

# O PAPEL DO BIM NA COLABORAÇÃO E COMUNICAÇÃO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

## THE ROLE OF BIM IN COLLABORATION AND COMMUNICATION IN CIVIL CONSTRUCTION PROJECTS

Oliveira, Júlio Gabriel (1); Maciel, Ana Carolina Fernandes (2)

(1) Universidade Federal de Uberlândia-FECIV, jgabrielsouto@ufu.br

(2) Universidade Federal de Uberlândia-FECIV, ana@ufu.br

### RESUMO

Este estudo visa identificar as melhorias na colaboração e comunicação no cenário da construção civil, através da aplicação do *Building Information Modeling* (BIM) nos projetos de edificações. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura nos últimos 10 anos. Os benefícios mais citados do BIM incluem a melhoria na integração interprofissional, avaliação de soluções através da simulação de desempenho de edificações, melhoria na visualização com o uso de modelos 3D e redução de erros e conflitos nos projetos. No entanto, os benefícios relacionados à sustentabilidade e operação e manutenção foram menos citados. A implementação do BIM enfrenta desafios como a resistência à mudança tecnológica na indústria da construção civil, a necessidade de investimento financeiro e questões de interoperabilidade. Apesar dos desafios, estudos de caso demonstram que o BIM pode melhorar a precisão, consistência e detalhamento dos projetos, além de reduzir custos e tempo de construção. O potencial do BIM na fase de operação e manutenção ainda não foi totalmente explorado, ressaltando a necessidade de futuras pesquisas para explorar como pode ser utilizado ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. A análise dos estudos selecionados revelou aumento no interesse pela aplicação do BIM na construção civil nos últimos anos, com Europa e Ásia liderando em termos de quantidade de estudos publicados.

**Palavras-chave:** Colaboração. Comunicação. Construção civil. BIM. *Building Information Modeling*.

### ABSTRACT

This study aims to identify improvements in collaboration and communication in the construction industry scenario, through the application of Building Information Modeling (BIM) in building projects. For this, a systematic review of the literature was carried out in the last 10 years. The most cited benefits of BIM include improvement in interprofessional integration, evaluation of solutions through building performance simulation, improvement in visualization with the use of 3D models and reduction of errors and conflicts in projects. However, benefits related to sustainability and operation and maintenance were less cited. The implementation of BIM faces challenges such as resistance to technological change in the construction industry, the need for financial investment and interoperability issues. Despite the challenges, case studies show that BIM can improve the accuracy, consistency and detailing of projects, as well as reduce costs and construction time. The potential of BIM in the operation and maintenance phase has not yet been fully explored, highlighting the need for future research to explore how it can be used throughout the entire life cycle of the enterprise. The analysis of the selected studies revealed an increase in interest in the application of BIM in construction in recent years, with Europe and Asia leading in terms of quantity of published studies.

**Keywords:** Collaboration. Communication. Civil construction. BIM. Building Information Modeling.

## 1 INTRODUÇÃO

Na indústria da construção civil a elaboração de projetos requer a colaboração de profissionais de diferentes áreas. No passado, a comunicação entre esses profissionais era direta, devido ao tamanho reduzido das equipes. No entanto, com a expansão do setor e a crescente demanda por especialização, surgiu uma tendência para a terceirização, onde cada profissional fica focado em uma disciplina específica. A complexidade dos projetos, impulsionada pela evolução tecnológica e pelos hábitos modernos, levou a uma segmentação das etapas de desenvolvimento do projeto, a qual afetou negativamente a comunicação e a integração das equipes, resultando em problemas de incompatibilidade entre os diferentes projetos de uma edificação, os quais só eram identificados e resolvidos durante a execução da obra, adicionando custos não planejados e dilatando o prazo de conclusão da obra.

Nesse contexto, a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling - BIM*) surge como uma solução inovadora. O BIM, ao centralizar todas as informações de um projeto em um único banco de dados digital, facilita a comunicação e a colaboração entre os profissionais envolvidos, o que permite a identificação precoce de problemas de incompatibilidade entre diferentes projetos, possibilitando a resolução desses antes que causem atrasos e custos adicionais na obra.

O BIM consiste na representação virtual das características físicas e funcionais de uma edificação, onde todas as informações se concentram em uma única fonte de dados, reduzindo erros, tornando mais claro e consistente o desenvolvimento do empreendimento (Fallon; Palmer, 2007). O BIM, enquanto metodologia para a gestão do ciclo de vida das edificações, é um auxiliar na melhoria da colaboração entre projetistas, engenheiros, construtores e gestores (Tam *et al.*, 2023).

Contudo, apesar dos benefícios inegáveis do BIM, a sua adoção na indústria da construção civil tem sido relativamente lenta. Isso pode ser atribuído, em parte, à resistência à mudança e à necessidade de investimento financeiro significativo. Além disso, questões de interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM podem dificultar a colaboração efetiva. No entanto, à medida que a tecnologia avança e os benefícios se tornam mais evidentes, a direção para esse cenário é de uma adoção mais ampla da metodologia.

Esta pesquisa baseia-se em revisão sistemática da literatura, na qual se buscou compreender o papel do BIM na comunicação e colaboração na construção civil e como isso impacta os estágios subsequentes do ciclo de vida do empreendimento. Apesar do potencial de revolucionar a maneira como os projetos são planejados, elaborados e executados na construção civil, a adoção desse ainda enfrenta vários desafios. Portanto, compreender as características e os seus benefícios, fornecendo uma visão abrangente do valor do BIM, é crucial para maximizar o seu desenvolvimento e superar esses desafios.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O uso do BIM (*Building Information Modeling*) oferece vários benefícios, incluindo a consistência entre os desenhos e relatórios, a automatização da análise de interferência espacial, e o fornecimento de uma base de dados que implica diretamente nas tomadas de decisões (Eastman *et al.*, 2014). Começa com a captura da realidade, onde a tecnologia é utilizada para coletar dados precisos sobre as condições físicas existentes, que são transformados em modelos digitais tridimensionais. Durante o estudo de viabilidade, a utilização do BIM fornece informações detalhadas reunidas em uma única plataforma, o que facilita a análise mais precisa dos benefícios potenciais. Na fase de elaboração dos projetos, permite a colaboração eficaz entre todas as partes interessadas, o que auxilia na identificação de conflitos entre projetos antes que o trabalho

físico comece, reduzindo custos e retrabalho. Durante a execução da obra, o uso do BIM fornece uma visão detalhada do projeto em um ambiente virtual, permitindo melhor compreensão do projeto para as equipes da obra. Na fase de operação e manutenção, fornece informações sobre componentes, sistemas e materiais, isto é, do que está presente na edificação. Finalmente, na fase demolição, a utilização do BIM auxilia no planejamento e execução de forma segura e eficiente.

