



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE GUIMARÃES

**AS PRINCIPAIS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE
TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

João Pessoa
2025

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE GUIMARÃES

**AS PRINCIPAIS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE
TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luara Lopes de Araújo
Fernandes

João Pessoa

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G963p Guimaraes, Julio Cesar Albuquerque.

As principais barreiras para implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil: uma revisão da literatura / Julio Cesar Albuquerque Guimaraes. - João Pessoa, 2025.

79 f. : il.

Orientação: Luara Lopes de Araújo Fernandes.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Construção 4.0. 2. Inovação Tecnológica. 3. Desafios. 4. Engenharia Civil. 5. Brasil. I. Fernandes, Luara Lopes de Araújo. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

JÚLIO CÉSAR ALBUQUERQUE GUIMARÃES

AS PRINCIPAIS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso em 29/04/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Luara Lopes de Araújo Fernandes

Prof.^a. Dr.^a. Luara Lopes de Araújo Fernandes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado

Cibelle Guimarães S. Severo

Prof.^a. Dr.^a. Cibelle Guimarães Silva Severo
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aprovado

Claudino Lins Nóbrega Júnior

Prof. Dr. Claudino Lins Nóbrega Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

*Dedico este trabalho à
minha família, que sempre foi o
alicerce da minha estrutura.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me concedido saúde, sabedoria e força para cumprir essa etapa da minha vida. Em diversos momentos de dificuldades e incertezas, foi Ele que me orientou e me fez seguir em frente. Grato por tudo que já me proporcionou e pelas outras tantas coisas que ainda irá me guiar na minha vida.

Agradeço à minha mãe, Maria Gorete, que sempre me apoiou com palavras e gestos de carinho, com paciência e orientações, sem medir esforços para me proporcionar uma caminhada mais leve. Agradeço a meu pai, Jandilson Guimarães, que sempre me encorajou, orientou e incentivou a prosseguir de forma mais racional e firme na vida. Sem vocês, isso não seria possível. Agradeço também a meu irmão, Johnatas, minhas primas, Alice e Clarinda, e demais familiares, que contribuíram de forma positiva nessa minha trajetória.

Agradeço à panelinha e demais amigos que caminharam junto comigo neste curso de Engenharia Civil, em especial à Michael, Adriano, Yann, Igor Ramon, Igor Vidal, Rayane, Larissa, Ana Letícia, Celina e Gabriella, pelos trabalhos em grupo, maratonas de estudo para provas e conversas nos intervalos entre uma aula e outra, que sempre terminavam em risadas. E também agradeço à amigos externos à Universidade, que colaboraram com ideias e momentos de descontração.

Aos colegas de trabalho, que muitos se tornaram amigos, pelos ensinamentos, orientações, experiências compartilhadas, colaborando com minha formação e crescimento profissional. Agradeço também aos professores que contribuíram com conhecimentos compartilhados e grande importância na minha formação educacional e também profissional.

Agradeço especialmente à professora e minha orientadora Luara Fernandes, pelo enorme empenho na orientação e pela paciência apresentada nesses meses de desenvolvimento do trabalho. Seu vasto conhecimento na área foi crucial para que a conclusão desta monografia fosse possível.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada gesto de apoio, palavra de incentivo e demonstração de carinho foi essencial para que esta etapa fosse concluída com êxito.

Guimarães, J. C. A. **AS PRINCIPAIS BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA.** 79 p. 2025. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2025.

RESUMO

A digitalização tem transformado diversos setores da economia, e na construção civil essa mudança se concretiza com a adoção de tecnologias da chamada Construção 4.0. Apesar do potencial dessas inovações para melhorar a eficiência e a competitividade do setor, sua implementação no Brasil ainda encontra desafios significativos. Este trabalho tem como objetivo identificar as principais barreiras para a implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil, por meio de uma revisão sistemática da literatura. A pesquisa utilizou o protocolo PRISMA para seleção e análise dos estudos, considerando exclusivamente publicações nacionais. Os resultados revelam que as principais barreiras enfrentadas pelo setor são de ordem financeira, formacional, política, cultural e infraestrutural – hardware e software --, refletindo características comuns a países em desenvolvimento. A pesquisa destaca ainda a escassez de políticas públicas eficazes voltadas à transformação digital no setor construtivo brasileiro, bem como a necessidade de investimentos em formação profissional e incentivo à inovação. Assim, este estudo contribui para o avanço do conhecimento na área da Construção 4.0 ao sistematizar as dificuldades encontradas e ao fornecer implicações práticas para o desenvolvimento de estratégias mais alinhadas à realidade nacional a fim de superar as barreiras encontradas.

Palavras-chave: Construção 4.0; Inovação Tecnológica; Desafios; Engenharia Civil; Brasil.

ABSTRACT

Digitalization has transformed many sectors of the economy, and in the construction industry this change is taking shape with the adoption of technologies known as Construction 4.0. Despite the potential of these innovations to improve the sector's efficiency and competitiveness, their implementation in Brazil still faces significant challenges. This study aims to identify the main barriers to the implementation of digital technologies in construction in Brazil, through a systematic review of the literature. The research used the PRISMA protocol to select and analyze the studies, considering only national publications. The results show that the main barriers faced by the sector are financial, formational, political, cultural and infrastructural - hardware and software -, reflecting characteristics common to developing countries. The research also highlights the lack of effective public policies aimed at digital transformation in the Brazilian construction sector, as well as the need for investment in professional formation and incentives for innovation. Thus, this study contributes to the advancement of knowledge in the area of Construction 4.0 by systematizing the difficulties encountered and providing practical implications for the development of strategies more in line with the national reality in order to overcome the barriers encountered.

Keywords: Construction 4.0, Technological innovation, Challenges, Civil engineering, Brazil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	INDÚSTRIA 4.0	13
2.1.1	Tecnologias digitais na indústria 4.0	16
2.2	CONSTRUÇÃO 4.0	18
2.2.1	Tecnologias digitais na Construção 4.0	19
2.2.2	Implementação de Tecnologias Digitais na Construção 4.0	22
2.3	BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL LEVANTADAS NA LITERATURA INTERNACIONAL	23
2.4	POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS À DIGITALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	25
3	MÉTODO DE PESQUISA	29
3.1	FLUXOGRAMA PRISMA	30
3.2	BASES DE DADOS	32
3.3	ESTRATÉGIA DE BUSCA	32
3.4	IDENTIFICAÇÃO	32
3.5	TRIAGEM	33
3.5.1	Critérios de Inclusão	33
3.5.2	Critérios de Exclusão	34
3.6	MÉTODO “BOLA DE NEVE”	35
3.7	EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS	35
3.8	SÍNTESE DOS RESULTADOS	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	BARREIRAS CULTURAIS	46

4.2	BARREIRAS FINANCEIRAS	48
4.3	BARREIRAS FORMACIONAIS.....	50
4.4	BARREIRAS DE INFRAESTRUTURA (HARDWARE)	53
4.5	BARREIRAS DE INFRAESTRUTURA (SOFTWARE)	54
4.6	BARREIRAS POLÍTICAS	56
4.7	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	58
4.7.1	Síntese das barreiras identificadas.....	58
4.7.2	Estratégias para superação das barreiras identificadas	60
5	CONCLUSÃO.....	61
5.1	CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO.....	61
5.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	62
5.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção tem passado por diversas mudanças impulsionadas por inovações tecnológicas que afetam diretamente as etapas de projeto e execução de obras, promovendo melhorias nas condições de trabalho e na qualidade do produto final (Salgado *et al.*, 2020). Nos últimos anos, a introdução de tecnologias digitais vem impactando diversos setores simultaneamente, incluindo a construção civil, apesar da conhecida resistência a mudanças nesse segmento (Osunsanmi *et al.*, 2020). Esse movimento integra a chamada “Quarta Revolução Industrial” ou “Indústria 4.0”, marcada pela integração entre máquinas, sistemas inteligentes e conectividade (Schwab, 2016).

De acordo com Gonçalves (2023), a aplicação das tecnologias oriundas da indústria 4.0 no setor da construção civil é denominada Construção 4.0, a qual vem transformando consideravelmente os processos construtivos e os processos de gestão de projetos, focando em ganhos de produtividade, economia de recursos naturais e redução de custos. De acordo com Sawhney *et al.* (2020), a Construção 4.0 se fundamenta em avanços tecnológicos que visam transformar a maneira como as edificações e seus componentes são planejados, executados e gerenciados. Essa transformação busca, principalmente, digitalizar, automatizar e integrar os processos da construção civil (Sawhney *et al.*, 2020).

Dentre as principais tecnologias digitais do contexto da indústria 4.0, destacam-se o *Building Information Modeling* (BIM), *Big Data*, *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing*, Gêmeos Digitais, Inteligência Artificial, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), *Blockchain*, Impressão 3D, Realidade Virtual e Realidade Aumentada. Embora o setor da construção civil apresente maior resistência à adoção de inovações tecnológicas, principalmente quando comparados a setores como o automotivo e aeroespacial, observa-se um avanço gradual na percepção da importância dessas tecnologias no cotidiano das empresas do setor (Fernandes e Costa, 2022).

Entretanto, de acordo com Rogers (2017), a transformação para a era digital exige que tanto os gestores quanto os colaboradores atualizem a forma de pensar no sentido estratégico, ou seja, mostra que a adaptação a novas tecnologias não se resume apenas à sua adoção e manutenção, mas também exige mudanças na abordagem dos negócios. É normal que empresas tradicionais detenham um certo domínio no mercado por conta do tempo de atuação e pela credibilidade depositada

por clientes que a conhecem, entretanto elas tendem a ter mais dificuldades na compreensão e implantação de tecnologias digitais quando comparadas às concorrentes “novatas” no mercado (Peinado e Costa, 2023). Porém, é fundamental que as empresas identifiquem as oportunidades oferecidas pela implementação de tecnologias digitais para que passem a ter vantagem competitiva e menores custos, além de fornecer produtos melhores para seus clientes (Tanaka, Matsuda e MacLennan, 2024).

1.1 JUSTIFICATIVA

A falta de adoção de tecnologias digitais na construção civil evidencia a necessidade de estruturar processos mais eficientes, capazes de otimizar o tempo de execução das obras, melhorar os resultados, e contribuir com uma melhor compatibilização das diferentes etapas do projeto, equilibrando custos e benefícios (Leite, Santos e Figueiredo, 2021). Apesar da transformação digital estar impactando diversos setores da economia, a indústria da construção civil mostra bastante vagariedade na adoção e adaptação à transformação digital (Balaguer e Abderrahim, 2008). Com isso, a implementação de inovações enfrenta desafios especialmente em países como o Brasil, onde muitas construtoras ainda operam com métodos tradicionais (Zimmermann e Haito, 2024).

Nos últimos anos, o Estado brasileiro tem implementado políticas públicas para incentivar a digitalização na construção civil, visando modernizar o setor e aumentar sua eficiência. A partir de 2011, passos foram dados pelo governo a fim de realizar esse incentivo. Foi criado o Plano Brasil Maior, o qual surgiu com o intuito de impulsionar transformações em diferentes setores industriais, incluindo o da construção civil, onde os principais objetivos foram promover a interoperabilidade técnica e também o uso de tecnologias da informação aplicadas à construção (CBIC, 2016). Foram estabelecidas diversas iniciativas governamentais nos últimos anos visando a disseminação do BIM no Brasil. Dentre as principais ações, destacam-se a instituição da Estratégia BIM BR, a previsão de preferência pelo uso do BIM em obras públicas na nova Lei de Licitações, além do programa Construa Brasil, com foco mais abrangente na Construção 4.0.

Atualmente, encontram-se em vigor os Decretos nº 10.306/2020 e nº 11.888/2024. O primeiro regulamenta a utilização do BIM na execução direta ou

indireta de obras e serviços de engenharia por órgãos e entidades da administração pública federal, estabelecendo um cronograma progressivo de adoção. Já o segundo substitui o Decreto nº 9.983/2019, ampliando os objetivos da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e promovendo a articulação entre os entes federativos, com vistas a incentivar a digitalização do setor da construção civil em todo o território nacional. Há também o Projeto Construa Brasil, lançado em 2019 pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) com o objetivo de incentivar a modernização das empresas do setor da construção civil do país através de metas como a difusão do BIM no Brasil e da Estratégia BIM BR (Brasil, 2025).

Apesar dessas iniciativas, a difusão dessas tecnologias na construção ainda enfrenta diversas barreiras que dificultam sua ampla adoção. Dentre os principais obstáculos levantados na literatura internacional está a resistência à mudança, onde culturas organizacionais tradicionais mostram-se reticentes em adotar novas ferramentas e processos (Soares e Haito, 2023). Além disso, conforme estudo realizado por Jadhav, Mantha e Rane (2014), a falta de recursos para investir e a necessidade de um alto investimento são outras das principais barreiras encontradas nessa implementação, sendo acompanhadas pela falta de envolvimento da gerência superior.

Diante disso, nota-se que mesmo com os modestos avanços em políticas públicas no Brasil, os estudos oriundos da academia brasileira que identificam as barreiras para a implementação de tecnologias na indústria da construção nacional ainda são bastante escassos. Mesmo que sejam relevantes os estudos de origem internacional, eles abordam escopos político-econômicos, institucionais e mercadológicos distintos do brasileiro, algo que pode limitar as contribuições destes estudos. Com isso, torna-se difícil a elaboração de políticas públicas alinhadas à realidade local, uma vez que a compreensão dos obstáculos encontrados pelas empresas nacionais fica limitada, devido à falta de mapeamento na literatura.

Dessa forma, esse estudo se justifica pela necessidade de mapear, identificar e analisar criticamente as principais barreiras apontadas por estudos brasileiros à implementação de tecnologias digitais no setor da construção civil no Brasil, a fim de contribuir no surgimento de novas medidas para superar as barreiras encontradas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é analisar as principais barreiras para a implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil, tendo como base artigos da literatura nacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- i. Levantar as principais barreiras para implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil
- ii. Propor categorias de análise para agrupar as barreiras identificadas
- iii. Propor estratégias para superação das barreiras identificadas.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste capítulo de introdução ao tema e pesquisa, este trabalho possui outros 4 capítulos. O segundo capítulo apresenta as referências literárias da pesquisa, além dos conceitos utilizados para embasar este estudo. O terceiro capítulo descreve a estratégia de pesquisa e os métodos utilizados para a execução deste trabalho. O quarto capítulo apresenta os resultados da revisão sistemática, juntamente com a categorização das barreiras identificadas na literatura, além de conter também a discussão acerca desses resultados. Por último, o quinto capítulo contém as conclusões finais acerca do tema discutido e apresenta recomendações para futuros trabalhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A transformação digital tem gerado mudanças significativas em diversos setores produtivos, incluindo a construção civil (Tanaka, Matsuda e MacLennan, 2024). Para compreender o contexto dessa evolução, este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre os principais aspectos relacionados à digitalização na construção civil. Inicialmente, aborda-se a Indústria 4.0, destacando sua evolução desde a Indústria 1.0 até a recente concepção da Indústria 5.0, ressaltando o impacto das novas tecnologias na forma de gerenciamento dos processos produtivos e também na entrega da experiência final ao consumidor final (Coelho, 2016). Em seguida, discute-se o conceito de Construção 4.0, explorando as principais tecnologias digitais aplicadas ao setor e os desafios de sua implementação. Posteriormente, são analisadas as barreiras que dificultam a adoção dessas inovações no Brasil, considerando fatores econômicos, culturais e técnicos. Por fim, examinam-se as políticas públicas e os incentivos governamentais voltados à digitalização da construção civil, avaliando seu papel na mitigação dessas barreiras e na promoção da modernização do setor.

2.1 INDÚSTRIA 4.0

Em meados de 1800, na Inglaterra, surgiu a hoje conhecida como Primeira Revolução Industrial. Marcada principalmente pela troca contínua dos métodos artesanais por máquinas e ferramentas, além da adoção do carvão como alternativa à madeira e outros biocombustíveis, e também a ampliação do uso da energia a vapor (Coelho, 2016). Como aponta Olandra *et al.* (2024), a Revolução Industrial trouxe avanços tecnológicos e econômicos, mas também diversos desafios sociais e ambientais, em resumo, esta Revolução moldou a sociedade até os dias de hoje, através do surgimento de inovações e também de desafios a serem enfrentados (Cavalcante e Silva, 2011).

De acordo com Coelho (2016), durante as décadas seguintes até o final da segunda guerra mundial (1945), ocorreu a Segunda Revolução Industrial, onde houveram evoluções bastante significativas nas indústrias química, elétrica e do aço, juntamente com o surgimento das primeiras linhas de produção, permitindo a produção em massa com redução de custos. Também foi dado início à era da conectividade com o avanço das tecnologias de comunicação sem fio, permitindo que

as informações fossem transmitidas de maneira eficiente e instantânea mesmo a longas distâncias entre o emissor e o receptor (Firjan, 2016).

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida por Revolução Técnico-Científica e Informacional, também foi marcada por grandes descobertas e inovações tecnológicas, explica Boettcher (2015). O mesmo autor afirma que os principais campos marcados por esses avanços foram o da informática, robótica, telecomunicações, transportes, biotecnologia, química fina e também o da nanotecnologia. Segundo Firjan (2016), há um consenso entre especialistas que a grande parte das indústrias no Brasil se encontram ainda nesta passagem da Indústria 2.0 para a 3.0, porém outros países, buscando ainda mais a modernização em âmbitos social, cultural e econômico, continuaram investindo em tecnologias e chegaram à conhecida Indústria 4.0.

