



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

GIRLÂNDIA DE MORAIS SAMPAIO

**TECNOLOGIAS DIGITAIS EM EMPRESAS
CONSTRUTORAS: SISTEMATIZAÇÃO DO
CONHECIMENTO E ESTUDOS DE CASO**

Recife, PE
2024



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

GIRLÂNDIA DE MORAIS SAMPAIO

**TECNOLOGIAS DIGITAIS EM EMPRESAS
CONSTRUTORAS: SISTEMATIZAÇÃO DO
CONHECIMENTO E ESTUDOS DE CASO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção de título de mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado
Lordsleem Júnior

Recife, PE
2024

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

G525t Sampaio, Gírlândia de Morais
Tecnologias Digitais em Empresas Construtoras: Sistematização do Conhecimento e Estudos de Caso. / Gírlândia de Morais Sampaio. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2024.

127 f.: il.
Incluí apêndices

Orientador Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior

Dissertação (Mestrado – Inteligência Computacional) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2024.

1. Tecnologias digitais. 2. Construção 4.0. 3. Transformação digital. 4. Implementação. I. Engenharia de Computação - Dissertação. II. Lordsleem Júnior, Alberto Casado (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Engenharia Civil. V. Título.


CDD: 690.028 – 23. ed.
Charlene Santos – CRB/2130

GIRLÂNDIA DE MORAIS SAMPAIO

TECNOLOGIAS DIGITAIS EM EMPRESAS CONSTRUTORAS: SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E ESTUDOS DE CASO


BANCA EXAMINADORA:

Orientador


Documento assinado digitalmente
 ALBERTO CASADO LORDSLEEM JUNIOR
Data: 29/11/2024 15:34:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior
Universidade de Pernambuco

Examinador(a)

Documento assinado digitalmente
 FELIPE MENDES DA CRUZ
Data: 05/02/2025 11:38:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Felipe Mendes da Cruz
Universidade de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 CAROLINA MENDONÇA DE MORAES DUARTE
Data: 05/02/2025 14:29:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Carolina Mendonça de Moraes
Duarte
Instituto Federal de Alagoas

Recife-PE
2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha avó Alaide Morais, que estaria muito feliz por mais uma conquista minha. Saudades eternas.

(In memory)

“Toda palavra de Deus é pura; ele é um escudo para os que nele confiam.”

Provérbios 30:5

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar presente em todos os dias da minha vida, fortalecendo-me nos momentos difíceis e por ter me presenteado com uma família maravilhosa que seguraram minha mão para trilhar o caminho até o fim dessa conquista. Compartilho essa vitória especialmente com meus pais Antônio Sampaio e Lourdes Limeira, sempre me incentivando a conquistar meus objetivos e as minhas irmãs Geane Sampaio e Gêisa Sampaio por serem minhas metades e meus exemplos, meu noivo Breno Oliveira por me apoiar e incentivar a conquistar meus objetivos.

A meu orientador, Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior, pela confiança no meu trabalho, pela dedicação, ensinamentos, paciência, compreensão, incentivo, sempre buscando ajudar da melhor forma possível.

Aos professores Prof. Dr. Felipe Mendes e Profa. Dra. Carolina Mendonça, por aceitarem fazer parte da minha banca, pela confiança no meu trabalho, ajuda e disposição.

À direção da Escola Politécnica, à coordenação da Pós-Graduação, aos docentes e demais funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco (Poli-UPE), em especial a Profa. Dra. Kalinny Patrícia Vaz Lafayette.

Aos amigos do mestrado, pelo apoio nos estudos e trabalhos realizados nas disciplinas, pelo companheirismo durante este ciclo de vida. Expresso minha gratidão a: Emanuel Amorim, Diogo Oliveira, Paula Boumann, Lorena Vila Bela, Allef Dantas, Rayane Gabriella e Bárbara Portela.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que esta pesquisa fosse realizada e que tornaram mais leve a jornada ocorrida até a finalização deste trabalho. Concluo este ciclo, grata pelo crescimento pessoal e acadêmico adquirido.

RESUMO

A construção civil é uma das indústrias que mais influencia a economia global. Porém, apesar de seu grande impacto, o setor ainda apresenta dificuldades para aumentar seus benefícios e produtividade. A Indústria 4.0 tem como principal tendência proporcionar economia, agilidade e vantagem competitiva através de soluções inovadoras, quando seus conceitos e princípios são aplicados ao setor da construção, referimo-nos a eles como "Construção 4.0". As tecnologias digitais que constituem a construção 4.0 podem ser introduzidas em todas as áreas da indústria da construção com o objetivo global de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, simplificar o trabalho e reduzir erros. No entanto, a sua utilização e a implementação associada nas empresas de construção ainda se encontram inibidas. Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva sistematizar o conhecimento a respeito dos desafios e das medidas necessárias para a implementação de tecnologias digitais que promovam a transformação digital de empresas construtoras. Para tanto, realizou-se uma pesquisa exploratória através de uma revisão sistemática de literatura – RSL pelo método PRISMA complementada pela técnica ‘*Snowballing*’ ou bola de neve, seguida de um estudo de campo, que incluiu a aplicação de um checklist de pesquisa em empresas construtoras localizadas na cidade de Recife-PE que atuam no segmento imobiliário. Pode-se concluir que as construtoras da cidade de Recife enfrentam as mesmas barreiras que construtoras de todo o país e a adoção de tecnologias digitais é crucial para a transformação digital em empresas construtoras. Os resultados da pesquisa apresentam as principais tecnologias digitais usadas em empresas construtoras bem com os setores adequados para suas respectivas implementações. Além disso, com os resultados da presente pesquisa foi possível estruturar diretrizes gerais às empresas construtoras para implementação de tecnologias digitais.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais; Construção 4.0; Implementação; Transformação Digital.

ABSTRACT

Construction is one of the industries that most influences the global economy. However, despite its significant impact, the sector still faces challenges in increasing its benefits and productivity. Industry 4.0's main trend is to provide cost savings, agility, and competitive advantage through innovative solutions. When its concepts and principles are applied to the construction sector, we refer to them as "Construction 4.0." The digital technologies that make up Construction 4.0 can be introduced in all areas of the construction industry with the overall goal of increasing productivity while simplifying work and reducing errors. However, their use and the associated implementation in construction companies are still hindered. In this regard, the present research aims to systematize knowledge about the challenges and necessary measures for the implementation of digital technologies that promote the digital transformation of construction companies. To this end, an exploratory study was conducted through a systematic literature review (SLR) using the PRISMA method, complemented by the 'Snowballing' technique, followed by a field study, which included the application of a research checklist in construction companies located in the city of Recife-PE that operate in the real estate sector. It can be concluded that construction companies in the city of Recife face the same barriers as those throughout the country, and the adoption of digital technologies is crucial for the digital transformation of construction companies. The research results present the main digital technologies used in construction companies as well as the sectors suitable for their respective implementations. Moreover, based on the results of this research, general guidelines were structured for construction companies to implement digital technologies.

Keywords: Digital Technologies; Construction 4.0; Implementation; Digital Transformation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Setores da Estratégia Digital Brasileira (E-Digital)	23
Figura 2 - Fases da transformação digital	24
Figura 3 - Evolução das Revoluções Industriais	26
Figura 4 - Barreiras mais comuns para a adoção tecnologias digitais	41
Figura 5 - Principais barreiras para a digitalização	42
Figura 6 - Metodologia da pesquisa	52
Figura 7 - Fluxograma de pesquisa utilizando o método PRISMA	55
Figura 8 - Critérios de seleção da amostra	59
Figura 9 - Porte das empresas de acordo com o Sebrae	61
Figura 10 - Diretrizes gerais às empresas construtoras para implementação de tecnologias digitais	100
Figura 11 - Diretrizes para identificação das necessidades da empresa para implementação de tecnologias digitais em construtoras	102
Figura 12 - Diretrizes para definição de métodos para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras	104
Figura 13 - Diretrizes para metodologia de implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras	105
Figura 14 - Diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Revoluções Industriais e suas características tecnológicas	26
Quadro 2 - Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0	34
Quadro 3 - Principais modelos de maturidade relacionados transformação digital	45
Quadro 4 - Etapas da filtragem por Bola de Neve e critérios de inclusão	57
Quadro 5 - Quantidade de artigos Portifólio Bola de Neve	58
Quadro 6 - Artigos aceitos para extração de dados na RSL	65
Quadro 7 - Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve	68
Quadro 8 - Benefícios das tecnologias mais usadas nas empresas construtoras	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico1 - Tecnologias digitais e processos adequados para adoção	85
Gráfico 2 - Empresas certificadas PBQP-H e ISO 9001	86
Gráfico 3 - Percentual das empresas que possuem setor de desenvolvimento tecnológico	87
Gráfico 4 - Principais finalidades de financiamento	87
Gráfico 5 - Prioridade das empresas com recursos financeiros disponíveis	88
Gráfico 6 - Motivação para adoção de novas tecnologias digitais	89
Gráfico 7 - Processos para implementação de tecnologias digitais	90
Gráfico 8 - Benefícios do uso de tecnologias digitais para gestão e controle de obras	91
Gráfico 9 - Principais impactos advindos das tecnologias digitais implementadas pelas empresa	92
Gráfico 10 - Tecnologias digitais que já foram ou estão sendo implementadas na empresa	93
Gráfico 11 - Importância do uso de tecnologias digitais para o aumento de produtividade	95
Gráfico 12- Principais barreiras para a digitalização	95
Gráfico 13 - Principais barreiras encontradas pela empresa construtora para implementar novas tecnologias digitais	97
Gráfico14 - Capacitações e/ou treinamentos realizados pelas empresas construtoras	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AECO-FM	Arquitetura, engenharia, construção, operação e gerenciamento de instalações
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BDA	<i>Big Data Analytics</i>
CGTR	Coordenação-Geral de Transformação Digital
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
FIRJAN	Federação das Indústrias do Rio de Janeiro
IoT	Internet das Coisas
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
IDC	<i>Internacional Data Corporation</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade Habitat
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TIC	Tecnologias da informação e comunicação
TI	Tecnologia da informação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	15
1.2 Questão da pesquisa	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	19
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	19
1.4 Estrutura do trabalho	19
2 TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO 4.0	21
2.1 Conceituação	21
2.2 Princípios da indústria 4.0	25
2.3 Construção 4.0: aplicações e impactos	30
2.4 Tecnologias digitais	32
2.5 Desafios para implementar tecnologias digitais em empresas construtoras	39
2.6 Transformação digital na construção civil	43
3 MÉTODO DE PESQUISA	51
3.1 Delineamento da pesquisa	51
3.2 Pesquisa exploratória	52
3.2.1 <i>Revisão sistemática de literatura - RSL pelo modelo PRISMA</i>	53
3.2.2 <i>Técnica ‘Snowballing’ ou bola de neve</i>	56
3.3 Pesquisa de Campo	58
3.3.1 <i>Etapa 1 - Seleção da amostra</i>	58
3.3.2 <i>Etapa 2 - Ferramenta de coleta de dados: checklist</i>	59
3.3.3 <i>Etapa 3 - Análise de dados coletados</i>	61
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	63
4.1 Pesquisa Exploratória– RSL e ‘Snowballing’	63
4.2 Pesquisa de Campo	85
4.2.1 <i>Caracterização das empresas</i>	85

4.2.2	<i>Motivações para a adoção de tecnologias digitais</i>	88
4.2.3	<i>Desafios para a implementação de tecnologias digitais</i>	94
4.3	Diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras	98
4.3.1	<i>Diretrizes gerais</i>	99
4.3.1.1.1	<i>Etapas</i>	101
4.3.1.1.2	<i>Diagnóstico: identificação das necessidades da empresa</i>	101
4.3.1.1.3	<i>Mapeamento: definir planejamento eficiente</i>	102
4.3.1.1.4	<i>Metodologia: delineação da implementação</i>	104
4.3.1.1.5	<i>Implantação: piloto e teste</i>	105
4.3.1.1.6	<i>Integração de tecnologia digitais</i>	107
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
5.1	Conclusões	109
5.2	Sugestões para pesquisas futuras	110
	REFERÊNCIAS	111
	ANEXO A – CHEKLIST DE PESQUISA	194

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

Caracterizada como uma das maiores indústrias do mundo, a construção civil impulsiona o crescimento econômico mundial e representa um dos setores que mais contribuem para geração de empregos. A câmara brasileira da indústria da construção (CBIC) apresentou uma previsão de crescimento de 2,3% do Produto Interno Bruto (PIB) do setor para o ano de 2024. Com perspectivas que a construção civil continue desempenhando um papel crucial na economia, mantendo o potencial de alavancar o PIB, sendo condição essencial para a modernização e melhoria das práticas a introdução de inovações e a evolução tecnológica (Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2024).

Segundo Craveiro *et al.* (2019), alguns setores industriais, como automotivo e aeronáutico passaram por mudanças ao adotar tecnologias digitais para melhorar a qualidade e produtividade. Essa transformação é descrita como Indústria 4.0, transformando tanto as cadeias de valor industrial e produtivo quanto os modelos de negócios das empresas. Alinhado à Indústria 4.0a Construção 4.0, o que significa a aplicação de conceitos, filosofia e princípios da Indústria 4.0 à Indústria da construção civil (Berger, 2016; Sawhney *et al.*, 2020).

Cabe destacar que o uso de tecnologias da Construção 4.0 tem capacidade de melhorar a gestão, operação e tomada de decisão em empreendimentos de construção. Além disso, a Indústria 4.0 aplicada à Indústria da construção civil é a principal tendência da atualidade, sendo fundamental para os negócios, ajudando a aumentar a lucratividade e aumentar a competitividade no mercado (Cavalcanti *et al.*, 2018; Osunsanmi *et al.*, 2020).

De acordo com o relatório intitulado *Construction 4.0 Market*, o tamanho do mercado de construção 4.0 foi avaliado em US\$ 11,9 bilhões em 2021. As projeções indicam que até 2031, o setor deve atingir US\$ 62,2 bilhões, com uma taxa de crescimento estimada em 17,7% de 2022 a 2031. A digitalização na indústria da construção utiliza tecnologias

como modelagem de informações de construção (BIM), inteligência artificial (IA), realidade aumentada, drones e internet das coisas (IoT). As tecnologias da Indústria 4.0 são utilizadas na indústria da construção para evitar trabalhos repetitivos e melhorar a produtividade dos projetos de construção (*Allied Market Research, 2022*).

No Brasil, os empresários da indústria da construção civil registraram metas e expectativas altas para o ano de 2024, de acordo com a Sondagem Indústria da Construção, realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), registrou o maior índice de intenção de investimento desde abril de 2014. O indicador atingiu 47,7 pontos em janeiro de 2024, 3,8 pontos a mais em relação ao resultado de dezembro de 2023. O otimismo da indústria da construção também aparece no índice de expectativa de compras de insumos e matérias-primas, a sondagem mostra ainda que houve avanço no índice de expectativa de novos empreendimentos e serviços (Confederação Nacional da Indústria, 2024).

A cidade Recife localizada no estado de Pernambuco foi destaque em uma publicação pelo portal internacional *Rest of World* como uma das seis cidades do mundo que lideram a construção do futuro da indústria tecnológica global. Ao lado de Lagos na Nigéria, Bangalor na Índia, Shenzhen na China, Tel Aviv em Israel e Medellín na Colômbia, a capital pernambucana é destacada na publicação pelo papel do centro de tecnologia do Porto Digital, que transformou o Recife em referência no assunto de tecnologia não só no Brasil, mas no mundo (*Rest of World, 2021*).

Diante de um cenário de inovações tecnológicas e das mudanças que ocorrem constantemente, as atividades de trabalho de uma empresa construtora precisam ser focadas na utilização de tecnologias digitais para os processos de planejamento, orçamentos, projetos vendas, execução da obra e administração, atrelando benefícios para empresa (*Kozlovska; Klosova; Strukova, 2021*).

O mundo acompanha o avanço tecnológico em vários setores da indústria, na construção não é diferente. Constantemente, novas máquinas, softwares e tecnologias são desenvolvidas para apoiar o gerenciamento, buscando reduzir erros no planejamento de uma obra, desde o processo físico que compreende seu tempo de duração, ao

processo financeiro, referente à previsão de gastos para o empreendimento (Silva *et al.*, 2019). Conforme Guimarães e Santos (2022), o setor da construção civil possui grande significado no cenário da indústria global e vive transformações constantes. Além disso, as empresas buscam cada vez mais alternativas que tragam vantagem competitiva, economia de recursos e melhorias contínuas, que tragam flexibilidade para reagir com rapidez as mudanças do mercado (Guimarães; Santos, 2022).

Para o processo de transformação digital que é um princípio para que as organizações ou empresas promovam suas habilidades e capacidades competitivas diante do mercado, as empresas podem determinar ações e procedimentos internos para formar um sistema organizado de avanço tecnológico, com objetivos claros e métricas bem definidas. Os processos de mudanças envolvem geralmente um conjunto de aspectos e fatores que demandam diferentes horizontes e tempos, mas que devem trabalhar de maneira integrada (Fialho, 2020).

Parte do avanço tecnológico de uma organização ou empresa se dá pela adoção de novas tecnologias, como por exemplo o uso da modelagem da informação BIM para auxiliar na tomada de decisão para um gerenciamento eficaz das informações ao longo do ciclo de vida do projeto e para aprimorar o sistema de gestão da empresa (Cepurnaite, Ustinovicus, Vaisnoras, 2017). E a Internet das Coisas – IoT para desenvolver um modelo da plataforma, para a metodologia de monitoramento e controle (Berawi, Sunardi, Ichsan, 2019).

O caminho para a digitalização passa pela consolidação de medidas que promovam uma integração de todo o sistema produtivo, por meio de colaboração, comunicação e conectividade entre os agentes de cada etapa dos processos, o que acontece através da implementação e uso de tecnologias digitais focadas em incrementar a produtividade. No entanto, faz-se necessária a adoção de diretrizes pelas organizações que desejam promover a transformação digital (Amorim *et al.*, 2021).

Embora, os recursos da tecnologia continuem ganhando espaço na criação de projetos digitalizados e também nos planejamentos das etapas de execução de obras, possibilitando maior produtividade e também redução de custos desde do uso de

máquinas até o deslocamento entre escritório e a obra, muitos desafios ainda necessitam ser enfrentados (PINI, 2023).

Um estudo do Instituto *Mckinsey* (2019) aponta que empresas do setor de engenharia e construção permanecem com dificuldades em aplicar um programa de transformação digital em escala e que tentativas de agilizar projetos com soluções digitais foram frustradas, sendo um dos motivos para o setor estar entre os menos digitalizados do mundo. O mesmo estudo apresenta fatores como: fragmentação e falta de replicação nos projetos, a transitoriedade nos níveis do projeto e descentralização das unidades de negócios. Tais características complicam o desenvolvimento de soluções digitais replicáveis por empresas de engenharia e construção para outros projetos.

Em pesquisa realizada pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) sobre a maturidade digital de construtoras e incorporadoras foi possível identificar as três principais barreiras para digitalização no setor: 57% das empresas relataram falta de integração dos sistemas, 43% falta de recursos para investir em tecnologia e 34% atraso de outros agentes envolvidos, como por exemplos os órgãos públicos, fornecedores ou projetistas (Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2022).

O principal objetivo da adoção de tecnologias digitais na indústria da construção é modernizar as operações, assegurando economia de custos e tempo, aumento da produção e modelo de trabalho centrado no cliente. O sucesso da transformação digital na indústria da construção depende, principalmente, da transformação cultural. A mobilização das pessoas inseridas nesse contexto é fundamental para o êxito das iniciativas de digitalização na engenharia. Dessa forma, ressalta-se a importância de aprofundar o conhecimento sobre a aplicabilidade de tecnologias digitais, tendo em vista a busca por produtividade e eficiência, proporcionando melhores práticas na construção civil.

1.2 Questão da pesquisa

Através desta pesquisa buscou-se estudar o processo de transformação digital em construtoras na cidade do Recife, a fim de entender a estratégia e mecanismos adotados para a implementação de tecnologias digitais e os desafios enfrentados no processo. Bem como, diagnosticar a situação tecnológica de empresas de construção e quais tecnologias digitais pode promover o desenvolvimento da empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo geral identificar, sistematizar e registrar o conhecimento sobre o uso das tecnologias digitais com o intuito de estruturar melhores práticas aplicadas a empresas construtoras.

1.3.2 Específico

Para a consecução do objetivo geral foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Identificar, definir e delimitar o campo de aplicação das principais tecnologias digitais da construção 4.0 através de uma revisão sistemática da literatura;
- ✓ Mapear os desafios que dificultam a implementação das tecnologias digitais em empresas construtoras;
- ✓ Diagnosticar as motivações, os benefícios, os processos de trabalho, o nível de treinamento e as barreiras para a adoção de tecnologias digitais;
- ✓ Identificar as melhores práticas de implementação de tecnologias digitais que promovem a transformação digital das empresas construtoras.
- ✓ Estruturar diretrizes gerais às empresas construtoras para implementação de tecnologias digitais.

1.4 Estrutura do trabalho

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos, seguidos pelas Referências e Anexos. O capítulo 1 introduz o tema, o capítulo 2 aborda o referencial teórico, o capítulo 3

descreve o método de pesquisa, o capítulo 4 apresenta a análise dos resultados, e o capítulo 5 traz as considerações finais.

O capítulo 1, intitulado “INTRODUÇÃO”, descreve o contexto e a justificativa do trabalho, seguido pela apresentação dos objetivos da pesquisa e da estrutura da dissertação.

O capítulo 2, “TRANSFORMAÇÃO DIGITAL EM EMPRESAS CONSTRUTORAS”, aborda os diferentes tipos e aplicações de tecnologias na gestão de obras e discute os desafios associados à implementação destas tecnologias em empresas construtoras.

O capítulo 3, nomeado “MÉTODO DE PESQUISA”, delinea a estrutura da pesquisa e as etapas definidas para o desenvolvimento do trabalho. Detalha a caracterização da pesquisa, delimita o universo de estudo com base no método de revisão sistemática PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), descreve a elaboração da ferramenta para pesquisa de campo e o procedimento para a seleção das empresas construtoras examinadas.

O capítulo 4, “APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS”, apresenta os resultados encontrados na pesquisa, descrevendo detalhadamente as etapas da pesquisa exploratória e do estudo de caso, concluindo com uma análise dos resultados.

No capítulo 5, intitulado “CONSIDERAÇÕES FINAIS”, são apresentadas as conclusões e recomendações oriundas da pesquisa, sintetizadas em um resumo dos resultados obtidos.

2 TECNOLOGIAS DIGITAIS NA CONSTRUÇÃO 4.0

Neste capítulo, serão abordados conceitos, características e classificações importantes sobre princípios da indústria 4.0 e o uso de tecnologias digitais em empresas construtoras, busca-se mapear quais inovações tecnológicas estão sendo adotados com maior frequência na construção 4.0.

Além de tratar sobre a aplicação das tecnologias digitais nos diversos departamentos de uma empresa construtora, como por exemplo: departamento de projetos, planejamento, comercial, canteiro de obras e orçamento, segurança, manutenção, com intuito de otimizar o gerenciamento de forma mais eficiente.

Por fim, discute-se os desafios que as empresas construtoras enfrentam no processo de escolha e implementação de tecnologias digitais.

2.1 Conceituação

A indústria da construção civil brasileira tem crescimento lento relativo a sistemas construtivos inovadores, utilização de novas tecnologias ou de processos de gestão organizacional, visto que suas atividades são preponderantemente similares ao artesanato com baixa produção e alto desperdício, de tal forma que essa característica passa como uma condição inerente ao setor (Santiago, 2008).

Entende-se por inovação a implementação de uma iniciativa com sucesso em uma determinada empresa. Ela pode ocorrer na criação ou no aperfeiçoamento de um produto, serviço, método organizacional, de marketing ou modelo de negócio. Por outro lado, para a inovação digital ocorre deve existir a implementação de novas tecnologias digitais para resolver problemas de existentes na empresa (SEBRAE, 2022).

A implantação, não o desenvolvimento, de tecnologia pode trazer grande benefício em termos competitivos para a construção civil. Grandes empresas de construção

consideram o desenvolvimento inovador o uso de tecnologias digitais como um fator chave para o sucesso no competitivo setor de construção (Hansen; Tatum; 1989).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)¹ define inovação tecnológica como:

“As inovações de produto e processo tecnológico (TPP) incluem novos produtos e processos tecnológicos implementados e melhorias tecnológicas significativas em produtos e processos. Uma inovação TPP foi implementada se tiver sido introduzida no mercado (inovação de produto) ou utilizada dentro de um processo de produção (inovação de processo). As inovações de TPP envolvem uma série de atividades científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais. A empresa inovadora TPP é aquela que implementou produtos ou processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados durante o período considerado.” (OCDE/Eurostat, 1997, §130).