O desenvolvimento tecnológico promove e potencializa a utilização do BIM na construção civil por meio da criação de softwares capazes de simular o mundo real em um ambiente digital, integrando as partes interessadas e gerando as informações necessárias durante todo o ciclo de vida da edificação. Contudo, a resistência à mudança tecnológica, a falta de interoperabilidade, a necessidade de investimentos financeiros, a ausência de padrões e protocolos definidos, e a falta de treinamento adequado desfavorecem a implementação.

A compreensão de como o BIM influencia na colaboração e comunicação em projetos de construção civil, bem como o efeito causado nas fases subsequentes do empreendimento, é fundamental para a sua adoção e o seu desenvolvimento. Este estudo tem como objetivo identificar quais as melhorias na colaboração e comunicação no cenário da construção civil, por meio de uma revisão sistemática da literatura.

### 3 METODOLOGIA

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL) engloba uma gama de informações presentes na literatura sobre determinado tema, de maneira organizada e simplificada. Desta forma, é possível analisar e interpretar o conteúdo estudado de modo completo e abrangente. Neste estudo a metodologia adotada para a RSL foi a de Falbo (2018).

A metodologia de Falbo (2018) é uma abordagem sistemática para mapeamentos bibliográficos, dividida em três fases: planejamento, condução e publicação dos resultados. Envolve a definição do escopo do mapeamento, a identificação das fontes de pesquisa, a elaboração de um protocolo de pesquisa, a busca por trabalhos relevantes, a seleção dos trabalhos que atendem aos critérios de inclusão, a extração de dados desses trabalhos, a análise dos dados extraídos e a apresentação dos resultados do mapeamento.

Haja vista o consenso em relação às plataformas de busca de artigos e textos científicos utilizados no âmbito da engenharia civil (Arantes, Labaki, 2016; Agostinho, Argôlo, 2016), definiu-se para esta Revisão Sistemática da Literatura, as seguintes bases de dados: Science Direct, Scopus e Web of Science. Para acessar essas, foi utilizado o portal de buscas Periódicos Capes, disponibilizado pelo governo federal brasileiro.

As palavras-chave escolhidas para formar os termos de busca, também chamadas de *strings* de busca, foram aplicadas na língua portuguesa e inglesa separadamente em cada base de dados, de modo a alcançar a maior quantidade de artigos relevantes da área, alinhado ao objetivo e às questões da pesquisa. Nas Tabelas 1 e 2 exibem-se as palavras-chave e as *strings* definidas, respectivamente.

Tabela 1 - Palavras-chave em dois idiomas

Português	Inglês
BIM	BIM
<i>Building Information Modeling</i>	Building Information Modeling
Projeto	Project
Comunicação	Communication
Colaboração	Collaboration

Fonte: Autores (2023)

Tabela 2 - *Strings* de busca ou termos de busca

<i>Strings</i> ou termos de busca em português	<i>Strings</i> ou termos de busca em inglês
Building Information Modeling AND Projeto BIM AND Projeto	Building Information Modeling AND Project BIM AND Project
Building Information Modeling AND Comunicação BIM AND Comunicação	Building Information Modeling AND Communication BIM AND Communication
Building Information Modeling AND Colaboração BIM AND Colaboração	Building Information Modeling AND Collaboration BIM AND Collaboration

Fonte: Autores (2023)

Para a combinação das palavras chaves, foi utilizado apenas o Operador Booleano AND para 2 (duas) palavras-chave, tornando a busca mais específica e direcionada, uma vez que este operador indica uma lista de resultados que contenha tanto o primeiro como o segundo termo. O Operador Booleano OR, utilizado para expandir os resultados de uma pesquisa, retornando textos científicos que correspondem a qualquer um dos termos de pesquisa, não foi aplicado nesta, pois poderia tornar os resultados muito amplos ou irrelevantes.

Como pode ser observado na Tabela 2, as palavras-chave BIM e *Building Information Modeling* são combinadas, separadamente, com os demais termos: Projeto, Comunicação e Colaboração. Apesar desses termos terem o mesmo significado, foram aplicados separadamente, para que, desta forma, fosse reduzida a possibilidade de não contemplar algum texto científico relevante para a temática dessa pesquisa. Assim foi obedecido o protocolo definido, que estabelece a não utilização do Operador Booleano OR e as *strings* de busca são alinhadas com o objetivo da revisão sistemática e a questão de pesquisa.

As bases de dados foram acessadas durante os meses de agosto a outubro de 2023, no qual aplicou-se, incluindo as *strings* de busca definidas, alguns filtros como critérios de seleção em busca de estudos relevantes para a pesquisa. O primeiro filtro aplicado foi em relação ao idioma, no qual optou-se por português e inglês. A primeira por ser a língua nativa do autor e a segunda por ser a língua com maior número de publicações na área.

O segundo filtro utilizado foi o tipo de material, artigo, uma vez que as bases de dados fornecem textos além de artigos, como dissertações, teses e livros. O terceiro filtro aplicado foi o de data

de publicação, 2013 a 2023, para delimitar os artigos publicados nos últimos 10 anos, ou seja, as publicações mais recentes da área na temática.

O quarto filtro aplicado foi a área de pesquisa, Engenharia Civil, para restringir as buscas neste campo de estudo. Na Tabela 3 exibe-se o resultado após ser aplicado os filtros nas 3 (três) bases de dados, totalizando 8496 artigos.

Tabela 3 - Quantidade de artigos selecionados

Base de Dados	Português	Inglês	Total
Science Direct	3	3156	3159
Scopus	0	2766	2766
Web of Science	0	2571	2571
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>8493</b>	<b>8496</b>

Fonte: Autores (2023)

Os artigos selecionados nas três bases de dados, foram exportados em formato RIS e organizados no gerenciador de referências Mendeley, utilizado para identificar e eliminar os que estavam em duplicidade, reduzindo-se para 2555 artigos.

Passou-se para a leitura dos títulos eliminando todos aqueles que não tratavam de BIM (*Building Information Modeling*) no setor de construção civil, restando 312 exemplares. Na sequência, foi realizada a leitura dos resumos, excluindo os que não pertenciam a um estudo primário e os que tratavam somente de um assunto específico do BIM, no qual não era possível responder o cerne desta pesquisa. Reduziu-se então para 118 estudos.