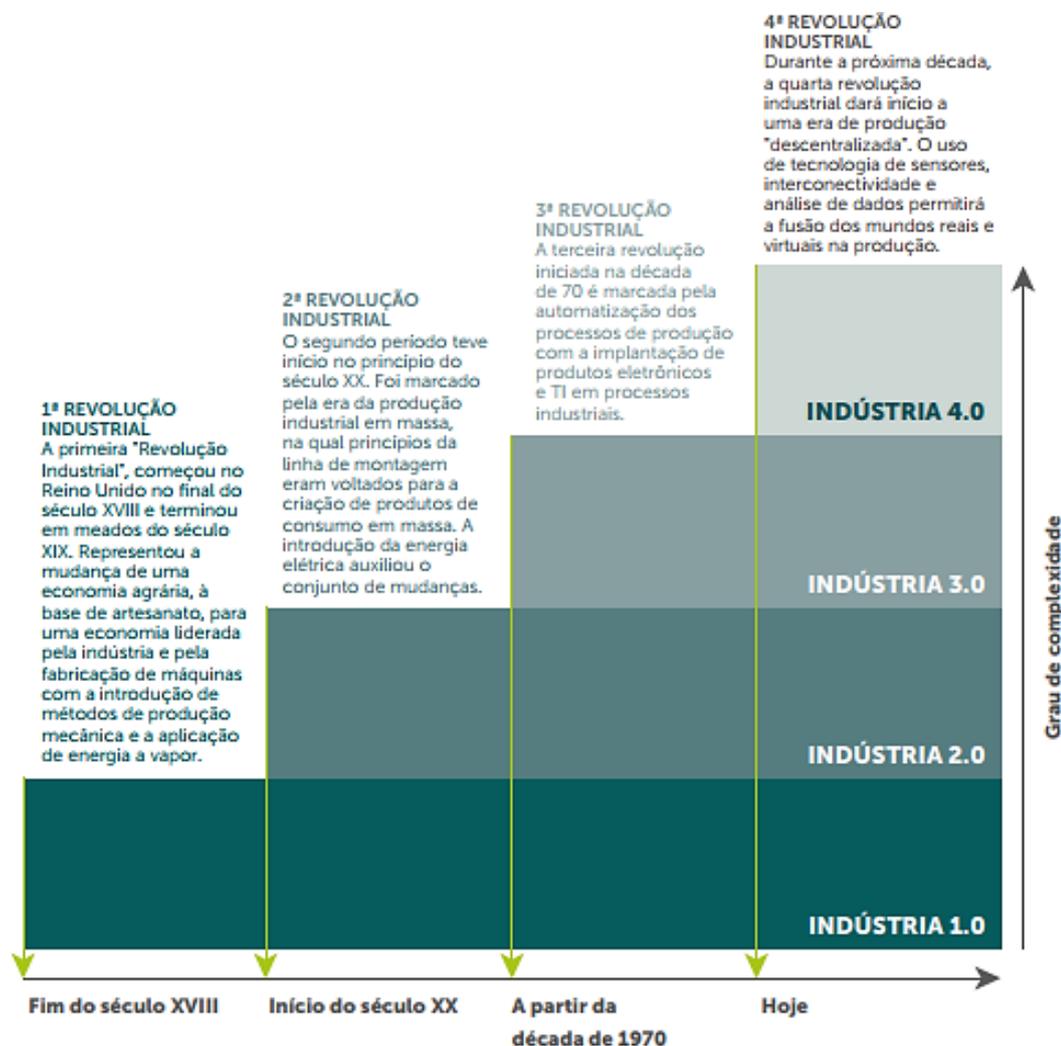
Como considera Schwab (2016), a revolução digital, que foi a Quarta Revolução Industrial, promoveu outras experiências nunca vistas para a humanidade, isso porque ela alterou não apenas os modos de produção e de negócios, mas também as formas de se relacionar e de viver. A maneira como essa nova revolução consegue conectar milhões de pessoas de forma rápida e fácil fez com que as organizações modificassem significativamente seus modelos operacionais, sendo tão significativa que foi apelidada de “Indústria 4.0” na feira Industrial de Hannover, na Alemanha, em 2011 (Coelho, 2016).

Para Venturelli (2021), o objetivo principal da Indústria 4.0 é proporcionar a conexão completa de uma entidade, desde os seus processos de produção até o de contato com consumidores. Porém, para que isso aconteça, faz-se necessário que os profissionais ajustem suas habilidades para conseguir acompanhar os avanços tecnológicos, como também é essencial que haja investimentos na capacitação desses profissionais por parte da organização (Sakurai e Zuchi, 2018).

Por mais que não exista anos exatos para determinar o início de cada revolução, é possível analisar pela Figura 1 que o intervalo entre as revoluções estão sendo cada vez menores (Firjan, 2016). Enquanto que, entre as duas primeiras revoluções, houve um intervalo de aproximadamente um século de distância, a Terceira Revolução aconteceu com cerca de 50 anos após a Segunda e, conforme aponta Santana e Jankowitsch (2021), atualmente, está ocorrendo a evolução da

Indústria 4.0, chamada de Indústria 5.0, mostrando assim revoluções cada vez mais recorrentes na sociedade.

Figura 1 – As quatro revoluções industriais



Fonte: Firjan (2016)

Segundo Figueiredo (2021), a Indústria 5.0 ou Quinta Revolução Industrial não tem o objetivo de substituir a sua antecedente, mas sim ser uma evolução da mesma. O seu foco é fortalecer a interação entre os humanos e as tecnologias inteligentes existentes, promovendo um trabalho em conjunto mais eficiente, buscando otimizar a produtividade industrial e proporcionando aos especialistas de diversas áreas o acesso a diversas ferramentas e aplicativos que contribuirão para o cotidiano empresarial (Figueiredo, 2021).

Conforme destacado pela European Commission (2016), o conceito de Indústria 5.0 se trata de uma proposta inovadora que destaca a sustentabilidade, a capacidade

de adaptação das empresas e a cooperação entre humanos e máquinas, projetando-se como uma forte tendência futura para o setor industrial. É também uma alternativa para os diversos desafios do mundo atual: escassez de recursos e de fontes de energia não renováveis, poluição e mudanças climáticas, conflitos de interesses nacionais e diversos outros (Pereira e Santos, 2022).

2.1.1 Tecnologias digitais na indústria 4.0

Diversos estudos existentes definem Tecnologias Digitais (TD) de formas diferentes. Para Sepasgozar *et al.* (2016), as TDs podem ser definidas como um conjunto de soluções e programas inovadores que possibilitam a obtenção de resultados com maior eficiência e eficácia. Já conforme Verina e Titko (2019), as TDs podem ser tecnologias de comunicação, conectividade e informação, utilizadas para trazer melhorias nos processos produtivos de uma organização.

Segundo Sakurai e Zuchi (2018), a adoção das TDs proporciona uma obtenção maior de ganhos e aumenta o poder de competitividade da empresa, uma vez que se possibilita aproveitar os princípios da Quarta Revolução Industrial, que são a criação de produtos inteligentes, conectados entre si de forma transparente e com capacidade de tomada de decisão de forma autônoma através de tecnologias (Costa, 2019). O Quadro 1 apresenta as principais tecnologias da Indústria 4.0.

Para Rogers (2017), as TDs transformaram a maneira de oferecer valor e se conectar com as outras pessoas, e, com isso, trouxeram uma outra forma de competição entre os mercados, gerando uma necessidade de adoção dessas tecnologias o mais rápido possível. Porém, como cita Hess *et al.* (2016), uma das maiores dificuldades acerca das TDs é unificar e explorá-las de forma que o processo de adequação seja contínuo e fluido, sem complicações, isso ocorre por conta de diversos tipos de obstáculos, técnicos, culturais e também econômicos.

Quadro 1 – Principais Tecnologias Digitais

Tecnologia Digital	Descrição	Fontes
Big Data	Conjunto de técnicas e tecnologias destinadas ao processamento e análise de grandes volumes de dados.	(Lopes, 2022); (Bilal <i>et al.</i> , 2016)
Building Information Modeling (BIM)	Metodologia de trabalho que permite criar e atualizar, colaborativamente, modelos digitais de uma construção, proporcionando interação e troca de informações entre todos os participantes do empreendimento.	(Brasil, 2024)
Blockchain	Tecnologia que armazena e valida transações digitais de forma criptografada, garantindo a segurança dos dados envolvidos.	(Lima, Mota e Melo Junior, 2023)
Cloud Computing	Espaço virtual para armazenar grandes volumes de dados, acessível remotamente a qualquer hora e lugar por meio da internet.	(Lopes, 2022); (Rüßmann <i>et al.</i> , 2015)
Digital Twin	Tecnologia que reproduz, com o auxílio de sensores instalados no ambiente real de uma operação, sua cópia virtual.	(Sacks <i>et al.</i> , 2020)
Impressão 3D	Técnica que cria objetos, a partir de um modelo digital, utilizando materiais como concreto ou polímeros e construindo-os camada por camada.	(Said, Hasbullah e Baharudin, 2005)
Inteligência Artificial (IA)	Capacidade das máquinas de tomar decisões e resolver problemas complexos, utilizando algoritmos que imitam a cognição humana.	(Schwab, 2016); (Salehi e Burgueño, 2018)

Internet of Things (IoT)	Rede de objetos e dispositivos físicos conectados, que permitem a interação entre produtos e pessoas.	(Schwab, 2016); (Rocha, 2024)
Realidade Aumentada	Tecnologia que combina elementos virtuais com o ambiente físico real, permitindo a visualização desses elementos em projeção 3D por meio de dispositivos específicos.	(Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> , 2021)
Realidade Virtual	Tecnologia que cria ambientes simulados por computador, nos quais os usuários são imersos em cenários virtuais.	(Muñoz-La Rivera <i>et al.</i> , 2021)
Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)	Também conhecidos como drones, são aeronaves controladas remotamente e equipadas, ou não, com sensores para monitorar, avaliar e inspecionar operações.	(Lima, Melo e Costa, 2020); (Rocha, 2024)

Fonte: Autoral (2025)

2.2 CONSTRUÇÃO 4.0

Com a digitalização impulsionada pela Indústria 4.0, o setor da construção civil se vê impelido a procurar maneiras de adaptar-se a essa transformação, de forma que obtivesse aumentos na eficiência operacional e também na produtividade (Kan e Anumba, 2019). A introdução das TDs da Indústria 4.0 no setor da construção civil, denominada Construção 4.0, ocorre de forma lenta, porém com impactos bastante evidentes (Adepoju e Aigbavboa, 2020).

Para Lima (2022), a construção 4.0 é um conceito que reúne as principais inovações tecnológicas nas áreas de automação, controle, tecnologia da informação e sua aplicação nos processos de produção e construção. Baseada na integração de máquinas e sistemas, a construção 4.0 permite que as empresas criem redes inteligentes ao controlar de forma autônoma os padrões de produção. Essa nova abordagem empresarial combina os avanços tecnológicos recentes com a visão de

um futuro caracterizado por uma produção inteligente, na qual o mundo físico está conectado ao digital (Lima, 2022).

De forma semelhante às Revoluções Industriais, o setor da construção civil também passou por períodos que foram marcados por diferentes evoluções nos sistemas construtivos. A Construção 1.0 foi marcada pela utilização de máquinas simples e introdução de sistemas de produção em massa. A digitalização do setor teve início na Construção 2.0, onde foram inseridos os primeiros softwares de projetos. Já na Construção 3.0, destaca-se o surgimento de sistemas com aplicação específica para o setor construtivo, com elementos voltados para a rotina da construção civil. É na Construção 4.0 que ocorre as maiores inovações, com o objetivo de transformar totalmente a filosofia dentro do setor da construção civil (Rocha, 2024). A Figura 2 mostra de forma resumida e cronológica essa evolução, destacando os principais marcos e inovações presentes em cada período.

Figura 2 – Evolução da Construção ao longo do tempo

1900s - 1980s	1980s - 1990s	2000s - 2010s	2010s - atualidade
<p>Construção 1.0</p> <p>Emerge a partir da utilização de equipamentos mecânicos para a substituição de atividades manuais. Introdução de novos materiais e sistemas de produção em massa.</p> <p>Maquinaria e aplicação de químicos para elaboração de materiais de construção.</p>	<p>Construção 2.0</p> <p>Marcada pelo surgimento de soluções digitais genéricas e sua aplicação para a digitalização de tarefas anteriormente analógicas.</p> <p>CAD, softwares de planejamento de projetos, sensores digitais, etc.</p>	<p>Construção 3.0</p> <p>Distingue-se pela aplicação de sistemas de informação específicas para construção, com funcionalidades de automação de rotina, mas geralmente fragmentadas.</p> <p>Softwares paramétricos para modelagem paramétrica e gestão de projetos, dentre outros.</p>	<p>Construção 4.0</p> <p>Caracterizada por soluções que apresentam funcionalidades de colaboração autônomas e interativas (inteligentes), integradas e em tempo real.</p> <p>Soluções de iBIM (BIM integrado), IoT, RV/RA, Drones, IA, dentre outras.</p>

Fonte: BIM Fórum Brasil (2022).

2.2.1 Tecnologias digitais na Construção 4.0

A adoção das TDs nos processos e operações da construção podem trazer diversos benefícios para a organização, maior exatidão, respostas mais rápidas, redução de conflitos, comunicação em tempo real, colaboração mais eficiente, diminuição de custos, redução de erros na execução e aumento da produtividade (Rocha, 2024). Karmakar e Delhi (2021) afirmam que com a adoção dessas novas tecnologias, os papéis e funções dos colaboradores do setor da construção também sofrem mudanças significativas, sendo necessária a criação e extinção de certos cargos durante as fases do projeto.

Diversas tecnologias da Indústria 4.0 estão utilizadas no setor da construção. Segundo Sawhney, Riley e Irizarry (2020), na Construção 4.0, o canteiro de obras utiliza robótica e automação para as etapas de produção, transporte e montagem, além de empregar sensores e a conhecida *Internet of Things (IoT)* para monitorar dados sobre pessoas e objetos no ambiente físico. Corroborando com este pensamento, Sacks *et al.* (2020) afirmam que a estrutura da Construção 4.0 abrange o uso do BIM desde o planejamento até as operações, como também utiliza da Impressão 3D para a produção industrial de peças e módulos pré-fabricados, e, ainda, o monitoramento digital da cadeia de suprimentos e a análise de dados por meio de *Big Data*, inteligência artificial, *Cloud Computing*, *Blockchain*, entre outras tecnologias emergentes.

A robótica e a automação se trata da programação das máquinas para que sejam capazes de relacionar-se de forma autônoma com outros objetos, possibilitando que partes do processo que exigem bastante tempo de mão de obra sejam executadas de forma independente e automática (Ebekoziën e Aigbavboa, 2021). A implementação dessas duas tecnologias, apesar de ainda em um escopo bem reduzido, está provocando mudanças significativas na indústria da construção, pois estas têm o potencial de aumentar a eficiência, acelerar os processos, melhorar a qualidade e otimizar o desempenho dos projetos (Oke *et al.*, 2023).

Sensores são dispositivos que capturam informações em tempo real ao detectar mudanças em grandezas físicas ou químicas, convertendo-as em sinais elétricos. Eles são utilizados para monitorar a integridade estrutural de edificações e infraestruturas, assegurar o bom funcionamento de máquinas e equipamentos, além de avaliar o conforto térmico (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021). Geralmente, esses sensores são utilizados no contexto da *Internet of Things*, que se trata de uma rede desses sensores, onde consegue capturar os dados, compartilhar com outros dispositivos e permite a interação com o ambiente, possibilitando uma melhor e mais rápida tomada de decisão pelos profissionais do setor construtivo (Oke *et al.*, 2023).

Para Succar (2009), o *Building Information Modeling (BIM)* se trata de um campo de conhecimento em rápida expansão dentro do setor de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operações (AECO), sendo considerado hoje como a metodologia de trabalho apoiada por tecnologias digitais mais ativa na categoria de Informática na Construção do mundo (Işikdağ, 2015). Essa metodologia possibilita a

criação e gestão digital de diversos modelos detalhados de edificações, podendo ser utilizado em qualquer fase da construção, desde o planejamento até a operação, facilitando a detecção de falhas e auxiliando na harmonia entre arquitetos, engenheiro e construtores (Azhar, 2011).

É fundamental entender que o BIM não se limita a uma inovação tecnológica, mas também implica uma transformação nos processos ao longo do ciclo de vida do edifício, e essa metodologia possibilita que as construções sejam representadas por objetos virtuais inteligentes, contendo informações detalhadas sobre suas características e interações com outros elementos (Eastman *et al.*, 2008). Para Dolla, Jain e Kumar (2023), ter o BIM como núcleo do sistema ciberfísico da construção proporciona um aprimoramento no seu ciclo de vida, uma vez que esse sistema é capaz de armazenar um enorme volume de dados e facilita seu gerenciamento.