No Brasil, a construção civil tem sido impulsionada por um conjunto de transformações, em especial em relação à inovação tecnológica para elevar a produtividade sem comprometer a qualidade. De acordo com a pesquisa “Construção do amanhã Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil” realizada pela Deloitte (2020), que teve como objetivo mapear o ecossistema de inovação no setor e identificar quais tecnologias têm maior potencial de impacto na transformação das empresas de engenharia e construção no País. Apresentou como resultado que quatro em cada dez das empresas tradicionais do setor da construção têm uma equipe responsável por inovação. Adicionalmente, 54% das empresas tradicionais entrevistadas têm uma estratégia de inovação definida.

Para um processo que envolve a utilização de tecnologias digitais para criar ou modificar modos de funcionamento dos negócios, aplica-se a transformação digital que é definida como sendo um processo de transformações estruturais que integra o uso da tecnologia digital buscando melhorar o desempenho, otimização de resultados e

¹Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), trata-se de organização internacional estabelecida em 1961, sediada na cidade de Paris (França), formada por 38 países e 5 parceiros estratégicos (inclusive Brasil), cujo objetivo é fomentar a criação de “políticas melhores para vidas melhores”, bem como identificar e estabelecer políticas e procedimentos visando promover oportunidade, prosperidade, igualdade e bem-estar. Disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/ocde/sobre-a-ocde-1/sobre-a-ocde>, acesso 28/02/2024

mudanças técnicas em diferentes setores da sociedade. De maneira geral, a transformação digital é a conversão de processos analógicos em digitais (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

Na transformação digital, a tecnologia passa a promover um papel central na estratégia da organização e tem como capacidade aumentar a integração entre diferentes setores da sociedade. Neste contexto, no Brasil a Coordenação-Geral de Transformação Digital – CGTR (2023), subsidia tecnicamente a elaboração e a implantação da Estratégia Digital Brasileira em articulação com os setores competentes do campo científico, governamental, produtivo e da sociedade. Além disso, coordena e avalia as medidas necessárias à execução das políticas de transformação digital e articula alianças com órgãos e entidades externas para a execução de programas, projetos e ações relativas à transformação digital.

Estas ações da CGTR têm foco no papel do governo como habilitador e facilitador da transformação digital no setor produtivo do país, na capacitação da sociedade para uma nova realidade, e na atuação do Estado como prestador de serviços e garantidor de direito, como ilustra a Figura 1 (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023).

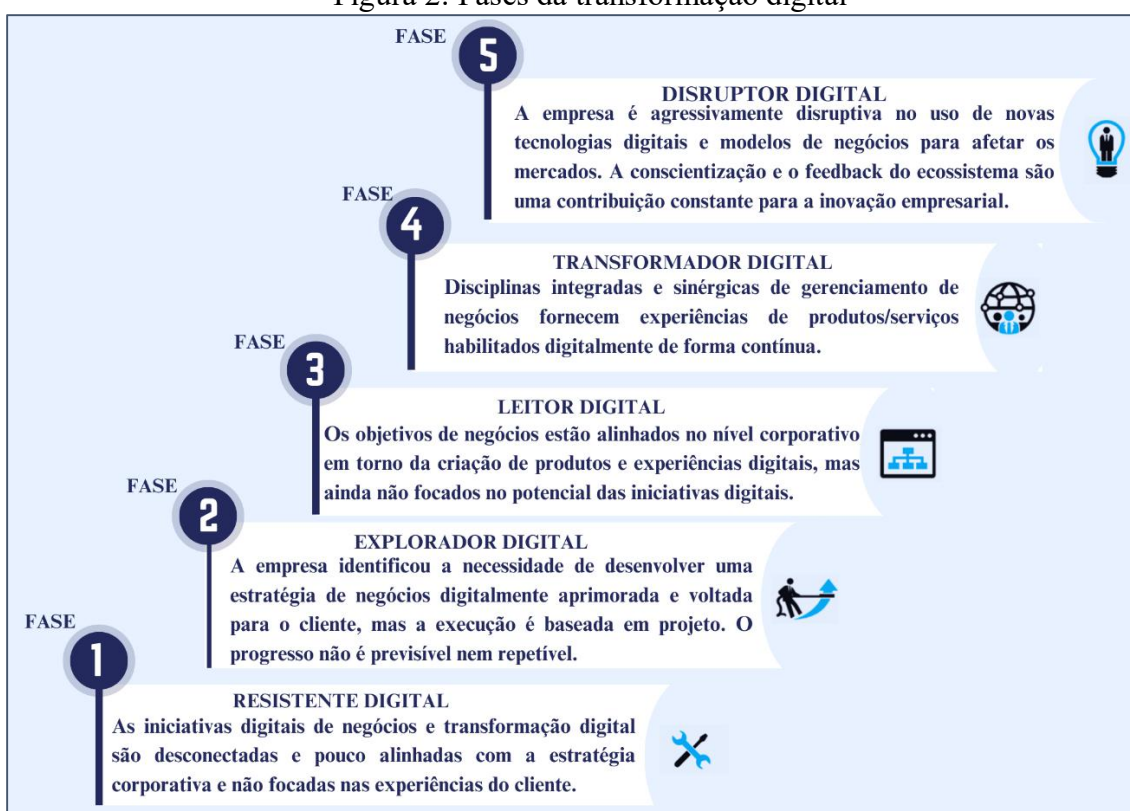
Figura 1: Setores da Estratégia Digital Brasileira(E-Digital)



Fonte: MCTI (2023)

De acordo com a pesquisa chamada “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada” realizada pela *Internacional Data Corporation* (IDC), que teve participação de 835 profissionais de grandes construtoras em 12 países da Europa, Américas e Ásia, incluindo o Brasil, constatou que 72% das empresas de construção de todo o mundo estão priorizando o tema em suas organizações. O estudo apresentou cinco fases da transformação digital descritas na Figura 2, mostrou também que quase 60% das empresas encontram-se nas fases um e dois, estando apenas começando suas jornadas no mundo digital (*Internacional Data Corporation*, 2020).

Figura 2: Fases da transformação digital



Fonte: Adaptado de IDC (2020)

Quando se discute sobre o termo digitalização entende-se que é a transformação de dados do meio físico para o meio digital e com isso se convertem informações nos formatos eletrônicos, esse processo acarreta na substituição dos documentos físicos por versões digitais. A digitalização auxilia na modernização de processos, proporcionando mais eficiência operacional, facilitando quando se tem que buscar por informações e, ainda, ajudando a conceder mais agilidade nas tomadas de decisão (*Internacional Data Corporation*, 2020).

No entanto, somente digitalizar os processos não é inovação nem transformação digital. Para ser considerada como tal, a substituição do analógico pelo digital deve trazer impactos positivos para a empresa, apresentando efeitos que sejam capazes de promover sua transformação (SEBRAE, 2022).

Define-se tecnologias digitais como um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam resolver diversos problemas através da transmissão de dados de informações, em um período relativamente curto (MCTI, 2023). A aplicação de tecnologias digitais para potencializar a produtividade na construção é cada vez mais comum no dia a dia dos profissionais que atuam no setor da construção civil. Neste contexto investir em tecnologia é essencial para viabilizar o desenvolvimento e utilização de materiais e processos inovadores gerando maior qualidade por meio de projetos eficientes com custos reduzidos.

O crescente uso de tecnologias digitais na construção civil introduziu o conceito de Construção 4.0 que, por sua vez, deriva da chamada Indústria 4.0 e das diversas mudanças que ela trouxe para o mundo das obras e construção civil. Para compreender melhor a Construção 4.0 o tópico seguinte trata sobre princípios e como se efetivou a Indústria 4.0.

2.2 Princípios da indústria 4.0

Os avanços tecnológicos promoveram mudanças de paradigmas ao longo da história. A Primeira Revolução Industrial, iniciada em 1760, destacou-se pelo surgimento das indústrias. O aprimoramento de técnicas, o surgimento de máquinas e a introdução de novos meios de produção deram início a Segunda Revolução Industrial, em especial, marcada pelo surgimento das indústrias elétrica e química. Em meados do século XX, a partir da década de 1960, surge a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Técnico Científica Informacional que representa um período de avanço tecnológico, onde uniu ciência e indústria (Schwab, 2016).

O Quadro 1 apresenta resumidamente as três primeiras revoluções, indicando os períodos em que aconteceram e destacando suas principais características tecnológicas.

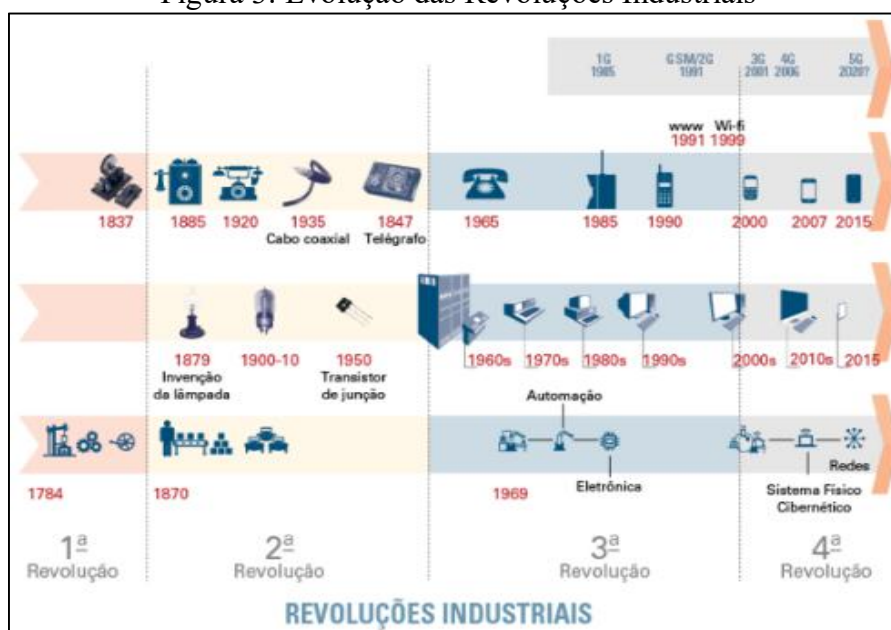
Quadro 1: Revoluções Industriais e suas características tecnológicas

Revolução Industrial	Período	Tecnologias características
1º Revolução	1760 - 1840	- Máquina a vapor; - Mecanização; - Ferrovias.
2º Revolução	Final do século XIX	- Energia elétrica; - Linha de montagem; - Produção em massa
3º Revolução	Meados de 1960	- Automação; - Componentes eletrônicos; - Computação.

Fonte: Elaborado pela autora baseado em Schwab (2016).

Com a combinação dos legados dessas revoluções e o surgimento de tecnologias inovadoras, emerge a Indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e pela introdução de evoluções tecnológicas no mercado. A velocidade e abrangência desta indústria faz com que as organizações reflitam sobre seu desenvolvimento e geração de valor, a Figura 3 ilustra a mudança ao longo dos anos desde da Primeira Revolução Industrial (Stevan; Leme; Santos, 2018).

Figura 3: Evolução das Revoluções Industriais



Fonte: Stevan; Leme, Santos (2018)

O Portal da Indústria define Indústria 4.0 como um conceito que representa a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias, indicando as seguintes tecnologias: robótica, internet das coisas, inteligência artificial, computação em nuvem, entre outras, com o objetivo de possibilitar a digitalização de atividades industriais aprimorando e agregando valor aos processos (Portal da Indústria, 2023).

Entretanto, o conceito não se resume apenas aos processos de automação e integração, mas envolve também todas as etapas relacionadas a cadeia de valor: projeto e desenvolvimento de novos produtos, testes, simulações de produção e pós-venda. Como vantagens, é notável o ganho de produtividade, a redução dos prazos de lançamento de novos produtos, apresentando maior flexibilidade nas linhas de produção (Tripathi; Gupta, 2019).

A Indústria 4.0 resulta da aplicação dessas diferentes tecnologias digitais, que se unem para a geração de soluções específicas de acordo com a prioridade e a programação de cada empresa. As tecnologias são empregadas de acordo com as necessidades de cada projeto, nas quais existem inúmeras possibilidades de combinações para a resolução de problemas concretos colocados pela produção industrial (Coelho, 2016).

Apesar do potencial de geração de grandes impactos sobre a atividade industrial, nem todas as tecnologias que dão suporte à Indústria 4.0 são novas. Algumas já são utilizadas pela produção industrial, tais como sistemas modernos de gestão, automação eletrônica de processos produtivos e robotização, comunicação móvel, sensores e atuadores. (Tessarini; Saltorato, 2018).

Para melhor destacar os conceitos da indústria 4.0 e identificá-la como um fenômeno industrial, Hermann, Pentek e Otto (2015) definiram através da publicação do artigo *Design principles for industrie 4.0 scenarios*, seis princípios que são fundamentais em uma organização para a implementação de tecnologias da indústria 4.0, são eles:

1. Capacidade em tempo real: tem por objetivo ampliar a possibilidade de os gestores industriais acompanharem o processo produtivo garantindo o

tratamento de dados em tempo real. Dessa forma, a identificação de problemas operacionais é facilitada, assim como a tomada de decisões.

2. Virtualização: proposta industrial que consiste na instalação de sensores em todos os processos das fábricas, possibilitando centralizar informações, de maneira que os dados sejam analisados e resultem em intervenções, apresentando um diferencial para o processo produtivo empresarial, em relação aos demais concorrentes.
3. Descentralização: Estipula critérios para monitorar o sistema de gestão. As máquinas recebem instruções e fornecem dados sobre seu ciclo de trabalho, promovendo a colaboração entre sistemas ciber-físicos e humanos, proporcionando uma visão clara dos custos, ociosidade e capacidade.
4. Orientação a serviço: princípio relacionado com a disponibilidade das aplicações de *software* usados e desenvolvidos para venda, de modo a evitar restrição do conhecimento e garantir a padronização de métodos e processos específicos de determinada produção.
5. Modularidade: é o princípio que possibilita a manufatura em módulos, de modo que haja um planejamento produtivo com base em demandas. Essa mobilidade permite alterar as tarefas das máquinas facilmente.
6. Interoperabilidade: princípio que por intermédio da internet das coisas garante a comunicação constante entre os responsáveis pela produção e as máquinas usadas no processo, de modo a alertar os gestores sobre variações de padrões específicos.

Ao adotar os princípios da indústria 4.0, as empresas avançam tecnologicamente, fazendo com que ocorra elevação de valor aos seus negócios através da incorporação de tecnologias avançadas e compilação dos dados das operações de produção, cadeia de suprimentos, atendimento ao cliente e o sistema integrado de gestão empresarial.

Implementar a indústria 4.0 implica adotar, de forma multidisciplinar e progressiva um conjunto de inovações emergentes de tecnologia de informação (TI) e automação industrial, na formação de um sistema de produção físico-cibernético, com intensa digitalização de informações e comunicação direta entre sistemas, máquinas, produtos e pessoas. Esta transição para a indústria 4.0 não ocorrerá de forma repentina, mas sim

gradualmente, com uma velocidade de implantação que dependerá de fatores econômicos e estratégicos e da capacitação tecnológica das indústrias presente em cada país (Hahn, 2017).

No Brasil a adoção de novas tecnologias é crucial para a competitividade das indústrias brasileiras e para ampliar a presença no mercado global. Em março de 2018, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), em parceria com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), lançou a “Agenda brasileira para a Indústria 4.0”, oferecendo amplo suporte à transformação digital das empresas.

Em agosto de 2022, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro - FIRJAN propôs a Agenda de Propostas para um Brasil 4.0, um conjunto de proposições que incentiva o crescimento do país. Para a FIRJAN, produtividade é a chave para o avanço da indústria no país, e a indústria 4.0 precisa de um Brasil 4.0 que só será alcançado com o aumento da produtividade.

Segundo as diretrizes da Estratégia BIM-BR (BRASIL, 2018), as vantagens da adoção das práticas e tecnologias da indústria 4.0 na construção são inúmeras, dentre elas:

- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil, esperando-se aumento do PIB e melhora nos rendimentos das empresas;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a exatidão no planejamento de execução de obras, proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Reduzir adições nos contratos de alteração do projeto, elevação de valor e prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra, almejando-se redução dos gastos;
- Elevar o nível de qualificação profissional;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

Na construção civil, a aplicação dos princípios da indústria 4.0 e o uso de tecnologias digitais deram origem à construção 4.0 que será melhor explorada no próximo tópico desde capítulo.

2.3 Construção 4.0: aplicações e impactos

A indústria da construção civil tem sido historicamente resistente à adoção de novas tecnologias, quando comparada a outras indústrias, como a automobilística e aeroespacial. Forgues *et al.* (2019) define o termo construção 4.0 com sendo a introdução dos princípios da indústria 4.0 na construção civil. Em contrapartida, o relatório publicado pela *European Construction Industry Federation* (2020) usa o termo Construção 4.0 para se referir à digitalização da indústria de construção.

Segundo La Rivera *et al.* (2020), apesar da variedade de interpretações e ausência de um conceito unificado, é evidente a compreensão de que o termo construção 4.0 corresponde com aplicação da indústria 4.0 no setor construtivo, retratando uma vasta digitalização dessa área.

Assim como nas indústrias manufatureiras, a construção civil também se beneficia com as técnicas e uso das tecnologias da indústria 4.0. Popularizado em 2016, a construção 4.0 começou a ser estudada no ano de 2014, com o estudo de Hainer Lasi *et al.*, intitulado de “*Industry 4.0*” que uniu os termos *Industry 4.0* e *construction*. Mas apenas em 2016, com Roland Berger que o termo “*Construction 4.0*” começou a ser usado (Forcael; Ferrari; Opazo-Vega, 2020).

A evolução da construção 4.0 pode apresentar benefícios nos departamentos de gestão financeira, estratégica, comercial e operacional de uma empresa construtora (THORUS, 2023), sendo eles descritos a seguir:

- Aumento de produtividade: por meio da automação de etapas importantes, como é o caso da análise de informações. Com isso, os gestores têm mais tempo e disponibilidade para controlar as operações e serviços, gerando melhores resultados para o negócio.

- Aumento da qualidade: os softwares de gestão, por exemplo, permitem controlar e encontrar com facilidade o cadastro de contratos e fornecedores, garantindo a disponibilidade desses profissionais e dos materiais necessários nas obras em andamento.
- Otimização da gestão: todas as etapas de execução de obras geram muitas informações, e é preciso ter visibilidade e controle sobre todas elas. Sendo assim, a tecnologia visa elaborar gráficos de controle, centralizar essas informações e facilitar o seu acesso. Com isso, o controle passa a avançar de forma otimizada e de acordo com as metas da empresa.
- Aumento de competitividade: os impactos benéficos da construção 4.0 promovem a competitividade no setor por meio do aumento da produtividade das construtoras e da qualidade dos empreendimentos, o que resulta na redução de custos e na possibilidade de ampliar os investimentos. Além disso, oferecer construções com alta qualidade ajuda na conquista de novos clientes, e uma boa gestão propicia a expansão dos negócios.

O Relatório sobre digitalização na construção 2023 realizado pelo *Royal Institution of Chartered Surveyors* (RICS) abordou as possíveis barreiras que impedem a digitalização dos processos e práticas de projeto e construção, identificando que mais de 56% dos entrevistados classificaram “custo, esforço e mudanças necessárias” estão no topo da sua lista de bloqueadores. Metade dos entrevistados (50,1%) classificou “escassez de pessoas qualificadas” como elevada, e 46% fizeram o mesmo por “nenhuma procura clara por parte dos clientes ou partes interessadas”.

Cenário Construtivo Brasileiro 2023 que é um mapeamento do setor de engenharia das construtoras e incorporadoras do país, destacou “recursos financeiros” e “cultura corporativa” como principais barreiras para a inovação nas empresas de construção, citados por cerca de metade dos participantes do estudo (Thorus, 2023).

Para que as empresas construtoras tenham sucesso na adoção de tecnologias relacionadas à construção 4.0, certas ações devem ser implementadas. É de grande importância mapear processos de forma integral detalhando quem e o que está envolvido em determinado fluxo de trabalho, possibilitando a integração entre pessoas,

informações e dados de projetos, além de verificar o desenvolvimento das tecnologias implementadas (Hossain; Nadeem, 2019).

Com as constantes inovações, é preciso que a indústria da construção civil e empresas construtoras não só se adequem às inovações atuais, mas se manter atentos nas tendências do futuro como a construção 5.0. Nesse contexto, o próximo tópico abordará as tecnologias digitais derivadas da indústria 4.0 e como são aplicadas na construção 4.0.

2.4 Tecnologias digitais

A indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) é considerada uma das maiores do mundo. Contudo, historicamente, encontra-se entre as mais reticentes em adotar digitalização e inovação. No entanto, cenários como a escassez de mão de obra qualificada, grande demanda por infraestrutura, busca por produtividade e integração de dados vem estimulando a adoção de tecnologias digitais.

Com isso, dados da pesquisa “Do *start-up* ao *scale-up*: acelerando o crescimento na tecnologia de construção” mostram que aconteceu uma expansão mundial de investimentos e lançamentos de *startups* (empresas de caráter inovador) para o setor de AEC, estima-se que entre 2020 e 2022 cerca de US\$ 50 bilhões foram investidos em tecnologia, 85% a mais do que nos três anos anteriores (McKinsey, 2023).

A Pesquisa Anual de Tecnologia de Construção, conduzida pela JBKnowledge, denominada pesquisa *ConTech* no ano de 2021 recebeu respostas de 29 países diferentes, sendo a maior parte das respostas vindas da América do Norte com um percentual de 96,3%. A pesquisa mostrou que muitas empresas de construção ainda não enxergam que um investimento em Tecnologia da Informação - TI ajudará a obter maior lucratividade, com isso não priorizam o uso *softwares*, *hardware*, tecnologia, gastos com *software* personalizado, infraestrutura e velocidade na conexão ou rede.

Um estudo realizado pela Deloitte apresenta que no Brasil a indústria da construção ainda encontra barreiras de entrada para a inovação, como alto custo de capital, regulamentação e a complexidade técnica. Contudo, novos modelos colaborativos de desenho de projeto, orçamento e gestão, que incorporem a inovação como um valor

desde o seu início, são oportunidades para que essas barreiras sejam contornadas. Mas, para que essas competências inovadoras e tecnológicas se convertam em resultados duradouros, é preciso um processo de gestão da mudança alinhada com a estratégia de governança integrada. O mercado brasileiro já compreendeu a necessidade de avançar nesse sentido, especialmente por conta dos desafios e das transformações do ambiente competitivo e de negócios (Deloitte, 2022).

As tecnologias digitais identificadas como pilares da construção 4.0 incluem (conforme Quadro 2 e referenciado em Oesterreich, Teuteberg, 2016; Dallasega; Rauch; Linder, 2018; Li *et al.*, 2019):

- *Building Information Modelling* (BIM)
- Big Data
- Computação em Nuvem
- Internet das Coisas (IoT)
- Realidade Virtual e Aumentada
- Robótica
- Blockchain
- Inteligência Artificial (IA)
- Manufatura Aditiva
- Drones

Quadro 2: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Tecnologia	Fonte	Definição	Foco	Aplicação
<i>Building Information Modelling – BIM</i>	Crotty, R., 2013. Sacks <i>et al.</i> , 2018.	O <i>building information modelling</i> (BIM) ou modelagem da informação na construção não se trata de um <i>software</i> específico, e sim de uma metodologia de trabalho que utiliza modelos tridimensionais para o desenvolvimento de projetos. Permitindo a criação de um modelo virtual da obra, onde é possível simular todas as etapas do projeto, desde a concepção até a execução, envolvendo os profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção que trabalham de forma colaborativa nos projetos	A modelagem BIM cria componentes virtuais inteligentes sendo perfeitamente similares aos componentes reais do mundo físico, permitindo que o projetista construa virtualmente o empreendimento antes de ser construído no mundo real, e a modelagem BIM entende a comunicação, troca de dados, protocolos para os sistemas e equipes conversem entre si.	<ul style="list-style-type: none"> • 3D - Modelagem tridimensional • 4D – Planejamento • 5D – Orçamento • 6D – Sustentabilidade • 7D - Gerenciamento dos ativos e manutenção • 8D – Segurança no canteiro de obras • 9D – Construção enxuta • 10D – Industrialização da construção
<i>Big Data</i>	Machado, 2018. Souza <i>et al.</i> , 2020.	Trata-se de uma tecnologia focada em coleta, filtrar e organizar grande quantidade de informações e dados. O processo é possível por meio de soluções específicas e integradas, que capturam e reúnem os dados de forma estruturada ou não e em grande velocidade. O banco de dados obtidos com a tecnologia <i>big data</i> deve ser considerado como um dos mais importantes diferenciais para construtoras, destacando também por interagir suas informações com outras tecnologias alimentando <i>softwares</i> de gestão e programas de modelagem 3D.	Ao usar essa tecnologia na construção civil, a empresa consegue desenvolver melhores pesquisas de mercado e de processos para desenvolvimento, execução e oferta de produtos e serviços. Os dados obtidos e utilizados ajudam a otimizar a etapa das atividades e, conseqüentemente, a conquistar melhores resultados, lucratividade e crescimento por meio de um processo de tomada de decisões mais assertivas	A aplicação do de <i>Big Data</i> é dividido em 5 aspectos: <ul style="list-style-type: none"> • volume, variedade e velocidade estão relacionados com a grande quantidade de dados não estruturados que a área de conhecimento é capaz de analisar, em uma grande velocidade. • veracidade se refere às fontes e a à qualidade dos dados, que devem ser confiáveis. • valor está relacionado com os benefícios que o uso de Big Data pode trazer para a empresa.