Na leitura dos resumos, por vezes, é desafiador identificar se o estudo é ou não relevante para a pesquisa. Nestes casos, optou-se pela inclusão desses, pois durante a leitura completa do artigo, é mais assertiva a avaliação para inclusão ou exclusão do exemplar. Dos 118 artigos restantes, cujos títulos e resumos foram lidos, todos foram considerados para a leitura completa. No entanto, o acesso ao texto integral de 48 desses artigos não foi possível, reduzindo assim a coleção para 70 artigos, os quais foram lidos na íntegra.

Após a análise completa dos artigos remanescentes, constatou-se que 25 deles não eram estudos primários ou que não estavam alinhados com o objetivo deste estudo. Portanto, 45 artigos foram selecionados para a interpretação dos resultados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os métodos dos estudos primários examinados, incluem estudos de caso que revelam percepções sobre experiências práticas com o BIM, estudos de prevalência que descrevem a frequência do uso do BIM na indústria e estudos caso-controle que comparam projetos que utilizam o BIM com aqueles que não o utilizam, proporcionando uma avaliação comparativa.

No Gráfico 1, oriundo da Tabela 4 do Apêndice 1, são apresentados os principais benefícios da utilização do BIM na fase de projeto bem como a sua recorrência descrita nos estudos analisados. O mais citado é a melhoria na integração interprofissional para facilitar a comunicação e colaboração, mencionado por 87% das publicações. Em seguida, outros benefícios como a avaliação de soluções através da simulação de desempenho de edificações (71%), a melhoria na visualização com o uso de modelos 3D (69%) e a redução de erros e conflitos nos projetos para

antecipar soluções (69%). A coordenação e integração eficiente de projetos multidisciplinares e a melhoria na precisão, consistência e detalhamento dos projetos em uma plataforma unificada foram citados por 67% dos autores. A otimização do processo de extração de quantitativos e geração de orçamentos para projetos de construção e a melhoria na capacidade de gerenciamento e atualizações no projeto foram mencionados por 38% dos estudos. O benefício menos citado foi a melhoria na sustentabilidade do empreendimento, mencionado por apenas 22% dos autores.

Gráfico 1 - Benefícios do BIM para a fase de projetos



Fonte: Autores (2023)

No Gráfico 2, oriundo da Tabela 5 do Apêndice 1, são apresentados os benefícios que impactam durante a fase de construção com a utilização do BIM assim como a quantidade de estudos que mencionam cada descrição e a respectiva porcentagem em relação ao total de estudos analisados. A redução de custo e tempo de construção é o mais citado nos estudos, mencionado por 62% dos autores. Outros benefícios apontados são a melhoria na precisão e consistência das informações de construção e a melhoria na visualização do empreendimento, citados por 58% dos artigos. O aumento da eficiência e produtividade na construção foi citado por 42% das publicações, e 36% que o BIM reduz erros na obra. A melhoria na integração, comunicação e colaboração entre as equipes durante a construção e a melhoria na qualidade do planejamento e orçamento da obra foram mencionados por 33% dos autores. Melhoria na capacidade de gerenciamento de mudanças e atualizações durante a construção e melhoria na coordenação e integração de projetos multidisciplinares durante a construção foram citados por 31% dos autores assim como a melhoria na gestão de segurança do trabalho foi mencionado por 24% deles. O benefício menos citado foi a melhoria na fase de operação e manutenção, mencionado por apenas 13% dos autores.

Gráfico 2 - Impacto na execução da obra com o uso do BIM nos projetos



Fonte: Autores (2023)

No Gráfico 3, oriundo da Tabela 6 do Apêndice 1, apresentasse uma análise dos desafios enfrentados na implementação da tecnologia BIM. Os principais obstáculos identificados pelos autores incluem a resistência à mudança tecnológica na indústria da construção e a necessidade de investimento financeiro, citados por 71% deles. Outros desafios significativos são as questões de interoperabilidade (60%), a ausência de padrões e protocolos estabelecidos (40%), o treinamento de equipe e a necessidade de profissionais qualificados para utilizar o BIM (40%), e a dificuldade de gerenciamento de informações e dados em projetos complexos (33%). O desconhecimento e as questões legais e contratuais associadas a utilização do BIM foram citadas por 36% e 16% dos autores, respectivamente.

Gráfico 3 - Desafios de implementação do BIM



Fonte: Autores (2023)

Dalui et al. (2021) realçam a funcionalidade do BIM em todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a concepção inicial até a operação e manutenção. Kagan (2016) também menciona os benefícios do BIM durante o ciclo de vida da edificação, porém, acrescenta a aplicabilidade do BIM na fase de demolição, marcando o fim da existência física da edificação.

Os benefícios do BIM atrelados a sustentabilidade, operação e manutenção foram os que menos foram citadas como pode ser visto nos Gráficos 1 e 2, com 22% e 13%, respectivamente. Lidelöw, Engström e Samuelson (2023), afirmam que os benefícios mais percebidos e realizados

estão vinculados à fase de elaboração de projetos, enquanto os benefícios menos realizados estão associados à operação, manutenção e sustentabilidade.

Dentre os periódicos analisados, 39 estudos (87% do total), apontam a melhoria na colaboração e comunicação entre as partes interessadas do projeto. Para Dalui et al. (2021), as partes interessadas do projeto (arquitetos, engenheiros, empreiteiros e proprietários), devem primeiro acordar o nível de detalhe necessário, estabelecer um ambiente comum de dados e desenvolver um plano de execução do BIM que descreva os papéis e responsabilidades de cada parte.

A integração dos projetos multidisciplinares e a visualização com modelos 3D, como apresentado no Gráfico 1, com 67% e 69% respectivamente, reduz erros na obra, custos e tempo de construção, impactando na execução do empreendimento, benefícios retratados no Gráfico 2, por 36% e 62% dos estudos, respectivamente.

Murguia et al. (2017) descrevem um estudo de caso de uma edificação residencial em Lima, Peru, onde o *Building Information Modeling* (BIM) foi utilizado para gerenciar o projeto e integrar o trabalho de diferentes projetistas. O projeto foi gerenciado por uma empresa de arquitetura e os projetistas de diferentes disciplinas (estrutura, elétrica, mecânica e hidráulica) foram contratados independentemente e diretamente pelo cliente, porém, trabalharam sob a gestão da empresa. Durante o desenvolvimento do projeto, foram adotadas várias estratégias para facilitar a colaboração e a comunicação entre as partes. Ferramentas de armazenamento em nuvem foram utilizadas para permitir o acesso e o compartilhamento aos documentos do projeto. Para promover a colaboração presencial, foi instalada uma infraestrutura de “*Big Room*”, que incluía uma sala de reuniões. Durante o projeto, foram realizadas oito sessões, planejadas pelo gerente, onde passeios virtuais da edificação eram realizados, o que permitiu que as partes interessadas visualizassem o design em 3D e identificassem possíveis problemas antes do início da construção. Isso auxiliou a melhorar a comunicação entre as partes envolvidas, como o cliente, a empresa de arquitetura e os projetistas independentes e identificar erros e conflitos de projetos, como detectar um tubo de esgoto vertical e dutos mecânicos que estavam no meio de uma vaga de estacionamento.