Uma outra tecnologia que possibilita o inter-relacionamento de um grande volume de dados, é o *Big Data*. Para Aliu e Oke (2023), a gestão desses dados pode ser útil na geração de ideias para construções futuras, auxiliando na tomada de decisão dos profissionais. De forma semelhante, o *Cloud Computing* permite o monitoramento em tempo real de dados através de painéis e relatórios que são atualizados constantemente para fornecer informações fidedignas ao período em que for solicitado (Oke *et al.*, 2023). Logo, observa-se que a utilização de TDs integradas torna possível uma maior flexibilidade, comunicação e entendimento entre as equipes profissionais do setor da construção civil.

Ainda no aspecto de armazenamento e gerenciamento de dados, a Inteligência Artificial consegue, além disso, compreender e replicar processos de inteligência humana, possibilitando o aprimoramento da gestão, o monitoramento de riscos, a diminuição das falhas e a automatização de tarefas padronizadas (Nagitta *et al.*, 2022). Com o auxílio da IA, a fabricação de componentes em escala através de um arquivo digital torna-se possível. Utilizando materiais cimentícios, polímeros ou metálicos, a Impressão 3D otimiza os processos construtivos repetitivos e ainda leva a uma diminuição dos resíduos e, conseqüentemente, dos custos de uma construção (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Já a tecnologia *Blockchain* é um sistema descentralizado que viabiliza a troca segura e confiável de valores e informações entre usuários, eliminando a necessidade de intermediários (Lima, Mota e Melo Junior, 2023). No setor da construção civil, essa

tecnologia auxilia na transparência e na confiança entre as pessoas presentes na troca dos dados (Pankratov, Grigoryev e Pankratov, 2020).

2.2.2 Implementação de Tecnologias Digitais na Construção 4.0

Para Sousa *et al.* (2020), nos últimos anos, a abordagem da Construção 4.0 tem se expandido significativamente. Porém, na contramão desse crescimento, a implementação prática das inovações dessa revolução ainda não reflete plenamente todo o seu potencial teórico dentro da construção civil. Segundo Machado e Davim (2023) os principais aspectos e obstáculos para a gestão no setor da construção estão relacionados à implementação das tecnologias, formulação de estratégias e análise de dados, além da qualificação da força de trabalho e desenvolvimento de redes de colaboração.

De acordo com uma análise realizada pela Câmara Brasileira da Construção Civil (CBIC) a respeito dos desafios da indústria da construção civil, constatou-se que urge a necessidade de que as construtoras incorporem inovações tecnológicas aos seus cotidianos (CBIC, 2016). Também no ano de 2016, Portugal (2016) mostrou que algumas tímidas iniciativas vinham sendo constatadas no setor construtivo, como o uso de ferramentas computacionais nos cálculos estruturais, no georreferenciamento, no canteiro de obras e também na gestão de projetos. Porém, essas iniciativas se limitavam a algumas ferramentas, e não sistemas grandes de gestão (Portugal, 2016).

Segundo Costa (2019), soluções modernas vêm ganhando espaço em projetos de grandes dimensões, partindo de inovações em materiais de construção, instalações e até mesmo equipamentos de recursos humanos, mostrando que a indústria da construção civil brasileira está evoluindo e incluindo, gradualmente, inovações digitais no seu mercado. Uma das causas para essa evolução é o entendimento de que o uso de novas tecnologias vem se mostrando como um dos principais tópicos competitivos no mercado, ocasionando um destaque para as construtoras que as implementam mais depressa e da melhor forma (Costa, 2019).

Concordando com isso, Veza, Mladineo e Peko (2015) afirmam que a resistência à adoção das tecnologias digitais resulta em uma perda de espaço no mercado, sendo essa resistência proveniente da ignorância acerca da praticidade na obtenção de metodologias que possibilitam a integração e familiarização dos humanos

com a digitalização. Com isso, é fundamental que seja realizado um investimento por parte da empresa no incentivo ao alinhamento estratégico e tecnológico para que ocorra uma mudança no comportamento dos seus colaboradores, pois, sem essa iniciativa, é bastante provável que os ideais da empresa se mantenham os mesmos e ocasione na perda de espaço no mercado (Correia, 2022).

Dessa forma, mostra-se que é necessário, antes de tudo, que o responsável pela inovação e atualização da empresa tenha interesse em aprender e dominar tais inovações tecnológicas disponíveis em seu mercado, e não apenas isso, deve também entender como elas impactam as relações dos colaboradores dentro da empresa e a relação empresa-cliente (Costa, 2019).

2.3 BARREIRAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL LEVANTADAS NA LITERATURA INTERNACIONAL

De acordo com Dolla, Jain e Kumar (2023), a adoção de tecnologias digitais no setor da construção não depende apenas de fatores organizacionais e do envolvimento das partes interessadas, mas também sofre forte influência das condições econômicas do país. Em nações com economias em desenvolvimento, essa implementação tende a ser mais lenta devido a desafios como restrições orçamentárias, falta de incentivos governamentais e menor disponibilidade de infraestrutura tecnológica (Ikuabe *et al.*, 2023). Estes também afirmam que nesses países, muitas empresas do setor da construção ainda operam sob modelos tradicionais e enfrentam dificuldades para alocar investimentos em inovação. Esses fatores são apontados por Aliu e Oke (2023) como os principais responsáveis pela vagarosa implementação de tecnologias digitais na indústria da construção civil.

Oesterreich e Teuteberg (2016); Ioppi, Formoso e Isatto (2015); Lichtblau *et al.* (2015) expõem as consideradas principais barreiras da implementação das tecnologias na indústria da construção civil, sendo elas:

- **Alto custo de implementação:** A adoção das tecnologias da Construção 4.0 exige investimentos significativos, tanto na aquisição de equipamentos apropriados quanto na qualificação da mão de obra para seu uso eficiente;

- **Transformações organizacionais:** A introdução de novas tecnologias requer mudanças estruturais e processuais dentro das empresas do setor, o que pode

representar um obstáculo em termos de reorganização interna e adaptação à cultura da inovação;

- **Falta de padrões normativos:** Ainda há carência de diretrizes bem estabelecidas para orientar a aplicação da Construção 4.0, o que dificulta a incorporação dessas tecnologias em diferentes organizações;

- **Resistência institucional:** A relutância de organizações, especialmente empresas do setor da construção civil, em adotar novas tecnologias devido a aspectos relacionados à cultura organizacional, estruturas hierárquicas rígidas e processos consolidados ao longo do tempo. Na construção civil brasileira, muitas empresas ainda operam com modelos tradicionais, baseados em métodos comprovados ao longo das décadas, o que dificulta a implementação de inovações;

- **Resistência da comunidade:** A rejeição das partes interessadas externas, como trabalhadores, sindicatos, profissionais da construção, e até mesmo os próprios clientes, em aceitar as mudanças tecnológicas;

- **Falta de interoperabilidade entre tecnologias:** A diversidade de sistemas e softwares utilizados no setor dificulta a integração de dados e processos, gerando silos de informações e aumentando a complexidade e os custos dos projetos. A ausência de padrões comuns impede uma comunicação eficiente entre as ferramentas, comprometendo a tomada de decisões e a eficiência dos projetos;

- **Falta de conhecimento sobre o ROI (Retorno sobre Investimento):** Muitas empresas do setor não compreendem totalmente os benefícios financeiros e operacionais das tecnologias, o que dificulta a justificação do investimento necessário para sua adoção. Sem uma análise clara do ROI, os gestores hesitam em investir em inovações, temendo que os custos iniciais superem os benefícios a longo prazo;

- **Falta de capacitação e qualificação da mão de obra:** Os profissionais do setor não possuem o conhecimento técnico necessário para utilizar eficazmente as novas tecnologias digitais, o que dificulta a adoção de ferramentas. A escassez de treinamentos especializados e de programas de educação continuada impede que os trabalhadores se adaptem às novas demandas do mercado.

Logo, é fundamental disponibilizar capacitação e atualização profissional para os trabalhadores, além de contar com o suporte do governo para orientar as empresas na transição para esse novo modelo (Costa, 2019).

2.4 POLÍTICAS PÚBLICAS E INCENTIVOS À DIGITALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

Segundo EU BIM Task Group (2017), cada vez mais, países estão adotando regulamentações que exigem o uso de tecnologias digitais mais avançadas como uma forma de promover a implementação de inovações no setor da construção. Essas exigências legais têm o objetivo de impulsionar o progresso da Construção 4.0, incentivando as empresas a adotarem novas ferramentas e metodologias que podem otimizar a eficiência e a sustentabilidade dos projetos. Ao tornar a utilização dessas soluções digitais obrigatória, os governos buscam acelerar a transformação do setor, alinhando-o às tendências globais de inovação e melhoria contínua, além de garantir que as empresas estejam preparadas para enfrentar os desafios futuros da construção civil (EU BIM Task Group, 2017).

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), no Brasil, foi fundada em 1938 a Confederação Nacional da Indústria (CNI) com a finalidade de promover o desenvolvimento econômico e social do país através, dentre outras coisas, da inovação e desenvolvimento tecnológico do setor industrial brasileiro. Para alcançar esse objetivo, a adoção de tecnologias inovadoras será fundamental para que a indústria brasileira avance e acompanhe as tendências de modernização e competitividade no cenário mundial (CGEE, 2021).

De acordo com o que cita Correia (2022), a CNI estabelece sete áreas prioritárias para o seu progresso:

- 1. Adaptação das cadeias produtivas e fomento ao desenvolvimento de fornecedores:** É fundamental identificar quais cadeias produtivas precisam passar por ajustes mais rápidos para se manterem competitivas no cenário internacional. A adaptação a novas tecnologias e modelos de produção é crucial para garantir a sustentabilidade e o crescimento das empresas no mercado global. Esse processo exige que as empresas compreendam as

mudanças necessárias e invistam na qualificação e modernização de seus processos produtivos, a fim de manter a competitividade.

- 2. Incentivos à adoção de novas tecnologias:** De acordo com uma pesquisa realizada pela CNI, chamada Sondagem Especial - Indústria 4.0, que envolveu 2.225 empresas, foi identificado um entendimento inadequado sobre as tecnologias digitais e seus benefícios. Esse dado revela a necessidade de promover um esforço mais significativo para disseminar o conhecimento sobre a Indústria 4.0, especialmente em relação aos seus impactos na melhoria de processos, produtividade e competitividade. A troca de conhecimento técnico e comercial com outros países será essencial para que as empresas brasileiras adquiram o *know-how* necessário para se adaptar a essas novas demandas.
- 3. Inovação tecnológica:** A implementação da Indústria 4.0 no Brasil cria novas oportunidades para que fornecedores locais desenvolvam soluções inovadoras. Para aproveitar essas oportunidades, é necessário o fortalecimento de mecanismos de apoio ao desenvolvimento tecnológico das empresas nacionais. Isso implica em criar incentivos para que empresas de todos os tamanhos possam investir em pesquisa, desenvolvimento e inovação, garantindo uma transição bem-sucedida para um ambiente digital mais avançado.
- 4. Melhoria e expansão da infraestrutura de conectividade:** Uma das principais limitações para o avanço da Indústria 4.0 no Brasil é a infraestrutura de banda larga insuficiente, especialmente em áreas mais remotas. A conectividade é um pilar fundamental para a produção digitalizada, pois o fluxo de dados em tempo real é essencial para a eficiência dos processos industriais. Portanto, investimentos em melhorias na infraestrutura de telecomunicações e na ampliação das redes móveis são necessários para garantir que as empresas possam operar com a agilidade exigida pela Indústria 4.0.
- 5. Questões regulatórias:** A regulação no contexto da Indústria 4.0 abrange três grandes áreas: infraestrutura física (como satélites, cabos e equipamentos), aplicações digitais (como conteúdo e aplicativos) e a lógica de funcionamento, representada por padrões técnicos e protocolos de

comunicação. A regulação deve ser uma força propulsora da inovação, criando um ambiente favorável para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções. Isso envolve tanto a criação de normas claras quanto o incentivo à inovação e à adaptação do setor às exigências tecnológicas globais.

6. Desenvolvimento de competências profissionais: A chegada da Indústria 4.0 exige que os profissionais do setor produtivo adquiram novas competências e conhecimentos técnicos. A integração de tecnologias como inteligência artificial, automação e Big Data exige profissionais capacitados para lidar com essas inovações e implementar soluções eficazes. Isso implica em um esforço conjunto para oferecer programas de formação e qualificação continuada, permitindo que os trabalhadores se adaptem rapidamente às mudanças no mercado de trabalho e se tornem aptos a operar as novas tecnologias.

7. Colaboração institucional: Para que o Brasil possa aproveitar as oportunidades oferecidas pela Indústria 4.0, é necessário um esforço coordenado entre os setores público e privado. A digitalização do setor produtivo exige uma articulação entre empresas, governos e instituições de pesquisa, garantindo que as políticas públicas sejam alinhadas com as necessidades do mercado e que os investimentos em inovação sejam otimizados. A colaboração entre as partes envolvidas será fundamental para superar os desafios e promover uma transição eficaz para a nova era digital.

Como foi constatado, o interesse pelas tecnologias digitais no Brasil tem aumentado, fazendo com que o governo elabore programas de incentivo à implementação dessas tecnologias (Salgado *et al.*, 2020). Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2025), a estratégia mais difundida atualmente que partiu do governo brasileiro se trata da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*, conhecida como Estratégia BIM BR, a qual foi instituída pelo Decreto Federal Nº 9.377/18. Essa estratégia tem como objetivos principais promover a adoção do BIM no setor público e privado, estabelecer uma padronização de processos e informações, além de desenvolver a infraestrutura e capacitação do setor construtivo brasileiro.

Outros decretos como o de 5 de junho de 2017, que instituiu o Comitê Estratégico de Implementação do BIM com a finalidade de propor a Estratégia

Nacional de Disseminação do BIM, e o Decreto Nº 9.983/19, que instituiu o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, foram demasiadamente importantes para o processo de disseminação da metodologia BIM no cenário nacional, mesmo que atualmente já estejam revogados. O Decreto Nº 10.306/20, que estabelece a utilização do BIM na execução de serviços de engenharia e execução de obras realizadas por órgãos públicos para que tal metodologia seja inserida no mercado de forma gradual e evolutiva. Atualmente, está em vigor o Decreto Nº 11.888/24, que revoga e atualiza o de Nº 9.983/19, ampliando os objetivos da Estratégia BIM BR e reestruturando o Comitê Gestor. Há também a Lei Nº 14.133/2021, conhecida como a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos, a qual incorpora em seu texto a precisão do uso preferencial do BIM nos contratos públicos, sendo um grande marco para a implementação das tecnologias digitais no setor construtivo brasileiro.

Uma outra iniciativa bastante relevante para a modernização do setor da construção civil é o Projeto Construa Brasil, coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). Este projeto foi lançado com o objetivo de promover melhorias na produtividade do setor nacional atuando em diversas frentes como a desburocratização de processos e a implementação de tecnologias digitais, com destaque para o incentivo à adoção do BIM. Uma das suas diversas ações é o desenvolvimento de diretrizes para apoiar e incentivar órgãos públicos e instituições de ensino na disseminação do BIM (Brasil, 2025). Dessa forma, o Projeto Construa Brasil corrobora de forma significativa para a superação de barreiras culturais e formacionais que limitam a digitalização do setor construtivo do país.

Além de iniciativas de âmbito federal, diversos estados brasileiros têm desenvolvido medidas para impulsionar a implementação do BIM em construções executadas no setor público. Um dos pioneiros na adoção do BIM, o estado do Paraná lançou o Canal BIM PR, que facilitava a interação entre órgãos estaduais e prefeituras, além de capacitar servidores para manuseio de softwares BIM (Brasil, 2025). Além do Paraná, outros estados como o Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Maranhão e Rio Grande do Sul também implementaram diretrizes para a implementação do BIM a nível estadual (Brasil, 2025).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de sintetizar as principais barreiras para a implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil. A revisão sistemática é uma metodologia rigorosa que permite reunir e analisar criticamente estudos existentes sobre um determinado tema, proporcionando uma visão abrangente e fundamentada do assunto (Donato e Donato, 2019). A adoção dessa metodologia se justifica pela necessidade de mapear os desafios enfrentados pelo setor da construção civil no Brasil na implementação de tecnologias digitais, além de identificar e analisar de maneira crítica as barreiras abordadas por estudos nacionais, com a finalidade de colaborar com a proposição de medidas para superar tais barreiras.

Segundo Nicholson, McCrillis e Williams (2017), desde o final da década de 1980, a revisão sistemática tem se tornado uma abordagem metodológica cada vez mais utilizada em investigações científicas. Com essa crescente adoção, também surgiram diretrizes e recomendações para aprimorar a condução desse tipo de estudo. Uma delas é a abordagem PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), que se trata da versão atualizada das recomendações QUORUM (*Quality of Reporting of Meta-Analyses*) (Liberati *et al.*, 2009).

O protocolo PRISMA é amplamente utilizado para estruturar revisões sistemáticas, assegurando que o processo de seleção, análise e síntese dos estudos seja conduzido de maneira rigorosa e reprodutível (Galvão, Sawada e Trevizan, 2004). Através de 27 itens e um fluxograma estruturado, este protocolo permite também maior clareza e padronização na condução e no relato de revisões sistemáticas (Page *et al.*, 2021). Dessa forma, a aplicação desse protocolo neste estudo visa garantir que a revisão seja conduzida de forma transparente e replicável, oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas na área.