Continuação do Quadro 2: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Computação em nuvem	Neto, 2019. Acquarone <i>et al.</i> , 2019	Computação em nuvem ou <i>cloud computing</i> é a oferta de serviços de computação sob demanda por meio da internet. Esses serviços incluem armazenamento de arquivos, redes, softwares, bancos de dados, servidores.	A principal característica desse sistema é torna desnecessário salvar arquivos e instalar programas em seu próprio computador. Os softwares e sistemas são instalados nesses computadores e podem ser acessados por qualquer usuário habilitado que tenha conexão à internet.	O setor da construção civil também se beneficia com essa tecnologia, por exemplo, nos departamentos responsáveis por compras e contas a pagar, torna-se possível realizar o gerenciamento de ordens de compra e pagamento de fornecedores através das soluções de gestão integradas e conectadas digitalmente.
Internet das Coisas - IoT	Martins <i>et al.</i> , 2023. Borges; Corrêa, 2022.	A internet das coisas ou <i>internet of things</i> – IoT trata-se da conexão de pequenos objetos até as maiores máquinas, funcionando através de sensores para obter dados, conexões em rede de dados, processamento de dados geralmente centralizados em softwares e interface com usuários através de aplicativos.	Monitoramento de maquinários, monitorar o desempenho de materiais ou de equipamentos de proteção individual - EPI's	A aplicação da IoT na construção civil resumidamente está relacionada ao uso de aparelhos e equipamentos (smartphone, computador ou outra interface) integrados em rede com objetivo de relatar, alterar e monitorar o ambiente no canteiro de obras.
Realidade virtual e aumenta	De Freitas; Ruschel, 2010	A realidade virtual utiliza equipamentos que transportam o ser humano para um mundo digital, que não existe fisicamente, criando uma experiência imersa que faz com que o usuário sinta que está dentro daquele ambiente. Já a realidade aumentada consiste na combinação de elementos do mundo real com elementos do mundo virtual.	Observar os objetos no meio físico, com o auxílio de óculos de realidade aumentada	A tecnologia da realidade virtual e da realidade aumentada pode ser aplicada desde a fase de design dos projetos, promovendo uma melhor visualização dos elementos e uma imensurável riqueza de detalhes.

Continuação do Quadro 2: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Robótica	<p>Portal da indústria, 2023.</p> <p>Gabriel; Amaral; Campos, 2018.</p>	<p>Robótica é a ciência que estuda as tecnologias associadas a concepção e construção de robôs. Um robô é um dispositivo que, de acordo sua programação, pode desenvolver algumas atividades, funcionando de diferentes maneiras, gerenciadas pelo ser humano ou através de programação.</p>	<p>Aumentar a produtividade das empresas em diversas áreas desde da indústria até atividades domésticas.</p>	<p>Uma maneira de utilizar robôs na construção civil é durante demolições, essa atividade exige muito esforço e energia dos colaboradores, além de significar um grande risco de acidentes de trabalho. Outra aplicabilidade, é a utilização de robôs para serviços de alvenaria, as máquinas podem ser pré-programadas para posicionar tijolos na construção de paredes.</p>
Blockchain	<p>Gomes <i>et al.</i>, 2021.</p> <p>Arão; Yudi, 2023.</p>	<p>O <i>Blockchain</i> consiste em uma ferramenta voltada para a descentralização de processos, para que as informações envolvidas em uma transação se tornem mais seguras e fáceis de serem gerenciadas dentro de um sistema.</p>	<p>Livro-razão digital (ledger, em inglês) único, imutável, compartilhável e distribuído que facilita a relação contratual, o processo de registro de transações e de rastreamento de ativos em uma rede de negócios</p>	<p>A tecnologia permite que, <i>stakeholders</i> (partes interessadas) de um mesmo projeto o acompanhamento em tempo real qualquer alteração ou aprovação feita em um documento de uma obra. Com <i>blockchain</i>, é possível rastrear e identificar a conclusão da obra e acionar a cláusula, liberando o pagamento. Tudo de forma automática, em tempo real e sem intermédio de pessoas. Trabalhando em união do BIM em seus projetos, permitem sensores instalados em diversas partes do canteiro de obras sejam capazes de avaliar e fornecer informações sobre o andamento da obra.</p>

Continuação do Quadro 2: Principais tecnologias digitais integrantes da construção 4.0

Inteligência artificial – IA	Damaceno; Vasconcelos, 2018. dos Santos Teixeira; dos Santos Teixeira; da Rocha, 2020	A inteligência artificial (IA) é a capacidade de uma máquina para reproduzir competências semelhantes às humanas como é o caso do raciocínio, a aprendizagem, o planejamento e a criatividade. Nos <i>softwares</i> a IA está presente nas assistentes virtuais, software de análise de imagem, motores de busca, sistemas de reconhecimento facial e de voz. Já no <i>shardwares</i> está presente nos robôs, carros autônomos, drones, ou aplicações no âmbito da internet das coisas	Processamento de grande quantidade de dados, analisar grandes volumes de dados, interpretar, categorizar dados e propor modelos matemáticos que atribuam a eles um significado.	Na construção civil, a IA possibilita inovações como softwares inteligentes para criar cronogramas de obra de maneira automática ou automatização do cálculo de estruturas. Outra aplicação seria o uso da IA no planejamento, desenvolvimento e controle da obra, soluções que apresentam gráficos de fácil visualização contribuem para o andamento da obra com maior agilidade e previsibilidade
Manufatura aditiva	Colpani, 2018.	A manufatura aditivada usualmente conhecida como impressão 3D, consiste na criação de produto a partir da sobreposição de camadas utilizando um modelo digital tridimensional (3D) - elaborado a partir de um software - e um maquinário específico, que realiza a deposição do material conforme programado.	Criar modelos digitais tridimensionais (3D)	Para o setor da construção civil, a concepção de maquetes por meio da impressão 3D auxilia na visualização do empreendimento auxiliando no planejamento e apresentação do projeto.
Drones	Gouveia <i>et al.</i> , 2021	Os drones são veículos aéreos não tripulados, também conhecidos como VANTs, que são controlados remotamente por um controle chamado <i>remotely piloted aircraft</i> - RPA (aeronave remotamente pilotada), também existem modelos de drones mais avançados que podem ser controlados por um computador.	Capturar imagens áreas	Na construção civil os drones, fornecem imagens variadas a partir de diferentes ângulos para relatórios técnicos, auxiliando no levantamento topográfico e mapeamento de áreas, verificação de danos estruturais, na inspeção de telhados, além de poder apoiar a equipe de marketing e vendas.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

As tecnologias digitais apresentadas Quadro 2 configuram um ambiente interconectado, organizando processos e informações para projetar, construir e operar de forma mais eficaz (Sawhney *et al.*, 2020).

Na pesquisa “Construção do amanhã Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil” realizada pela Deloitte (2020), dentre as tecnologias apresentadas podemos destacar como tecnologias digitais que mais impactam o setor imobiliário: *Building InformationModelling* – BIM, inteligência artificial, *big data*, realidade virtual, inteligência artificial, internet das Coisas e drones.

A pesquisa “O estado da adoção digital no Relatório de Construção 2023” apresenta diferenças significativas no uso atual de tecnologia pelas empresas de construção. Quando questionadas sobre o uso atual de tecnologias relacionadas à construção, as tecnologias mais utilizadas foi *Building InformationModeling* (BIM) (sendo usado por 40% das empresas), seguido para estão de construção computação em nuvem (39%) e drones (37%). O estudo mostra a corrente utilização das 16 tecnologias selecionadas pela construção e negócios de engenharia, dentre elas 9 são tecnologias digitais, como por exemplo: *Building InformationModelling* – BIM, computação em nuvem, drones, internet das coisas – IoT, inteligência artificial – IA, *blockchain*, *big data*, realidade virtual e aumenta (Deloitte, 2023).

O estudo “O estado da adoção digital no Relatório de Construção 2023”apresentou que tanto o BIM quanto o uso de computação em nuvem pode serem vistas como importantes tecnologias facilitadoras que podem desbloqueara utilização de outras tecnologias digitais mais avançadas, contribuindo ao seu uso relativamente maior. Por exemplo, empresas que usaram BIM tinham duas vezes mais probabilidade de usar inteligência artificial e aprendizado de máquina e realidade aumentada e virtual, e 80% mais provavelmente usará impressão 3D e realizará a pré-fabricação de certos elementos de construção (Deloitte, 2023).

No próximo tópico será abordado quais desafios enfrentados pelas empresas construtoras no processo de adoção e implementação de tecnologias digitais em seus setores de trabalho.

2.5 Desafios para implementar tecnologias digitais em empresas construtoras

O uso de soluções digitais na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção e Operação – AECO, tem o potencial de posicionar este setor como um dos mais importantes e lucrativos, especialmente em termos de concepção de projetos, aquisição, execução e entrega. No entanto, a integração digital surge também como um dos principais desafios, restando às empresas a investirem mais em digitalização, de planejamento de novos processos de automatização ou de integração de Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC.

O *Global Industry Council* – GIC (2020), publicou relatório que destaca cinco desafios para a adoção e implementação de tecnologias digitais na área de construção e engenharia, destacadas a seguir.

- **Integração em ecossistemas digitais:** o setor da construção, devido à digitalização, tem acesso a mais informações e tecnologias. O desafio é permanecer eficiente e conseguir integrar de forma consistente todas as informações e tecnologia ao ecossistema da empresa, sem perder competitividade. Sem uma plataforma digital integrada, os usuários compartilham arquivos espalhados por e-mail, por exemplo, ou por meio de serviços de armazenamento, levando à perda de documentos, reprocessamento, falta de responsabilidade e atrasos na produtividade.
- **Racionalização e padronização de todos os projetos:** a racionalização é o que ajuda a aumentar a eficiência, lembrando que ter várias tecnologias ou sistemas consome tempo e recursos. É necessário que a empresa aprenda a focar em um sistema ou tecnologia que garanta maior valor e melhor eficiência, reduza custos ou otimize o negócio e rejeite tecnologia que não agregue valor. As empresas de construção usam uma ampla variedade de processos e procedimentos para realizar o mesmo trabalho. A falta de padronização nos projetos de expansão pode se tornar uma grande dor de cabeça para todos os envolvidos.
- **Falta de talento especializado em tecnologia:** conforme a tecnologia entra na empresa, a mesma deve ter equipamentos ou especialistas suficientes para lidar com a tecnologia de forma profissional.

- Resistência à adoção de software: é preciso um esforço de trabalho, desafios culturais e técnicos que podem atrasar e garantir a adoção de novas tecnologias. Tempo e recursos devem ser investidos no apoio a uma formação sólida.
- Estabelecimento de valor e retorno sobre o investimento (ROI): as empresas têm dificuldade em medir e comunicar os benefícios obtidos com os investimentos digitais. Mudanças na tecnologia e nos processos costumam ser desafiadoras, especialmente se o retorno do investimento não for claro, é preciso estabelecer uma estratégia clara e bem definida.

Um estudo global de 2021, intitulado “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada”, realizado com 835 profissionais de grandes construtoras em 12 países da Europa, Américas e Ásia, no ano de 2021. Identificou cinco bloqueios digitais que empresas do setor da construção, em todo o mundo, enfrentam em suas jornadas de inovação.

1. Para 46% das empresas que trabalham para levar a transformação digital adiante, o maior desafio é criar um plano único que seja estratégico para priorizar a implementação dos investimentos tecnológicos.
2. Em seguida 42% apresentam uma dificuldade para uma construção de uma arquitetura tecnológica que permita trabalhar com escala.
3. 37% das empresas enfrentam dificuldades para estabelecimento de métricas para medir o sucesso digital.
4. Exploração da expertise em tecnologia, em 36% das empresas
5. Incorporação de fluxos de trabalho digitais em toda a empresa, em 29% das empresas.

No Relatório sobre o estado da adoção digital na construção de 2023, desenvolvido para Deloitte e conjunto com Autodesk, apresentou uma pesquisa realizada com objetivo de analisar as tendências que impactam a indústria e o nível de adoção digital na Austrália, Japão e Singapura. Onde indica as barreiras mais comuns para a adoção tecnologias digitais na indústria da construção, sendo elas apresentadas na Figura 4:

Figura 4: Barreiras mais comuns para a adoção tecnologias digitais

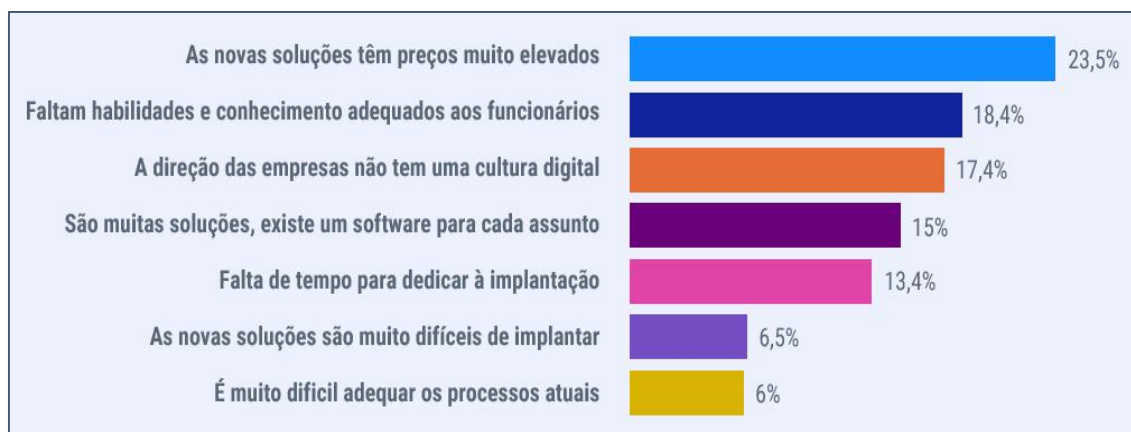


Fonte: Elaborado pela autora baseado Relatório sobre o estado da adoção digital na construção de 2023, Deloitte (2023).

A falta de inovação tecnológica no setor da construção é uma realidade global e é particularmente acentuada no Brasil. A falta de modernização e novas soluções tecnológicas pode gerar falta de produtividade e, conseqüentemente, diminuição da competitividade no setor. Assim, é imperativo que as empresas identifiquem barreiras à modernização e desenvolvam estratégias de inovação (Linderoth; Jacobsson; Elbanna, 2018).

A pesquisa “Transformação Digital na Construção Civil” (2020), consultou quinhentas empresas que atuam na indústria da construção civil do Brasil com objetivo de como o mercado enxerga a transformação digital, destacou quais são as principais barreiras para a digitalização, Figura 5.

Figura 5: Principais barreiras para a digitalização



Fonte: AECweb, 2020.

Independentemente dos desafios enfrentados, a indústria da construção civil deve se adaptar a uma economia global em constante mudança. Os avanços da Indústria 4.0 não apenas oportunizam somente ganhos de competitividade e produtividade como também tem a capacidade de reverter os impactos causado pelas Revoluções Industriais anteriores (Linderoth; Jacobsson; Elbanna, 2018).

No Brasil, o estudo “Construção do amanhã Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil” também realizado pela Deloitte no ano de 2020, apontou que caso dinheiro não fosse um fator limitante as organizações tradicionais da construção civil gostariam de contratar tecnologias digitais como inteligência artificial, big data e internet das coisas. Fatores como cultura corporativa avessa a riscos e falta interesse do nível executivo, também foram desafios apontados pelas as empresas de construção que participaram da pesquisa.

A pesquisa “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada” realizada pela *Internacional Data Corporation* (IDC) foi realizada com diversos países, mas destacou sobre desafios e investimentos da construção civil no Brasil:

“O crescimento da indústria da construção civil no Brasil é liderado por parcerias público-privadas. Há uma diminuição do financiamento para projetos de infraestrutura, mas alterações nos regulatórios foram introduzidas para atrair investimentos do setor privado. Sobre adoção de

tecnologias, o Brasil fica atrás no uso de recursos mais recentes, principalmente big data, inteligência artificial e modelagem 3D, mas há um movimento em direção às normas internacionais de construção. A adoção do BIM (Modelo da Informação da Construção) será obrigatória até 2021.”

É preciso levar em consideração também que as instabilidades políticas e econômicas do Brasil afetaram de forma agressiva o setor. No ano de 2022 a Fundação Getúlio Vargas - FGV divulgou uma projeção de crescimento de apenas 2% para 2022, o que representa uma desaceleração em relação aos anos anteriores.

Neste cenário, o que se espera da modernização da indústria da construção civil é que as inovações transcendam os resultados trazidos por uma digitalização dos processos que já existem. O tópico seguinte será discutido sobre a transformação digital na construção civil.

2.6 Transformação digital na construção civil

Entende-se por transformação digital os métodos que visam aperfeiçoar processos e estruturas, para trazer melhorias a uma entidade, por meio de novas tecnologias e com a participação da rede de atores envolvidos, tecnologias de informação, computação, comunicação e conectividade. Na transformação digital, é a empresa que muda - mas tais mudanças só ocorrem depois da inovação. Isso significa que a transformação digital transforma os pilares sob os quais a empresa está firmada, o que envolve mudanças profundas na forma de pensar e de lidar com as novas tecnologias (Currie, 2019; Schallmo *et al.*, 2017).

A pesquisa “Liberando valor da transformação digital: caminhos e armadilhas” realizada pela Deloitte (2023) analisou 10 anos de divulgações financeiras de mais de 4.000 organizações globais revelando onde as ações de transformação digital podem aumentar o valor da empresa – e, igualmente importante, onde podem corrompê-lo. Os resultados mostram ações que geram valor e podem aumentar as probabilidades de sucesso da transformação digital, são estas:

- **Estratégia digital:** As possibilidades estratégicas criadas pela transformação digital. Exemplos de termos de estratégia digital incluem novas capacidades digitais, novos mercados e novos produtos – essencialmente, termos que descrevem esforços para permitir uma estratégia mais ampla, por vezes abrangendo múltiplas unidades de negócios.
- **Tecnologia alinhada à estratégia:** as tecnologias que acompanham a transformação digital. Quando dizemos “alinhados à estratégia”, queremos dizer que estas tecnologias estão a ser aproveitadas para atingir algum objetivo distinto e dar vida à estratégia.
- **Mudança digital:** a capacidade da organização de se adaptar e adotar novos processos, recursos e formas de trabalhar. Refere-se às características humanas mais qualitativas necessárias para uma transformação, englobando uma infinidade de domínios de talento.

Com o avançar da transformação digital nas organizações surgiram na literatura modelos capazes de avaliar os níveis de maturidade aos quais podem estar associadas às práticas de transformação digital. Dessa maneira, estão apresentados a seguir no Quadro 3 os principais modelos de maturidade relacionadas transformação digital.

Quadro 3: Principais modelos de maturidade relacionadas transformação digital

Modelo	Autor e Data	Definição	Industria Alvo	Níveis de Maturidade	Limitações
<i>CapabilityMaturity Model - CMM</i>	Criado pelo Instituto de Engenharia de Software (SEI) da Carnegie Mellon University / 1991	Estrutura segura projetada para ajudar organizações a avaliar a maturidade de seus processos de software, implementando melhorias progressivas que visam aprimorar a qualidade e a eficiência.	Indústria de Software com objetivo de melhorar e otimizar os processos de desenvolvimento e manutenção de software em organizações.	Nível 1: Inicial Nível 2: Repetível Nível 3: Definido Nível 4: Gerenciado Nível 4: Otimizado	Concentra-se em questões de software, mas não considera planejamento estratégico de negócios, adoção de tecnologias, estabelecimento de linha de produtos e gerenciamento de recursos humanos.
Modelo de Excelência da Fundação Europeia para Gestão da Qualidade (EFQM).	Lançado pela Fundação Europeia para a Gestão da Qualidade / 1992	Estrutura de gerenciamento que ajuda as organizações a gerenciar mudanças e melhorar o desempenho.	Usado por muitas organizações, incluindo empresas, agências governamentais e organizações sem fins lucrativos.	Direção Critério 1: Propósito, visão e estratégia Critério 2: Cultura organizacional e liderança Execução Critério 3: Envolver as partes interessadas Critério 4: Criação de valor sustentável Critério 5: Impulsionando o desempenho e a transformação Resultados Critério 6: Percepções das partes interessadas Critério 7: Desempenho estratégico e operacional	A realização de uma avaliação completa usando o modelo EFQM pode exigir muitos recursos em termos de tempo, experiência e coleta de dados.

Continuação Quadro 3: Principais modelos de maturidade relacionadas transformação digital

<i>Kerzner Project Management Maturity Model – KPM3</i>	Harold Kerzner / 2001	Método incremental para melhorar a maturidade de uma empresa. O modelo Kerzner define cinco níveis básicos para permitir melhor compreensão de sua funcionalidade e proficiência para gerenciamento de projetos.	Planos de gestão estratégica e gerenciamento de projetos para qualquer organização.	Nível 1: Linguagem Comum Nível 2: Processos Comuns Nível 3: Metodologia Singular Nível 4: Benchmarking Nível 5: Melhoria Contínua	É um modelo genérico que pode ser uma limitação para projetos complexos e também não útil em gestão estratégica complexa.
<i>Project Management Maturity Model - PMMM</i>	Criado com base em modelos de negócios já existentes, como o CMM e pelo EFQM	Uma matriz que ilustra como o processo de gerenciamento de projetos de uma empresa evolui ao longo do tempo.	Aprimorar seus processos de gerenciamento de projetos para qualquer organização.	Nível 1: Processo inicial Nível 2: Processo e padrões estruturados Nível 3: Padrões de organização e processo institucionalizado Nível 4: Processo gerenciado Nível 5: Processo de otimização.	A natureza abrangente do modelo pode torná-lo complexo e desafiador para as organizações, especialmente as menores, implementá-lo totalmente.
<i>Organizational Project Management Maturity Model - OPM3</i>	Publicado pelo <i>Project Management Institute (PMI) / 2013</i>	Compreender e avaliar a capacidade de uma organização implementar o seu planejamento estratégico de alto nível, gerindo o seu portfólio ou portfólios e, em seguida, entregando no nível tático, gerenciando com sucesso, consistência e previsibilidade programas e projetos individuais.	Auxiliar na educação de profissionais de gerenciamento de projetos e leigos sobre os efeitos influentes da aplicação dos princípios de gerenciamento de projetos.	Etapas de Melhoria de Processos: <ol style="list-style-type: none">1. Padronizar2. Medir3. Controle4. Continuamente	Aplicar o modelo OPM3 requer um compromisso muito sério de tempo e recursos organizacionais. Algumas organizações podem levar meses ou até anos para implementar as etapas do modelo.

Continuação Quadro 3: Principais modelos de maturidade relacionadas transformação digital

<i>Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model- P3M3</i>	Lançado pelo <i>Office of Government Commerce</i> (OGC) / 2014	Ferramenta para melhores práticas dos domínios constituintes do gerenciamento de projetos organizacionais, incluindo gerenciamento de portfólio, gerenciamento de programas e gerenciamento de projetos.	Organizações corporativas, do setor público, governamentais e sem fins lucrativos de todos os tamanhos e em diversos setores.	Nível 1: Consciência do processo Nível 2: Processo repetível Nível 3: Processo definido Nível 4: Processo gerenciado Nível 5: Otimizando do processo	É um modelo genérico que pode ser uma limitação para projetos complexos.
---	--	--	---	--	--

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

No estudo realizado pela *Internacional Data Corporation* – IDC (2020) que teve com propósito avaliar a maturidade e os desafios da transformação digital do setor de construção, apresentou cinco obstáculos que afastam a construção civil da transformação digital, segundo os participantes, em ordem de importância:

- 1- Planejar o melhor roteiro de investimentos digitais (46%);
- 2- Tornar as iniciativas escaláveis a partir da reestruturação dos negócios (42%);
- 3- Determinar as melhores métricas (37%);
- 4- Desenvolver expertise digital (36%);
- 5- Incorporar estrutura digital em toda a empresa (29%).