O projeto em BIM constrói virtualmente objetos realistas, como paredes, pilares, lajes, portas e janelas, que possuem metadados, os quais são compilados por meio de softwares avançados que interpretam e permitem a entrada dessas informações que são utilizadas na documentação dos projetos (Vysotskiy *et al.*, 2015). O BIM permite a criação de modelos digitais que contêm informações físicas detalhadas dos elementos do projeto, como dimensões, materiais, propriedades térmicas, acústicas e estruturais. Esses modelos podem ser utilizados para simular e analisar o desempenho da edificação em diferentes condições, como iluminação, ventilação, conforto térmico e consumo energético. Por exemplo, considerando uma janela em um modelo BIM residencial, além das informações geométricas que definem sua forma e tamanho, existem metadados associados que incluem informações do material, do fabricante, do modelo, das propriedades térmicas, do custo, da data de instalação e informações de manutenção. Desta forma é possível colaborar na precisão, consistência e detalhamento dos projetos.

Segundo Maia, Méda e Freitas (2015), a principal característica do BIM é a modelagem 3D e o compartilhamento de dados ao longo da vida da edificação, em que o resultado desejado é um modelo 3D onde cada elemento possui dados físicos reais. A pesquisa apresenta um estudo de caso sobre a criação de elementos estruturais da lavanderia de uma edificação no hospital central da cidade de Funchal em Portugal, utilizando o software Revit. O software é, na opinião do autor, adequado para elaborar diferentes projetos da edificação, destacando a sua

interoperabilidade, que segue os padrões internacionais do IFC<sup>1</sup>. Memon et al. (2014), com um estudo conduzido por meio de um questionário distribuído para 150 organizações da indústria da construção da Malásia, afirmam que a interoperabilidade é um dos principais desafios para a implementação do BIM na indústria da construção da Malásia. Kerosuo et al. (2015) também ressaltam a dificuldade de associar diferentes softwares de BIM para adequar às circunstâncias e capacidades das partes envolvidas do processo de construção.

O estudo comparativo realizado pelos autores Cambeiro et al. (2014) analisou a metodologia tradicional de planejamento de projetos de construção e a metodologia BIM (*Building Information Modeling*), utilizando como estudo de caso uma residência unifamiliar em construção. A pesquisa comparou os orçamentos de execução de materiais gerados pelo modelo BIM e pela metodologia tradicional, bem como a precisão das medições do modelo BIM em relação ao que foi realmente executado na obra. O estudo também destacou benefícios qualitativos da metodologia BIM, como visualização do projeto, detecção precoce de interferências e conflitos, controle do trabalho e redução da documentação. A análise dos orçamentos revelou que o modelo BIM foi mais preciso, apresentando desvio médio total de 27,33%, em comparação com 50,2% da metodologia tradicional.

A abordagem BIM é uma metodologia integral, conforme destacado pelos autores Disney et al. (2022), que se baseia na utilização de uma única fonte de dados e plataforma de comunicação durante todo o ciclo do projeto. Esta abordagem não apenas aprimora a precisão, consistência e detalhamento dos projetos, mas também desempenha papel fundamental nas fases posteriores do ciclo de vida do empreendimento, incluindo operação e manutenção. Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022) destacam a importância do BIM nessa fase e ressaltam que, embora o BIM tenha sido amplamente utilizado na fase de projeto e construção, seu potencial na fase de operação e manutenção ainda não foi totalmente explorado, o que realça a necessidade de aproveitamento ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, proporcionando informações valiosas para a gestão eficiente e a manutenção sustentável das instalações.

A análise de desempenho de edificações é crucial para aprimorar a eficiência energética e minimizar os impactos ambientais, podendo reduzir custos operacionais e de manutenção, melhorar o conforto dos ocupantes e prolongar a vida útil dessas. O BIM colabora para essa análise ao fornecer uma representação digital abrangente da edificação, incluindo geometria, materiais e sistemas, permitindo análises energéticas, de iluminação natural, térmicas, entre outras. Essas análises, realizadas durante a fase de projeto, possibilitam a identificação de oportunidades para otimizar o desempenho da edificação. No entanto, um dos desafios ao empregar o BIM em análises de sustentabilidade reside na manutenção da atualização à medida que o tempo passa. O Laser Scanning é uma tecnologia que desempenha papel fundamental na obtenção da geometria tridimensional de edificações, estruturas e condutividade térmica do material (Wang; Cho, 2015).

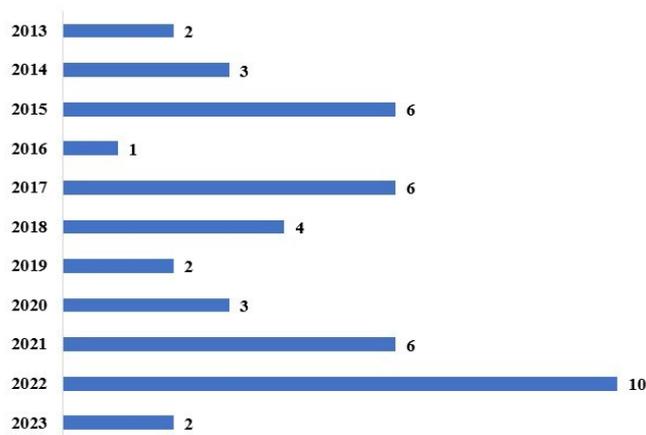
Dos periódicos selecionados, 3 (três) focaram o estudo no processo de campo com a tecnologia de scanner: Peckienė, Ustinovičius (2017); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Wang e Cho (2015). Os scanners a laser podem gerar nuvens de pontos 3D com coordenadas X, Y e Z precisas, o que é uma vantagem significativa em relação aos métodos tradicionais de coleta de dados 2D (Sepasgozaar; Shirowzhan; Wang, 2017). De acordo com a quantidade de pesquisas que citam a tecnologia, pode-se aferir que a aplicação dessa na engenharia é recente.

