordination, Design Issue, Clash Detection, Collaboration, Interactive, Workspaces, Interaction with Artifacts, Design Artifacts, Cloud BIM, Knowledge Capture, MEP coordination.</i>	<i>We proposed a set of functionalities to address these challenges, and analyzed widely used state of the art BIM tools to benchmark their capabilities and functionalities.</i>	Processos de projeto. Análise dos processos com ferramentas BIM.	Identificados cinco principais gargalos no processo de coordenação de projeto BIM. Tabela apresenta esses gargalos explicados, apontando as funcionalidades causadoras dos gargalos, classificadas por prioridade. Aborda coordenação BIM em geral, mas não o fluxo da compatibilização. Pouco proveito para o meu trabalho.	Canadá
Charehzehi et al., (2017)	<i>Building information modeling in construction conflict management</i>	<i>Building information modeling, construction, conflict, dispute, decision-making</i>	<i>This study aims to propose a building information modeling (BIM) approach to control conflict causes before the occurrence of dispute.</i>	Processo de projeto. Busca identificar as causas dos conflitos ainda na fase de elaboração dos projetos.	BIM como estratégia de controle de conflitos em disputas judiciais. Questões não envolvem necessariamente o BIM, mas problemas de contrato, coordenação, execução, comunicação. São apresentados os pontos de vista de ambas as partes, para dois empreendimentos diferentes. Pouco proveito para o meu trabalho.	Malásia

Autoria	Título	Key words	Objetivo	Primeiras impressões	Análise	País
Korman, (2009)	<i>Rules and guidelines for improving the mechanical, electrical, and plumbing coordination process for buildings</i>		<i>This paper recommends a process for performing MEP coordination and describes how rules and guidelines can improve the MEP coordination process in buildings using BIM software.</i>	Coordenação de projetos com foco em MEP. Processo de projeto com regras e diretrizes.	Descreve a ordem das disciplinas e os porquês dessas ordens, no processo de coordenação. Apresenta tabelas com problemas típicos de coordenação e indicadores para avaliação da qualidade da coordenação. Aborda muito bem o processo de coordenação MEP, mas em 2D. Pouco proveito para o meu trabalho.	Estados Unidos da América
Koo e O'connor, (2022)	<i>A Strategy for Building Design Quality Improvement through BIM Capability Analysis</i>	<i>Design quality; Building information modeling (BIM); BIM capability; Design defect management.</i>	<i>In this the authors present an in-depth examination of design quality management capabilities of BIM in building projects.</i>	Processo de projeto. Foco na qualidade do modelo.	Considerar material para referencial teórico. Conteúdo muito específico sobre indicadores, focado na análise dos números desses indicadores. Pouco proveito para o meu trabalho.	Estados Unidos da América
Lee e Kim (2014)	<i>Parallel vs. Sequential cascading MEP coordination strategies: A pharmaceutical building case study</i>		<i>This paper presents a unique case where two MEP coordinators were hired for a BIM-assisted project, which was a pharmaceutical company headquarters office building in Silver Spring, Maryland.</i>	Processos e coordenação de projeto MEP. Estudo de caso específico. Análise comparativa do trabalho de coordenadores de projeto.	Focado nos processos de coordenação de projetos. Pouco se fala em coordenação BIM. É um estudo de caso da compatibilização das disciplinas de MEP de um projeto. Utilizar somente como referencial teórico. Entraves não poderão ser utilizados na pesquisa.	Estados Unidos da América
Othman et al., (2022)	<i>Adopting the 3D BIM Coordination during the Early Design Stages in Egypt</i>		<i>The main objective of this paper is to adopt BIM in the design phase to avoid those problems that arise in the construction stage.</i>	Estudo de caso comparando os requisitos de qualidade e prazo de um mesmo projeto, medido por três cenários: apenas CAD 2D; mesclado CAD 2D e BIM; apenas BIM.	Apresenta proposta de fluxo de compatibilização BIM. Estudo de caso do Egito e caracteriza o BIM no Oriente Médio. Cita algumas dificuldades genéricas do BIM, mas não fala da compatibilização. Pouco proveito para o meu trabalho.	Egito