No entanto o cenário da indústria da construção civil para transformação digital no Brasil apresentou avanços nos últimos três anos, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV), divulgou o resultado da pesquisa do 3º trimestre do ano de 2023 sobre Transformação Digital nas empresas brasileiras. Apresentou o comportamento do setor da Construção nesse trimestre, com forte alta do percentual de empresas que aumentaram os investimentos digitalização (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2023).

Ao comparar os dados do terceiro trimestre de 2023 com o mesmo período de 2022, foi possível observar que o segmento de “Obras de acabamentos” demonstrou um aumento significativo de 9,3 pontos, destacando-se como o que mais aumentou seus investimentos em digitalização. Em seguida, o segmento de “Obras de instalações” mostrou um notável aumento de 7,2 pontos. Por outro lado, os segmentos “Outros serviços de construção” e “edificações – não residenciais” apresentaram uma grande queda em seus investimentos em digitalização, com recuos de 18,7 e 3,9 pontos no período de um ano, respectivamente. A maioria dos segmentos da Construção também apresentaram aumento no indicador na comparação interanual (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2023).

O Centro de Pesquisa para Energia e Indústria da Deloitte apresentou perspectivas da indústria de engenharia e construção para 2024, o estudo apontou que tanto as empresas de engenharia e construção como as empresas de tecnologia de construção estão a

explorar ativamente o potencial da inteligência artificial - IA generativa para melhorar a eficiência e a trabalhar em soluções para aproveitar esta tecnologia de acordo com as suas necessidades empresariais. As empresas podem continuar a acelerar os avanços em várias outras IA e tecnologias emergentes.

Estas tecnologias podem incluir drones, veículos guiados autônomos, robótica, BIM, sensores IoT e outros que estão sendo implantados para ajudar a impulsionar a realização de valor. Por exemplo, com as tecnologias digitais fundamentais já implementadas, os drones e os veículos guiados autônomos poderiam ser utilizados numa variedade de cenários em estaleiros de construção, desde aplicações de inspeção e monitorização do local de trabalho até à otimização de tarefas em áreas como entrega de materiais, levantamentos e instalações.

Em Pernambuco o Índice CESAR de transformação digital – ICTd (2021) que foi lançado no ano de 2019 pelo centro privado de inovação CESAR *School* (Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife), localizado no Porto Digital, apresenta um modelo composto pelas dimensões: cultura e pessoas, consumidores, concorrência, inovação, processos, modelos de negócio, dados e ambientes regulatórios, e tecnologias. Onde as empresas são analisadas considerando três estágios: de 0% a 40% está em estágio inicial de maturidade digital (Estágio 1), de 40% até 70% está em estágio de desenvolvimento (Estágio 2) e de 70% até 100% em estágio de maturidade digital (Estágio 3) (CESAR REPORTS, 2021; CESAR, 2021).

No estágio inicial, a empresa não tem conhecimento sobre o processo da transformação digital ou se conhece não o entende e por isso não tem ações para a transformação digital. No estágio de desenvolvimento, a empresa conhece e tem ações voltadas à transformação digital, mas ainda sem conexão com a estratégia geral da empresa. No estágio de maturidade digital, a empresa conhece o processo e tem ações conectadas à estratégia de transformação digital da empresa (CESAR REPORTS, 2021).

Silva *et al.* (2023) com objetivo identificar o nível de maturidade digital de empresas pernambucanas, a partir do Índice CESAR de transformação digital – ICTd (2021), identificou que a maioria das empresas estudadas estão em níveis satisfatórios de

maturidade digital e que muitas já usam tecnologias da indústria 4.0. Os resultados também apontam para uma consciência por parte das empresas estudadas em relação a necessidade de adequação dos seus processos.

Das 32 empresas estudadas, seis são do setor de construção civil, seis são de tecnologia, seis se enquadram no setor de indústria e manufatura, duas no setor energético, enquanto as demais se enquadram nas seguintes atividades: terceiro setor, distribuidora de bebidas, varejo home center, atacado de importação e exportação, comércio de cosméticos, saúde, transporte marítimo, agricultura e agropecuária, e serviços de contabilidade. Os resultados mostraram que 11 encontravam-se em estágio inicial ou em desenvolvimento, enquanto 21 estava no nível mais elevado da maturidade digital.

Consolidados os conceitos, princípios, desafios, impactos e tecnologias digitais disponíveis na literatura acerca do uso de tecnologias digitais em empresas construtoras, torna-se apropriado o estudo direcionado a identificar as tecnologias digitais e melhores práticas aplicadas a empresas construtoras da cidade do Recife/PE, a partir da metodologia adotada neste trabalho, a qual será descrita no Capítulo seguinte.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na concepção deste trabalho, o qual foi dividido em três tópicos: o primeiro refere-se à caracterização da pesquisa, o segundo trata a pesquisa exploratória e, o terceiro, detalha a pesquisa de campo.

3.1 Delineamento da pesquisa

A abordagem de pesquisa adotada neste trabalho foi exploratória e descritiva, cujo entendimento estabelecido por Gil (2022) esclarece que o nível de uma pesquisa descritiva visa descrever características de determinada população ou fenômeno de forma organizada. Além disso, Gil (2022) também destaca que uma das marcas dessa modalidade é a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como a observação e o uso de checklist. A pesquisa exploratória, por sua vez, teve como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema estudado, de forma a torná-lo mais compreensível.

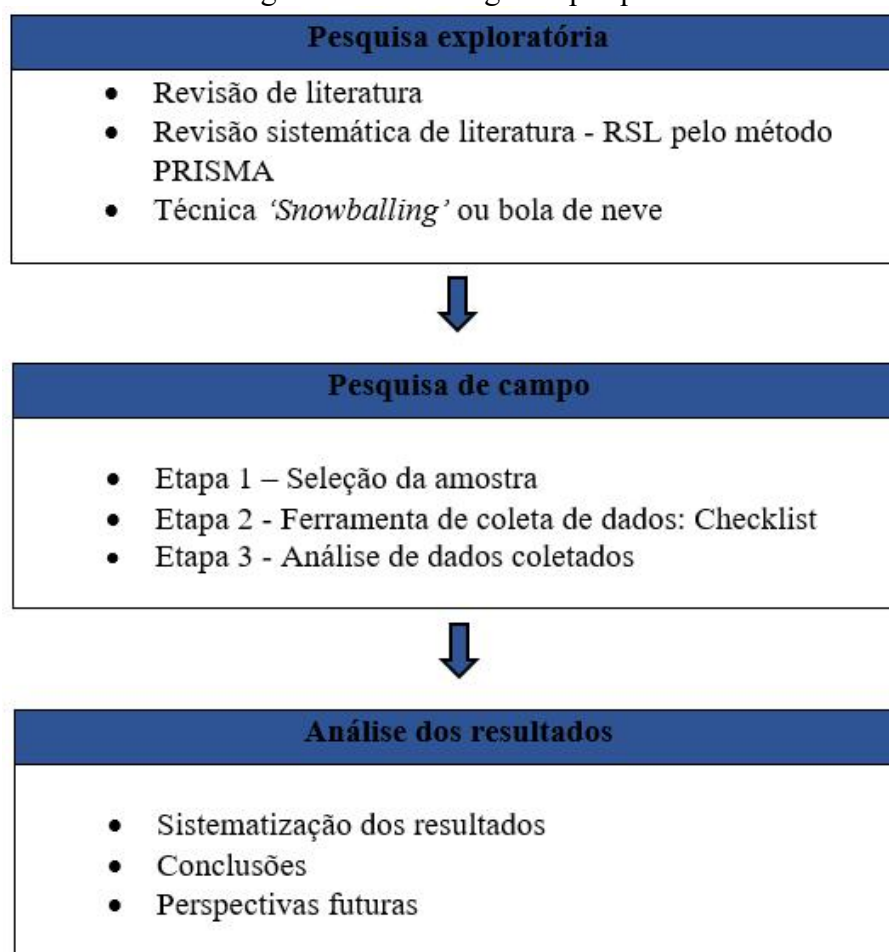
No que concerne à natureza, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, visto que tem o propósito de gerar conhecimentos com aplicação prática, focada na resolução de um problema específico, envolvendo verdades e interesses locais. A estratégia metodológica escolhida para este trabalho é o estudo exploratório, visando proporcionar maior familiaridade com o problema podendo torná-lo explícito ou ajudar na formulação de hipóteses. Envolvendo levantamento bibliográfico, checklist aplicado com empresas que atuam na construção civil e tiveram experiências práticas com o assunto pesquisado e análise de exemplos para melhor compreensão, sendo assim optou-se pelo estudo de caso para pesquisa de campo (Silva; Menezes, 2005).

Os estudos de caso podem ser únicos, indicados em situações em que o caso é atípico ou único e completo; ou múltiplos, os quais permitem a comparação entre os casos únicos (Yin, 2001). A utilização de múltiplos casos possibilita a melhor qualidade da pesquisa,

uma vez que as evidências são inseridas em diferentes contextos (Gil, 2002), de forma que se optou para a presente pesquisa pelo uso de múltiplos casos.

A metodologia deste trabalho foi estruturada em três etapas, quais sejam: elaboração da pesquisa exploratória, pesquisa de campo e análise dos resultados. Essas etapas foram desenvolvidas como mostra a Figura 1. Cada uma das etapas será detalhada nos tópicos a seguir.

Figura 6: Metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

3.2 Pesquisa exploratória

Para pesquisa exploratória, em um primeiro momento foi realizada a revisão da literatura com base na consulta de artigos de periódicos e eventos científicos nacionais, internacionais, livros, dissertações, normas técnicas, manuais, relatórios técnicos, além

de matérias e eventos sobre o uso de tecnologias digitais em empresas construtoras. Em seguida elaborou-se a revisão sistemática de literatura - RSL pelo método PRISMA complementada pela técnica 'Snowballing' ou bola de neve, com o objetivo de realizar a análise exploratória nas publicações científicas relevantes atualmente.

3.2.1 Revisão sistemática de literatura - RSL pelo método PRISMA

Com o intuito de estruturar o conhecimento sobre as principais tecnologias digitais e adotadas mundialmente na indústria construção civil, foi realizada uma revisão sistemática de literatura – RSL baseada nos conceitos “*Preferred Reporting Items of Systematic Reviews and Meta-analyses* – PRISMA (Liberati; Altman; Tetzlaff, 2009).

A RSL buscou responder a seguinte pergunta: **como diagnosticar a situação tecnológica da empresa de construção e quais são as tecnologias digitais que podem promover o desenvolvimento das empresas de construção?**

A revisão sistemática de literatura (RSL) foi estruturada em três etapas:

1. Planejamento: Elaboração de um protocolo de pesquisa.
2. Busca e seleção: Identificação e seleção de artigos nas bases de dados.
3. Sumarização: Tratamento e análise dos dados coletados, culminando com a apresentação do estado da arte do tema em foco. Esta etapa empregou a plataforma *Rayyan*, uma ferramenta de colaboração em pesquisa.

Os artigos selecionados foram pesquisados em várias bases de dados, incluindo por exemplo: *Web of Science*, *Scopus*, *Engineering Village* e *Science Direct*. Acessando a elas através do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior CAPES/MEC que é uma biblioteca virtual que reúne e disponibiliza a instituições de ensino e pesquisa no Brasil o melhor da produção científica internacional.

As palavras chave usadas para a busca foram em português: “tecnologias digitais”, “gestão da inovação”, “tecnologia”, “construção civil”, “transformação digital”, “digitalização”, “automatização”; em inglês: “digital technologies”, “construction”, “innovation management”, “information technology”, “civil engineering”, “technology”,

“digital transformation”, “scan” e “automation” combinadas em pares, no título e no assunto, e uso do operador booleano “AND”.

Na fase de seleção, foram aplicados critérios de inclusão para seleção dos artigos:

- a) Artigos acessíveis no portal de periódicos CAPES para download gratuito, (critério de inclusão – CI 1);
- b) Artigos publicados entre os anos 2013 e 2023, (critério de inclusão – CI 2);
- c) Por idioma (trabalhos em português e inglês), (critério de inclusão – CI 3);
- d) Por tópico (artigos relacionados à engenharia civil, arquitetura e construção), (critério de inclusão – CI 4);
- e) Por título e resumo (artigos que contêm parâmetros de interesse analisados na revisão), (critério de inclusão –CI 5).

Por outro lado, os critérios de exclusão foram:

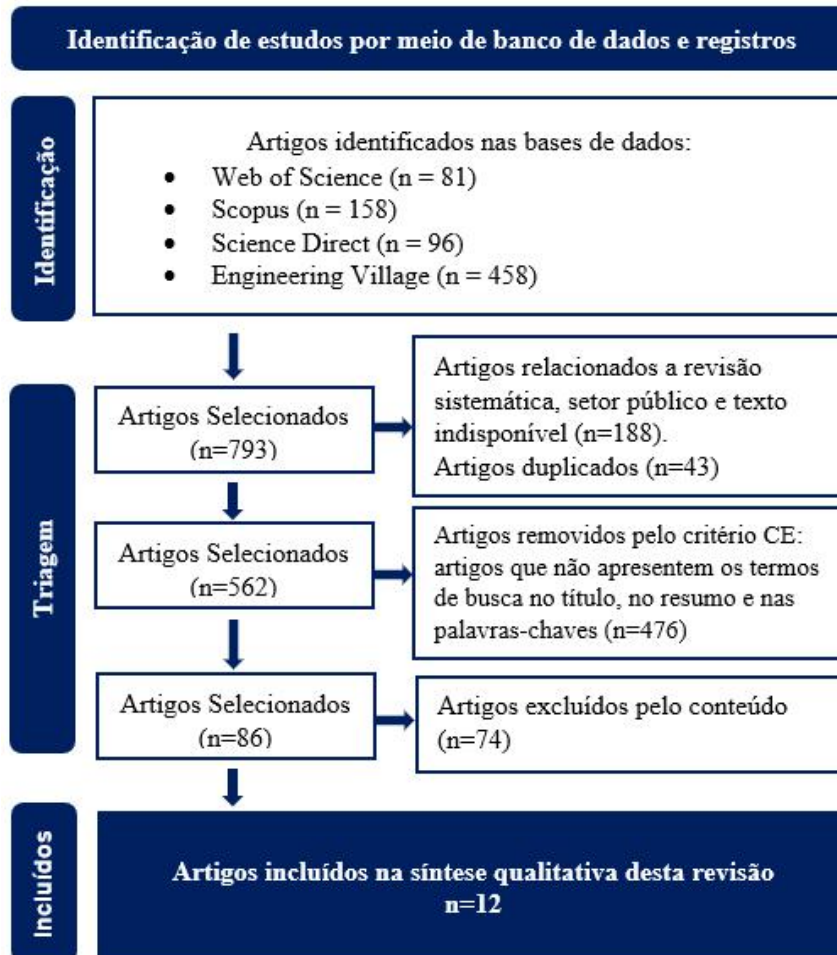
- a) Artigos que não continham tópicos relacionados à aplicabilidade de tecnologias na engenharia civil e construção, (critério de exclusão – CE1);
- b) Artigos duplicados, (critério de exclusão – CE2);
- c) Artigos que não apresentem os termos de busca no título, no resumo e nas palavras-chaves, (critério de exclusão – CE 3);
- d) Artigos que abordem temas de sustentabilidade, (critério de exclusão – CE4);
- e) Artigos de revisão sistemática, (critério de exclusão – CE5);
- f) Artigos que o texto completo e resumo não estejam disponíveis, (critério de exclusão – CE6).

Com o término das buscas nas bases de dados, foram identificados 793 artigos. Na fase de triagem após aplicar os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, foram excluídos 43 artigos duplicados, 476 artigos que não apresentaram os termos de busca no título, no resumo e nas palavras-chaves e 74 artigos excluídos pelo conteúdo. Também foram excluídos estudos de revisão sistemática, artigos que estavam relacionados ao setor público, artigo sem o texto completo disponível e com resumo não disponível.

Após todo o processo de seleção e aplicação dos critérios de elegibilidade, resultou na seleção de 16 artigos sendo 4 dos mesmos com acesso restrito impossibilitando a leitura completa, o que resultou na seleção final de 12 artigos para leitura completa. Todo esse

processo de seleção e aplicação dos critérios de elegibilidade pode ser observado através do fluxograma da seleção dos artigos apresentado na Figura 2.

Figura 7: Fluxograma de pesquisa utilizando o método PRISMA



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para os resultados desta revisão sistemática foi feita uma abordagem qualitativa, que apresenta a análise descritiva do conteúdo e resultados dos estudos selecionados. Em seguida, foi realizada uma síntese com o objetivo de apresentar qual a relevâncias que as tecnologias digitais apresentadas nos artigos selecionados trazem para a construção civil.

3.2.2 *Técnica snowballing ou bola de neve*

O método 'Bola de Neve' foi aplicado aos 12 artigos obtidos na RSL, conduzindo tanto a iterações "para trás" quanto "para frente", culminando na inclusão de 18 artigos. Nesta etapa do estudo foram selecionados apenas artigos revisados por pares, e publicados, em inglês ou português, a partir de 2018, e em revistas classificadas com boa métrica no *Citescore*. As iterações ocorreram tanto pela pesquisa de trabalhos encontrados nas listas de referências de artigos selecionados como relevantes (Bola de Neve para trás), como, também, utilizando o google acadêmico, na busca de trabalhos que tenham referenciado os artigos selecionados (Bola de Neve para frente).

O método 'Bola de Neve para trás' origina-se da lista de referências do artigo selecionado, com o intuito de identificar novos documentos relevantes. O primeiro passo é percorrer a lista de referências e identificar os artigos que atendem aos critérios de inclusão determinados. Na etapa seguinte, os artigos candidatos, cujos títulos se alinhavam à proposta deste estudo, foram avaliados. Para os artigos considerados candidatos, o resumo foi inicialmente analisado, seguido do texto completo, decidindo-se então pela inclusão ou exclusão (Wohlin, 2014).

'Bola de Neve para frente' envolve identificar novos artigos que citam os já incluídos na RSL, utilizando o Google Acadêmico. O título de cada artigo candidato foi registrado em uma planilha e posteriormente examinado segundo os seguintes critérios de inclusão: quando o título do artigo parecer adequado com a temática proposta, o documento for revisado por pares, o periódico com boa classificação no site *Citescore* e a publicação ocorreu a partir de 2018. Caso o artigo candidato preencha todos os requisitos anteriores, fez-se a análise do resumo e, então, o texto completo foi estudado para se tomar uma decisão sobre o novo artigo (Wohlin, 2014).

As etapas e os critérios de inclusão na filtragem dos artigos na Bola de Neve obedeceram a sequência apresentada no Quadro 4.

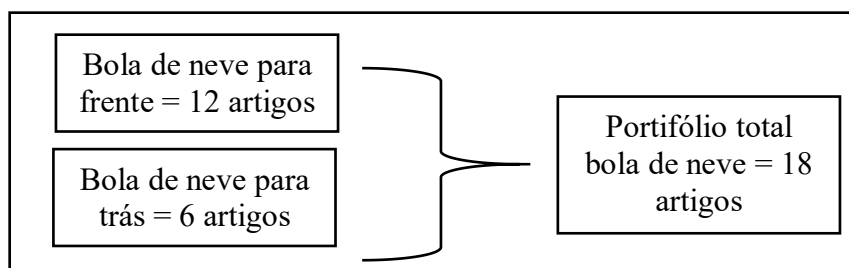
Quadro 4: Etapas da filtragem por Bola de Neve e critérios de inclusão

Bola de neve para frente (Google Acadêmico)	Bola de neve para trás (Referências)	Critério de Inclusão
1 - Leitura do título: leitura dos títulos das obras que citam o artigo incluído, que sejam potencialmente aderentes à temática estudada	1 - Leitura do título: leitura dos títulos das obras que citam o artigo incluído, que sejam potencialmente aderentes à temática estudada	Título: aderente à temática Ano de Publicação: a partir de 2018 Idioma: Inglês ou Português Acesso: aberto
2 - Revisão por pares: verificar a credibilidade científica do artigo	2 - Revisão por pares: verificar a credibilidade científica do artigo	Tipo: Artigo revisado por pares
3- CiteScore: verificação se o artigo em análise foi publicado em uma revista conceituada	3- CiteScore: verificação se o artigo em análise foi publicado em uma revista conceituada	Classificação: Artigo publicado em revista Q1 - Quartil 1 = 99 ^o – 75 ^o percentil do CiteScore
4- Leitura do resumo: verificação da aderência do resumo ao tema deste estudo	4- Leitura do resumo: verificação da aderência do resumo ao tema deste estudo	Aderente à temática
5 - Leitura do artigo na íntegra: confirmação da relevância do artigo para integrar o portfólio Bola de Neve deste estudo	5 - Leitura do artigo na íntegra: confirmação da relevância do artigo para integrar o portfólio Bola de Neve deste estudo	Abordar ao menos um dos seguintes tópicos: - Implementação de tecnologias digitais em construtoras; - Gestão de obras com auxílio de tecnologias digitais;

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Neste estudo foram realizadas iterações para frente e para trás que culminaram na inclusão de 18 artigos no portfólio Bola de Neve. O número de artigos obtidos a partir de cada iteração, estão apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Quantidade de artigos Portifólio Bola de Neve



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para a análise dos resultados da RSL e bola de neve foi feito um quadro apresentando os artigos selecionados, em seguida uma análise de quais tecnologias digitais foram abordadas nos estudos e por fim uma análise qualitativa dos artigos, tais resultados serão apresentados no capítulo seguinte.

3.3 Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo foi caracterizada por investigações que, em conjunto com pesquisas bibliográficas e/ou documentais, realizaram coletas de dados junto a indivíduos ou grupos. Assim, o objetivo da pesquisa de campo foi observar fatos e fenômenos exatamente como se manifestaram na realidade, através da coleta de dados (Gil, 2022).

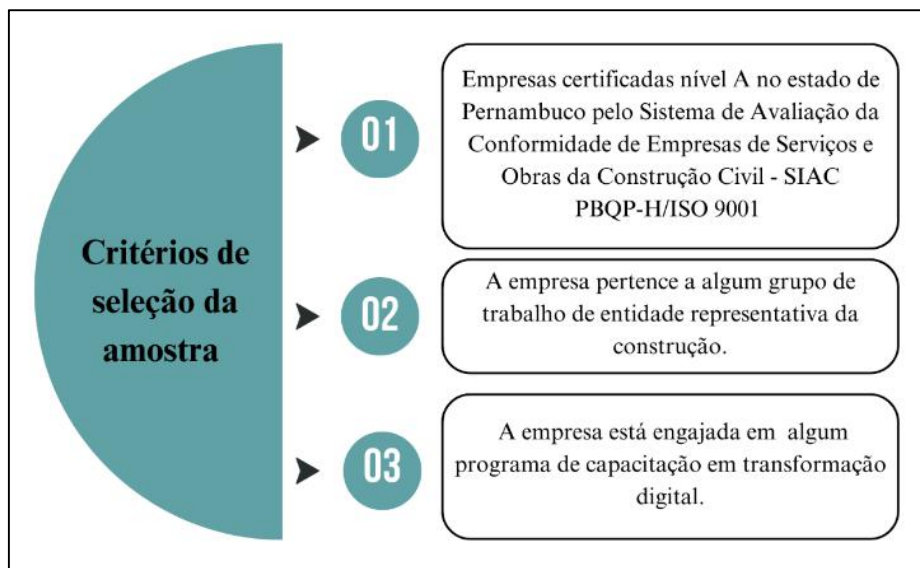
3.3.1 Etapa 1 – Seleção da amostra

A amostragem é o processo estatístico pelo qual se define um subconjunto de elementos para representar a totalidade de uma população sob estudo ou avaliação (Ghiraldini, 2017).

A seleção das empresas nas quais se aplicou o checklist foi feita por meio de um processo de amostragem não probabilística intencional. Conforme Gil (2022), nesse tipo

de processo são escolhidos casos para a amostra que sejam representativas da população/universo. Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se os critérios de seleção descritos Figura 8.

Figura 8: Critérios de seleção da amostra



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para este trabalho foram selecionadas construtoras localizadas no estado de Pernambuco que atuam no segmento imobiliário, em seguida, foi realizado contato via e-mail e ligações com gestores responsáveis pelos setores de tecnologia da empresa, procurando explicar o objetivo do estudo e a possibilidade de aplicar o checklist de pesquisa.