---

<sup>1</sup> IFC (*Industry Foundation Classes*) é um conjunto de padrões internacionais desenvolvidos para facilitar a interoperabilidade entre softwares na indústria da construção civil.

No Gráfico 4 ilustra-se a quantidade de estudos selecionados para a revisão sistemática da literatura em relação ao ano de publicação, de 2013 a 2023. Observa-se que no ano de 2022, registrou-se o maior número de publicações, com um total de 10 estudos. Os anos de 2021 e 2017 também apresentaram volume significativo de estudos, contribuindo com 6 (seis) publicações cada. Em contrapartida, o ano de 2016 teve a menor representação, com apenas 1 (uma) publicação. A análise desses dados sugere aumento na quantidade de estudos nos últimos anos, refletindo interesse crescente na aplicação do BIM na construção civil.

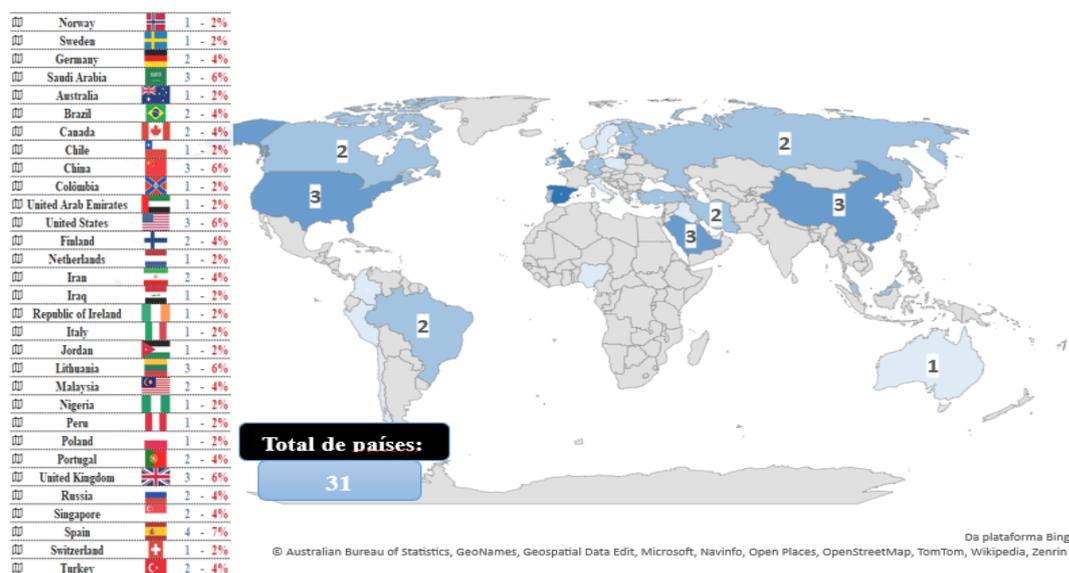
Gráfico 4 – Quantidade de estudos por ano de publicação



Fonte: Autores (2023)

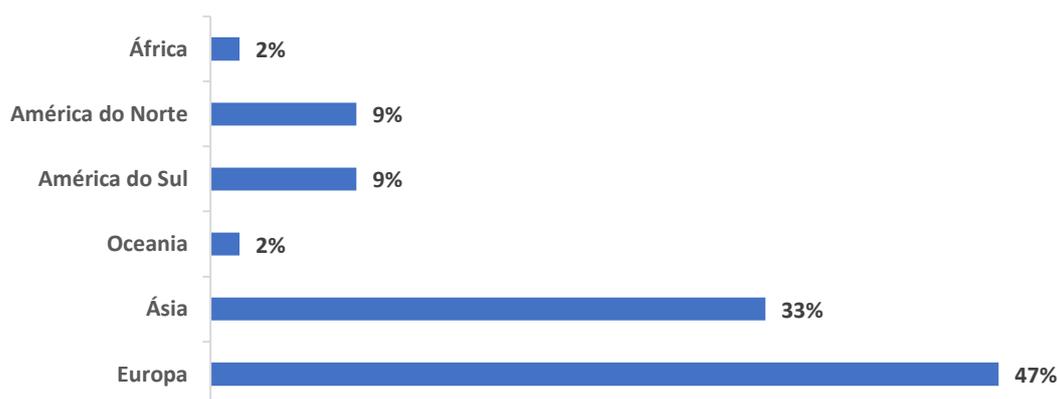
Dentre os 45 artigos analisados, 40 foram conduzidos em 1 (um) país, 4 (quatro) abrangeram 3 (três) países e 1 envolveu dois países, totalizando 31 países distintos. A quantidade de estudos por país variou com alguns contribuindo com um único estudo e outros com até quatro, conforme Gráfico 5. De forma notável, a Europa emergiu como a região com a maior concentração de estudos relacionados à aplicação do BIM em projetos de construção civil, representando 46% do total. O continente asiático seguiu de perto com 33% dos estudos. Os demais continentes contribuíram com menos de 10% cada, conforme Gráfico 6.

Gráfico 5 – Quantidade de estudos por país



Fonte: Autores (2023)

Gráfico 6 – Quantidade de artigos por continente



Fonte: Autores (2023)

A crescente quantidade de estudos publicados nos últimos anos, juntamente com a contribuição de diversos países na disseminação do conhecimento sobre o uso do BIM na construção civil reflete o reconhecimento global da importância desse. Assim, o BIM tem se consolidado como uma tecnologia cada vez mais relevante, em todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento, na melhoria da colaboração e comunicação em projetos de construção civil, conforme evidenciado pelos benefícios citados nos estudos analisados.

## 5 CONCLUSÃO

Os benefícios evidenciados nos estudos analisados por meio da aplicação do BIM em projetos de construção civil demonstram melhorias significativas na colaboração e comunicação durante todo o ciclo de vida de uma edificação, que foram retratados em estudos de caso, estudos de prevalência e estudos de caso-controle nos 45 artigos selecionados, em 31 países, nos últimos 10 anos. O que possibilitou, através de pontos de vista de diferentes autores, identificar e ranquear 20 benefícios durante a vida útil de um empreendimento e 8 (oito) desafios de implementação do BIM, fornecendo uma visão abrangente do valor desse e potencializando a sua aplicação e desenvolvimento.

As limitações identificadas neste estudo incluem a seleção de trabalhos para leitura completa, aos quais não foi possível obter acesso ao texto integral, representando quantidade significativa. Outra limitação observada é a ausência de um estudo que documente o uso do BIM em mais de uma fase como viabilidade, planejamento, elaboração dos projetos e orçamento ou elaboração dos projetos, orçamento, planejamento e execução da obra, entre outros. Isso pode ser atribuído ao fato de que um número limitado de construtoras emprega o BIM nas fases subsequentes à execução do projeto, o que exige uma atualização contínua do empreendimento.