O presente capítulo detalha os procedimentos adotados para a identificação, seleção e análise dos estudos incluídos na pesquisa. O objetivo central da revisão foi identificar as principais barreiras para a implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil, apontados pela literatura brasileira. Para isso, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão, bem como uma estratégia de busca criteriosa nas bases de dados acadêmicas. O fluxograma PRISMA (Figura 3) ilustra o processo de levantamento e seleção dos artigos.

Considerando o objetivo deste trabalho e também as lacunas identificadas na literatura nacional, definiu-se como questão de pesquisa: “Quais são as principais barreiras para implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil?”. Essa pergunta busca mapear os desafios encontrados pelas empresas brasileiras do setor no processo de adoção e inserção de tecnologias nos seus processos produtivos. Orientado pela escassez de estudos nacionais sobre o tema, considerou-se essa pergunta como uma boa questão a ser respondida.

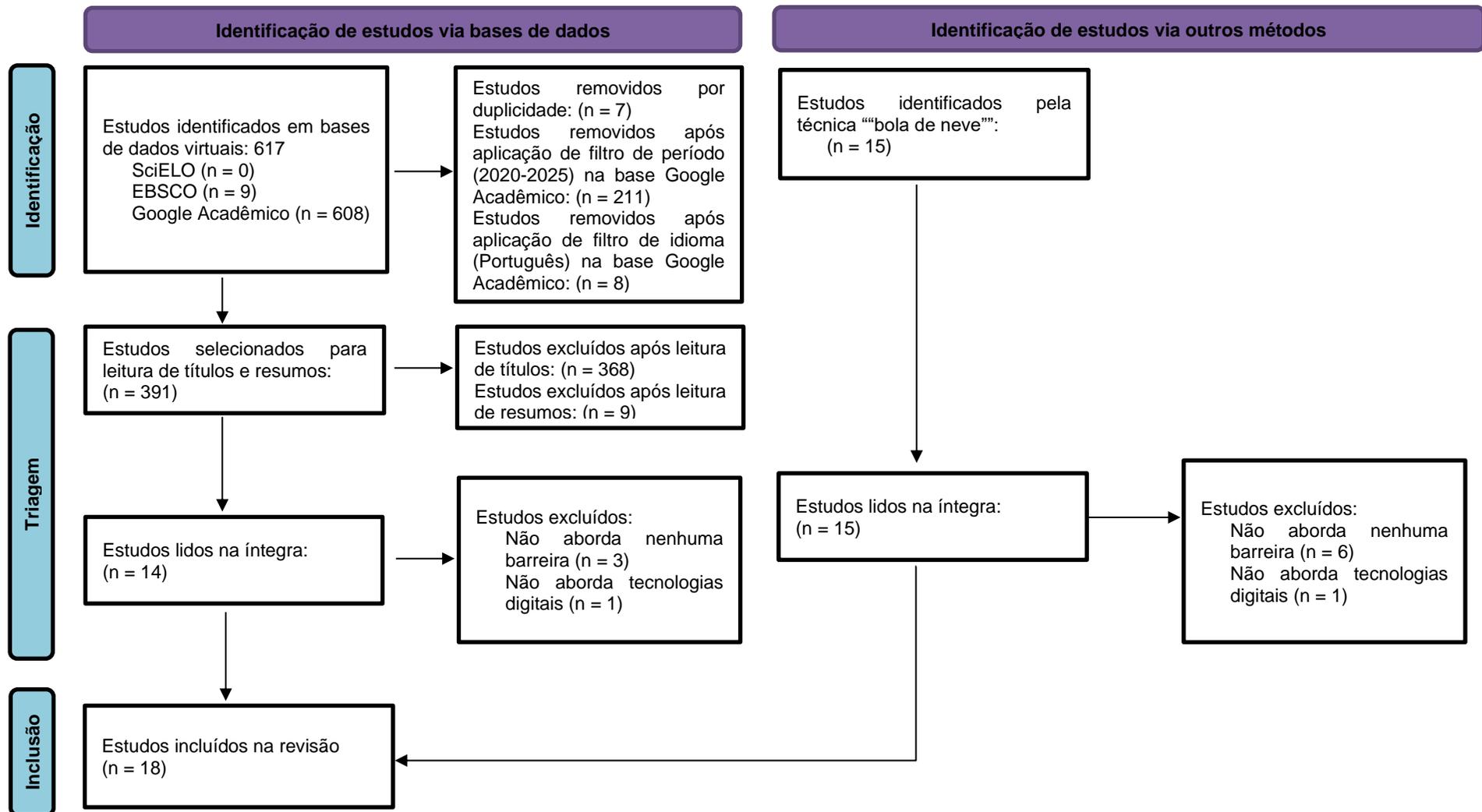
3.1 FLUXOGRAMA PRISMA

Para ilustrar o processo de seleção dos artigos, foi elaborado um fluxograma PRISMA, detalhando as quantidades de estudos encontrados, excluídos e incluídos na análise final (Figura 3). Esse fluxograma contribui para a transparência da metodologia utilizada, permitindo que outros pesquisadores compreendam e repliquem a abordagem adotada neste estudo.

Nele está exposto, de forma resumida, os critérios de exclusão e de inclusão dos artigos identificados tanto em base de dados, como pela técnica “bola de neve”. Esta técnica se trata de uma estratégia complementar de busca bibliográfica utilizada especialmente quando se deseja ampliar o número de estudos relevantes analisados em um estudo. A técnica “bola de neve” consiste em utilizar as referências de artigos já selecionados como base para encontrar outros estudos que tratam do mesmo tema, mas que não tenham sido selecionados por meio da base de dados.

Dado o número reduzido de artigos inicialmente selecionados, optou-se por aplicar o método “bola de neve”. Esse procedimento foi fundamental para aumentar a base de estudos, permitindo a inclusão de 15 artigos adicionais. A aplicação dessa técnica foi decisiva para a riqueza e profundidade da revisão sistemática, pois permitiu ao pesquisador uma análise mais abrangente de artigos que abordam as barreiras na implementação de tecnologias digitais.

Figura 3: Fluxograma PRISMA



Fonte: Autor (2025)

3.2 BASES DE DADOS

A busca pelos artigos foi realizada nas bases de dados SciELO, EBSCO e Google Acadêmico, de forma a garantir a credibilidade e relevância dos estudos analisados. Essas bases de dados foram escolhidas devido à sua ampla cobertura de publicações científicas brasileiras e a relevância dos artigos indexados.

A base SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) é uma das principais fontes de literatura científica na América Latina, fornecendo acesso a estudos revisados por pares em diversas áreas do conhecimento (Rebelo *et al.*, 2015). A base EBSCO, por sua vez, reúne uma ampla coleção de periódicos acadêmicos e técnicos de alto impacto, cobrindo tópicos específicos da construção civil e inovação tecnológica (EBSCO, 2025). Já o Google Acadêmico foi utilizado por sua abrangência e capacidade de indexar artigos de diferentes fontes, incluindo publicações institucionais e conferências científicas (Falagas *et al.*, 2008). A combinação dessas bases permitiu uma busca diversificada e representativa da literatura existente sobre o tema em questão.

3.3 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca foi estruturada para garantir um amplo levantamento de estudos relevantes sobre o tema. Após a realização de diversos testes e verificações para identificar termos que contemplassem de forma abrangente todas as bases, definiu-se a seguinte *string* de pesquisa: ("Tecnologias Digitais") AND ("Implementação") AND ("Construção Civil") AND ("Barreira") AND ("Brasil"), aplicada nas bases SciELO, EBSCO e Google Acadêmico. O uso de operadores booleanos permitiu refinar os resultados e garantir que os estudos levantados fossem diretamente relacionados ao tema.

3.4 IDENTIFICAÇÃO

Ao realizar a pesquisa com a string em cada uma das bases de dados, obteve-se a seguinte quantidade de trabalhos:

- SciELO: 0 artigo;
- EBSCO: 9 artigos;

- Google Acadêmico: 608 artigos

Devido ao grande número de trabalhos identificados pela base Google acadêmico, foi necessário aplicar filtros para otimizar a relevância dos resultados e, ao mesmo tempo, reduzir o número de artigos que não tivessem no escopo da pesquisa. Visando manter o padrão na pesquisa realizada em diferentes bases, e considerando também que na base SciELO não foi encontrado nenhum artigo, sendo ela desconsiderada para os seguintes passos, os filtros abaixo foram aplicados tanto na EBSCO como no Google Acadêmico:

- Filtro 1: Período de 2020 a 2025, resultando em 397 artigos na base Google Acadêmico e nos mesmos 9 na base EBSCO.
- Filtro 2: Idioma português, reduzindo o número de artigos do Google Acadêmico para 389 e mantendo-se os 9 da EBSCO.

Além disso, foram identificados 7 artigos duplicados na base Google Acadêmico e, conseqüentemente, retirados da análise da etapa seguinte. Assim, após a aplicação dos filtros e remoção dos artigos duplicados, restaram 382 artigos oriundos do Google Acadêmico e 9 da EBSCO. Esses artigos foram, então, submetidos a uma triagem inicial com base na leitura dos títulos.

3.5 TRIAGEM

A etapa de triagem a partir dos estudos identificados nas bases de dados iniciou-se com o total de 391 artigos a serem analisados. Nessa etapa, adotou-se critérios de inclusão e de exclusão para chegar em um número final de artigos a serem lidos na íntegra. Esses critérios estão dispostos a seguir.

3.5.1 Critérios de Inclusão

Para garantir a seleção de estudos pertinentes ao tema, foram adotados critérios rigorosos de inclusão, assegurando que apenas artigos relevantes fossem considerados para a revisão sistemática. Esses critérios foram estabelecidos com base na necessidade de analisar estudos que abordam de maneira específica as barreiras na implementação de tecnologias digitais no setor da construção civil brasileira.

Foram incluídos na revisão, estudos que atendiam aos seguintes requisitos:

- Estudos publicados entre 2020 e 2025, garantindo que a análise se baseie em pesquisas recentes e atualizadas.
- Publicações em língua portuguesa, priorizando a aplicabilidade dos resultados no contexto brasileiro.
- Estudos que abordam especificamente as barreiras na implementação de tecnologias digitais na construção civil, possibilitando uma análise aprofundada do tema.
- Apenas artigos científicos revisados por pares, assegurando a qualidade e confiabilidade das fontes.

3.5.2 Critérios de Exclusão

Foram excluídos da revisão sistemática os estudos que tinham as seguintes características:

- Artigos que não abordam diretamente as barreiras na adoção de tecnologias digitais, mesmo que tratem de inovação no setor da construção civil de forma geral;
- Estudos que tratam de setores distintos da construção civil, pois a análise é específica para essa indústria;
- Publicações que não possuíam acesso ao texto completo, impossibilitando a análise detalhada do conteúdo;
- Estudos que não se tratassem de artigos científicos, como teses e dissertações;

Após a aplicação desses critérios, ainda na etapa de leitura de títulos, foram excluídos do escopo da pesquisa 368 artigos, sendo 361 do Google Acadêmico e 7 da EBSCO, restando 23 artigos a serem analisados. Ao realizar a leitura dos resumos, descartou-se mais 9 artigos da base Google Acadêmico e nenhum da EBSCO, findando assim um total de 14 artigos a serem lidos na íntegra, sendo 12 encontrados na base do Google Acadêmico e 2 na base do EBSCO.

Desses 14 artigos restantes, constatou-se que 3 deles não realizava abordagem a nenhuma barreira para implementação de tecnologia digital e 1 outro não tratava sequer de tecnologias digitais em seu texto. Com isso, a partir das bases de dados, um total de 10 artigos foram incluídos neste estudo para contribuir nos resultados encontrados.

3.6 MÉTODO “BOLA DE NEVE”

Devido ao baixo número de artigos incluídos neste estudo a partir das bases de dados, o método “bola de neve” foi adotado para resultar em uma maior quantidade de estudos a contribuir com o objetivo deste trabalho. A partir do método “bola de neve”, analisando e filtrando através de seus títulos referenciados em outros trabalhos encontrados nas bases de dados, identificou-se 15 artigos a serem lidos na íntegra.

Após o processo de triagem, que foi realizado a partir da leitura de todo seu corpo textual, constatou-se que 6 artigos não abordavam nenhuma barreira para implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil, e outro 1 artigo não realizava abordagem sobre tecnologias digitais. Resultando assim em 8 artigos a serem incluídos no estudo, a partir do método “bola de neve”, para contribuir nos resultados encontrados.

3.7 EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A extração e análise dos dados dos 18 estudos selecionados (10 via bases de dados e 8 via método “bola de neve”) foi realizada de maneira estruturada, visando a organização e comparação dos dados de forma objetiva. Cada artigo foi analisado a partir de um protocolo pré-definido, com foco nas informações mais relevantes para a pesquisa.

O protocolo realizado durante a extração dos dados consistiu em levantar aspectos fundamentais como: o tipo de metodologia utilizada em cada estudo, as principais barreiras mencionadas para a implementação de tecnologias digitais na construção civil, o contexto em que as tecnologias foram analisadas (se em empresas, projetos específicos ou em nível nacional), e os resultados principais de cada pesquisa. Esses dados foram agrupados por categorias temáticas que emergiram

durante a análise dos artigos. As categorias identificadas permitiram agrupar as barreiras mais recorrentes, como, por exemplo, a resistência cultural dentro das empresas de construção, os altos custos de implementação e a falta de infraestrutura adequada.

A interpretação dos dados foi realizada de forma a comparar os diferentes achados dos artigos e identificar padrões emergentes. Além disso, a análise envolveu uma leitura crítica das discussões e conclusões apresentadas pelos autores dos artigos, para compreender como as barreiras foram contextualizadas em diferentes cenários da construção civil brasileira. As categorias e subcategorias identificadas durante a análise permitiram organizar os resultados de forma a apresentar de forma clara as principais barreiras e as interrelações entre elas, além de permitir a comparação entre os diferentes estudos.

3.8 SÍNTESE DOS RESULTADOS

A síntese dos resultados foi realizada a partir da análise individual e comparativa dos artigos selecionados. A partir dos dados extraídos e das categorias identificadas, foi possível estabelecer um panorama das principais dificuldades enfrentadas pelas empresas e profissionais do setor ao adotar novas tecnologias. Entre as barreiras identificadas, algumas foram mais prevalentes, como a resistência cultural por parte dos trabalhadores e gestores, que ainda possuem um receio em relação à mudança tecnológica. Outros pontos recorrentes foram a falta de qualificação da mão de obra para utilizar as novas tecnologias, e a dificuldade de adaptação das empresas às inovações tecnológicas devido a altos custos iniciais e falta de investimentos.

A síntese também permitiu agrupar as barreiras em categorias amplas, como fatores culturais, formacionais, financeiros, políticos e também de infraestrutura dos maquinários, abordando tanto a parte de software quanto de hardware. Com base nessa análise, foi possível fornecer recomendações práticas para superar as barreiras identificadas, como a necessidade de investir em treinamento de pessoal e de promover uma mudança cultural dentro das organizações para uma maior aceitação das novas tecnologias.

Essas conclusões, extraídas da análise dos artigos revisados, podem oferecer uma base inicial para futuras pesquisas e para a formulação de políticas públicas ou estratégias empresariais que visem superar as dificuldades na adoção de tecnologias digitais na construção civil no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo tem como propósito apresentar os principais achados obtidos por meio da revisão sistemática da literatura, com base na leitura e análise criteriosa dos estudos selecionados. Os dados extraídos permitiram identificar diversas barreiras enfrentadas na implementação de tecnologias digitais na construção civil no contexto brasileiro, sendo estas organizadas em categorias temáticas que refletem os principais tipos de barreira observados na literatura.

A categorização das barreiras foi fundamental para proporcionar uma estrutura mais clara e objetiva à análise, agrupando os obstáculos conforme suas características e natureza. Essa abordagem permite compreender os desafios isoladamente, e também visualizar padrões e recorrências entre os estudos, favorecendo uma interpretação mais aprofundada do cenário enfrentado pelo setor.

As categorias utilizadas nesta análise foram: Cultural, relacionada a resistências comportamentais e à cultura organizacional; Financeira, referente a custos e limitações de investimento; Formacional, ligada à capacitação e preparo técnico dos profissionais; Infraestrutura (Hardware) e Infraestrutura (Software), que dizem respeito à disponibilidade e adequação de equipamentos e sistemas digitais; Política, que trata da escassez de incentivos governamentais e apoio institucional, além da falta de normas, diretrizes e padronizações adequadas. O Quadro 2 apresenta os 18 artigos selecionados na amostra final, indicando seus respectivos autores, ano de publicação, base de dados, barreiras identificadas e metodologia utilizada.