Buscaram-se também empresas que estivessem engajadas em programas ou capacitações em transformação digital, programas estes em parceria com instituições de ensino, sindicato da indústria da construção, porto digital, entre outros.

3.3.2 Etapa 2 - Ferramenta de coleta de dados: Checklist

Os usos de tecnologias digitais nos diversos departamento de trabalhos em uma empresa construtora de edificações residenciais foi o principal tema desta pesquisa, considerando

tais tecnologias digitais como ferramentas ligadas a Construção 4.0 que auxiliam no aumento de produtividade e transformação digital na indústria da construção civil.

A coleta de dados ocorreu entre os meses de agosto e novembro de 2023, utilizando um checklist desenvolvido com base no modelo de pesquisa de Medeiros (2011), Huttli (2023) e em estudos com os seguintes temas:

- Maturidade digital de construtoras e incorporadoras de todo o Brasil (CBIC, 2023);
- Relatório cenário construtivo brasileiro 2023 (Cenário Construtivo Brasileiro, 2023);
- Digital 2023 *constructionreport* (RICS, 2023);
- Digitalização das engenharias no Brasil (BIM Fórum Brasil, 2022);
- Construção do amanhã Panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil (Deloitte, 2020);
- Transformação digital na indústria da construção (CBIC, 2020);
- Transformação digital: como construir o futuro, hoje (BSI, 2020).

Na elaboração do checklist, também foi adotada a escala Likert, um padrão de resposta no qual os entrevistados expressam seu nível de concordância com afirmações, variando entre total discordância e total concordância. Uma escala tipo Likert é constituída por questões que o respondente além de concordar ou não, apresenta o grau de intensidade das respostas (Cunha, 2007; Alexandre *et al.*, 2003).

O checklist foi subdividido em quatro partes:

1. Registro de informações gerais para caracterização das empresas: porte da empresa construtora estuda, se a empresa possui setor específico para desenvolvimento tecnológico e se está engajada em algum setor ou capacitação para transformação digital, e também em quais processos de trabalho as empresas construtoras mais se destinam investimentos financeiros.
2. Caracterização do responsável: formação acadêmica e cargo que o entrevistado exerce na empresa.

3. Transformação digital: contendo questões relativas ao nível de digitalização, motivações para adoção de tecnologias digitais, em quais temáticas estão direcionados dos treinamentos e capacitações, quais seriam as principais barreiras e benefícios do uso de tecnologias digitais de cada empresa construtora estudada.
4. Tecnologias digitais: direcionada à coleta de informações sobre quais tecnologias são usadas nas empresas construtoras, impactos advindos das implementações tecnológicas e importância da implementação de tecnologias digitais para aumento de produtividade.

O critério adotado para determinar o porte das empresas foi determinado de acordo com a 11ª edição do Anuário do Trabalho nos Pequenos Negócios, resultado da parceria entre o Sebrae e o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE) onde apresenta a classificação dos estabelecimentos segundo o porte, apresentados na Figura 9.

Figura 9: Porte das empresas de acordo com o Sebrae

Porte	Setores	
	Indústria e Construção	Agropecuária, Comércio e Serviços ⁽¹⁾
Microempresa	até 19 pessoas ocupadas	até 9 pessoas ocupadas
Pequena empresa	de 20 a 99 pessoas ocupadas	de 10 a 49 pessoas ocupadas
Média empresa	de 100 a 499 pessoas ocupadas	de 50 a 99 pessoas ocupadas
Grande empresa	500 pessoas ocupadas ou mais	100 pessoas ocupadas ou mais

Fonte: Anuário do trabalho nos Pequenos Negócios, 2020.

3.3.3 Etapa 3 - Análise de dados coletados

Conforme Santos *et al.* (2018), uma etapa crucial do método de estudo é a análise dos dados coletados. Nesta etapa da análise é realizado o exame, a categorização, a tabulação dos dados e a combinação dos testes e das evidências, de forma a alcançar as conclusões do estudo, com base nos objetivos e no problema da pesquisa (Santos *et al.*, 2018).

Yin (2001) recomenda estruturar a estratégia analítica geral a partir do estabelecimento de prioridades, iniciando-se pelas métricas e variáveis determinadas no protocolo de pesquisa. Esse autor também sugere começar a análise com as questões menores, buscando evidências, seguir para as questões maiores e, então, considerar os questionamentos principais da pesquisa.

Neste trabalho a primeira etapa da organização dos dados se deu com a classificação das perguntas do checklist a partir das unidades de registro levantadas na análise de conteúdo e, com isso, a análise dos dados e apresentação e discussão dos resultados foi estruturada a partir das categorias de análise buscando-se coletar apenas dados relevantes para a temática abordada.

Assim, neste estudo, adotaram-se procedimentos sistemáticos de análise de dados para:

- a) Reduzir o volume de dados, eliminando informações irrelevantes e retendo apenas as pertinentes à análise;
- b) Dispor as evidências em categorias;
- c) Identificar causalidades e a lógica que une os dados e;
- d) Produzir uma narrativa.

No capítulo seguinte, serão demonstrados e analisados os resultados obtidos na pesquisa exploratória e na pesquisa de campo.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados alcançados após a elaboração dos passos metodológicos descritos no capítulo anterior. Iniciando pela pesquisa exploratória que se dividiu em uma revisão sistemática da literatura – RSL pelo método PRISMA, e posteriormente, uma pesquisa do tipo ‘Snowballing’ (também conhecida como 'bola de neve'). Na sequência, são exibidos os resultados obtidos do estudo de caso.

4.1 Pesquisa Exploratória – RSL e ‘Snowballing’

Os resultados da pesquisa exploratória são apresentados considerando a revisão sistemática da literatura pelo método PRISMA, que analisou publicações científicas relevantes nos últimos dez anos; seguida dos resultados da pesquisa *Snowballing* ou bola de neve que considerou interações subsequentes e anteriores nos artigos obtidos na RSL.

Para a revisão sistemática, foi feita a leitura e análise completa das informações dos 12 artigos previamente selecionados. Com base nos critérios de elegibilidade anteriormente descritos na metodologia, foram extraídas as informações mais relevantes para compreender as principais tecnologias digitais usadas em empresas construtoras.

Na leitura completa dos artigos buscou-se identificar como diagnosticar a situação tecnológica de uma empresa de construção, bem como escolher e implementar o uso da tecnologia digital mais viável que oferecesse benefícios tangíveis, detectando quais foram os passos para adoção de tecnologias digitais em empresas construtoras. O Quadro 6 lista os trabalhos analisados, onde estão relacionados os autores, ano de publicação, cidade e país, objetivo e tecnologias abordadas de cada estudo.

Para a técnica '*Snowballing*' foi feita a seleção dos artigos de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, em seguida foi realizada a leitura completa destes, buscando

identificar as tecnologias digitais mais usadas em empresas construtoras nos últimos cinco anos. O Quadro 7 apresenta aos trabalhos relevantes, onde estão relacionados os autores, ano de publicação, cidade e país, título, etapa de inclusão, objetivo e tecnologia tratada de cada estudo.

Quadro 6: Artigos aceitos para extração de dados na RSL

Nº	Autores e ano	Cidade / País	Título	Objetivo do estudo	Tecnologia abordada
01	Cepurnaite, Ustinovicius, Vaisnoras (2017)	Poznan / Polônia	Modernização com tecnologia BIM através da digitalização de informações de construção	Uso do BIM para auxiliar na tomada de decisão para um gerenciamento eficaz das informações ao longo do ciclo de vida do projeto.	Modelagem da Informação da Construção (BIM)
02	Redwood <i>et al.</i> (2017)	Austrália	A Proliferação de Sistemas de TIC e Tecnologia Digital e sua Influência nas Capacidades Dinâmicas das Construtoras	Investigar a aplicação de vários sistemas inovadores de TIC e tecnologia digital nas habilidades de uma empresa de construção e em toda a cadeia de suprimentos de um projeto.	Modelagem da Informação da Construção (BIM)
03	Linderoth, Jacobsson, Elbanna (2018)	Sydney / Austrália	Barreiras para a transformação digital: o papel da indústria	O objetivo do artigo é explorar como ocorrem as interações entre quatro atores-chave da indústria; arquitetos, clientes, empreiteiros e consultores moldam as características da indústria e as opções para a transformação digital através da adoção e uso da tecnologia digital.	Modelagem da Informação da Construção (BIM)
04	Berawi, Sunardi, Ichsan (2019)	Depok / Indonésia	Chief-Screen 1.0 como plataforma da Internet das Coisas no monitoramento e controle de projetos para melhorar o desempenho do cronograma do projeto	Analisar os efeitos da plataforma IoT no desempenho do cronograma e construir um novo modelo da plataforma, para a metodologia de monitoramento e controle na indústria da construção.	- Internet das Coisas - IoT
05	Madanayake e Cidik (2019)	Leeds / Reino Unido	O potencial da tecnologia digital para melhorar a produtividade da construção	Análise de opiniões de gerentes da indústria da construção civil sobre o efeito do <i>Building Information Modeling</i> (BIM) e do <i>Big Data Analytics</i> na competitividade organizacional.	- Modelagem da Informação da Construção (BIM) - <i>Big Data Analytics</i>

Continuação do Quadro 6: Artigos aceitos para extração de dados na RSL

06	Singh (2020)	Noida / Índia	Soluções de segurança baseadas em <i>blockchain</i> com aplicação de IoT na indústria da construção	Aplicar potenciais da tecnologia IoT & <i>Blockchain</i> na indústria de infraestrutura e construção.	- Internet das Coisas – IoT - <i>Blockchain</i>
07	Bosch-Sijtsema <i>et al.</i> (2021)	Gotemburgo / Suécia	O fator hype das tecnologias digitais na AEC	Estudar as atuais oportunidades, barreiras, uso e conhecimento de tecnologias digitais na indústria sueca de arquitetura, engenharia e construção – AEC.	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Inteligência artificial, - Sensores, - Robôs/automação, - Gêmeo digital, - Realidade virtual, - Impressão 3D, - Drones, - Computação em nuvem
08	Jiang <i>et al.</i> (2021)	Hubei / China	“Construção Inteligente, Modelagem Digital do Futuro” Internet + Serviço BIM - como exemplo o Centro de Exposições do Centro Nacional de Segurança Cibernética para Educação e Inovação	Discutir a aplicação de uma Plataforma de Construção Inteligente, BIM e tecnologia digital para atender a modalidade construtiva “ <i>Engineering Procurement Construction- EPC</i> ” e a modalidade de gestão de “ <i>Executive Architect</i> ”. Tomando como exemplo o Centro de Exposições do Centro Nacional de Segurança Cibernética para Projeto de Educação e Inovação.	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM), - Computação em nuvem, - Internet das Coisas – IoT - <i>Big Data</i>
09	Ashtarout <i>et al.</i> (2022)	Estados Unidos	Gêmeos digitais na indústria da construção: uma perspectiva dos profissionais e da autoridade da construção	Abordar essas lacunas de Gêmeos Digitais no contexto da indústria da construção, por meio de entrevistas semiestruturadas e realizadas com nove profissionais da construção para entender suas percepções sobre o uso e os desafios dos Gêmeos Digitais.	- Gêmeo digital

Continuação do Quadro 6: Artigos aceitos para extração de dados na RSL

10	Sepasgozar <i>et al.</i> (2023)	Sydney / Austrália	BIM e Gêmeos digital para o desenvolvimento de tecnologias de convergência como o futuro da construção digital	Investigar o estado da implementação da tecnologia de construção e apresenta um roteiro para o desenvolvimento e implementação de tecnologias necessárias para a indústria da construção	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Internet das coisas - IoT - <i>Big Data</i>
11	Ameyaw e De Vries (2023)	Birmingham / Reino Unido	Fatores críticos que influenciam a adoção de contratos inteligentes habilitados para Blockchain em projetos de construção	Explorar e estabelecer os fatores críticos que influenciam a adoção de contratos inteligentes habilitados para <i>blockchain</i> em acordos contratuais de construção.	- <i>Blockchain</i>
12	Zhang <i>et al.</i> (2023)	Hangzhou / China	Transformação digital na indústria de construção chinesa: status, barreiras e impacto	Investigar o estado atual, principais barreiras e impacto potencial da transformação digital da indústria de construção chinesa.	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Internet das coisas - IoT - Realidade aumentada - <i>Big Data</i> - Impressão 3D, - Computação em nuvem - <i>Blockchain</i>

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Quadro 7: Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve

Nº	Autores e ano	Cidade / País	Título	Objetivo do estudo	Etapa de inclusão	Tecnologia abordada
01	Hultgrene Pajala (2018)	Estocolmo / Suécia	Tecnologia blockchain na indústria da construção: transparência e rastreabilidade na cadeia de suprimentos	Explorar como a nova tecnologia <i>blockchain</i> pode ser usada para atender aos requisitos atuais e futuros da indústria da construção e analisar as consequências potenciais do uso da tecnologia.	BN Trás	- <i>Blockchain</i> - <i>Building Information Modeling</i> (BIM)
02	Zaher, Greenwood, Marzouk (2018)	Gizé / Egito	Aplicativos móveis de realidade aumentada para projetos de construção	Apresentar uma metodologia para monitorar o andamento da construção usando smartphones, com aplicação do BIM e realidade aumentada.	BN Trás	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Realidade aumentada
03	Safa, Baeza, Semanas (2019)	Texas / Estados Unidos	Incorporando a tecnologia blockchain no gerenciamento de construção	Explorar o uso da tecnologia <i>blockchain</i> como uma nova solução para gestão de informações de construção.	BN Trás	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - <i>Blockchain</i>
04	Petrov, Hakimov (2019)	Petersburg / Rússia	Tecnologias digitais no monitoramento e controle da construção	Investigar tecnologias digitais de monitoramento e controle da construção, levando em consideração as características intrínsecas das empresas de construção russas.	BN Trás	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM)
05	Sacks <i>et al.</i> (2020)	Cambridge/ Reino Unido	Construção com sistemas de informação gêmeos digitais	Formular um modo de construção baseado em conceitos existentes de <i>building information modeling</i> (BIM), sistemas de produção de projetos enxutos, aquisição automatizada de dados e inteligência artificial	BN Trás	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Gêmeo digital

Continuação do Quadro 7: Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve

06	Ozturk (2021)	Aydin / Turquia	Pesquisa de gêmeos digitais na indústria de arquitetura, engenharia, construção, operação e gerenciamento de instalações	Examinar e discutir as lacunas e tendências atuais de gêmeos digitais na indústria de arquitetura, engenharia, construção, operação e gerenciamento de instalações e propor direções futuras para as partes interessadas da indústria.	BN Frente	- Gêmeo digital
07	Yitmen <i>et al.</i> (2021)	Jönköping / Suécia	Um modelo adaptado de gêmeos digitais cognitivos para o gerenciamento do ciclo de vida da construção	Investigar a aplicabilidade e interoperabilidade de um modelo adaptado de gêmeos digitais cognitivos para detectar ações complexas e imprevisíveis e raciocinar sobre estratégias dinâmicas de otimização de processos para apoiar a tomada de decisões na construção do gerenciamento do ciclo de vida de um projeto.	BN Frente	- Internet das coisas - IoT - <i>Big Data</i> - Inteligência Artificial -IA - Gêmeo digital
08	Cheng <i>et al.</i> (2021)	Changchun / China	Quando o blockchain encontra a indústria de AEC: status atual, benefícios, desafios e futuras oportunidades de pesquisa	Revisar o status atual das aplicações blockchain através de uma análise bibliométrica combinada com uma revisão sistemática da literatura.	BN Frente	- <i>Blockchain</i>

Continuação do Quadro 7: Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve

09	Bello <i>et al.</i> (2021)	Bristol/Reino Unido	Computação em nuvem na indústria da construção: casos de uso, benefícios e desafios	Destacar casos de uso da computação em nuvem nas práticas de construção, através de uma revisão sistemática.	BN Trás	-Computação em nuvem - <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Internet das coisas – IoT - <i>Big Data</i> - Realidade virtual e aumentada
10	Ghosh, Edwards, Hosseini (2021)	Geelong / Austrália	Padrões e tendências na pesquisa sobre Internet das Coisas (IoT): aplicações futuras na indústria da construção	Identificar e classificar o nível de importância da internet das coisas- IoT associada à indústria da construção, utilizando uma ferramenta de mapeamento científico	BN Trás	- Internet das coisas – IoT
11	Ping <i>et al.</i> (2021)	Ningbo / China	Análise das barreiras à implementação do BIM na construção civil industrializada: um estudo na China	Verificar e classificar fatores de barreira para aplicações BIM no contexto da construção industrializada.	BN Frente	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM)
12	Megahed e Hassan (2022)	PortSaid/ Egito	Evolução do BIM para gêmeos digitais: uma mudança de paradigma para a indústria arquitetura, engenharia, construção e operação - AECO pós-pandêmica	Desenvolve e propõe modelos teóricos que examinam a evolução do gêmeo digital no contexto do BIM, tecnologias de ponta, plataformas e aplicações ao longo das fases do ciclo de vida do projeto.	BN Frente	- Inteligência Artificial -IA - <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Gêmeo digital

Continuação do Quadro 7: Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve

13	Schnell, Haag, Jünger, (2022)	Stuttgart / Alemanha	Implementação de tecnologias digitais em empresas de construção: estabelecendo um processo holístico que aborda as barreiras atuais	Fornecer conceito para um processo holístico de implementação de tecnologia digital que aborde as barreiras atuais. Através de uma análise qualitativa da literatura e entrevistas com especialistas de empresas de construção alemãs	BN Frente	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Realidade virtual - <i>Blockchain</i> - Internet das coisas - IoT
14	Kazmi e Sodangi (2022)	Dammam / Arábia Saudita	Modelando as restrições para a utilização da Internet das coisas no gerenciamento de cadeias de suprimentos de construção externa: uma abordagem para a construção sustentável	Identifica e prioriza metodicamente os fatores cruciais que impedem a aplicação da Internet das Coisas (IoT) na construção inovadora	BN Frente	- Internet das coisas - IoT
15	Zhang <i>et al.</i> (2022)	Hong Kon / China	Gêmeos digitais para canteiros de obras: conceitos, definição de LoD e aplicações	Apresentar uma estrutura para utilizar gêmeos digitais e estender o nível de detalhes (LoDs) existente na modelagem de informações de construção (BIM) para gerenciamento de canteiros de obras.	BN Trás	- <i>Building Information Modeling</i> (BIM) - Gêmeo digital - Internet das coisas - IoT
16	Zhu <i>et al.</i> (2022)	Singapura / Ásia	Aplicações de tecnologias inteligentes na gestão de projetos de construção	Investigar as aplicações de tecnologias inteligentes no gerenciamento de tempo, custo e qualidade do projeto	BN Frente	-Inteligência Artificial -IA - <i>Big Data</i>

Continuação do Quadro 7: Artigos aceitos para extração de dados na Bola de Neve

17	Rampini e Cecconi (2022)	Milão / Itália	Inteligência artificial na indústria da construção: uma revisão da situação atual, oportunidades e desafios futuros	Explorar aplicações, examinar as técnicas utilizadas da inteligência artificial (IA), identificando oportunidades e desafios para aplicações de IA na indústria da construção.	BN Trás	- Inteligência Artificial -IA
18	Kor, Yitmen, Alizadehsalehi (2023)	Jönköping / Suécia	Uma investigação para integração de aprendizado profundo e gêmeos digitais para a construção 4.0	Investigar a integração potencial de aprendizagem profunda (que é uma função de inteligência artificial) e gêmeos digitais, para facilitar a Construção 4.0 por meio de uma abordagem mista envolvendo análise qualitativa e quantitativa	BN Frente	- Gêmeo digital - Internet das coisas – IoT - Inteligência Artificial -IA

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

*BN Frente – Bola de neve para frente, BN Trás – Bola de neve para trás.

Para os resultados desta revisão sistemática da literatura após elaborar os Quadros 6 e 7, foram realizadas análises das contribuições dos estudos. Inicialmente foi realizada uma análise de quais tecnologias digitais foram abordadas nos estudos e apresentadas em ordem da mais mencionada a menos mencionada, conforme o Tabela 1. Em seguida foi feita uma abordagem qualitativa dos artigos, que apresenta a análise descritiva do conteúdo dos estudos selecionados, as quais serão apresentadas de acordo com a sequência das tecnologias digitais apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Tecnologias digitais abordadas na RSL e Bola de Neve

Tecnologia abordada	Números de artigos
<i>Building InformationModelling</i> – BIM	18 artigos
Internet das Coisas – IoT	12 artigos
Gêmeo digital	8 artigos
Big Data	7 artigos
<i>Blockchain</i>	7 artigos
Inteligência artificial – IA	6 artigos
Computação em nuvem	4 artigos
Realidade virtual e aumenta	4 artigos
Robótica	1 artigos
Drones	1 artigos

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Comparando as tecnologias digitais que foram abordadas nos artigos da revisão sistemática da literatura com as que foram adotadas no checklist de pesquisa, apenas a manufatura aditivada não foi abordada na RSL

Por outro lado, o Gêmeo digital que é modelo virtual projetado para representar com precisão um objeto físico, uma vez informado com dados o modelo virtual poderá ser usado para executar simulações, estudar problemas de desempenho e gerar possíveis melhorias, que poderão ser aplicados no objeto físico original. Foi a terceira tecnologia digital mais abordada nos estudos selecionados na RSL, sendo usada em conjunto com a

internet das coisas – IoT, inteligência artificial -IA, *building information modeling* (BIM) e *big data*.

Assim, de acordo com a sequência de tecnologias apresentadas no Tabela 1 foi possível analisar qualitativamente os artigos apresentados na RSL, apresentando descritivamente os objetivos, métodos e resultados de cada estudo.

Os autores Cepurnaite, Ustinovicius, Vaisnoras (2017) apresentam a modelagem da informação da construção (BIM) como uma abordagem colaborativa na tomada de decisões. Através da coleta de dados sobre um edifício existente utilizando scanners a laser e câmeras termográficas, gerando um modelo 3D para analisar a situação existente. Usando o BIM para criar oportunidades novas de coletas de informações sobre o edifício e permite acesso fácil e rápido a todas as características dos componentes, geometria do edifício ou análises energéticas. Como resultados apresentam que a tecnologia BIM pode solucionar problemas como altos custos, além de otimizar o processo de construção e aumentar a durabilidade.

James *et al.* (2017) em um estudo de caso, propôs a implementação de um modelo de gestão que diverge dos sistemas tradicionais de gestão hierárquica. No modelo de gestão Florey, as pessoas são agrupadas conforme suas funções no projeto e se reportam a gerentes específicos sobre o progresso do trabalho. Este estudo concluiu que para um projeto e construção bem sucedido de grandes edifícios com sistemas de tecnologias da informação e comunicação (TIC) complexos, requer estratégias e planos de colaboração para as TIC incluindo vários outros profissionais das indústrias de engenharia, design, construção e TI, visando um sistema de gerenciamento e inovação integrados.

Já no estudo de Henrik, Mattias, Amany (2018) tiveram como objetivo de identificar barreiras para transformação digital e as interações entre quatro atores-chave da indústria; arquitetos, clientes, empreiteiros e consultores da indústria da construção, apontam em seu estudo através de uma combinação de entrevistas individuais e de grupos de arquitetos, clientes, empreiteiros e consultores, que a falta de competência e

qualificação da comunicação entre empreiteiros/subempreiteiros e clientes é um fator limitante para a inovação nos processos de construção e no pós-obra, sendo uma das principais barreiras para implementação de tecnologias na construção civil, como por exemplo a modelagem da informação da construção (BIM).

Com o objetivo de investigar o impacto da tecnologia digital na vantagem competitiva através de quatro áreas: pessoas, logística/operações, gestão de comunicação/informação, e regulamentação. Madanayake e Cidik (2019) através de uma pesquisa por questionário, analisaram as opiniões dos gestores da indústria de construção sobre o efeito do *building information modeling* (BIM) e da *big data analytics* (BDA) na competitividade organizacional. Concluindo que a digitalização pode estar ligada a ganhos de produtividade quando alguns conhecimentos essenciais para explorar tecnologias digitais como uma organização são relevantes para empresa.

O estudo de Bosch-Sijtsema *et al.* (2021) aplica uma abordagem baseada em um estudo bibliográfico e documental, mostrando uma visão sobre as oportunidades, as barreiras atuais, o uso e o conhecimento das tecnologias digitais para os diferentes atores da indústria de arquitetura, engenharia e construção - AEC. Além disso, realça a importância de considerar como as novas tecnologias afetam as atuais práticas de trabalho, padrões, processos, modelos de negócios e ecossistemas. Concluindo que em um futuro próximo a indústria AEC estará mais autônoma e digitalizada.