Sugere-se para futuras pesquisas a realização de estudos longitudinais que acompanhem a aplicação do BIM em diferentes fases, o que permitiria uma compreensão mais profunda do valor do BIM ao longo de todo o ciclo de vida de um empreendimento. Ainda, seria interessante investigar como as construtoras podem ser incentivadas a utilizar o BIM nas fases subsequentes a execução do projeto, com o objetivo de maximizar os benefícios do *Building Information Modeling* - BIM.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Engenharia Civil pela oportunidade de desenvolver essa pesquisa e a Universidade Federal de Uberlândia pelos conhecimentos adquiridos.

## REFERÊNCIAS

- ABUALDENIEN, Jimmy; BORRMANN, André. Ensemble-learning approach for the classification of Levels Of Geometry (LOG) of building elements. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 51, p. 101497, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101497>.
- AGOSTINHO, Henrique Leite; ARGÔLO, Ellen Cristina Dias. Mapeamento Sistemático de Literatura sobre Parceria Público Privada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbqp/article/view/3132>.
- AL-ASHMORI, Y Y; OTHMAN, I; AL-AIDROUS, A.-H.M.H. “Values, Challenges, and Critical Success Factors” of Building Information Modelling (BIM) in Malaysia: Experts Perspective. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 6, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14063192>.
- ALAVI, Hamidreza; BORTOLINI, Rafaela; FORCADA, Nuria. BIM-based decision support for building condition assessment. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 135, p. 104117, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104117>.
- ALGHAMDI, M S; BEACH, T H; REZGUI, Y. Reviewing the effects of deploying building information modelling (BIM) on the adoption of osustainable design in Gulf countries: a case study in Saudi Arabia. **City, Territory and Architecture**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40410-022-00160-7>.
- AMUDA-YUSUF, G. Critical success factors for building information modelling implementation. **Construction Economics and Building**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 55–73, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v18i3.6000>.
- ARANTES, Beatriz; LABAKI, Lucila Chebel. Fachadas sazonalmente adaptáveis: mapeamento sistemático da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- ARROTEIA, A V; FREITAS, R C; MELHADO, S B. Barriers to BIM Adoption in Brazil. **Frontiers in built environment**, [s. l.], v. 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.520154>.
- BOTON, C; FORGUES, D. Practices and Processes in BIM Projects: An Exploratory Case Study. **Advances in Civil Engineering**, [s. l.], v. 2018, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/7259659>.
- CAMBEIRO, Faustino Patiño *et al.* Integration of Agents in the Construction of a Single-family House through Use of BIM Technology. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 69, p. 584–593, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.029>.
- CELIK, Yasin; PETRI, Ioan; BARATI, Masoud. Blockchain supported BIM data provenance for construction projects. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 144, p. 103768, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103768>.
- DALUI, P *et al.* Integrated project delivery with BIM: A methodical approach within the UK consulting sector. **Journal of Information Technology in Construction**, [s. l.], v. 26, p. 922–935, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36680/J.ITCON.2021.049>.

DISNEY, O *et al.* Embracing BIM in its totality: a Total BIM case study. **Smart and Sustainable Built Environment**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-06-2022-0124>.

DO CARMO, C S T; SOTELINO, E D. A FRAMEWORK FOR ARCHITECTURE AND STRUCTURAL ENGINEERING COLLABORATION IN BIM PROJECTS THROUGH STRUCTURAL OPTIMIZATION. **Journal of information technology in construction**, [s. l.], v. 27, p. 223–239, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.011>.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre - RS: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2014.

ELDEEP, Ahmed.M.; FARAG, Moataz.A.M.; ABD EL-HAFEZ, L M. Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. **Ain Shams Engineering Journal**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 101556, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.07.009>.

FALBO, Ricardo de Almeida. **Mapeamento Sistemático**. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: <http://claudiaboeres.pbworks.com/w/file/etch/133747116/Mapeamento%20Sistem%C3%A1tico%20-%20v1.0.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2023.

FALLON, Kristine; PALMER, Mark E. **General buildings information handover guide**: Gaithersburg, MD: [s. n.], 2007. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/IR/nistir7417.pdf>. Acesso em: 1 set. 2023.

FAZLI, Abdulsame *et al.* Appraising Effectiveness of Building Information Management (BIM) in Project Management. **Procedia Technology**, [s. l.], v. 16, p. 1116–1125, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.126>.

GHASEMZADEH, B *et al.* Road map to BIM use for infrastructure domains: Identifying and contextualizing variables of infrastructure projects. **SCIENTIA IRANICA**, [s. l.], v. 29, n. 6, p. 2803–2824, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.24200/sci.2022.56935.4998>.

GINZBURG, A *et al.* Implementation of BIM-technologies in Russian construction industry according to the international experience. **Journal of Applied Engineering Science**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 457–460, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5937/jaes14-12567>.

HABTE, B; GUYO, E. APPLICATION of BIM for STRUCTURAL ENGINEERING: A CASE STUDY USING REVIT and CUSTOMARY STRUCTURAL ANALYSIS and DESIGN SOFTWARE. **Journal of Information Technology in Construction**, [s. l.], v. 26, p. 1009–1022, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.053>.

HAN-BIN, Luo; CHAO-HUA, Xiong. Research on BIM-based Drawings Query and Feedback System with Smart Hand-held Devices. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 85, p. 351–357, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.560>.

HOLLBERG, Alexander; GENOVA, Gianluca; HABERT, Guillaume. Evaluation of BIM-based LCA results for building design. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 109, p. 102972, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102972>.

HYARAT, E; HYARAT, T; AL KUISI, M. Barriers to the Implementation of Building Information Modeling among Jordanian AEC Companies. **BUILDINGS**, [s. l.], v. 12, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings12020150>.

JANKOWSKI, Bartosz; PROKOCKI, Jakub; KRZEMIŃSKI, Michał. Functional Assessment of BIM Methodology Based on Implementation in Design and Construction Company.

**Procedia Engineering**, [s. l.], v. 111, p. 351–355, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.100>.

JIANG, S H *et al.* OpenBIM: An Enabling Solution for Information Interoperability. **APPLIED SCIENCES-BASEL**, [s. l.], v. 9, n. 24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app9245358>.

JIN, Y *et al.* BIM-based spatial augmented reality (SAR) for architectural design collaboration: A proof of concept. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10175915>.