Quadro 2 – Resumo do levantamento realizado

BASE CIENTÍFICA	TÍTULO	AUTOR	ANO	TIPO DE BARREIRA	RESUMO DA BARREIRA/DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
EBSCO	Desafios e barreiras do BIM e do Lean na construção brasileira	Sousa e Muller	2022	Cultural	Resistência à mudanças	Pesquisa quantitativa
				Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	
				Financeira	Falta de estrutura das organizações	
				Política	Ausência de políticas públicas e incentivos governamentais	
GOOGLE ACADÊMICO	Modelagem de objetos BIM para o projeto de edifícios de saúde	Souza e Fabricio	2021	Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	Revisão de literatura
	Aplicações, Desafios e Limitações dos Digital Twins na América Latina	Silveira; Cardoso e Martins	2024	Financeira	Falta de estrutura das organizações	Revisão de literatura
				Financeira	Falta de investimento em capacitação de mão-de-obra	
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
				Política	Ausência de políticas públicas e incentivos governamentais	
	Estudo Comparativo das Características Organizacionais Adotadas na Construção Civil e na Indústria da Manufatura	Maciel e Iarozinski Neto	2023	Formacional	Aumento da complexidade técnica e organizacional dos processos	Revisão de literatura
				Financeira	Alto custo de implementação	
Formacional				Falta de capacitação das pessoas envolvidas		
Infraestrutura (Hardware)				Falta de estrutura das organizações		

Quadro 2 –Resumo do levantamento realizado

BASE CIENTÍFICA	TÍTULO	AUTOR	ANO	TIPO DE BARREIRA	RESUMO DA BARREIRA/DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
GOOGLE ACADÊMICO	Análise preliminar do processo de transformação digital no setor da construção civil sob as perspectivas social, técnica e operacional	Fernandes e Costa	2022	Cultural	Resistência a mudanças	Pesquisa qualitativa
				Financeira	Alto custo de implementação	
				Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	
	Barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0	Soares e Haito	2023	Infraestrutura (Hardware)	Capacidade das tecnologias instaladas	Revisão de literatura
				Infraestrutura (Software)	Cibersegurança e privacidade	
				Cultural	Resistência a mudanças	
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
				Financeira	Falta de investimento em capacitação de mão-de-obra	
				Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	
	Transformação digital a percepção de participantes de uma rede de inovação da construção civil brasileira	Lima; Cândido e Barros Neto	2024	Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	Pesquisa quantitativa
				Cultural	Resistência a mudanças	
				Infraestrutura (Software)	Perca de dados	
				Financeira	Falta de investimento em capacitação de mão-de-obra	
				Infraestrutura (Software)	Cibersegurança e privacidade	

Quadro 2 –Resumo do levantamento realizado

BASE CIENTÍFICA	TÍTULO	AUTOR	ANO	TIPO DE BARREIRA	RESUMO DA BARREIRA/DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
GOOGLE ACADÊMICO	O impacto da Inteligência Artificial na gestão de projetos: Aplicações, benefícios e desafios	Verrel e Julkovski	2024	Financeira	Alto custo de implementação	Pesquisa qualitativa
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
				Política	Ausência de regulamentação	
				Cultural	Resistência a mudanças	
	Proposta de ferramenta para diagnóstico do grau de inovação percebido em empresas do ambiente construído	Timm <i>et al.</i>	2023	Cultural	Resistência a mudanças	Pesquisa quantitativa
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
“BOLA DE NEVE”	Aplicações de BIM, RPA e Visão Computacional de forma integrada para o planejamento e controle da segurança em canteiros de obras	Peinado e Costa	2023	Cultural	Foco das organizações em implementar uma tecnologia por vez, e não em conjunto	Revisão de literatura
	Barreiras para o uso da tecnologia da informação na construção civil	Nascimento e Santos	2002	Cultural	Resistência a mudanças	Revisão de literatura
				Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
				Financeira	Falta de investimento em capacitação de mão-de-obra	
				Infraestrutura (Software)	Cibersegurança e privacidade	
				Financeira	Alto custo de implementação	

Quadro 2 –Resumo do levantamento realizado

BASE CIENTÍFICA	TÍTULO	AUTOR	ANO	TIPO DE BARREIRA	RESUMO DA BARREIRA/DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
“BOLA DE NEVE”	Blockchain e Contratos Inteligentes na construção civil 4.0	Lima; Mota e Melo Júnior	2023	Financeira	Alto consumo de energia	Revisão de literatura
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
	Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal	Carmona e Carvalho	2017	Financeira	Alto custo de implementação	Pesquisa qualitativa
				Financeira	Falta de investimento em capacitação de mão-de-obra	
	Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira	Simão <i>et al.</i>	2019	Política	Ausência de políticas públicas e incentivos governamentais	Revisão de literatura
				Financeira	Alto custo de implementação	
				Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	
				Infraestrutura (Hardware)	Falta de estrutura das organizações	
	Princípios e aplicações da Indústria 4.0 na construção civil	Dias e Zamunér Filho	2023	Financeira	Alto custo de implementação	Revisão de literatura
				Cultural	Resistência a mudanças	
				Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	
				Infraestrutura (Hardware)	Falta de estrutura das organizações	

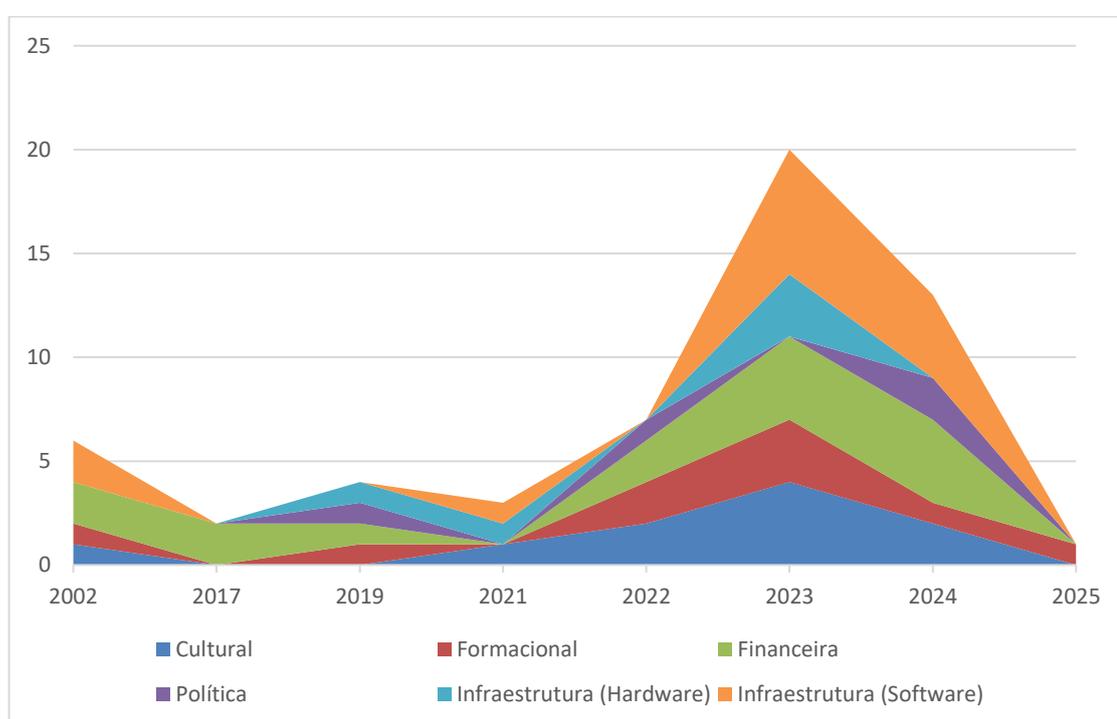
Quadro 2 –Resumo do levantamento realizado

BASE CIENTÍFICA	TÍTULO	AUTOR	ANO	TIPO DE BARREIRA	RESUMO DA BARREIRA/DESCRIÇÃO	METODOLOGIA
“BOLA DE NEVE”	Tecnologias digitais utilizadas pela indústria da construção civil	Silva <i>et al.</i>	2021	Infraestrutura (Hardware)	Falta de estrutura das organizações	Pesquisa quantitativa
				Cultural	Resistência a mudanças	
	Investigação das aplicações integradas de Inteligência Artificial e BIM na indústria da construção civil	Alves; Palha e Almeida Filho	2023	Infraestrutura (Software)	Falta de padronização dos dados	Revisão de literatura
	Sistema de medição de maturidade para transformação digital na fase de construção sob uma perspectiva sociotécnica	Fernandes e Costa	2025	Formacional	Falta de capacitação das pessoas envolvidas	Pesquisa qualitativa

Fonte: Autor (2025)

Para complementar a análise quantitativa das barreiras, elaborou-se um gráfico que relaciona a frequência com que cada categoria foi identificada nos estudos com o respectivo ano de publicação dos artigos (Figura 4). Essa visualização permite observar a distribuição temporal das barreiras e identificar possíveis tendências, como o aumento ou diminuição da ênfase em determinadas categorias ao longo do tempo. Além disso, o gráfico contribui para compreender como a discussão sobre os desafios na implementação de tecnologias digitais na construção civil tem evoluído nos últimos anos.

Figura 4: Frequência de citações das categorias por ano dos artigos



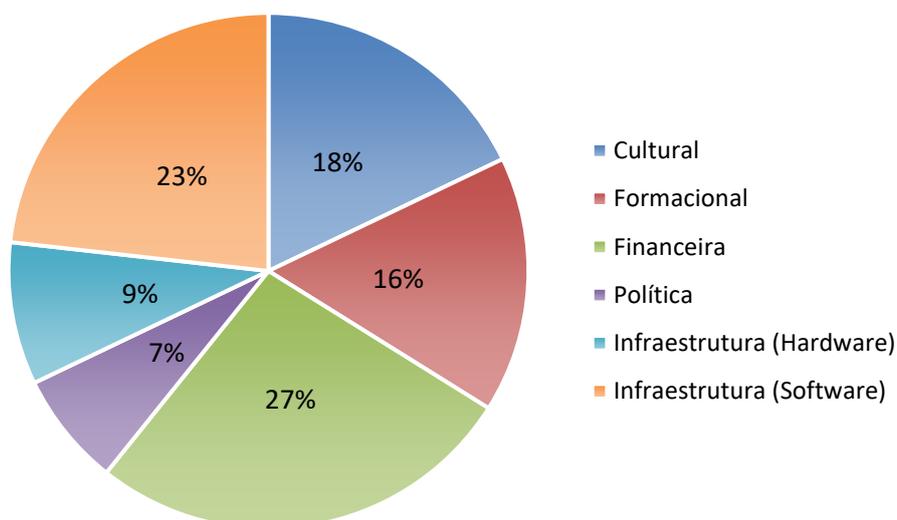
Fonte: Autor (2025)

A partir do gráfico, nota-se que existe grande semelhança no comportamento de cada categoria, com todas atingindo o seu ápice de citações no ano de 2023 e sofrendo uma queda de aparições no ano seguinte – possivelmente devido a menor quantidade de publicações recentes até o momento. Esse pico pode ser justificado pelo fato de as tecnologias estarem sendo cada vez mais aplicadas no setor da construção civil e, com isso, tornando mais perceptíveis as barreiras encontradas na tentativa de implementação. Além disso, é importante considerar que estudos demandam tempo de desenvolvimento e publicação. Dessa forma, o aumento no número de citações em determinados anos não reflete necessariamente um

crescimento nas implementações naquele exato período, mas sim em um momento anterior, o que evidencia um possível descompasso temporal entre a prática e a produção científica.

Outra forma de apresentação visual a fim de proporcionar melhor entendimento acerca da frequência de barreiras encontradas por este estudo está mostrada abaixo na Figura 5. Este gráfico mostra que a maior categoria de barreiras encontrada é a barreira financeira, com o alto custo de implementação sendo a descrição mais frequente encontrada. Apesar de diferentes quantidades encontradas para cada categoria de barreiras, todas elas impactam de forma significativa a evolução e implementação das tecnologias digitais no setor da construção civil no Brasil.

Figura 5: Frequência de citações de cada categoria de barreiras encontradas



Fonte: Autor (2025)

Nos tópicos seguintes, cada uma dessas categorias será explorada individualmente, sendo discutidas à luz dos dados encontrados nos estudos analisados. A apresentação dos resultados busca evidenciar os principais entraves que ainda limitam a adoção efetiva de tecnologias digitais no setor da construção civil brasileira, oferecendo, assim, subsídios relevantes para pesquisadores, profissionais e formuladores de políticas públicas.

4.1 BARREIRAS CULTURAIS

A categoria Cultural reúne barreiras relacionadas a aspectos comportamentais, organizacionais e à resistência à mudança por parte dos profissionais e das empresas do setor. Em geral, essas barreiras estão ligadas à mentalidade tradicional ainda predominante na construção civil brasileira, que historicamente opera com métodos convencionais e demonstra baixa propensão à inovação. A falta de compreensão sobre os benefícios das tecnologias digitais, o receio de alterar rotinas estabelecidas e o conservadorismo organizacional compõem esse conjunto de entraves que dificultam a transformação digital no setor (Wang *et al.*, 2021).

Diversos estudos levantados apontaram que uma das principais barreiras culturais é a resistência à mudança por parte de gestores e colaboradores (Dias e Zamunér Filho, 2023; Fernandes e Costa, 2022; Lima, Cândido e Neto, 2024; Nascimento e Santos, 2002; Silva *et al.*, 2021; Silva Soares e Haito, 2023; Sousa e Muller, 2022; Timm *et al.*, 2023; Verrel e Julkovski, 2024). Timm *et al.* (2023) cita ainda que muitos profissionais demonstram desconfiança em relação às TDs, acreditando que sua adoção pode comprometer a produtividade ou exigir esforços de adaptação que não compensam o investimento.

Outra barreira descrita é a dificuldade imposta pela organização no tocante à inserção de mais de uma tecnologia de uma só vez, fato que muitas vezes torna mais fácil e fluida a adaptação dos colaboradores com as novas tecnologias e a comunicação entre uma tecnologia e outra (Peinado e Costa, 2023). Essa barreira também está relacionada a fatores financeiros, que acabam motivando tal postura por parte das organizações, visto que a implementação de apenas uma TD já é, de uma forma geral, bastante onerosa. Quando se tenta a implementação de forma conjunta, o cenário se torna ainda mais oneroso, e, conseqüentemente, mais suscetível a desistência por parte da gestão da organização.

Além disso, estudos como o de Sousa e Muller (2022) destacam que muitas empresas buscam retornos imediatos à aplicação de novas tecnologias, chegando a esperar mudanças significativas já no primeiro ano após a implementação. Isso faz com que, por conta desse imediatismo, a empresa desista de prosseguir com a implementação da TD, e retorne aos métodos usados anteriormente. É importante mencionar que, na verdade, esses métodos nunca deixaram de ser utilizados, visto

que os gestores ainda possuem desconfianças quanto a eficiência das tecnologias, como visto no estudo realizado por Timm *et al.* (2023), onde pessoas do setor afirmam acreditar que o retorno do investimento não é garantido.

Um fator destacado por Verrel e Julkovski (2024), e também por Soares e Haito (2023), é o receio quanto aos impactos da implementação das TDs, o que contribui significativamente para a resistência observada em muitas empresas. Essa resistência está ligada à imaturidade em compreender os reais benefícios que as tecnologias podem trazer para as equipes. Muitos profissionais, em diferentes níveis hierárquicos, temem ser substituídos pelas inovações, em vez de enxergá-las como uma oportunidade de crescimento. Assim, ao invés de buscar capacitação e acompanhar a evolução tecnológica junto à empresa, optam por manter práticas tradicionais, motivados pelo medo de perder espaço para as novas ferramentas.

A limitação no acesso a informações claras e detalhadas sobre os benefícios da adoção das TDs também é um dos fatores que contribuem para a manutenção de uma cultura resistente à transformação digital no setor (Dias e Zamunér Filho, 2023). Quando os benefícios não são claramente comunicados ou compreendidos, gestores e colaboradores tendem a enxergar as tecnologias digitais como investimentos arriscados ou desnecessários. Essa percepção limita o engajamento com iniciativas inovadoras e reforça práticas convencionais, muitas vezes ineficientes. Além disso, a ausência de exemplos práticos e casos de sucesso no contexto nacional contribui para a manutenção do ceticismo quanto à efetividade dessas soluções, dificultando ainda mais sua adoção em larga escala.

Nos estudos analisados neste trabalho que adotaram metodologia de pesquisa quantitativa e abordaram a resistência organizacional frente às mudanças geradas pela implementação de TDs, observa-se que essa barreira ocupa, no mínimo, as duas primeiras posições entre os obstáculos mais recorrentes. No estudo de Sousa e Muller (2022), que investigou a implementação conjunta do *Lean Construction* e do BIM, a resistência à mudança foi apontada como a barreira mais mencionada pelos grupos entrevistados. De forma semelhante, a pesquisa realizada por Lima, Cândido e Neto (2024), voltada para as dificuldades no processo de transformação digital em empresas do setor da construção, indicou a resistência às mudanças culturais como a segunda barreira mais relevante identificada. Já no trabalho de Silva *et al.* (2021), a justificativa predominante das empresas para não adotar TDs foi a percepção de

que tais tecnologias não seriam necessárias, demonstrando não apenas resistência à mudança, mas também uma subestimação do valor agregado que a digitalização pode proporcionar.

Para Fernandes e Costa (2022), que adotaram uma abordagem qualitativa por meio de entrevistas com representantes de sete organizações atuantes no setor da construção civil, a resistência por parte das pessoas envolvidas nos processos de transformação digital destacou-se como a barreira mais recorrente nas respostas obtidas. Dentre as seis respostas consolidadas referentes às principais dificuldades enfrentadas, essa barreira foi citada em três, evidenciando a força desse fator como entrave à modernização do setor.

Esse panorama evidencia como a cultura organizacional tradicional ainda exerce forte influência no ritmo de modernização do setor. A ausência de uma mentalidade aberta à inovação, aliada ao receio de perdas de controle, aumento de complexidade ou até substituição de postos de trabalho, limita a disposição para mudanças estruturais. Isso reforça a importância de estratégias de gestão da mudança e de comunicação interna eficazes para mitigar essa barreira, promovendo uma cultura mais receptiva à inovação tecnológica.