Em seu estudo de caso tomando como exemplo o projeto Centro de Exposições do Centro Nacional de Cibe segurança para Educação e Inovação na China, Ming *et al.* (2021) discute a aplicação do BIM e tecnologias digitais como computação em nuvem, *big data*, IoT e internet móvel para realizar uma gestão cuidadosa de todo o processo de um projeto. O aprofundamento do modelo BIM durante a fase de construção atualiza informações de acordo de cada equipamento eletromecânico e sensores, realizando o compartilhamento de dados e o gerenciamento de informações de todo o ciclo de vida do projeto, o que apoia fortemente a construção científica e operação do projeto.

Sepasgozar *et al.* (2023) teve como objetivo identificar lacunas e tecnologias disruptivas que podem levar à revolução e à transformação do setor da construção. O estudo adotou uma abordagem metodológica de múltiplas etapas, para revisão sistemática e protocolo de meta-análise (PRISMA). Resultando em um mapeamento de tecnologias emergentes, disruptivas e convergentes para a sua implementação nas fases do ciclo de vida dos projetos de AEC, no entanto, o quadro de adoção de tecnologia é complexo e deve ser definido com base no contexto, considerando fatores técnicos, individuais, sociais, organizacionais e ambientais. Além disso, a falta de trabalhadores qualificados, a resistência à mudança, os problemas de segurança dos dados, a complexidade da aplicação e os problemas de interoperabilidade oprimem a adoção de tecnologias.

Por outro lado, no artigo escrito por Zhang, Zhong, Chen (2023) explorou o status atual das principais barreiras e o impacto potencial da transformação digital na indústria de construção chinesa. Foi realizada uma pesquisa por questionário para coleta de dados, apresentando um resultado que mostra que 80% das empresas do setor já desenvolveram planos de transformação digital. Dentre as 14 tecnologias digitais avaliadas, o software BIM foi a tecnologia mais adotada, com base em uma média ponderada, as cinco principais barreiras identificadas foram: “fragmentação de dados”, “falta de tecnologia central”, “fraca alocação de infraestrutura digital”, “falta de pessoal técnico” e “falta de normas técnicas”. Além disso, a transformação digital foi percebida como importante para o gerenciamento de compras principalmente no nível do projeto e afetando o desempenho da governança principalmente no nível da empresa.

Como objetivo facilitar o processo de monitoramento de projetos de construção deixando de lado o uso de relatórios em papel Zaher, Greenwood, Marzouk (2018) através de um estudo de caso exploraram o potencial das aplicações de realidade aumentada na construção por meio do uso de dispositivos móveis portáteis para oferecer novas possibilidades de medição e monitoramento do progresso do trabalho usando modelagem de informações da construção (BIM). Com isso, os resultados do projeto são então analisados e avaliados para antecipar o potencial destas e de técnicas semelhantes para monitorar tempo e custo em projetos de construção.

Petrov e Hakimov (2019) apresentaram abordagens metodológicas e normativas de monitoramento e controle na construção. Métodos inovadores de digitalização de controle de construção que visam monitorar a condição técnica dos objetos imobiliários e permitir, por meio da criação e funcionamento de modelos visuais, projetistas e construtoras realizarem análises detalhadas do processo de construção e tomarem soluções de gestão eficientes foram investigados. Concluindo que o monitoramento e controle na construção é uma ferramenta adicional necessária para verificar: implementação adequada de obras de design e construção e emprego de materiais de construção de alta qualidade. Com a utilização de tecnologias digitais, como por exemplo o BIM, na concepção e construção permite diminuir custos em 20%, reduzir prazos de trabalho em 10-12% e assim reduzindo consideravelmente os custos indiretos.

Sacks *et al.* (2020) em seu estudo baseia-se em conceitos existentes de *building information modeling* (BIM), sistemas de produção de projetos enxutos, aquisição automatizada de dados de canteiros de obras e cadeias de suprimentos e inteligência artificial para formular um modo de construção que aplica sistemas de informação gêmeos digitais para obter sistemas de controle. Após uma análise conceitual sobre as principais informações e conceitos de sistemas de gêmeos digitais para as fases de projeto, construção de edifícios e instalações de infraestrutura, o artigo contribuiu e ampliou a compreensão existente dos gêmeos digitais na indústria da construção, vendo os sistemas de gêmeos digitais como parte integrante da transformação da gestão da produção de reativa para proativa.

Com objetivo de destacar aplicações existentes da computação em nuvem na indústria da construção em comparação com algumas das tecnologias emergentes Bello *et al.* (2021) realizou uma revisão sistemática, destacando a importância da computação em nuvem como um facilitador de inovação para outras tecnologias emergentes como: modelagem de informações de construção - BIM, internet das coisas, realidade virtual, realidade aumentada e análise de big data na indústria da construção. O estudo também revelou a importância da computação em nuvem nas etapas da obra; estudo de viabilidade, projeto, construção e operação.

Ping *et al.* (2021) com o objetivo de investigar sobre as barreiras para implementação do BIM no meio da industrialização da construção, por meio de uma revisão da literatura e uma abordagem de pesquisa por questionário para coletar dados de várias partes e análise dos resultados para processar e classificar fatores de barreira para aplicações BIM no contexto da construção industrializada. O estudo concluiu que as principais barreiras para a implementação do BIM na construção industrial foram fatores relacionados ao capital e à falta de apoio dos proprietários. Propondo que, além do apoio político governamental para o BIM as empresas também devem organizar especialistas para avaliar eficazmente os riscos da aplicação do BIM. Por fim, o estudo forneceu sugestões sobre as transformações organizacionais da construção no roteiro de transição para a industrialização da construção orientada para o digital.

Buscando uma compreensão sobre o desenvolvimento de tecnologias digitais na ciência urbana, Megahed e Hassan (2022) com a finalidade de investigar a ideia de que a tecnologia digital pode revolucionar o setor de arquitetura, engenharia, construção e operação – AECO e abordar alguns dos seus problemas, especialmente na indústria AECO pós-pandemia. A metodologia de investigação baseou-se principalmente numa revisão sistemática e na aplicação de ferramentas de análise adequadas para realizar uma síntese dos resultados e outros aspectos dirigidos ao setor AECO. O estudo propôs modelos conceituais que examinam a evolução dos gêmeos digitais, tecnologias de ponta, plataformas e aplicações ao longo das fases do ciclo de vida do projeto.

Schnell, Haag, Jünger, (2022) tiveram como objetivo fornecer um conceito para um processo holístico de implementação de tecnologia digital que aborde as barreiras atuais. Para tanto, foi realizada uma análise qualitativa da literatura, numa segunda etapa, foram realizadas entrevistas com especialistas de empresas de construção alemãs com o intuito de foram identificadas as barreiras relativas à implementação de tecnologias digitais. Como resultados foi desenvolvido um processo holístico de implementação para a introdução de tecnologias digitais para empresas de construção, que aborda especificamente as barreiras predominantes.

Zhang *et al.* (2022) propôs uma estrutura que utiliza gêmeos digitais para ampliar o nível de detalhes existente na modelagem de informações de construção (BIM) para gerenciamento de canteiros de obras. O estudo analisa o princípio de operação e mecanismo de gêmeos digitais, incluindo a representação digital baseada em BIM, internet das coisas (IoT), armazenamento, integração e análise de dados, bem como a interação com o ambiente físico. Os resultados validam que a estrutura sugerida é eficaz no apoio ao monitoramento e gerenciamento de canteiros de obras, promovendo melhoria na qualidade, eficiência e segurança da construção.

Berawi, Sunardi, Ichsan, (2019) concordam que para melhorar o desempenho de um projeto é necessária adoção de tecnologias digitais no processo. Com objetivo de avaliar a melhoria do desempenho do cronograma utilizando a plataforma IoT por meio de entrevistas acerca do efeito da comunicação IoT no cronograma foi possível uma melhora de desempenho de pelo menos 29,5%. Usando a tecnologia IoT na indústria da construção, pode-se otimizar e tornar mais eficientes os processos, de modo que os usuários da IoT são mais produtivos e tenham mais tempos para encontrar soluções para os problemas que surgirem.

No estudo de Singh (2020) apresenta a tecnologia *blockchain* não apenas para o gerenciamento de projetos, mas também para a gestão da cadeia de suprimentos, juntamente com a IoT promove a transformação digital da indústria da construção e, afetando o desenvolvimento dos negócios e a produtividade. O *blockchain* é baseado em descentralização, governança aberta, responsabilidade e erradica a intermediação, como por exemplos os contratos inteligentes que podem ser implementados em tempo real. A IoT visa melhorar operações de construção, reduzir o desperdício e otimizar a economia na indústria da construção.

Os autores Hultgren e Pajala (2018) tiveram como objetivo investigar o uso e as consequências da tecnologia *blockchain* para atender aos requisitos atuais e futuros da indústria da construção. Para explorar e analisar como a tecnologia pode afetar a cadeia de abastecimento de um material específico foi realizado um estudo de caso, uma hipotética cadeia de abastecimento foi criada e analisada em termos de transparência, rastreabilidade e potenciais consequências da utilização da tecnologia *blockchain*. Os

resultados indicaram que a tecnologia *blockchain* pode melhorar a transparência em toda a cadeia de suprimentos. No entanto, a necessidade de uma tecnologia complementar é necessária para lidar com todos os problemas com rastreabilidade. Além disso, dentre as consequências identificadas, destacam-se a melhoria na gestão da documentação da cadeia de suprimentos.

No estudo conduzido por Safa, Baeza, Semanas (2019), foi explorado o uso da tecnologia *blockchain* como uma nova solução para muitos problemas atuais no gerenciamento de informações de construção. O estudo mostra que o *blockchain* tem potencial para abordar questões como confidencialidade, rastreamento de proveniência, desintermediação, rastreamento de mudança, agregação multipartidária; rastreabilidade; manutenção de registros intraorganizacionais; e propriedade de dados. Essa tecnologia também pode ajudar a controlar e identificar todas as trocas de informações e comunicações.

Yitmen *et al.* (2021) investigou a aplicabilidade, interoperabilidade e integralidade de um modelo adaptado de gêmeos digitais cognitivos - CDT para identificar e fechar esta lacuna. A pesquisa foi realizada com foco na aplicabilidade centrada no ciclo de vida, na interoperabilidade e na integração do modelo CDT na prática, além dos recursos de suporte à decisão e perspectivas do setor de arquitetura, engenharia e construção - AEC. A avaliação do modelo adaptado de suporte ao modelo CDT abordando o desenvolvimento do CDT para fins de otimização de processos e tomada de decisão, bem como facilitadores de integralidade, confirmando a progressão em direção à Construção 4.0.

Ghosh, Edwards, Hosseini (2021) buscaram identificar e classificar o nível de importância das principais áreas de pesquisa associadas à internet das coisas- IoT e à indústria da construção, utilizando uma ferramenta de mapeamento científico. No estudo foi realizada uma revisão de periódicos revisados por pares que abordam a IoT no domínio da construção, revisados sistematicamente usando uma abordagem de métodos mistos, utilizando técnicas de análise qualitativa e cienciométrica. O estudo teve como resultado que os principais efeitos da adoção da IoT na indústria da

construção foram identificados como relatórios de alta velocidade, controle completo de processos, análises profundas de dados. Por fim, foram delineados os principais impulsionadores da adoção da IoT: interoperabilidade; privacidade e segurança de dados; estruturas de governação flexíveis; planejamento e modelos de negócios adequados.

Para identificar metodicamente os fatores cruciais que impedem a aplicação da internet das coisas - IoT na construção civil, Kazmi e Sodangi (2022) realizaram uma análise do conteúdo e uma estratégia de avaliação foi utilizada para identificar e avaliar as restrições que afetam a adoção da internet das coisas na construção civil. Identificando a “falta de uma estratégia clara para governar a utilização da IoT na gestão da cadeia de abastecimento” como o fator mais significativo que impede a aplicação da internet das coisas -IoT. O estudo forneceu uma rica fonte de perspectivas as empresas de construção civil para identificar as implicações da utilização de tecnologias IoT na gestão das cadeias de abastecimento de empresas e o que esperar ao aplicar tecnologias e soluções IoT.

No estudo de Kor, Yitmen, Alizadehsalehi (2023) o objetivo foi investigar o potencial de integração de aprendizado profundo e gêmeos digitais para facilitar a Construção 4.0. Por meio de uma abordagem mista envolvendo análise qualitativa e quantitativa para coletar dados de especialistas globais da indústria através de entrevistas, grupos focais e uma pesquisa por questionário, com ênfase na praticidade e interoperabilidade dos gêmeos digitais com recursos de apoio à decisão para otimização de processos. Os resultados da pesquisa validam que o modelo de gêmeos digitais integrado ao aprendizado profundo para a Construção 4.0 incorpora habilidades cognitivas para detectar ações complexas e imprevisíveis sobre estratégias de otimização de processos dinâmicos para apoiar a tomada de decisões.

O estudo de Ashtarout *et al.* (2022) conduziu uma pesquisa usando entrevistas semiestruturadas para entender suas percepções sobre o uso e os desafios dos gêmeos digitais. Através de uma abordagem qualitativa os dados das entrevistas foram analisados e resumidos as aplicações, capacidades e desafios dos gêmeos digitais. As aplicações foram identificadas e categorizadas, onde a categoria sobre os desafios de

compreensão, preparação e uso de dados foi considerada a mais crítica para os entrevistados. O estudo ainda demonstra um caso prático de como construção pode ser integrada aos gêmeos digitais e alavancar seu uso ao longo do ciclo de vida de uma edificação.

No estudo de Gozde (2021) o objetivo foi examinar e discutir os padrões, lacunas e tendências atuais na pesquisa de gêmeos digitais na indústria de arquitetura, engenharia, construção, operação e gerenciamento de instalações (AECO-FM) e propor direções futuras para as partes interessadas da indústria, para alcançar o objetivo realizou-se busca bibliométrica utilizando 151 artigos na análise. O estudo destaca os padrões, lacunas e tendências na pesquisa de gêmeos digitais na indústria AECO-FM e oferece perspectivas para abordagens modernas de digitalização e automação no gerenciamento de projetos de construção.

Ameyaw *et al.* (2023) observa em seu estudo que a chegada de tecnologias digitais sob o conceito da Indústria 4.0 tem o potencial de beneficiar projetos de construção através da aplicação de contratos inteligentes habilitados para *blockchain*. O estudo teve como objetivo explorar e estabelecer os fatores críticos que influenciam a adoção de contratos inteligentes habilitados para *blockchain* em acordos contratuais de construção. Através de uma pesquisa internacional por questionário entre profissionais de construção envolvidos em iniciativas e atividades de contratos inteligentes. Os resultados obtidos a partir de estatísticas descritivas e análises baseadas na teoria de conjuntos fuzzy mostram que a possibilidade de experimentar a tecnologia antes da sua adoção, a vantagem relativa, a vantagem competitiva e a compatibilidade de contratos inteligentes são os importantes preditores da adoção de tais contratos.

Cheng *et al* (2021) destaca que a escassez de estudos relacionados a aplicação do *blockchain* na indústria de arquitetura, engenharia e construção – AEC e teve como objetivo revisar o status atual das aplicações *blockchain* através de uma análise bibliométrica combinada com uma revisão sistemática da literatura. Os resultados indicaram que a pesquisa sobre aplicações de *blockchain* ainda é relativamente nova e fragmentada no que diz respeito a diversos tópicos. Foram identificadas cinco áreas de benefícios: gestão da cadeia de abastecimento, gestão de contratos, gestão da informação, gestão das partes interessadas e gestão da integração. O estudo identificou nove tipos de

desafios de aplicação de *blockchain* divididos em desafios técnicos, organizacionais e ambientais, são eles: aceitação social, questões regulatórias, profissionais habilitados, complexidade da organização, custo de instalação, integração técnica, escalabilidade, segurança de dados e conhecimento técnico.

O estudo de Zhu *et al.* (2022) teve como objetivo investigar as aplicações de tecnologias digitais no gerenciamento de tempo, custo e qualidade do projeto. Para atingir os objetivos, uma revisão da literatura foi realizada primeiro para estabelecer uma lista abrangente de aplicações. Em seguida, um questionário de pesquisa foi elaborado e divulgado para investigar as aplicações mais influentes. Por fim, foi realizada uma pós-entrevista para validar os resultados da pesquisa. O estudo identificou 24 aplicações de sistemas ciber físicos, *big data*, inteligência artificial e robótica inteligente no gerenciamento de tempo, custo e qualidade do projeto, e descobriu que as aplicações mais influentes de tecnologias digitais são a coleta de dados para rastreamento de progresso, monitoramento em tempo real, monitoramento e estimativa de cronograma.

Os autores Rampini e Cecconi (2022) com objetivo de determinar as áreas de gerenciamento de ativos de construção mais pesquisadas e quais técnicas de IA são aplicadas, conduziram uma pesquisa sobre a introdução da inteligência artificial - IA nos processos de gerenciamento de ativos de construção. A análise quantitativa ajudou a determinar as áreas de gerenciamento de ativos de construção mais pesquisadas e quais técnicas de IA são aplicadas, essas áreas foram aprofundadas com uma análise bibliométrica. Os resultados identificaram muitas aplicações da inteligência artificial - IA nas áreas de gestão de energia, avaliação de condições, gestão de riscos e gestão de projetos.

Diante da análise qualitativa da RSL foi possível diagnosticar em quais processos melhores se aplicam a adoção e implementação das tecnologias digitais abordadas, como apresentado no Gráfico 1.

Tabela 2 – Tecnologias digitais e processos adequados para adoção

	Processos de Trabalho					
	Projetos	Planejamento	Administração	Obras	Orçamento	Vendas
BIM	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Big Data	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Internet das Coisas - IoT		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	
Realidade Virtual e Aumentada	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
Inteligência Artificial - IA	<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
Computação em Nuvem		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Blockchain			<input checked="" type="checkbox"/>			
Gêmeo Digital				<input checked="" type="checkbox"/>		

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Como conclusão da análise, constatou-se que a implementação de novas tecnologias em empresas construtoras tem como principal objetivo promover eficiência e aprimoramento dos diversos processos de trabalho de uma empresa construtora. Buscando responder à pergunta que norteou a RSL, a pesquisa mostrou que para diagnosticar a situação tecnológica de empresa de construção é preciso que ter informações precisas sobre quais processos a construtora apresenta maiores ganhos em produtividade, para que seja possível identificar as ferramentas de trabalhos e se os ganhos são oriundos da adoção e implementação de tecnologias e por fim diagnosticar quanto tecnológica a empresa se encontra.

Com os resultados da RSL também foi possível destacar seis tecnologias digitais que podem promover o desenvolvimento das empresas de construção, são elas: *building information modelling* – BIM, internet das coisas – IoT, gêmeo digital, *big data*, *blockchain* e inteligência artificial – IA. O que também auxiliou para análise dos resultados do estudo de caso realizado na cidade de Recife-PE.

4.2 Pesquisa de campo

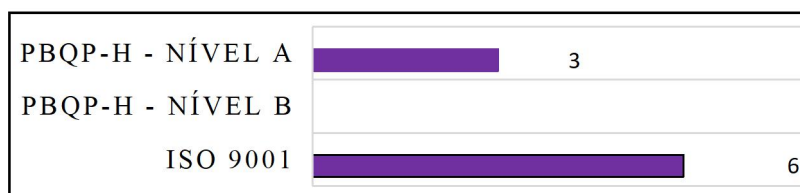
Com o checklists de pesquisa como ferramenta de apoio para o presente estudo, buscou-se identificar desafios, motivações e ações por parte das empresas construtoras para adoção e implementação de tecnologias digitais nos diversos processos de trabalho da empresa.

4.2.1 Caracterização das empresas

Para a pesquisa de campo, a seleção das empresas construtoras localizadas e atuantes na cidade de Recife-PE, foi feita num primeiro momento selecionando empresas certificadas pelo SIAC/PBQP-H – Nível Ano estado de Pernambuco, e em seguida foram selecionadas as empresas que participassem de algum programa de capacitação em transformação digital. Inicialmente, dez empresas foram selecionadas para contato e aplicação do checklist de pesquisa, entretanto, apenas seis responderam à pesquisa: uma empresa de grande porte, quatro empresas médio porte e uma empresa de pequeno porte. O porte das empresas foi determinado de acordo com Sebrae (2020).

Todas as empresas que participaram da pesquisa estão engajadas em algum programa de transformação digital, possuem certificação ISO 9001:2015 que é a norma internacional para Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) publicada pela *International Organization for Standardization* - ISO e metade das empresas possuem certificação Nível A no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade Habitat (PBQP-H), conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Empresas certificadas PBQP-H e ISO 9001

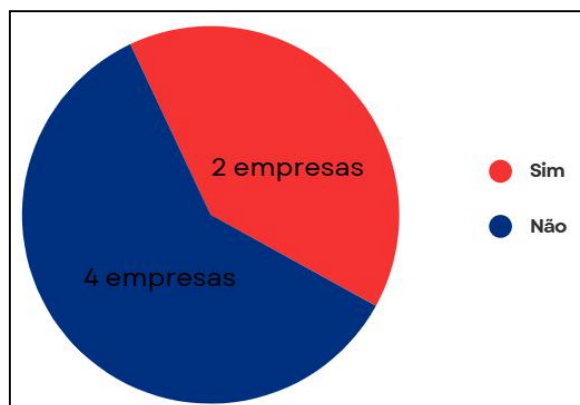


Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O fato de todas as empresas construtoras participarem de algum programa de transformação digital e possuírem certificação ISO 9001 trouxe resultado positivo para a pesquisa, pois as empresas já compreendiam sobre procedimentos ou métodos que trouxessem otimização de processos como aliados para o aumento de produtividade.

O Gráfico 2 ilustra que menos da metade das empresas participantes da pesquisa possuem um setor específico para desenvolvimento tecnológico ou inovação, ou seja, apenas duas empresas construtoras apresentam setores de planejamento estratégico para adoção e implementação de tecnologias digitais, limitando assim a análise sobre o processo dinâmico que envolve criar e aplicar novas tecnologias com o objetivo de otimizar recursos e impulsionar a produtividade, processo este que é o desenvolvimento tecnológico de uma empresa.

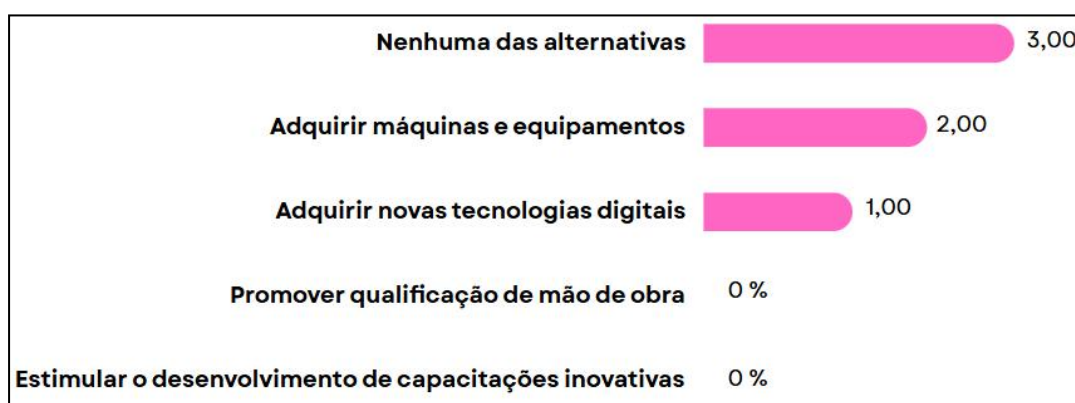
Gráfico 2: Percentual das empresas que possuem setor de desenvolvimento tecnológico



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Com o intuito de investigar o quanto as empresas construtoras consideram importante investimentos financeiros em adquirir ou em capacitar funcionários no uso de tecnologias digitais, foi pesquisado em caso de financiamentos com uma instituição financeira qual seria a principal finalidade de solicitação do capital, onde apenas uma empresa que corresponde a 16,7 % da pesquisa total investiria financeiramente em adquirir novas tecnologias digitais, como demonstra o Gráfico 3.