KAGAN, Pavel. The Engineering Communication Networks – The Issues of Use of Standards for the Information Representation in Design, Construction and Operation. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 153, p. 261–265, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.112>.

KAZAZ, Aynur *et al.* Detection of Architectural Drawings Errors in 3 Dimension. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 196, p. 1018–1025, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.044>.

KEROSUO, H *et al.* Challenges of the expansive use of building information modeling (BIM) in construction projects. **Producao**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 289–297, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.106512>.

LEŚNIAK, A; GÓRKA, M; SKRZYPCZAK, I. Barriers to bim implementation in architecture, construction, and engineering projects—the Polish study. **Energies**, [s. l.], v. 14, n. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en14082090>.

LEYGONIE, Romain; MOTAMEDI, Ali; IORDANOVA, Ivanka. Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM. **Developments in the Built Environment**, [s. l.], v. 11, p. 100075, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100075>.

LIAO, L *et al.* Investigating critical non-value adding activities and their resulting wastes in BIM-based project delivery. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 12, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/SU12010355>.

LIAO, L; TEO, E A L; LOW, S P. A project management framework for enhanced productivity performance using building information modelling. **Construction Economics and Building**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 1–26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v17i3.5389>.

LIDELÖW, Sofia; ENGSTRÖM, Susanne; SAMUELSON, Olle. The promise of BIM? Searching for realized benefits in the Nordic architecture, engineering, construction, and operation industries. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 76, p. 107067, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107067>.

LIN, Y.-C. Use of BIM approach to enhance construction interface management: A case study. **Journal of Civil Engineering and Management**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 201–217, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.802730>.

MAIA, Lino; MÊDA, Pedro; FREITAS, João G. BIM Methodology, a New Approach - Case Study of Structural Elements Creation. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 114, p. 816–823, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.032>.

MATĚJKA, Petr; TOMEK, Aleš. Ontology of BIM in a Construction Project Life Cycle. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 196, p. 1080–1087, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.065>.

MEHRAN, Donya. Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 145, p. 1110–1118, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.144>.

MEMON, A H *et al.* BIM in Malaysian construction industry: Status, advantages, barriers and strategies to enhance the implementation level. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 606–614, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.19026/rjaset.8.1012>.

MIGILINSKAS, Darius *et al.* The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 57, p. 767–774, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>.

MORALES, F *et al.* Potential Application of BIM in RFI in Building Projects. **BUILDINGS**, [s. l.], v. 12, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings12020145>.

MURGUIA, Danny *et al.* Process Integration Framework for the Design Phase of a Residential Building. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 196, p. 462–469, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.225>.

N. HASAN, A; RASHEED, S M. The Benefits of and Challenges to Implement 5D BIM in Construction Industry. **Civil Engineering Journal (Iran)**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 412–421, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091255>.

OLAWUMI, T O; CHAN, D W M. Building information modelling and project information management framework for construction projects. **Journal of Civil Engineering and Management**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 53–75, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/jcem.2019.7841>.

OMRANY, Hossein *et al.* Applications of Building information modelling in the early design stage of high-rise buildings. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 152, p. 104934, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104934>.

PATEL, T *et al.* Identification of Critical Success Factors (CSFs) of BIM Software Selection: A Combined Approach of FCM and Fuzzy DEMATEL. **BUILDINGS**, [s. l.], v. 11, n. 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings11070311>.

PECKIENĖ, Aurelija; USTINOVIČIUS, Leonas. Possibilities for Building Spatial Planning using BIM Methodology. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 172, p. 851–858, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.085>.

REZGUI, Y; BEACH, T; RANA, O. A governance approach for BIM management across lifecycle and supply chains using mixed-modes of information delivery. **Journal of Civil Engineering and Management**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 239–258, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3846/13923730.2012.760480>.

ROJAS, M J *et al.* BIM use assessment (BUA) tool for characterizing the application levels of BIM uses for the planning and design of construction projects. **Advances in Civil Engineering**, [s. l.], v. 2019, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2019/9094254>.

ROMAN, A *et al.* Integration of Data Flows of the Construction Project Life Cycle to Create a Digital Enterprise Based on Building Information Modeling. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 40–50, 2022. Disponível em: [https://doi.org/10.46338/IJETAE0122\\_05](https://doi.org/10.46338/IJETAE0122_05).

SAMPAIO, A Z; GOMES, A M. BIM Interoperability Analyses in Structure Design. **CivilEng**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 174–192, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/civileng2010010>.

- SEPASGOZAAR, Samad M E; SHIROWZHAN, Sara; WANG, Cynthia (Changxin). A Scanner Technology Acceptance Model for Construction Projects. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 180, p. 1237–1246, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.285>.
- SMITH, Peter. BIM Implementation – Global Strategies. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 85, p. 482–492, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.575>.
- TAM, N V *et al.* Impact of BIM-related factors affecting construction project performance. **INTERNATIONAL JOURNAL OF BUILDING PATHOLOGY AND ADAPTATION**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 454–475, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ijbpa-05-2021-0068>.
- TAURIAINEN, Matti *et al.* The Effects of BIM and Lean Construction on Design Management Practices. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 164, p. 567–574, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.659>.
- USTINOVIČIUS, L *et al.* Challenges of BIM technology application in project planning. **Engineering Management in Production and Services**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 15–28, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/emj-2018-0008>.
- VILUTIENĖ, T *et al.* BIM application in infrastructure projects. **Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 74–92, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.485>.
- VYSOTSKIY, Alexander *et al.* Features of BIM Implementation Using Autodesk Software. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 117, p. 1143–1152, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.248>.
- WANG, Chao; CHO, Yong K. Performance Evaluation of Automatically Generated BIM from Laser Scanner Data for Sustainability Analyses. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 118, p. 918–925, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.531>.