4.2 BARREIRAS FINANCEIRAS

A barreira financeira foi amplamente citada nos estudos analisados, revelando-se como um dos principais entraves para a adoção de TDs no setor da construção civil brasileira. Essa categoria contempla todos os obstáculos relacionados à limitação de recursos financeiros, alto custo de aquisição, manutenção e atualização de tecnologias, bem como a dificuldade de acesso a linhas de crédito ou incentivos que viabilizem economicamente os investimentos em inovação.

Para Sousa e Muller (2022), as barreiras financeiras são recorrentes nos estudos que analisam os entraves à implementação de TDs na construção civil brasileira. Essas dificuldades se manifestam de forma especialmente intensa em micro, pequenas e médias empresas, que representam a maior parte do setor (Silveira, Cardoso e Martins, 2024). Tais organizações geralmente operam com margens de lucro reduzidas e apresentam limitações significativas de capital para realizar investimentos em inovação tecnológica (Lima, Mota e Melo Junior, 2023).

Os altos custos envolvidos na aquisição de tecnologias digitais, como softwares de modelagem e simulação, dispositivos de automação, sensores, drones e infraestrutura de conectividade, são apontados como obstáculos de primeira ordem por Dias e Zamunér Filho (2023). Além dos custos com aquisição, como destacado por Soares e Haito (2023), há a necessidade de investimentos contínuos com licenças, atualizações, manutenção e suporte técnico, o que eleva o comprometimento financeiro das empresas e dificulta a viabilidade da adoção tecnológica. A isso se soma o custo com capacitação de equipes e reestruturação de processos internos, indispensáveis para o uso eficaz das tecnologias, e que também exigem recursos financeiros que muitas empresas não possuem (Verrel e Julkovski, 2024).

Essa dificuldade é agravada pela percepção recorrente de que os retornos econômicos dessas tecnologias ocorrem apenas no médio ou longo prazo (Sousa e Muller, 2022). Em contextos marcados por alta competitividade e instabilidade financeira, as empresas tendem a priorizar investimentos com retorno mais imediato, o que limita o espaço para inovações digitais (Silveira, Cardoso e Martins, 2024). Para Simão *et al.* (2019), tal percepção compromete o interesse e a disposição para arriscar capital em tecnologias cujo impacto positivo ainda não é plenamente compreendido ou mensurado pelos gestores. Por conta dessa insegurança, as empresas optam por manter métodos tradicionais de produção e gestão, por considerarem mais seguros do ponto de vista financeiro (Sousa e Muller, 2022).

Além disso, a escassez de incentivos fiscais, subsídios governamentais e políticas públicas específicas para a transformação digital da construção civil no Brasil contribui para a manutenção de um ambiente pouco atrativo para investimentos em tecnologia, prejudicando o setor em termos financeiros e retardando seu crescimento. O apoio público é considerado essencial não apenas para financiar a aquisição de tecnologias, mas também para fomentar a capacitação técnica e disseminar conhecimento sobre os benefícios da digitalização (Nascimento e Santos, 2002).

Outro ponto crítico é a dificuldade de acesso a linhas de crédito voltadas especificamente para inovação tecnológica. Muitas empresas relataram não conseguir recursos junto a instituições financeiras, seja por não se enquadrarem nos critérios exigidos, seja por desconhecimento dos mecanismos disponíveis (Carmona e Carvalho, 2017). Essa lacuna financeira reforça a concentração tecnológica em

grandes construtoras, que dispõem de maior poder de investimento, e acentua a desigualdade tecnológica dentro do próprio setor (Simão *et al.*, 2019).

Outro fator que encarece a implementação é o fato de que a maior parte das tecnologias digitais aplicadas à construção civil são desenvolvidas em países com contextos econômicos, regulatórios e operacionais diferentes do brasileiro. Isso demanda adaptações técnicas e operacionais que geram novos custos e exigem mão de obra qualificada, que também é escassa e cara (Nascimento e Santos, 2002). A dificuldade em encontrar soluções nacionais acessíveis e adaptadas à realidade local reforça a dependência de tecnologias importadas e aumenta a barreira financeira para empresas que desejam inovar (Nascimento e Santos, 2002).

Por fim, destaca-se que as barreiras financeiras não se manifestam de forma isolada, mas estão frequentemente interligadas a outras limitações, como barreiras culturais, falta de conhecimento técnico, carência de planejamento estratégico e resistência à mudança (Fernandes e Costa, 2022). A ausência de uma cultura organizacional voltada à inovação faz com que a alocação de recursos em tecnologia seja vista como um gasto e não como investimento estratégico (Carmona e Carvalho, 2017).

Dessa forma, a superação das barreiras financeiras requer uma abordagem sistêmica, que envolva políticas públicas efetivas, acesso facilitado a financiamento, desenvolvimento de soluções tecnológicas mais acessíveis e um esforço conjunto das empresas para repensar seus modelos de negócios à luz das oportunidades da Construção 4.0.

4.3 BARREIRAS FORMACIONAIS

A implementação de tecnologias digitais no setor da construção civil brasileira enfrenta um conjunto robusto de barreiras formacionais, que estão diretamente ligadas à falta de qualificação técnica, capacitação insuficiente e desalinhamento entre as competências exigidas pelas novas tecnologias e a formação tradicional dos profissionais da área (Lima, Cândido e Neto, 2024). Para Soares e Haito (2023), tais entraves afetam diretamente a efetividade da transformação digital nas empresas, gerando um ciclo de baixa produtividade, desperdício de investimentos e estagnação tecnológica.

Uma das principais barreiras relatadas nos estudos refere-se à ausência de mão de obra especializada para lidar com as tecnologias emergentes. Segundo Maciel e Iarozinski Neto (2023), a digitalização da construção exige colaboradores com competências técnicas multidisciplinares e capacidade de atuar em ambientes complexos e dinâmicos, algo que muitas empresas, principalmente as de pequeno porte, não conseguem suprir com os profissionais disponíveis. A escassez de pessoal qualificado em todos os níveis da organização acaba limitando a adoção e o uso estratégico de tecnologias como o BIM, IoT, sensores inteligentes e ferramentas de automação (Maciel e Iarozinski Neto, 2023).

Além disso, a concentração de treinamentos em cargos estratégicos, como engenheiros e gestores, e a falta de capacitação dos trabalhadores da linha de frente representa um dos maiores desafios observados por Fernandes e Costa (2025). Diversas empresas, mesmo quando os projetos já estão sendo desenvolvidos em BIM, os operários continuam utilizando plantas em CAD ou mesmo plantas impressas, por não terem sido treinados adequadamente para interpretar os novos modelos (Fernandes e Costa, 2025). Esse cenário resulta em um descompasso entre o planejamento digital e a execução física, comprometendo os benefícios que as tecnologias poderiam proporcionar em termos de eficiência e redução de erros (Sousa e Muller, 2022).

No mesmo sentido, Fernandes e Costa (2022) observaram que as iniciativas de capacitação geralmente incluem ações como treinamentos internos, consultorias, cursos online, congressos e parcerias com universidades. No entanto, essas ações não são sistematizadas nem contínuas, e frequentemente não chegam aos níveis operacionais. Ainda que haja esforços pontuais de treinamento, a ausência de uma política estruturada de qualificação contínua impede a consolidação da transformação digital no cotidiano das obras (Fernandes e Costa, 2025).

Outro ponto crítico refere-se às novas competências comportamentais exigidas pela digitalização, como resiliência, flexibilidade, inteligência emocional e capacidade de adaptação. As empresas que buscam implantar a Construção 4.0 precisam de profissionais não apenas com domínio técnico, mas também com habilidade de tomar decisões baseadas em dados fornecidos pelas tecnologias inteligentes, como ressaltado por Soares e Haito (2023). A falta dessas competências pode resultar em sobrecarga psicológica, estresse, e até em resistência ativa por parte dos

trabalhadores, que se sentem inseguros e pressionados pelo desconhecimento (Soares e Haito, 2023).

A resistência à mudança é um elemento que também está associado às barreiras formacionais presentes na construção civil brasileira, pois a relutância em adquirir conhecimentos acerca do funcionamento de tecnologias digitais corrobora com a baixa quantidade de profissionais hábeis a trabalhar com tais inovações. Sousa e Muller (2022) identificaram que muitos executivos do setor reconhecem a baixa adesão dos profissionais às novas tecnologias e métodos de gestão como o BIM e o *Lean*. Além da falta de treinamento, a cultura organizacional conservadora, a ausência de liderança transformadora e a falta de visão de longo prazo agravam ainda mais a dificuldade de implementar inovações tecnológicas com sucesso (Sousa e Muller, 2022).

Barreiras formacionais também possuem raízes históricas. O estudo de Nascimento e Santos (2002) já alertava para os baixos níveis educacionais da mão de obra que atua nos canteiros de obras, o que inviabiliza o uso de tecnologias mais sofisticadas, como realidade virtual e comunicação avançada. Mesmo passadas mais de duas décadas, esse cenário ainda persiste, demonstrando que a transformação digital no setor não pode ser pensada apenas em termos de aquisição tecnológica, mas deve considerar, prioritariamente, a inclusão formativa dos trabalhadores (Fernandes e Costa, 2022).

Além dos aspectos técnicos e operacionais, há ainda dimensões subjetivas e individuais que interferem na adoção de novas práticas. Lima, Cândido e Barros Neto (2024) apontam que a formação deficiente, a resistência à mudança e a falta de tempo para aprender são barreiras relatadas pelas próprias empresas participantes de uma rede de inovação da construção civil. A formação inicial dos profissionais muitas vezes é desconectada das exigências contemporâneas, e a ausência de incentivo institucional ao aprendizado contínuo perpetua o descompasso entre o avanço das tecnologias e a capacidade de utilizá-las de forma estratégica (Lima, Cândido e Neto, 2024).

Em síntese, a superação das barreiras formacionais exige ações integradas e de longo prazo, que vão além da realização pontual de cursos. É necessário construir estratégias institucionais de desenvolvimento humano, voltadas à formação técnica,

mas também ao desenvolvimento de competências interpessoais e à gestão da mudança organizacional. A capacitação deve envolver todos os níveis hierárquicos, desde a alta liderança até os operários de campo, reconhecendo que a transformação digital é, antes de tudo, uma transformação cultural e humana, conforme apontam os princípios da Indústria 5.0.

4.4 BARREIRAS DE INFRAESTRUTURA (HARDWARE)

As barreiras relacionadas à infraestrutura, estão especialmente relacionadas ao hardware necessário para o funcionamento eficiente das tecnologias digitais emergentes. Essa limitação estrutural compromete diretamente a capacidade das empresas do setor em acompanhar os avanços tecnológicos e explorar plenamente os benefícios da digitalização (Dias e Zamunér Filho, 2023).

Segundo Soares e Haito (2023), uma das barreiras mais críticas é a capacidade limitada das tecnologias instaladas, especialmente no que se refere ao hardware e aos sistemas computacionais. De acordo com o autor, muitas empresas não possuem infraestrutura física adequada para suportar tecnologias como BIM, Internet das Coisas (IoT), *Machine Learning* e *Big Data* (Soares e Haito, 2023). As falhas em componentes de hardware, associadas à instabilidade de redes físicas, como interrupções frequentes e congestionamento de dados, impactam negativamente a captura, transmissão e análise das informações — funções essenciais para o funcionamento das tecnologias da Construção 4.0 (Soares e Haito, 2023).

Portanto, equipamentos defasados e com baixo desempenho dificultam a execução de processos mais complexos, como simulações em tempo real e modelagens 3D. Além disso, o consumo elevado de energia por algumas dessas tecnologias, como o *Blockchain*, requer uma infraestrutura elétrica robusta e confiável, o que nem sempre está presente nos canteiros de obra no Brasil (Lima, Mota e Melo Junior, 2023). A falta de uma infraestrutura adequada de energia e conectividade torna-se, portanto, um entrave real para a operação contínua e eficiente desses dispositivos (Lima, Mota e Melo Junior, 2023)

No estudo de Simão *et al.* (2019), os profissionais da construção civil destacaram a falta de estrutura das empresas como uma das principais barreiras para

adoção de TDs. Essa estrutura deficiente se traduz, entre outros fatores, na escassez de equipamentos adequados nos canteiros, ausência de integração entre sistemas, e limitação na instalação de dispositivos inteligentes. Tais fatores não apenas impedem o uso de tecnologias avançadas como também afetam negativamente a produtividade e qualidade das obras (Simão *et al.*, 2019).

Essa carência de infraestrutura também foi abordada por Dias e Zamunér Filho (2023), ao afirmarem que o uso de tecnologias digitais exige a presença de equipamentos computacionais nos canteiros de obras, o que representa um desafio tanto em termos logísticos quanto de investimento. A dificuldade de transportar, instalar e manter esses equipamentos em ambientes muitas vezes hostis e instáveis da construção civil brasileira adiciona uma camada de complexidade à digitalização do setor (Dias e Zamunér Filho, 2023).

Por fim, o estudo de Maciel e Iarozinski Neto (2023) evidencia que a própria estrutura organizacional rígida e centralizadora das empresas do setor contribui para o não investimento e atualização dos sistemas de hardware. Essa postura conservadora, aliada à resistência a mudanças, dificulta o desenvolvimento de ambientes mais abertos à inovação, onde o investimento em infraestrutura tecnológica seria mais bem aproveitado (Maciel e Iarozinski Neto, 2023).

Portanto, torna-se evidente que a superação das barreiras de infraestrutura relacionadas ao hardware exige ações estratégicas, como a modernização dos equipamentos, investimentos em conectividade, planejamento de manutenção e atualização constante dos dispositivos tecnológicos. Sem essas medidas, a implementação de TDs continuará sendo limitada, comprometendo o desenvolvimento tecnológico e a competitividade da construção civil no Brasil.

4.5 BARREIRAS DE INFRAESTRUTURA (SOFTWARE)

A implementação de tecnologias digitais na construção civil brasileira enfrenta uma série de entraves relacionados à infraestrutura de software. Tais barreiras não se limitam apenas à ausência de ferramentas tecnológicas adequadas, mas envolvem um conjunto complexo de desafios técnicos, organizacionais e normativos que comprometem a integração, o funcionamento e a eficácia das soluções digitais aplicadas ao setor.

Um dos principais obstáculos diz respeito à falta de padronização de dados e objetos digitais, especialmente no uso do *Building Information Modeling* (BIM). Conforme apontado por Souza e Fabricio (2021), a ausência de critérios unificados para modelagem de objetos dificulta o pleno aproveitamento do potencial de interoperabilidade do BIM. Esse problema é também evidenciado por Alves, Palha e Almeida Filho (2023), que destacam a fragmentação das informações ao longo do ciclo de vida das construções, o que dificulta o compartilhamento e o reaproveitamento de dados entre diferentes plataformas e projetos.

Além disso, a falta de integração entre sistemas digitais representa uma barreira crítica para o setor. A articulação entre softwares distintos, como BIM, ERPs e ferramentas baseadas em inteligência artificial, exige além de uma infraestrutura robusta, níveis elevados de compatibilidade e interoperabilidade, sem os quais a eficiência e benefícios da adoção de tecnologias digitais ficam comprometidos (Verrel e Julkovski, 2024; Fernandes e Costa, 2022).

A segurança da informação constitui outro desafio importante relacionado à infraestrutura de software. Conforme demonstram Soares e Haito (2023), a vulnerabilidade dos sistemas digitais frente a ataques cibernéticos, violações de dados e práticas inseguras representa um risco elevado para empresas que pretendem adotar tecnologias da Construção 4.0. A proteção de informações sensíveis, a conformidade com legislações de privacidade e a necessidade de protocolos de segurança mais robustos são pontos críticos a serem enfrentados. Essa preocupação é compartilhada por Lima, Mota e Melo Junior (2023), que já alertavam sobre as incertezas relativas à integridade e proteção dos dados quando hospedados em redes digitais, principalmente em ambientes com conexões instáveis ou de baixa qualidade.

Outro entrave diz respeito à desorganização dos dados e ausência de estrutura informacional adequada para sustentar os sistemas digitais. Verrel e Julkovski (2024) relatam que, mesmo quando as ferramentas estão disponíveis, a desorganização interna e a falta de curadoria dos dados comprometem a funcionalidade de sistemas baseados em IA. Soma-se a isso a dificuldade de conversão de conhecimento tácito em informações sistematizadas, o que limita a aplicação de soluções inteligentes no ambiente da construção civil (Alves, Palha e Almeida Filho, 2023).

A falta de padrões referenciais e protocolos técnicos compartilhados também se mostra como um gargalo para o avanço da digitalização no setor. Lima, Mota e Melo Junior (2023) observam que a ausência de normas para orientar a utilização de tecnologias como o *Blockchain* e os contratos inteligentes dificulta sua aplicação prática, sobretudo em ambientes onde predominam práticas tradicionais e pouca articulação entre agentes do setor. Isso reforça a necessidade de desenvolvimento de diretrizes nacionais que orientem a aplicação padronizada das tecnologias digitais, reduzindo incertezas operacionais e jurídicas.