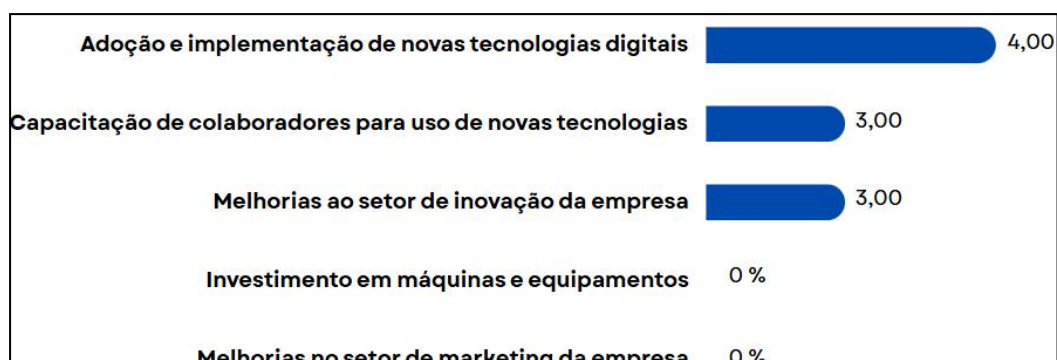
Gráfico 3: Principais finalidades de financiamento



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Em contrapartida, de acordo com o Gráfico 4, quatro das empresas afirmaram que com recursos financeiros disponíveis a prioridade seria adoção e implementação de novas tecnologias digitais.

Gráfico 4: Prioridade das empresas com recursos financeiros disponíveis



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Analisando os gráficos 3 e 4, foi possível observar que na pesquisa a maioria das empresas construtoras não solicitariam capital para investir em tecnologias digitais, mas se tivessem valor disponíveis no fluxo de caixa da empresa que não necessitassem empregar em outros setores, poderiam investir em tecnologias digitais, sendo um investimento para segundo plano. Portanto para a maioria das empresas participantes da pesquisa a adoção de tecnologias digitais não é prioridade.

Com a falta de um setor para desenvolvimento tecnológico e prioridades restritas para investimentos financeiros na adoção e implementação de tecnologias digitais, as empresas poderão ter impactos negativos, pois sem estratégias para escolha de quais tecnologias digitais usarem diante das necessidades de produtividade da empresa certamente terão gastos desnecessários e estarão desatualizadas diante do mercado.

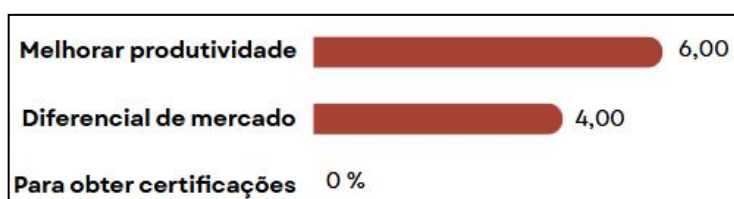
Confrontado os dados de caracterização das empresas construtoras com o estudo “Transformação Digital: O Futuro da Construção Conectada” realizada pela *Internacional Data Corporation* (IDC) no ano de 2020 que apresenta cinco fases para transformação digital, foi possível concluir que as construtoras participantes da presente pesquisa encontram-se na fase um, onde as iniciativas digitais de negócios e transformação digital estão pouco alinhadas.

4.2.2 Motivações para a adoção de tecnologias digitais

Neste tópico buscou-se identificar quais motivações levaram as empresas construtoras que participaram do estudo a adotarem o uso de tecnologias digitais e em quais processos foram implementadas tais tecnologias, por fim detectar quais tecnologias digitais estão sendo ou já foram implementadas e os benefícios consequentes que a implantação destas tecnologias trouxe para construtora.

O Gráfico 5 apresenta três possíveis motivações para as empresas construtoras adotarem tecnologias digitais, sendo a melhoria da produtividade a principal motivação das empresas.

Gráfico 5: Motivação para adoção de novas tecnologias digitais



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Como mostra o Gráfico 5, o foco em ganhos de produtividade foi o principal motivo relatado pelas empresas construtoras para a adoção de novas tecnologias digitais, a segunda motivação seria o diferencial de mercado sendo opção para 33,3% das empresas. Logo, foi possível concluir que as empresas concordam na adoção e uso de tecnologias digitais como grandes aliadas para que a empresa apresente melhorias na qualidade, tempo e recursos, com isso terão diferencial de mercado.

Com o objetivo de identificar em qual processo de trabalho as empresas construtoras começaram a implementação de novas tecnologias digitais, a pesquisa mapeou seis processos onde 100 % das empresas relataram que começaram implementar tecnologias digitais no setor de projetos, e o segundo setor foi o de planejamento, como ilustra o Gráfico 6.

Gráfico 6: Processos para implementação de tecnologias digitais



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Quando as construtoras começam a implementar tecnologias digitais no setor de projetos da empresa faz com que os projetistas trabalhem de forma vinculada para que os projetos executivos estejam compatibilizados, melhorando assim o planejamento com redução de falhas e erros no orçamento, podendo também reduzir atrasos na execução. No entanto, a presente pesquisa recomenda o processo de projetos para que uma construtora possa iniciar uma estratégia de adoção e implementação de tecnologias digitais.

O Gráfico 7 aponta o principal benefício do uso de tecnologias digitais para gestão e controle de obras que foi o um bom planejamento e controle com 100 % das respostas, em seguida a gestão operacional de processo seria o segundo principal benefício, já a integração entre escritório e obra e o controle de custos seriam os benefícios menos apontados na pesquisa. Constatando assim que é fundamental o uso de tecnologias digitais no processo de planejamento de execução dos projetos, onde a construtora terá melhoria na gestão de obras.

Gráfico 7: Benefícios do uso de tecnologias digitais para gestão e controle de obras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para apontar os principais benefícios que o uso de tecnologias digitais agrega para as empresas construtoras, a presente pesquisa elencou cinco possíveis benefícios, tendo como resultado as seguintes porcentagens:

- 83,3 % das empresas destacaram a automatização de processos como principal benefício decorrente do uso de tecnologias digitais
- 50 % das empresas relataram que a redução de custos e melhoria na qualidade das obras como segundo melhores benefícios advindos do uso de tecnologias digitais
- 33,3 % concordam que o uso de tecnologias digitais trouxe aumento de produtividade e visibilidade gerencial.

Como mencionado anteriormente, o aumento de produtividade foi um dos benefícios menos relatados pelas empresas, uma vez que é uma das principais motivações das empresas para a implementação de tecnologias digitais. Com isso foi possível concluir que o uso de tecnologias digitais é mais vantajoso para a automatização de processos do

que para o aumento de produtividade, onde os processos de trabalho tornaram-se mais rápidos.

Porém o Gráfico 8 apresenta que a melhoria de produtividade que está relacionada a qualidade final do produto, foi o principal impacto relatado pelas empresas construtoras. Resultados no setor financeiro da empresa como redução de custos em insumos e aumento da lucratividade ficaram como segundo impacto para 50 % das empresas. Podendo concluir que com o uso de tecnologia digitais a empresa aumento na qualidade das suas operações.

Gráfico 8: Principais impactos advindos das tecnologias digitais implementadas pelas empresas



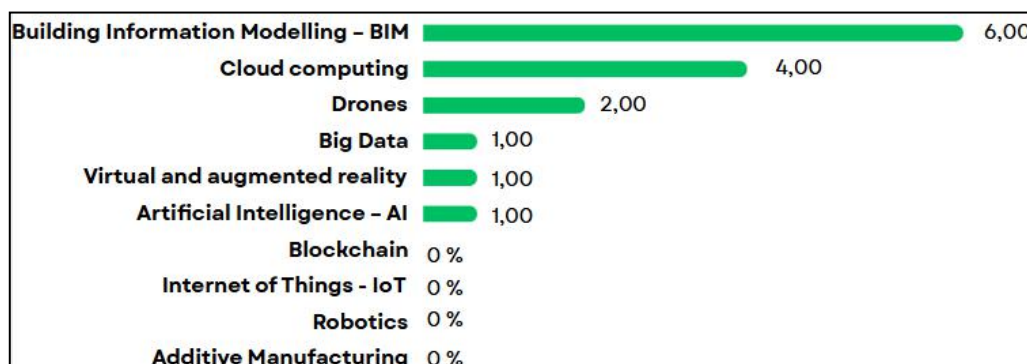
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Para o presente estudo foi elencado de acordo com pesquisa exploratória dez tecnologias digitais, conforme apresenta o Gráfico 9, com objetivo de mapear quais destas tecnologias são mais usadas atualmente em empresas construtoras. Apresentando como resultado o *building information modeling* -BIM ou modelagem da informação da construção como a tecnologia mais usada, onde 100 % das empresas já trabalham com o BIM em seus processos de trabalho.

Também foi possível observar que não é usada por nenhuma das empresas que participaram da pesquisa. Podendo concluir que o modelo de impressão 3D é uma das

tecnologias digitais pouco ou quase nunca usadas pelas construtoras na cidade de Recife/PE.

Gráfico 9: Tecnologias digitais que já foram ou estão sendo implementadas na empresa



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Foi possível constatar três tecnologias digitais mais usadas pelas empresas construtoras, que são: *Building Information Modeling* – BIM, Computação em Nuvem e Drones. Os principais benefícios que cada tecnologia agregou para as construtoras estão descritos no Quadro 8.

Quadro 8: Benefícios das tecnologias mais usadas nas empresas construtoras

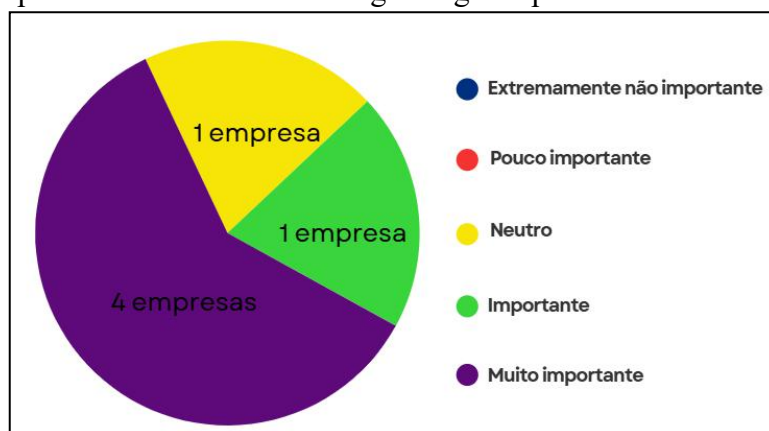
Tecnologia	<i>Building Information Modeling</i> – BIM	Computação em Nuvem	Drones
Benefícios	<ul style="list-style-type: none"> - 83,33 % das empresas: redução de erros e retrabalhos. - 50 % das empresas: otimização do tempo e dos recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - 66,7% das empresas: melhoria na comunicação e o fluxo de operação entre escritório e obra. - 50% das empresas: suportar aumentos ou diminuições no tamanho do arquivo sem afetar o desempenho ou integridade dos dados. 	<ul style="list-style-type: none"> - 16,7 % das empresas: otimizar o acompanhamento do progresso da obra. - 16,7 % das empresas: possibilita inspeções mais detalhadas e assertivas. - 16,7 % das empresas: redução de custos para campanhas de comunicação de empreendimentos.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Analisando o que foi apresentado no Quadro 8, foi possível concluir que o uso da tecnologia *Building Information Modeling* – BIM em uma empresa construtora está relacionado a melhoria na qualidade das operações, garantindo melhor eficiência nas tarefas de projetos e planejamento estratégico. Já a o uso da computação em nuvem e os drones as construtoras terão melhores resultados em operações de controle de execução de obra e mais agilidade na troca de dados entre escritório e obra.

Com o intuito de compreender como cada empresa avalia a importância da implementação e uso de tecnologias digitais para o aumento da produtividade na construção civil, utilizou-se a escala *Likert* do tipo importância. Conforme ilustra o Gráfico 10, a maioria das empresas concorda ser muito importante o uso de tecnologias digitais para a empresa apresentar ganhos na produtividade.

Gráfico 10: Importância do uso de tecnologias digitais para o aumento de produtividade



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Diante dos resultados apresentados anteriormente e por consequências das motivações registradas na pesquisa, constatou-se que os processos de projetos em uma empresa construtora é o ideal para iniciar uma estratégia de implementação do uso de tecnologias digitais. Podendo concluir que com a adoção correta da tecnologia a ser usada diante das necessidades das empresas, a construtora apresenta melhores benefícios em processos automáticos, ou seja, agilizando processos que antes seriam realizados de forma manual.

Analisando de forma criteriosa as tecnologias digitais usadas pelas empresas construtoras participantes da pesquisa, tecnologias como a internet das coisas – IoT e o *blockchain* foram muito abordadas na RSL, mas não são tecnologias usadas pelas construtoras participantes da pesquisa, logo, encontram-se em atraso com relação a desenvolvimento tecnológico se comparado com construtoras a nível mundial. Conclui-se, então, que são tecnologias pouco exploradas pelas empresas construtoras da cidade Recife-PE

Como resultado da pesquisa destaca-se também que uma construtora não usa computação em nuvem e quatro construtoras não usam drones, sendo o BIM a tecnologia de fato explorada pelas construtoras e uma oportunidade para desenvolvimento tecnológico. Uma construtora relatou que o uso do BIM não trouxe muitos benefícios para empresa, observando a falta de estratégia na adoção da tecnologia digital

4.2.3 Desafios para a implementação das tecnologias digitais

O presente tópico teve como objetivo identificar as principais dificuldades enfrentadas pelas empresas construtoras para adoção de tecnologias digitais, bem como o quanto as empresas estão buscando treinamentos ou capacitações para o uso de tecnologias digitais.

O Gráfico 11 apresenta as principais barreiras para a digitalização abordadas na pesquisa, onde a falta de conhecimento e habilidade dos profissionais para trabalhar com tecnologias digitais foi a principal barreira relatada pelas empresas para digitalização, que é o processo de incluir ferramentas tecnológicas para ajudar na rotina de trabalho.

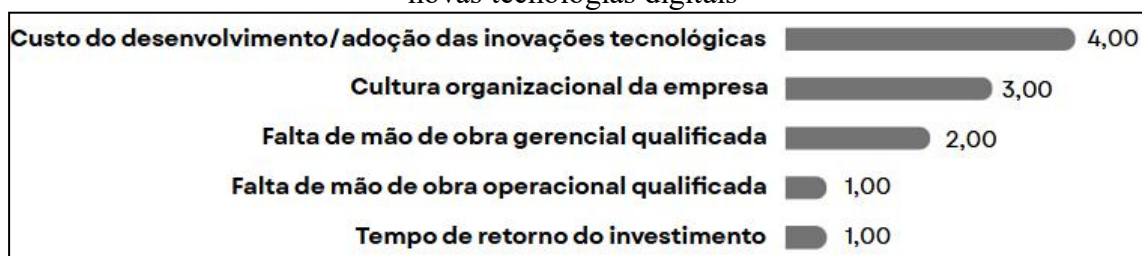
Gráfico 11: Principais barreiras para a digitalização



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

É importante que o processo de implementação de tecnologias digitais em uma empresa de construção civil aconteça de forma gradativa, de forma planejada e por fases. O Gráfico 12 mostra que a presente pesquisa identificou que o custo para adoção de inovações tecnológicas é a principal barreira para implementar tecnologias digitais em seus processos de trabalho.

Gráfico 12: Principais barreiras encontradas pela empresa construtora para implementar novas tecnologias digitais



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Tempo de retorno do investimento em comparação com o ciclo de vida do produto. Analisando os Gráficos 11 e 12 foi possível observar que apesar do mercado da construção civil apresentar muitas opções de ferramentas digitais e treinamentos, metade das construtoras que participaram da pesquisa relataram que a cultura organizacional da empresa é um fator importante como barreira para implementação de tecnologias digitais.

Da análise dos entraves para a digitalização e implementação de tecnologias digitais, identifica-se que os resultados encontrados corroboram com os encontrados no relatório sobre o estado da adoção digital na construção de 2023 realizado pela Deloitte (2023) e na pesquisa - Cenário Construtivo Brasileiro 2023 realizado pela Thórus (2023), onde apontam a cultura corporativa e falta de orçamento como duas das principais barreiras

para a adoção tecnologias digitais. Pode-se concluir que as construtoras da cidade de Recife enfrentam as mesmas barreiras que construtoras de todo o país.

A pesquisa comprovou que o custo para adoção e implementação de tecnologias digitais é uma das principais barreiras enfrentadas pelas empresas, a pesquisa também buscou identificar quais tecnologias trouxeram mais custo para as empresas, tendo como resultado:

- Quatro empresas (66,7 %) concordam que o BIM foi a tecnologia que mais teve custos para adoção e implementação.
- A computação em nuvem e o Big Data foram as tecnologias que mais trouxeram custos para as empresas (16,7%), depois do BIM.

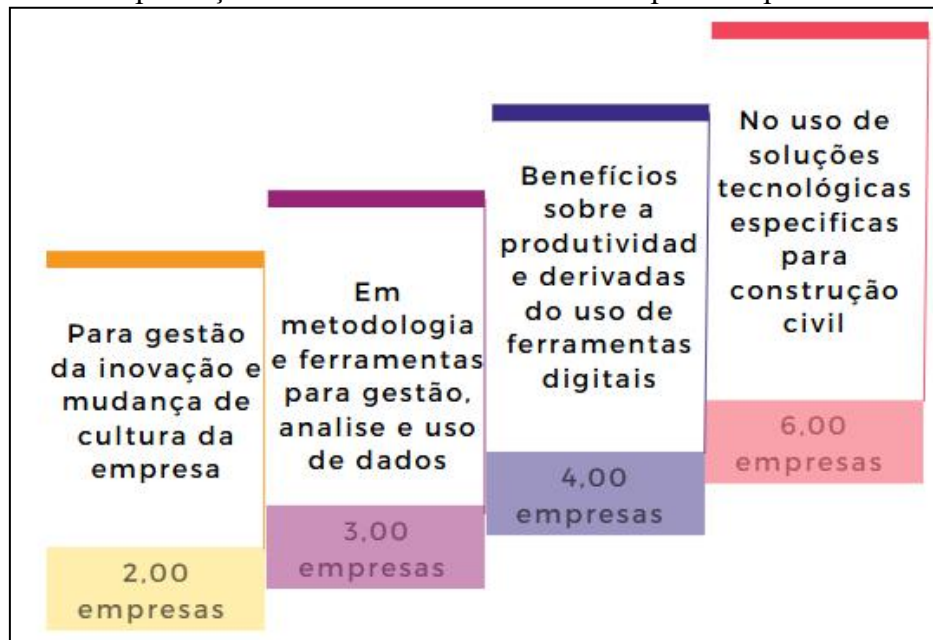
Para que uma tecnologia digital seja implementada de forma correta e traga benefícios para construtora o indicado seria que a empresa busque consultorias e treinamentos especializados para entender como a tecnologia funciona e como usá-la diante das necessidades da empresa. Para isso a pesquisa buscou identificar o quanto as empresas construtoras estão buscando apoio ou consultoria para adoção de novas tecnologias digitais, onde o resultado mostrou que 66,7 % das empresas procuraram consultoria antes de iniciar o uso de novas tecnologias digitais nos seus processos de trabalho.

Além de apoio ou consultoria sobre qual tecnologia é ideal para necessidade da construtora e como utilizá-la de forma correta é importante a realização de treinamentos e/ou capacitações ligados a inovação tecnológica ou até mesmo o uso da tecnologia digital para redução de tempo de trabalho dos funcionários. A pesquisa mostrou que quatro das empresas (66,7 %), realizam treinamentos ligados a transformação digital ou inovação tecnológica pelo menos a cada seis meses.

O Gráfico 13 apresenta resultados satisfatórios com a relação à temática que os treinamentos e/ou capacitações realizados pelas empresas construtoras estão direcionados, onde 100% das empresas priorizam o treinamento voltado para o uso de soluções tecnológicas específicas para a construção. Já a segunda opção de conteúdo para treinamentos seria os benefícios advindos do uso de tecnologias digitais, observou-

se também que pelo menos duas empresas optam por capacitações voltadas para o tema de gestão da inovação e mudança cultural da empresa, constatando que as empresas então buscando cada vez mais estarem atualizadas em inovações tecnológicas.

Gráfico13: Capacitações e/ou treinamentos realizados pelas empresas construtoras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Analisando os resultados apresentados anteriormente e levando em consideração que o setor da construção civil é um dos menos digitalizados do mundo, como foi apresentado no referencial teórico, foi possível concluir que a falta de cultura organizacional da empresa voltada para uma transformação digital e o custo da adoção de tecnologias são os fatores mais importantes para que empresas construtoras resistam para adoção e uso de tecnologias digitais.

Uma vez que a principal barreira para digitalização e uso de tecnologias digitais é a cultura organizacional, observou-se que apesar das empresas estarem buscando treinamentos direcionados para o uso de soluções tecnológicas e ferramentas de gestão, a mudança de cultura é o tema menos abordado em capacitações e treinamentos da equipe técnica, fazendo com que o desenvolvimento tecnológico da empresa aconteça de forma lenta e tardia.

De modo geral, na percepção da autora desta pesquisa as empresas construtoras atuantes na cidade de Recife – PE encontram-se pouco digitalizadas e em um lento processo de desenvolvimento tecnológico. Visto que pouco se volta a atenção para a mudança de cultura organizacional com foco em processos estratégicos para transformação digital e digitalização da empresa e por consequência o uso de tecnologias digitais.

4.3 Diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras

Implementar novas tecnologias digitais na construção civil é imprescindível e se tornou consenso em função da necessidade da melhoria de desempenho. Por outro lado, o processo de implementação de novas tecnologias exige cuidados especiais da gestão da empresa construtora.

Com base nas informações coletadas e nas experiências vivenciadas pela presente autora através da revisão sistemática de literatura e dos dados obtidos no estudo de caso apresentados anteriormente, são estabelecidas diretrizes para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

Assim, no primeiro tópico inicialmente são indicadas diretrizes gerais para implementação de tecnologias digitais. Em seguida, os demais subtópicos apresentam orientações a cada uma das etapas de implementação, quais sejam: diagnóstico, metodologia e implantação.

É importante destacar que as diretrizes listadas a seguir não possuem caráter limitante, uma vez que estão diretamente relacionadas ao contexto das informações coletadas durante esta pesquisa. Deste modo, empresas que possuam características divergentes das que foram mencionadas deverão buscar, dentro do contexto no qual estão inseridas, soluções adaptadas à sua realidade.

4.3.1 Diretrizes gerais

Implementar uma cultura de inovação tecnológica em uma empresa construtora pode não ser muito simples em um setor tão conservador como o da construção civil. Entretanto, esse empenho pode fazer a diferença nos resultados da empresa ajudando a melhorar o desenvolvimento dos processos de trabalho.

É recomendável que empresas construtoras que atuem no segmento imobiliário que desejam implementar tecnologias digitais estejam engajadas em programas, jornadas, eventos direcionados a transformação digital e inovações tecnológicas no setor da construção civil. Como por exemplo, projetos da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), Estratégia Brasileira para a Transformação Digital (E-Digital), Jornada de Transformação Digital – SENAI e o Centro de Estudos e Sistemas Avançados - CESAR do Recife localizado no Porto Digital.

O conhecimento e atualizações sobre as tecnologias e inovações que o mercado oferece é indispensável para definir a abordagem da empresa para inovação, em alinhamento com a estratégia de negócios, sempre com foco na geração de resultados. E também para mapear as “dores” e as necessidades de inovação da empresa, envolvendo produtos, processos, marketing e vendas, relacionamento com os clientes, projetos, planejamento, orçamento, obras, suprimentos e organização empresarial.

Após conhecimento prévio sobre o uso de tecnologias digitais e as alternativas disponíveis no mercado, cabe a empresa categorizar quais processos necessitam de ações prioritárias a fim de viabilizar o suporte de forma eficiente.

Em seguida, cabe entender quais setores estão relacionados à cada processo e definir, através de planos de ação para cada um dos setores pertinentes, com estabelecimento de metas e prazos, as atividades que serão desenvolvidas.

O planejamento das ações que precisam ser desenvolvidas possibilita que a implementação ocorra de forma precisa e eficiente. Posteriormente a verificação do

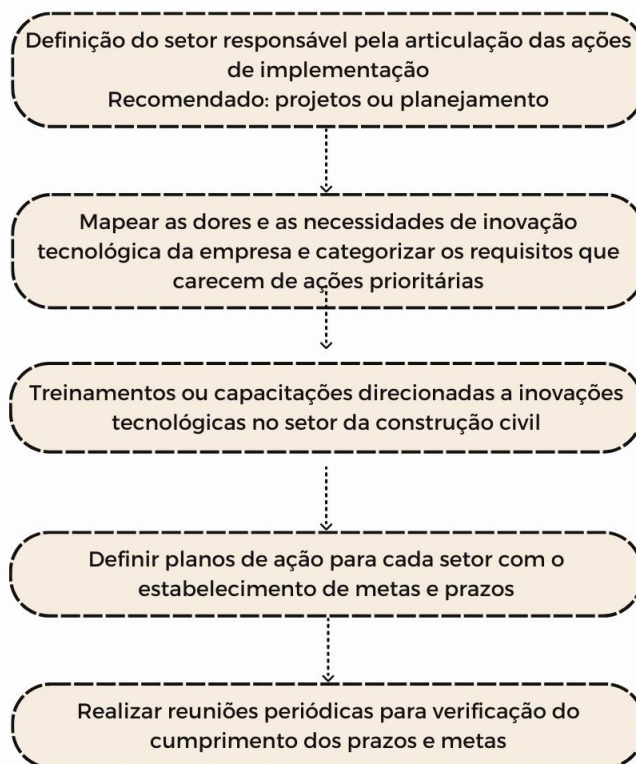
cumprimento das atividades definidas nos planos de ação é importante para garantir o devido andamento destas.