## APÊNDICE 1

**Tabela 4 - Benefícios do BIM para a fase de projetos**

<p>Avaliação de soluções através da simulação de desempenho das edificações</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Wang e Cho (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinovicius et al; (2018); Rezgui, Beach e Rana (2013); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Murguia et al; (2017).</p>
---	---

<p>Melhoria na integração interprofissional para facilitar a comunicação e colaboração na fase de projetos</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); El-deep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Morales et al; (2022); Arrotoia, Freitas e Melhado (2021); Ghasemzadeh et al; (2022).</p>
<p>Redução de erros e conflitos nos projetos para antecipar soluções</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021).</p>
<p>Melhoria na precisão, consistência e detalhamento dos projetos em uma plataforma unificada</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Matejka e Tomek (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinoviccius et al; (2018); Rojas et al; (2019); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021).</p>
<p>Melhoria na visualização com o uso de modelos 3D</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); El-deep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Jin et al; (2020); Lin (2015); Ustinoviccius et al; (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022).</p>

Melhoria na sustentabilidade do empreendimento	Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Wang e Cho (2015); Hollberg, Genova e Habert (2020); Memon et al; (2014); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).
Coordenação e integração eficiente de projetos multidisciplinares	Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Matejka e Tomek (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Boton e Forgues (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Morales et al; (2022); Arrotéia, Freitas e Melhado (2021); Ghasemzadeh et al; (2022).
Melhoria na capacidade de gerenciamento e atualizações no projeto	Maia, Mêda e Freitas (2015); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Rojas et al; (2019); Rezgui, Beach e Rana (2013); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Hasan e Rasheed (2019); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).
Otimização do processo de extração de quantitativos e geração de orçamentos para projetos de construção	Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); El-deep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Rojas et al; (2019); Memon et al; (2014); Hasan e Rasheed (2019); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Morales et al; (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).

Fonte: Autores (2023)

**Tabela 5 - Impacto na execução da obra com o uso do BIM nos projetos**

Redução de erros na obra	Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Murguia et al; (2017).
--------------------------	--

Redução de custos e tempo de construção	Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinovičius et al; (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Kerosuo et al; (2015); Olawumi e Chan (2018); Sampaio e Gomes (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022).
Melhoria na gestão de segurança do trabalho	Maia, Mêda e Freitas (2015); Matejka e Tomek (2017); Vysotskiy et al; (2015); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Ustinovičius et al; (2018); Memon et al; (2014); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022).
Melhoria na qualidade do planejamento e orçamento da obra	Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018).
Melhoria na visualização do empreendimento	Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinovičius et al; (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Liao, Teo e Low (2017); Disney, Roupé e Johansson (2022); Patel et al; (2021); Morales et al; (2022); Arrotéia, Freitas e Melhado (2021); Ghasemzadeh et al; (2022).
Melhoria na fase de operação e manutenção	Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Wang e Cho (2015); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Hassan e Rasheed (2019); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022).
Melhoria na integração, comunicação e colaboração entre as equipes durante a construção	Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022).

Aumento da eficiência e produtividade na construção	Maia, Mêda e Freitas (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Vysotskiy et al; (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Jin et al; (2020); Ustinovicus et al; (2018); Rojas et al; (2019); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Habte e Guyo (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Morales et al; (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).
Melhoria na coordenação e integração de projetos multidisciplinares durante a construção	Maia, Mêda e Freitas (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Hollberg, Genova e Habert (2020); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Boton e Forgues (2018); Memon et al; (2014); Rezgui, Beach e Rana (2013); Liao, Teo e Low (2017); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021).
Melhoria na capacidade de gerenciamento de mudanças e atualizações durante a construção	Maia, Mêda e Freitas (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Vysotskiy et al; (2015); Kazaz et al; (2017); Alavi, Bortolini e Forcada (2022); Yusuf (2018); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinovicus et al; (2018); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017).
Melhoria na precisão e consistência das informações de construção	Maia, Mêda e Freitas (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Fazli et al; (2014); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Hollberg, Genova e Habert (2020); Kazaz et al; (2017); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Boton e Forgues (2018); Ustinovicus et al; (2018); Memon et al; (2014); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).

Fonte: Autores (2023)

**Tabela 6 - Desafios de implementação do BIM**

Desconhecimento sobre a tecnologia BIM	Mehran (2015); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Migilinskas et al; (2013); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Hasan e Rasheed (2019); Lesniak, Górka e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Arrotoia, Freitas e Melhado (2021); Ghasemzadeh et al; (2022).
--	--

<p>Resistência à mudança tecnológica que envolve o fator cultural na indústria da construção</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Murguia et al; (2017); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinoviccius et al; (2018); Rojas et al; (2019); Memon et al; (2014); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Lesniak, Górká e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Patel et al; (2021); Arrotéia, Freitas e Melhado (2021).</p>
<p>Necessidade de investimento financeiro</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinoviccius et al; (2018); Rojas et al; (2019); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Olawumi e Chan (2018); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górká e Skrzypczak (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Morales et al; (2022).</p>
<p>Treinamento de equipe e profissionais qualificados para utilizar o BIM</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Murguia et al; (2017); Lidelöw, Engström e Samuelson (2023); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Vysotskiy et al; (2015); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinoviccius et al; (2018).</p>
<p>Questões de interoperabilidade</p>	<p>Maia, Mêda e Freitas (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Fazli et al; (2014); Wang e Cho (2015); Eldeep, Farag e El-hafez (2022); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Yusuf (2018); Lin (2015); Boton e Forgues (2018); Ustinoviccius et al; (2018); Memon et al; (2014); Liao et al; (2020); Hasan e Rasheed (2019); Habte e Guyo (2021); Sampaio e Gomes (2021); Lesniak, Górká e Skrzypczak (2021); Dalui et al; (2021); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Patel et al; (2021); Hyarat, Hyarat e Al-Kuisi (2022); Arrotéia, Freitas e Melhado (2021).</p>

Ausência de padrões e protocolos estabelecidos	Maia, Mêda e Freitas (2015); Mehran (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Matejka e Tomek (2017); Kagan (2016); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Abualdenien e Borrmann (2022); Cambeiro et al; (2014); Wang e Cho (2015); Hollberg, Genova e Habert (2020); Migilinskas et al; (2013); Kazaz et al; (2017); Yusuf (2018); Jin et al; (2020); Boton e Forgues (2018); Ustinovicus et al; (2018); Memon et al; (2014).
Questões legais e contratuais associadas ao uso do BIM	Peckienė e Ustinovičius (2017); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Fazli et al; (2014); Kerosuo et al; (2015); Disney, Roupé e Johansson (2022); Al-Ashmori, Othman e Al-Aidrous (2022); Ghasemzadeh et al; (2022).
Dificuldade de gerenciamento de informações e dados em projetos complexos	Maia, Mêda e Freitas (2015); Leygonie, Motamedi e Iordanova (2022); Celik, Petri e Barati (2023); Sepasgozaar, Shirowzhan e Wang (2017); Murguia et al; (2017); Wang e Cho (2015); Kazaz et al; (2017); Jin et al; (2020); Boton e Forgues (2018); Kerosuo et al; (2015); Liao, Teo e Low (2017); Hasan e Rasheed (2019); Dalui et al; (2021); Alghamdi, Beach e Rezgui (2022); Arrotéia, Freitas e Melhado (2021).

Fonte: Autores (2023)