Por fim, destaca-se que a infraestrutura digital adequada, incluindo conectividade confiável, servidores de alto desempenho e plataformas colaborativas, ainda é insuficiente em muitos contextos da construção civil nacional. A carência de sistemas de comunicação eficazes e a limitação no acesso a softwares especializados impactam diretamente a adoção de soluções como Gêmeos Digitais e aplicações integradas com IA (Silveira, Cardoso e Martins, 2024); (Verrel e Julkovski, 2024). Essa realidade indica que a infraestrutura de software, embora menos tangível que a de hardware, é igualmente essencial para o sucesso da transformação digital no setor.

Assim, as barreiras de infraestrutura relacionadas à softwares vão além da simples ausência de tecnologias. Elas envolvem aspectos interligados como padronização, segurança, interoperabilidade, organização de dados e capacidade institucional de lidar com a complexidade dos sistemas digitais. Superá-las exige não apenas investimento tecnológico, mas sobretudo o desenvolvimento de políticas públicas, estratégias organizacionais e capacitação técnica contínua.

4.6 BARREIRAS POLÍTICAS

As barreiras políticas configuram-se como um dos fatores mais relevantes e estruturais que dificultam a implementação de tecnologias digitais na construção civil brasileira. Essas barreiras não se limitam apenas à escassez de regulamentações específicas, mas também abrangem a falta de políticas públicas robustas, de incentivos fiscais e financeiros, de estratégias nacionais voltadas à inovação tecnológica, e de uma atuação governamental articulada com o setor produtivo. A

carência de um ecossistema político-institucional favorável afeta diretamente a capacidade das empresas do setor de se adaptarem às exigências da Indústria 4.0.

Uma das principais limitações apontadas na literatura está relacionada à escassez de políticas públicas estruturadas que incentivem a adoção de tecnologias digitais. A pesquisa de Silveira, Cardoso e Martins (2024) revela que tecnologias como os Gêmeos Digitais, embora com elevado potencial para revolucionar setores como a educação, a saúde e a infraestrutura, enfrentam sérios entraves para sua implementação, em grande parte pela falta de políticas públicas que estimulem sua disseminação. A elaboração, ainda que recente, de um planejamento estratégico nacional para impulsionar a transformação digital do setor de construção civil, a Estratégia BIM BR, proporciona um cenário um pouco mais esperançoso quanto ao seu desenvolvimento, porém, remetendo às barreiras de natureza formacionais e culturais, o avanço ainda ocorre de forma vagarosa e resistente.

Outro obstáculo importante é a falta de regulamentações específicas e atualizadas que orientem a aplicação segura e eficiente das novas tecnologias no setor. Verrel e Julkovski (2024) destacam que, no caso da inteligência artificial, a ausência de normas regulatórias claras gera insegurança jurídica, especialmente no que se refere à proteção de dados, uso ético da tecnologia, e responsabilidade sobre decisões automatizadas. Essa lacuna normativa não apenas desencoraja o investimento em inovação, mas também cria um ambiente de incerteza que compromete o desenvolvimento de soluções tecnológicas sob parâmetros legais bem definidos. A regulamentação é fundamental para garantir padrões mínimos de qualidade, interoperabilidade e segurança, além de orientar o mercado sobre as boas práticas no uso das novas ferramentas digitais (Verrel e Julkovski, 2024).

A inércia governamental quanto ao papel do Estado como fomentador da inovação também é evidenciada em estudos recentes. Simão *et al.* (2019), por exemplo, apontam que muitos profissionais da construção civil percebem a falta de incentivo governamental como uma barreira significativa para a adoção da Indústria 4.0. Essa percepção se traduz em um pequeno número de ações coordenadas por parte do governo para promover a modernização do setor, como programas de financiamento, subsídios à inovação, editais de fomento à pesquisa aplicada, e apoio a projetos piloto que envolvam novas tecnologias, mesmo que existam essas ações

e apresentem crescimento nos últimos anos, ainda não são suficientes (Simão *et al.*, 2019).

A desigualdade regional no acesso a políticas públicas e infraestrutura tecnológica também agrava o quadro. Regiões menos desenvolvidas ou distantes dos grandes centros urbanos tendem a receber menos atenção em termos de políticas voltadas à inovação, o que dificulta a criação de um ecossistema digital integrado em escala nacional. Essa concentração de iniciativas em polos mais avançados reforça a exclusão tecnológica de grande parte do setor, criando um ambiente assimétrico e pouco colaborativo (Silveira, Cardoso e Martins, 2024).

Portanto, a superação das barreiras políticas exige uma ação governamental mais estratégica e abrangente, baseada em políticas públicas que não apenas incentivem a adoção de tecnologias digitais, mas que também forneçam diretrizes claras, segurança regulatória, apoio financeiro e programas de capacitação técnica. É necessário promover o diálogo entre estado, setor produtivo e academia para elaborar políticas colaborativas, que reflitam as especificidades da construção civil brasileira e favoreçam a digitalização de forma equitativa e sustentável.

4.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos artigos selecionados permitiu identificar um conjunto expressivo de barreiras que dificultam a implementação de tecnologias digitais na construção civil brasileira. Essas barreiras foram agrupadas em seis categorias principais: financeiras, formacionais, de infraestrutura (hardware e software), culturais e políticas. A seguir, discute-se criticamente essas barreiras à luz da literatura e da realidade do setor no Brasil.

4.7.1 Síntese das barreiras identificadas

As barreiras financeiras foram as mais frequentemente destacadas, sendo citadas em praticamente todos os artigos analisados. A limitação de recursos para aquisição de tecnologias, capacitação de equipes e manutenção de sistemas digitais revela o baixo poder de investimento das empresas brasileiras, sobretudo as de pequeno e médio porte. Essa realidade reflete a própria estrutura da construção civil

nacional, formada majoritariamente por empresas com baixa margem de lucro e planejamento estratégico limitado.

Já as barreiras formacionais destacam a ausência de qualificação adequada dos profissionais para lidar com as novas ferramentas digitais. A escassez de formação técnica em tecnologias emergentes, como BIM, inteligência artificial, realidade aumentada e gêmeos digitais, compromete não apenas a adoção, mas também a manutenção e o uso eficiente dessas soluções. Tal limitação também está diretamente ligada à falta de atualização nos currículos acadêmicos e à carência de programas continuados de capacitação profissional.

As barreiras de infraestrutura, tanto de hardware quanto de software, também se mostraram significativas. Muitas empresas ainda operam com equipamentos obsoletos ou com capacidade limitada para suportar sistemas digitais robustos. Além disso, a falta de interoperabilidade entre softwares e a escassez de padrões técnicos unificados dificultam a integração de diferentes tecnologias no ambiente construtivo.

As barreiras culturais representam um desafio qualitativo de grande peso. A resistência à mudança, o apego a métodos tradicionais e a percepção de que a tecnologia pode representar uma ameaça à empregabilidade são fatores que impedem a transformação digital no setor. Esse tipo de barreira tende a ser mais difícil de superar, pois envolve mudanças comportamentais e culturais, muitas vezes enraizadas no cotidiano organizacional.

Por fim, as barreiras políticas evidenciam um cenário de omissão ou ineficácia por parte do poder público. A escassez de políticas públicas direcionadas, a falta de incentivos fiscais e de programas governamentais voltados para a inovação tecnológica na construção civil foram aspectos recorrentes. Essa lacuna compromete a disseminação das tecnologias digitais e aprofunda as desigualdades entre empresas de diferentes portes e regiões.

Os achados desta revisão corroboram estudos prévios realizados em países em desenvolvimento, nos quais as barreiras financeiras, de qualificação e infraestrutura também são predominantes. Em contrapartida, em países desenvolvidos, as barreiras estão mais relacionadas à segurança de dados, à governança digital e à integração de sistemas complexos. Essa diferença evidencia o quanto fatores socioeconômicos impactam o processo de digitalização na

construção civil. Além disso, enquanto na Europa e nos Estados Unidos há políticas nacionais voltadas à Indústria 4.0, com incentivos para digitalização de pequenas empresas, no Brasil a atuação estatal ainda é tímida, revelando uma lacuna estratégica. Estudos internacionais também apontam que a transformação digital só é bem-sucedida quando acompanhada de políticas públicas estruturantes, formação continuada e fomento à pesquisa aplicada, o que ainda é incipiente no contexto brasileiro.

4.7.2 Estratégias para superação das barreiras identificadas

Os resultados obtidos nesta pesquisa revelam que a transformação digital da construção civil no Brasil exige uma atuação coordenada entre empresas, governo, instituições de ensino e setor financeiro. Como estratégias para superação das barreiras identificadas, sugere-se:

- Reformulação curricular nos cursos de engenharia e arquitetura, com maior ênfase em tecnologias digitais;
- Programas de capacitação contínua voltados aos trabalhadores do setor;
- Criação de linhas de crédito específicas para inovação tecnológica;
- Investimentos públicos em infraestrutura digital e incentivos fiscais à adoção tecnológica;
- Campanhas de sensibilização voltadas à mudança cultural nas organizações.

Sem ações articuladas, o avanço da Construção 4.0 tende a se restringir a nichos específicos, aprofundando as desigualdades tecnológicas dentro do setor.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo identificar as principais barreiras para a implementação de tecnologias digitais na construção civil no Brasil, por meio de uma revisão sistemática da literatura. A partir da análise de 18 artigos científicos selecionados, foi possível mapear os principais entraves enfrentados pelo setor, organizando-os em seis categorias: barreiras financeiras, formacionais, de infraestrutura (hardware e software), culturais e políticas.

Dentre os achados, destacou-se que as barreiras financeiras continuam sendo uma das maiores dificuldades, especialmente para pequenas e médias empresas, devido aos altos custos de aquisição, implementação e manutenção de tecnologias digitais. As barreiras formacionais, por sua vez, evidenciam a carência de capacitação técnica e de mão de obra qualificada para operar novas ferramentas digitais. Já as barreiras de infraestrutura se manifestam tanto na falta de equipamentos adequados (hardware), quanto na ausência de softwares compatíveis, interoperáveis e adaptados à realidade do setor nacional.

As barreiras culturais mostram uma forte resistência à mudança por parte dos profissionais e gestores da construção civil, o que dificulta a aceitação de inovações tecnológicas. Por fim, as barreiras políticas envolvem desde a falta de políticas públicas específicas e incentivos governamentais até a ausência de regulamentações claras para o uso de tecnologias emergentes, como inteligência artificial, BIM e gêmeos digitais.

5.1 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

A presente pesquisa contribui para o avanço do conhecimento sobre a Construção 4.0 ao sistematizar as principais barreiras enfrentadas na implementação de tecnologias digitais no contexto brasileiro. Ao organizar essas barreiras por categorias, o estudo fornece uma visão abrangente e estruturada dos desafios do setor, servindo de base para novas pesquisas e para a formulação de políticas públicas, estratégias empresariais e programas de capacitação.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta revisão sistemática focou exclusivamente em publicações científicas nacionais e escritas em português. Embora esse recorte seja justificado pelo objetivo da pesquisa, é possível que estudos relevantes tenham ficado de fora. Além disso, o fato de muitos artigos utilizarem metodologias qualitativas limita a generalização estatística dos achados. Entretanto, a repetição dos achados em diversos estudos pode evidenciar que essas barreiras são recorrentes no setor e merecem atenção, mesmo que os dados ainda não sejam generalizáveis em termos estatísticos, dado que as aplicações ainda possuem escopo limitado. Por fim, como este estudo se baseia em análises bibliográficas, não foram conduzidas entrevistas ou coletas de dados em campo.

5.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Com base nos resultados obtidos e nas limitações reconhecidas, recomenda-se que estudos futuros possam:

- Ampliar o escopo de análise, incluindo entrevistas com profissionais do setor, gestores públicos e desenvolvedores de tecnologias;
- Realizar estudos de caso em empresas brasileiras, para investigar na prática como as barreiras se manifestam no dia a dia dos projetos;
- Investigar os impactos de políticas públicas específicas, como incentivos fiscais, linhas de crédito e programas de digitalização;
- Explorar o papel da educação técnica e superior na formação de profissionais preparados para a transformação digital na construção civil;
- Analisar os aspectos jurídicos e regulatórios relacionados ao uso de tecnologias emergentes no setor, especialmente no que diz respeito à proteção de dados, à interoperabilidade e à responsabilidade técnica.

REFERÊNCIAS

- ADEPOJU, Omoseni Oyindamola; AIGBAVBOA, Clinton. **Assessing knowledge and skills gap for construction 4.0 in a developing economy**. Journal of Public Affairs, 2020.
- ALIU, John; OKE, Ayodeji. **Construction in the digital age: exploring the benefits of digital technologies**. Built Environment Project and Asset Management. 2023.
- ALVES, Josivan Leite; PALHA, Rachel Perez; ALMEIDA FILHO; Adiel Teixeira de. **Investigação das aplicações integradas de inteligência artificial e BIM na indústria da construção civil**. 2023. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–12. DOI: 10.46421/sbtic.v4i00.2409. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2409>. Acesso em: 4 jan. 2025.
- AZHAR, Salman. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. 2011.
- BALAGUER, Carlos; ABDERRAHIM, Mohamed. **Trends in Robotics and Automation in Construction**. Automation in Construction, v. 17, n. 1, p. 1–4, 2008. Disponível em: https://cdn.intechopen.com/pdfs/5555/InTech-Trends_in_robotics_and_automation_in_construction.pdf. Acesso em: 20 dez. 2024.
- BILAL, Muhammad; OYEDELE, Lukumon; QADIR, Junaid; MUNIR, Kamran; AJAYI, Saheed; AKINADE, Olúgbéngá; OWOLABI, Hakeem; ALAKA, Hafiz; PASHA, Maruf. **Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends**. Advanced Engineering Informatics, vol 30, no. 3, pp. 500- 521. 2016

BOETTCHER, Maicon. **Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria**

1.0 até a Indústria 4.0. 2015. Disponível em:

<https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em 15 jan. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024.** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling - BIM BR. Brasília, 2024. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/d11888.htm.

Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Guia Orientativo para Planos de Implementação BIM Curricular.** Brasil, 2025.

CARMONA, Felipe Valadares Faim; CARVALHO, Michele Tereza Marques.

Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. Ambiente Construído, v. 17, n. 4, p. 385–401, 2017. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/63996>. Acesso em: 4 jan. 2025.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira; SILVA, Mauro Luis Siqueira da. **A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia.** 2011. Disponível em:

https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acesso em 20 jan. 2025.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Catálogo de Inovação na Construção Civil.** Brasília: CBIC, 2016.

CGEE. **Indústria 4.0 Arcabouço normativo para a implementação da Indústria 4.0 no Brasil**. 2021.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016.

CORREIA, Tomás Dieguez de Paiva. **Análise da Implementação da Digitalização na Construção**. 2022.

COSTA, Paulo Robson Melo. **Princípios e Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão de Literatura**. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ponta Grossa, Paraná. 2019. Disponível em:

https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10192019_121035_5dab32ab50f71.pdf. Acesso em 24 jan. 2025.

DIAS, Ana Paula Coelho; ZAMUNÉR FILHO, Antônio Nilson. **Princípios e aplicações da Indústria 4.0 na construção civil**. 2023. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Catalão, Goiás, 2023. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/PRINC%C3%8DPIOS_E_APLICA%C3%87%C3%95ES_DA_IND%C3%9ASTRIA_4.0_NA_CONSTRU%C3%87%C3%83O_CIVIL.pdf. Acesso em: 4 jan. 2025.

DOLLA, Tharun; JAIN, Karuna; DELHI, Venkata Santosh Kumar. **Strategies for digital transformation in construction projects: stakeholders' perceptions and actor dynamics for Industry 4.0**. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 28, pg. 151-175. 2023. DOI: 10.36680/j.itcon.2023.008. Acesso em: 14 jan. 2025.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. **Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática**. Acta Med Port 2019, São Carlos, v. 23, n. 2, p. 1–8, 2019. Disponível em:

<https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/11923/56>

35. Acesso em: 11 dez. 2024.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. Wiley, 2008.

EBEKOZIEN, Andrew; AIGBAVBOA, Clinton. **COVID-19 recovery for the Nigerian construction sites: The role of the fourth industrial revolution technologies**. Sustainable Cities and Society, v. 69. 2021.

EBSCO. **Tecnologia e Engenharia**. 2025.

EU BIM TASK GROUP. **Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector Strategic action for construction sector performance: driving value, innovation and growth**. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Industry 5.0 Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry**. 2016.

FALAGAS, Matthew; PITSOUNI, Eleni; MALIETZIS, George; PAPPAS, Georgios. **Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses**. The FASEB Journal, v. 22, n. 2, p. 338–342, 2008.

DOI: 10.1096/fj.07-9492LSF. Acesso em 14 fev. 2025.

FERNANDES, Luara Lopes de Araujo; COSTA, Dayana Bastos. **Análise preliminar do processo de transformação digital no setor da construção civil sob as perspectivas social, técnica e operacional**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1–13. DOI: 10.46421/entac.v19i1.2231. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/2231>. Acesso em: 4 jan. 2025.

FERNANDES, Luara Lopes de Araujo; COSTA, Dayana Bastos. **Sistema de medição de maturidade para transformação digital na fase de construção sob uma perspectiva sociotécnica**. 2025. Acesso em: 21 fev. 2025.

FIGUEIREDO, Élia Lopes. **A gestão Lean na indústria automóvel**. 2021. 96 f. Dissertação (Mestrado em Gestão) – Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2021.

FIRJAN. **Indústria 4.0**. 2016. 20 p.

GALVÃO, Cristina Maria; SAWADA, Namie Okino; TREVIZAN, Maria Auxiliadora.

Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. Revista Latino-Americana de Enfermagem, Ribeirão Preto, v. 12, n. 3, p. 549–556, 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rlae/a/kCfBfmKSzpYt6QqWPWxdQfj/?lang=pt>. Acesso em: 12 dez. 2024.

GONÇALVES, Sumaia Sleiman. **Implementação BIM em empresa incorporadora e construtora brasileira**. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidad de São Paulo, São Paulo, 2023.

HESS, Thomas; MATT, Christian; BENILAN, Alexander; WIESBOCK, Florian.

Options for Formulating a Digital Transformation Strategy. 2016. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/291349362>>. Acesso em 20 dez. 2024.

IKUABE, Matthew; AIGBAVBOA, Clinton; ANUMBA, Chimay; OKE, Ayodeji Emmanuel. **Performance measurement indicators influential to the espousal of cyber-physical systems for facilities management – a Delphi approach**.

Construction Innovation, v. 24, n. 7, p. 124–142, 2023. DOI:10.1108/CI-09-2022-0230. Acesso em: 2 dez. 2024.

IOPPI, Vinícius; FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luis. **Barreiras e oportunidades para a implementação dos princípios de IPD e práticas de LPDS na gestão dos projetos de instalações da indústria de base brasileira.** Ambiente Construído, v. 15, n. 4, p. 87–104, dez. 2015. DOI:

<http://hdl.handle.net/10183/142483>. Acesso em: 19 dez. 2024.

IŞIKDAĞ, Ümit. **Enhanced Building Information Models Using IoT Services and Integration Patterns.** 1. ed. Istambul: 2015. DOI:10.1007/978-3-319-21825-0.

Acesso em 18 dez. 2024.

JADHAV, Rajaram Sambhaji; MANTHA, Shankar Subbanarasayya; RANE, Santosh. **Exploring barriers in lean implementation.** 2014. DOI:10.1108/IJLSS-12-2012-0014. Acesso em: 17 dez. 2024.

KAN, Congwen; ANUMBA, Chimay. **Digital Twins as the Next Phase of Cyber-Physical Systems in Construction.** 2019. In: The 2019 ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering, Atlanta, Georgia.

DOI:10.1061/9780784482438.033. Acesso em 20 dez. 2024.

KARMAKAR, Ankan; DELHI, Venkata Santosh Kumar. **Construction 4.0: What we know and where we are headed?** *Journal of Information Technology in Construction.* In: International Council for Research and Innovation in Building and Construction, 2021. DOI: 10.36680/j.itcon.2021.028. Acesso em 25 nov. 2024.

LEITE, Ygor Gean dos Santos; SANTOS, Cibelly Arianda Matos dos; FIGUEIREDO, Suelania Cristina Gonzaga de. **Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas.** Editora Poisson, 2021.

LIBERATI, Alessandro; ALTMAN, Douglas; TETZLAFF, Jennifer; MULROW, Cynthia; GOTZSCHE, Peter; IOANNIDIS, John; CLARKE, Mike; DEVEREAUX, Philip James; KLEIJNEN, Joseph; MOHER, David. **The PRISMA statement for**

reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration, v. 6, 2009.

LICHTBLAU, Karl; STICH, Volker; BERTENRATH, Roman; BLUM, Matthias; BLEIDER, Martin; MILLACK, Agnes; SCHMITT, Katharina; SCHMITZ, Edgar; SCHROTER, Moritz. **Industrie 4.0 readiness**. 2015.

LIMA, Maria Gabriella Teixeira; CÂNDIDO, Luis Felipe; BARROS NETO, José de Paula. **Transformação digital : a percepção de participantes de uma rede de inovação da construção civil brasileira**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–13. DOI: 10.46421/entac.v20i1.5929. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5929>. Acesso em: 4 jan. 2025.

LIMA, Mahara Iasmine Sampaio Cardoso; MELO, Roseneia Rodrigues Santos de; COSTA, Dayana Bastos. **INTEGRAÇÃO DO MONITORAMENTO COM VANT À GESTÃO DA SEGURANÇA DAS OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1162. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1162>. Acesso em: 8 dez. 2024.

LIMA, Talyta Araújo. **A indústria 4.0 e os desafios da construção civil no Brasil**. 2022. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2022.

LIMA, Thiago Augustus Remacre Munareto; MOTA, Ian Tiago Santos da; MELO JUNIOR, Carlos Mariano. **Blockchain e contratos inteligentes na Construção**

Civil 4.0. 2023. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 11, 2023. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1598/2793>.

Acesso em: 20 dez. 2024.

LOPES, Isabelle Bomtempo. **Análise da transformação digital na indústria da construção civil.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidad Federal Fluminense, Niterói, 2022.

MACHADO, Carolina; DAVIM, João Paulo. **Managerial challenges of industry 4.0.** EDP sciences, 2023. 22 p.

MACIEL, Amanda Patrícia, IAROZINKSKI NETO, Alfredo. **Estudo Comparativo das Características Organizacionais Adotadas na Construção Civil e na Indústria da Manufatura,** 2023. Gestão.Org – Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, 21, 1-26. <https://doi.org/10.51359/1679-1827.2023.247800>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MUÑOZ-LA RIVERA, Felime; MORA, Javier; VALERO, Ignacio; OÑATE, Eugenio. **Methodological-Technological Framework for Construction 4.0.** Archives of Computational Methods in Engineering, v. 28, p. 689–711, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09423-1>. Acesso em: 17 dez. 2024.

NAGITTA, Pross Oluka; MUGURUSI, Godfrey; OBICCI, Peter Adoko; AWUOR, Emmanuel. **Human-centered artificial intelligence for the public sector: The gate keeping role of the public procurement professional.** Procedia Computer Science. Elsevier B.V., 2022.

NASCIMENTO, Luiz Antonio do e SANTOS, Eduardo Toledo. **Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil.** 2002, Anais.. Porto Alegre: Pucrs, 2002. Disponível em:

<https://repositorio.usp.br/directbitstream/08bb0beb-cd87-4617-a3f7-afaca9fcf6ac/Santos-2002-barreiras.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2025.

NICHOLSON, Joey; MCCRILLIS, Aileen; WILLIAMS, Jeff. **Collaboration challenges in systematic reviews: A survey of health sciences librarians.**

Journal of the Medical Library Association, 2017. DOI: 10.5195/jmla.2017.176. Acesso em: 28 dez. 2024.

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. **Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0.**

Computers in Industry, v. 83, p. 121–139, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>. Acesso em: 28 fev. 2025.

OKE, Ayodeji Emmanuel; ALIU, John Ogbeleakhu; FADAMIRO, Patricia; SINGH, Paramjit Singh Jamir; SAMSURIJAN, Mohamad Shahrudin; YAHAYA, Mahathir.

Robotics and automation for sustainable construction: microscoping the barriers to implementation. 2023. DOI: 10.1108/SASBE-12-2022-0275. Acesso em 15 jan. 2025.

OLANDRA, Matheus Gabriel Correia De; BARAZETTI, Patrícia Hubner; BRAUN, Giuliana Giordani; PEREIRA, Sidnei Aparecido; FIGUEIREDO, Maria Paula Fontana De. **Consequências da revolução industrial na infraestrutura das cidades.**

2024. Disponível em: <[https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-](https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=A+Revolu%C3%A7%C3%A3o+Industrial&oq=>)

[BR&as_sdt=0%2C5&q=A+Revolu%C3%A7%C3%A3o+Industrial&oq=>](https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=A+Revolu%C3%A7%C3%A3o+Industrial&oq=>). Acesso em 19 dez. 2024.

OLIVEIRA, Marcela Leone Pereira de; MENDONÇA JUNIOR, Anderson de Souza; SOUZA, Isabelly Nascimento; FONSECA, Julio Cesar Goulart; DE ALMEIDA, Amanda Freire; ORIOLI, Marian Provazi; GAMBARATO, Bruno Chaboli; COSTA, Luciano Rodrigues; UTAGAWA, Claudia Yamada. **Triagem neonatal em crianças**

na região do médio paraíba: uma análise preliminar. Cadernos UniFOA, Volta Redonda, v. 16, n. 45, 2021. DOI: 10.47385/cadunifoa. v. 16.n. 45.3564. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3564>. Acesso em: 8 fev. 2025.

OSUNSANMI, Temidayo Oluwasola; AIGBAVBOA, Clinton Ohis; OKE, Ayodeji Emmanuel; LIPHADZI, Muredini. **Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects.** Built Environment, Project and Asset Management. V.10. Pp. 547-565. 2020.

PAGE, Matthew; MCKENZIE, Joanne; BOSSUYT, Patrick, BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy; MULROW, Cynthia; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer; AKL, Elie; BRENNAN, Sue; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy; HRÓBJARTSSON, Asbjorn; LALU, Manoj; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth; WILSON, Evan Mayo; MCDONALD, Steve; MCGUINNESS, Luke; STEWART, Lesley; THOMAS, James; TRICCO, Andrea; WELCH, Vivian; WHITING, Penny; MOHER, David. **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews.** BMJ Publishing Group. 2021.

PANKRATOV, Evgeny; GRIGORYEV, Vladimir; PANKRATOV, Oleg. **The blockchain technology in real estate sector: Experience and prospects.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing, 2020

PEINADO, Hugo Sefrian; COSTA, Dayana Bastos. **Aplicações de BIM, RPA e visão computacional de forma integrada para o planejamento e controle da segurança em canteiros de obras.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/sibragec.v13i00.2604. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/2604>. Acesso em: 4 mar. 2025.

PEREIRA, Ricardo; SANTOS, Neri dos. **Indústria 5.0: reflexões sobre uma nova abordagem paradigmática para a indústria**. In: XLVI Encontro da ANPAD. 2022.

PORTUGAL, Marco Antônio. **Como Gerenciar Projetos de Construção Civil: do orçamento à entrega da obra**. 1 ed: Brasport, 2016. 168 p.

REBELO, Dorinda; MORGADO, Margarida; BONITO, Jorge; MEDINA, Jorge;

MARQUES, Luís; ANDRADE, Antônio Soares. **A consciência ambiental na formação de professores em Geociências: contribuições para um enquadramento conceitual**. In: BACCI, D.C. (ORG.) Geociências e Educação ambiental. 1. Ed. Curitiba: Ponto Vital, 2015.

ROCHA, Larissa de Moraes; CÂNDIDO, Luis Felipe; BARROS NETO, José de Paula. **Determinantes da propensão ao uso de tecnologias digitais no setor da construção civil brasileiro**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20, 2024. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–12. DOI:

10.46421/entac.v20i1.5862. Disponível em:
<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/5862>. Acesso em: 4 fev. 2025.

ROGERS, David. **Transformação digital repensando o seu negócio para a era digital**. 2017.

RÜSSMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael; JUSTUS, Jan. **Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. 2015.

SACKS, Rafael; BRILAKIS, Ioannis; PIKAS, Ergo; XIE, Haiyan Sally. **Construction with digital twin information systems**. Data-Centric Engineering, v. 1, n. 6, 2020.

SAID, Abas Md; HASBULLAH, Halabi; BAHARUDIN, Baharum. **Image-based modeling: a review**. Em: Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2005.

SAKURAI, Ruudj; ZUCHI, Jederson Donizete. **Revoluções industriais até a indústria 4.0**. Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 480–491, 2018.

SALEHI, Hadi.; BURGUEÑO, Rigoberto. **Emerging artificial intelligence methods in structural engineering**, v. 171, pp. 170-189. 2018.

SALGADO, Mônica S.; MAGALHÃES, Cristiane R.; SANTOS, Eduardo R. dos; CANUTO, Cristiane L. **A gestão de projetos e as tecnologias digitais: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 18., 2020. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8.

SANTANA, Ísis Terezinha Santos de; JANKOWITSCH, Jhonata. **A sociedade 5.0 e a quinta revolução industrial: seus benéficos e adversidades - um estudo de caso**. International Contemporary Management Review, v. 3, n. 1, 2023.

SAWHNEY, Anil; RILEY, Mike; IRIZARRY, Javier; PÉREZ, Cristina Toca. **A proposed framework for construction 4.0 based on a review of literature**. 2020.

SAWHNEY, Anil; RILEY, Mike; IRIZARRY, Javier. **Construction 4.0**. 2020.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEPASGOZAR, Samad; LOOSEMORE, Martin; DAVIS, Steven. **Conceptualising information and equipment technology adoption in construction**. In: Engineering Construction & Architectural Management. 2. ed. 2016.

SILVA, Larissa Eterna Taveira; SOUSA, Talyssa Viana de; SILVA, Victor Venâncio da; AMARAL, Tatiana Gondim do. **Tecnologias digitais utilizadas pela indústria da construção civil**. 2021. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E

ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–8. DOI: 10.46421/sibragec.v12i00.430. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/430>. Acesso em: 4 jan. 2025.

SOARES, Gabrielle Silva; HAITO, Ricardo Juan José Oviedo. **Barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a construção 4.0**. 2023.

SILVEIRA, Ismar Frango; CARDOSO, Alexandre; MARTINS, Valéria Farinazzo.

Aplicações, desafios e limitações dos Digital Twins na América Latina. 2024.

In: 21º CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SOFTWARE LIVRE E

TECNOLOGIAS ABERTAS. Disponível em:

<https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/31509/31312>. Acesso em: 29 dez. 2024.

SIMÃO, Alessandra dos Santos; ALCOFORADO, Luciane Ferreira; LONGO,

Orlando Celso; SANTOS, Danillo Araújo. **Impactos da Indústria 4.0 na construção**

civil brasileira. 2019. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 5, n. 10, p.

20130-20145. Acesso em: 5 jan. 2025.

SOARES, Gabrielle Silva; HAITO, Ricardo Juan José Oviedo. **Barreiras para a adoção de práticas e tecnologias vinculadas com a Construção 4.0**. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13.,

2023, Aracaju. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/2628/4223>. Acesso em: 5 jan. 2025.

SOUSA, Matheus; MACIEL, Francisco; DAMASCENO FILHO, E.; BARROS NETO,

José de. **Big Data, Machine Learning e Cloud Computing na gestão de obras:**

uma revisão sistemática da literatura 1. 2020.

SOUSA, Paulo Renato de; MULLER, Bryan Michael. **Desafios e barreiras do BIM e do Lean na construção civil brasileira**. 2022. Revista Pensamento

Contemporâneo em Administração, 2022. Disponível em:

<https://periodicos.uff.br/pca/article/view/54259/32984>. Acesso em: 4 jan. 2025.

SOUZA, Marcio Presente de; FABRICIO, Márcio Minto. **Modelagem de objetos BIM para o projeto de edifícios de saúde**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3.,

2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-11. Disponível em:

<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/593>. Acesso em: 3 jan. 2025.

SUCCAR, Bilal. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375. 2009.

TANAKA, Camille Ayumi; MATSUDA, Patricia Mari; MACLENNAN, Maria Laura Ferranty. **Transformação digital na construção civil no Brasil: Estratégias adotadas de desenvolvimento**. Gestão & Regionalidade, v. 40. 2024. DOI:

<https://doi.org/10.13037/gr.vol40.e20248242>. Acesso em 2 dez. 2024.

<https://doi.org/10.13037/gr.vol40.e20248242>. Acesso em 2 dez. 2024.

TIMM, Janaine Fernanda Gaelzer; CASARIN, Roberta Picanço; SILVA, Deividi

Maurente Gomes da; BELLAVER, Gustavo Bridi; PAGNUSSAT, Daniel Tregnago;

VIANA, Daniela Dietz. **Proposta de ferramenta para diagnóstico do grau de**

inovação percebido em empresas do ambiente construído. In: ENCONTRO

NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2023, Brasília.

Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. Acesso em: 3 jan. 2025.

VENTURELLI, Márcio. **Indústria 4.0: Uma Visão da Automação Industrial**.

Automação Industrial. 2021. Disponível em:

<https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em 28 nov. 2024.

VERINA, Natalja; TITKO, Jelena. **Digital transformation: conceptual framework**. 2019. DOI:10.3846/cibmee.2019.073. Acesso em: 7 dez. 2024.

VERREL, Amanda Cristina Golembieski; JULKOVSKI, Dulcimar José. **O impacto da inteligência artificial na gestão de projetos: aplicações, benefícios e desafios**. 2024. In: SOUTH AMERICAN DEVELOPMENT SOCIETY JOURNAL. Acesso em: 5 jan. 2025.

VEZA, Ivica; MLADINEO, Marko; PEKO, Ivan. **Analysis of the current state of croatian manufacturing industry with regard to industry 4.0**. 2015. DOI:10.13140/RG.2.1.1205.8966. Acesso em: 15 jan. 2025.

WANG, Ke; ZHAO, Yafei; GANGADHARI, Rajan Kumar; LI, Zhixing. **Analyzing the adoption challenges of the internet of things (IoT) and artificial intelligence (AI) for smart cities in China**. Sustainability, v. 13, n. 19, 2021.

ZIMMERMANN, Joana; HAITO, Ricardo Juan José Oviedo. **Fatores que determinam o posicionamento estratégico para empresas de construção no contexto da Construção 4.0**. 2024. Em: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2024, Maceió. ANTAC, 2024.