Recomenda-se que, de acordo com os resultados da pesquisa exploratória, pesquisa de campo e estudos como Cenário Construtivo Brasileiro (2023) que os processos de projetos e de planejamentos, sejam primeiros processos responsáveis pela articulação das ações de implementação de tecnologias digitais.

É importante também que as atividades se desenvolvam de forma integrada e colaborativa entre os diversos setores a serem mobilizados para implementação, a fim de garantir que as decisões tomadas sejam coerentes.

A Figura 10 resume as diretrizes gerais às empresas construtoras para implementação de tecnologias digitais.

Figura 10: Diretrizes gerais às empresas construtoras para implementação de tecnologias digitais.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A seguir são sugeridas diretrizes a cada uma das etapas de implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

4.3.1.1 Etapas

4.3.1.1.1 Diagnóstico: identificação das necessidades da empresa

A primeira diretriz ao processo de implementação de tecnologias digitais diz respeito a conhecer os pontos fortes e fracos da construtora para em seguida definir os objetivos e metas para saber exatamente onde a tecnologia será bem aplicada, gerando resultados satisfatórios para empresa.

Em seguida é primordial a definição de uma equipe de colaboradores que será responsável pelo cumprimento das atividades pertinentes a este processo, tendo em vista que, os resultados da presente pesquisa mostram que os setores pelo os quais as empresas construtoras iniciaram o uso de tecnologias digitais foram os de projetos, planejamento e obras.

As empresas devem avaliar os setores pré-definidos para adoção e implementação de tecnologias digitais e levar em consideração quais riscos e dificuldades poderão surgir e avaliar a relevância destes.

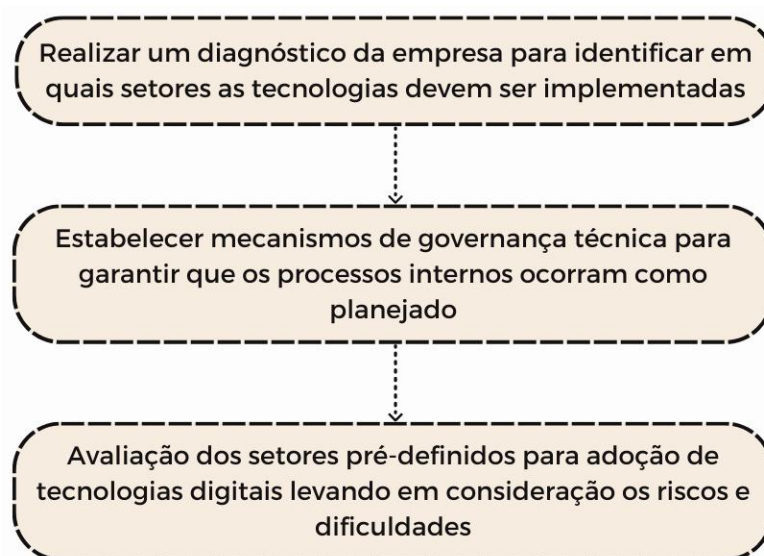
Com os estudos de caso, foi possível perceber que para as empresas construtoras o maior risco é não ter retorno com o investimento com a implementação de tecnologias, por isso a forma de avaliação dos riscos também deve ser discutida e formalmente registrada.

É importante também a empresa investigar os desafios enfrentados pelos seus colaboradores. Isso pode ser feito por meio de entrevistas com funcionários, análise de processos existentes e *feedback* dos clientes.

De modo geral, as empresas devem entender que a análise de qual setor necessita com mais urgência do uso de tecnologias e quais riscos/dificuldades a empresa poderá enfrentar para implementação de tecnologias digitais deve ser uma atividade do corpo técnico da empresa que auxiliem a tomada de decisões assertivas que devem ser detalhadas e registradas. Os objetivos dessa análise deve ser para que a empresa apresente ganhos de escala e interação entre equipes.

A Figura 11 resume as diretrizes para identificação das necessidades da empresa para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

Figura 11: Diretrizes para identificação das necessidades da empresa para implementação de tecnologias digitais em construtoras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4.3.1.1.2 Mapeamento: definir planejamento eficiente

A diretriz para definição de um planejamento eficiente para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras diz respeito a determinar quais tecnologias mais se adequam para o setor ou setores determinados para adoção e uso destas tecnologias. Após definida as necessidades específicas da empresa, escolher a tecnologia digital adequada depende de fatores como, o tipo de projetos que ela realiza e o orçamento disponível.

Nessa fase será necessário o corpo técnico da empresa realizar pesquisas sobre as opções de tecnologias digitais disponíveis no mercado e identificar aquelas que melhor atendem às necessidades da empresa. Como sugestão, o Gráfico 1 - Tecnologias digitais e processos adequados para adoção, apresentado no tópico 4.1 da presente pesquisa mostra seis processos e as tecnologias digitais que mais se adequam para adoção.

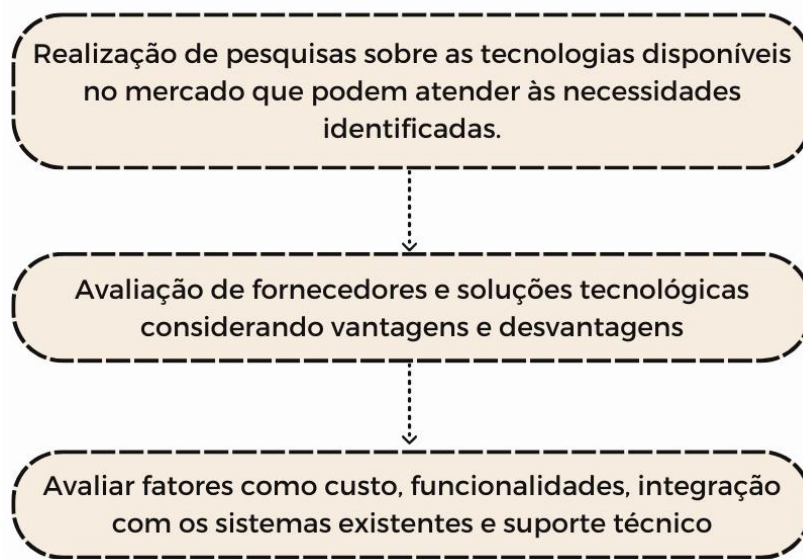
A empresa deve considerar a integração das tecnologias a serem adotadas com os sistemas já existentes, caso a construtora já utilizar algum tipo de software ou sistema de gestão, sugere-se que a empresa escolha uma tecnologia digital que possa se integrar com os mesmos. A integração entre diferentes sistemas pode ajudar a evitar problemas de compatibilidade e facilitar a troca de informações entre as diferentes áreas da empresa.

Ainda nessa etapa a empresa deve avaliar os custos e benefícios para implementação de uma nova tecnologia digital, abordando os seguintes fatores: custo total da propriedade da tecnologia digital, custos iniciais de implantação, taxas de licenciamento, custos de manutenção e treinamentos dos funcionários.

Em seguida, fazer uma comparação com os benefícios esperados, como o aumento da produtividade, redução de erros, melhoria da qualidade do trabalho e maior satisfação dos clientes.

A Figura 12 resume as diretrizes para definição de estratégia para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

Figura 12: Diretrizes para definição de estratégia para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4.3.1.1.3 Metodologia: delineação da implementação

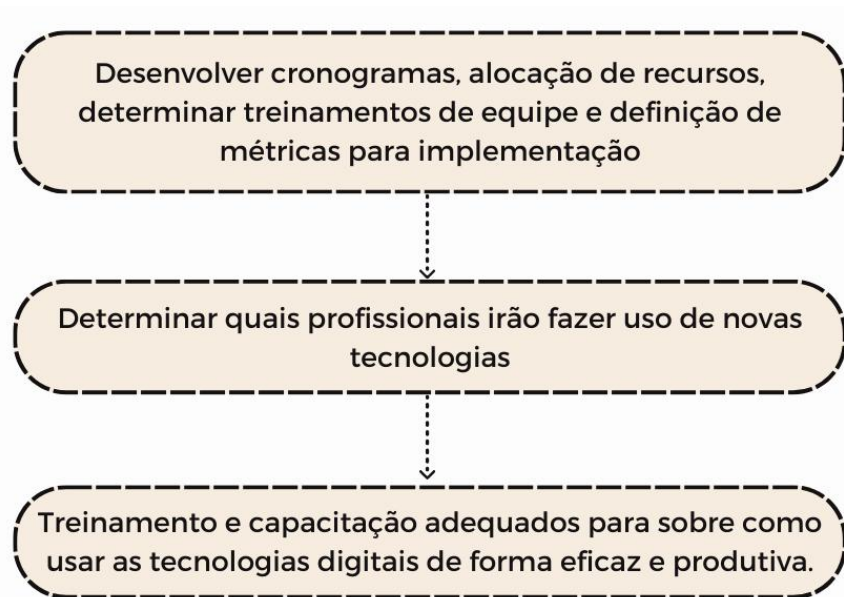
Na etapa de mapeamento, após o corpo técnico da empresa definir todas as informações de quais setores necessitam do uso de tecnologias e quais tecnologias digitais apropriadas para implantação, o mapeamento conquistado na determinação de quais profissionais irão fazer uso de novas tecnologias e quanto tempo a empresa espera ter resultados com a implementação, determinando cronogramas com tarefas específicas para serem realizadas semanalmente.

Posteriormente a capacitação dos profissionais para utilizar as novas tecnologias é primordial para o sucesso de toda a implementação. O que consiste no fornecimento de treinamento e capacitação adequados para os colaboradores sobre como usar as novas tecnologias de forma eficaz e produtiva. É importante que a empresa se certifique do fornecimento adequado tecnologia digitais para seus colaboradores, garantindo uma adoção eficiente, além de maximizar os benefícios da tecnologia escolhida.

Ao mapear o processo de adoção de tecnologias digitais em empresas construtoras, é importante adaptar essas etapas às necessidades e características específicas de cada organização.

A Figura 13 resume as diretrizes para metodologia da implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras

Figura 13: Diretrizes para metodologia de implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4.3.1.1.4 Implantação: piloto e teste

No que diz respeito a etapa de implantação, a empresa construtora antes de implementar uma tecnologia digital em todo o setor, é importante a realizar a avaliação das tecnologias selecionadas em projetos de pequeno porte da empresa para análise de sua viabilidade e eficácia em condições reais de trabalho, para isso é importante incluir cronogramas, alocação de recursos, treinamento de equipe e definição de métricas de sucesso. Além disso é essencial a estruturação de uma mudança organizacional para garantir a aceitação e adoção efetiva das novas tecnologias por parte dos colaboradores.

De acordo com os dados coletados na presente pesquisa o período teste deve ser determinado no intervalo de três a seis meses, em seguida o corpo técnico da empresa deve avaliar os resultados do teste com objetivo de determinar quais obstáculos foram enfrentados e quais melhorias serão necessárias

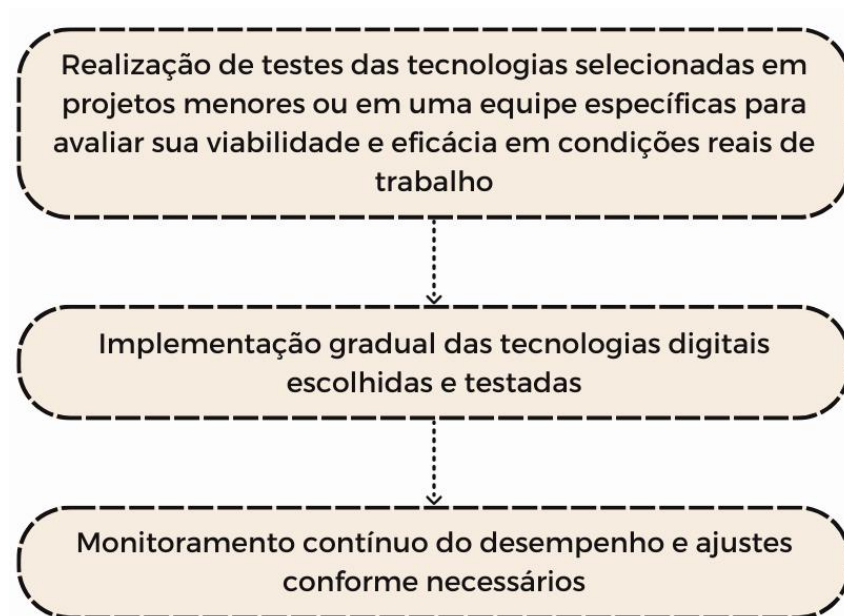
Em seguida a equipe de profissionais responsáveis pelo processo de implementação das tecnologias digitais escolhidas pela empresa deve iniciar a implementação de forma gradual em toda a empresa construtora, começando por setores onde elas podem fornecer o maior impacto positivo.

Após o processo de adoção e implementação do uso de uma ou várias tecnologias digitais na construtora, é importante o monitoramento contínuo do desempenho e ajustes conforme necessários. A avaliação da eficiência da tecnologia digital que foi implantada é primordial para definir os benefícios e se a empresa deve continuar trabalhando com determinada tecnologia, recomenda-se que essa avaliação aconteça a cada três meses.

É importante que a empresa esteja preparada para realizar ajustes conforme o uso das tecnologias digitais implementadas, pois novas soluções digitais surgem no mercado e é necessário estar sempre atento a novas oportunidades para melhorar os processos e resultados da empresa.

A Figura 14 resume as diretrizes para o piloto e teste da implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.

Figura 14: Diretrizes para o piloto e teste da implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4.3.1.1.5 Integração de tecnologia digitais

A última etapa para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras diz respeito a integração das tecnologias adotadas que é fundamental para impulsionar a eficiência, a qualidade e a competitividade no setor da construção.

Diante dos resultados da presente pesquisa, a seguir estão algumas maneiras pelas quais três das tecnologias digitais mais usadas em empresas construtoras podem ser integradas de forma eficaz:

Building Information Modeling (BIM):

- A implementação do BIM permite uma colaboração mais eficiente entre as diferentes partes envolvidas em um projeto de construção, desde arquitetos e engenheiros até empreiteiros e proprietários.

- A integração do BIM possibilita a visualização tridimensional do projeto, detecção de conflitos antes da construção física, planejamento mais preciso e estimativas de custos mais confiáveis.

Computação em nuvem:

- A computação em nuvem permite que uma empresa construtora armazene grandes volumes de dados, como desenhos, especificações, documentos contratuais, relatórios de progresso e outros arquivos relacionados a projetos, de forma segura e acessível de qualquer lugar.
- Plataformas de colaboração baseadas em nuvem, facilitam o compartilhamento e a colaboração em tempo real em documentos e projetos entre equipes distribuídas geograficamente.

Drones:

- A utilização de drones e imagens de satélite permite a coleta de dados precisos para mapeamento de terrenos, monitoramento de progresso de obras, inspeções de segurança e gestão de estoques de materiais.
- Essa integração ajuda a reduzir o tempo e os custos associados à coleta manual de dados e melhora a precisão das informações disponíveis para tomada de decisões.

Ao integrar dessas e outras tecnologias digitais em empresas construtoras, é importante considerar a interoperabilidade entre os sistemas, a segurança dos dados e a estratégia de gestão da mudança para garantir uma adoção bem sucedida e um retorno sobre o investimento significativo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

A indústria da construção civil enfrenta desafios significativos, mas também tem o potencial de se reinventar e se adaptar às novas exigências do mundo em constante evolução e passar por uma transformação significativa impulsionada pela Indústria 4.0. Inovações estão sendo aplicadas no canteiro e na gestão das obras com o objetivo de melhorar a qualidade na entrega final da obra e destaque positivo no mercado competitivo.

Utilizando as metodologias da RSL e Bola de Neve, observou-se o progresso tecnológico na indústria da construção civil, que potencializa a eficiência e produtividade possibilitam o aumento da eficiência e produtividade neste setor. A pesquisa exploratória identificou também a variedade de tecnologias que apresentam utilidade no setor da construção civil, incluindo tecnologias como: *Building Information Modeling* (BIM), Internet das coisas – IoT, Realidade aumentada e virtual, Gêmeos digitais, *Big Data*, Impressão 3D, Computação em nuvem, *Blockchain*.

Em relação ao estudo de caso, mesmo com a reduzida quantidade de respostas ao checklist de pesquisa, foi possível observar que a transformação digital na indústria da construção civil é essencial para economia do setor e que em uma construtora sugere-se que essa transformação comece pelo o setor de projetos. Destaca-se o Building Information Modeling (BIM) como a tecnologia predominante entre as construtoras e a redução de custos e consolidação da empresa no mercado, são resultados diretos da adoção de novas tecnologias. Por fim, identificou-se como as principais barreiras para a transformação digital na empresa o custo do desenvolvimento/adoção das inovações tecnológicas e a cultura organizacional.

Dado o exposto, o trabalho alcançou os propósitos estabelecidos pelos objetivos, que era, identificar, sistematizar e registrar o conhecimento sobre as tecnologias digitais com o intuito de estruturas melhores práticas aplicadas a empresas construtoras.

5.2 Sugestões para pesquisas futuras

O caráter dessa pesquisa foi exploratório, sendo voltada para a discussão conhecimento e implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras. Dito isso, recomenda-se que esta pesquisa deva ser ampliada, buscando um melhor aprofundamento e expansão do estudo, uma vez que se evidenciou um potencial para contribuir com a comunidade acadêmica e a sociedade em geral, em especial empresas construtoras de edificações verticais.

Como sugestões de aprofundar a presente pesquisa, tem-se os seguintes objetivos:

- Aprofundar o estudo sobre quanto de recursos e retorno é gasto para implementar tecnologias digitais em empresas construtoras tomando as tecnologias mais usadas como exemplo.
- Aprofundar o estudo sobre o desenvolvimento de planos de ação para implementação de tecnologias digitais em empresas construtoras.
- Pesquisar em um número maior de empresas construtoras sobre o nível de maturidade digital da empresa.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDUSTRIA. **Construção civil: cenário atual e perspectivas**. Artigo, 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/artigos/ieda-maria-pereira-vasconcelos/construcao-civil-cenario-atual-e-perspectivas/#> Acesso: 01 mar 2023.
- AMMAR, A.; NASSEREDDINE, H.; ABDULBAKY, N.; ABOUKANSOUR, A.; TANNOURY, J.; URBAN, H.; SCHRANZ, C. Gêmeos digitais na indústria da construção: uma perspectiva de profissionais e autoridade em construção. **Frontiers in Built Environment**, v. 8, p. 834671, 2022.
- AMORIM, L. S. G.; PACHECO, D. W. S.; FREITAS, J. E. O.; SILVA, S. V. M.; CARVALHO, Z. V.; OLIVEIRA, H. H. N. A transformação digital do setor produtivo da construção civil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 57401-57414 jun. 2021.
- AMEYAW, P. D.; DE VRIES, W. T. Blockchain technology adaptation for land administration services: The importance of socio-cultural elements. **Land Use Policy**, v. 125, p. 106485, 2023.
- ALALOUL, W. S.; LIEW, M. S.; ZAWAWI, N. A. W. A.; MOHAMMED, B. S. **Industry revolution IR 4.0: future opportunities and challenges in construction industry**. In *MATEC web of conferences*. v. 203, p. 02010, 2018.
- ALEXANDRE, J. W. C. et al. Análise do número de categorias da escala de Likert aplicada à gestão pela qualidade total através da teoria da resposta ao item. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Ouro Preto. **Anais [...]**. 2003.
- ACQUARONE, Leonardo et al. Uso de ferramentas na nuvem aplicadas à metodologia BIM: um estudo de caso. **Simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção**, v. 2, p. 1-11, 2019.
- ARÃO, G.; YUDI, J. **Blockchain na indústria 4.0-definição, aplicabilidade e desenvolvimento**. 2023.
- BERGER, R. **Thinkact - digitization in the construction industry - building Europe's road to "Construction 4.0"**. 2016. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Media/Digitization-in-the-construction-sector.html>. Acesso em: 2 mar. 2023.
- BERAWI, M. A.; SUNARDI, A.; ICHSAN, M. Chief-screen 1.0 as the internet of things platform in project monitoring & controlling to improve project schedule performance. **Procedia Computer Science**, v. 161, p. 1249-1257, 2019.
- BORGES, G. R.; CORREA, F. R. Internet das coisas para canteiros de obras e cadeia produtiva-rumo aos gêmeos digitais. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 19, p. 1-14, 2022.
- BERAWI, M. A.; SUNARDI, A.; ICHSAN, M. Chief-screen 1.0 como plataforma de internet das coisas em monitoramento e controle de projetos para melhorar o desempenho do cronograma do projeto. **Procedia Computer Science**, v. 161, p. 1249-1257, 2019.
- BELLO, S.A.; OYEDELE, L.O.; AKINADE, O.O.; BILAL, M.; DELGADO, J. M. D.; AKANBI, L. A.; OWOLABI, H. A. Computação em nuvem na indústria da construção: casos de uso, benefícios e desafios. **Automation in Construction**, v. 122, p. 103441, 2021.

BOSCH-SIJTSEMA, P.; CLAESON-JONSSON, C.; JOHANSSON, M.; ROUPE, M. O fator hype das tecnologias digitais na AEC. **Inovação na Construção**, v. 21, n. 4, pág. 899-916, 2021.

COELHO, P. M. N. **Rumo à indústria 4.0**. Coimbra. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. 2016. Dissertação de Mestrado.

CAVALCANTI, V. Y. S. L. et al. Indústria 4.0: desafios e perspectivas na construção civil. **Revista Campo do Saber**. v. 4, n. 4, 2018. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/149>. Acesso em: 7 set. 2022.

CHENG, M. et al. Quando a blockchain encontra a indústria AEC: status atual, benefícios, desafios e futuras oportunidades de pesquisa. **Edifícios**, v. 11, n. 8, pág. 340, 2021.

CBIC -CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Pesquisa de Transformação Digital na Construção**. Artigo, 2022. Disponível em:<https://cbic.org.br/voce-ja-conhece-a-pesquisa-de-transformacao-digital-na-construcao/> Acesso: 15 mar 2023.

CBCI - CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Catálogo da Construção Civil**. Brasília: CBIC, 2016.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Industria da construção demonstra alta intervenção de investir em 2024**. CNI, 2024.

CEPURNAITE, J.; USTINOVICIUS, L.; VAISNORAS, M. Modernization with BIM technology through scanning building information. **Procedia engineering**, v. 208, p. 8-13, 2017.

CRAVEIRO, F.; DUARTE, J. P.; BARTOLO, H.; BARTOLO, P. J. Additivemanufacturing as anenablingtechnology for digital construction: A perspective onConstruction 4.0. **Automation in Construction**. v. 103, p. 251–267, 2019.

CUNHA, L. M. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. Dissertação de Mestrado em Probabilidades e Estatística. Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2007.

CHEN, X. Desenvolvendo um modelo de prontidão e uma ferramenta de autoavaliação para adoção de tecnologias digitais em organizações de construção. **Building Research&Information**. v. 51, n. 3, pág. 241-256, 2023.

CROTTY, R. **The impact of building information modelling: transforming construction**. Routledge, 2013.

DAMACENO, S. S; VASCONCELOS, O. R. Inteligência artificial: uma breve abordagem sobre seu conceito real e o conhecimento popular. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 5, n. 1, p. 11-11, 2018.

DELOITTE. **Produtividade e oportunidades para a cadeia de construção**. 2023. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/produtividade-oportunidades-cadeia-construcao.html> Acesso: 20 mar 2023.

DELOITTE. **Construção do amanhã, panorama de inovação nos setores imobiliário e de construção no Brasil**. 2020. Disponível em:

<https://www.deloitte.com/br/pt/Industries/real-estate/research/construcao-amanha.html>
Acesso: ago de 2023.

DE FREITAS, M. R.; RUSCHEL, R. C. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. *Arquiteturarevista*, v. 6, n. 2, p. 127-135, 2010.

DEMIR, C.; KOCAB, I. Project management maturity model (PMMM) in educational organizations. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, v. 9, p. 1641-1645, 2010.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computadores na Indústria*, v. 99, p. 205–225, 2018.

DOS SANTOS TEIXEIRA, F.; DOS SANTOS TEIXEIRA, P.; DA ROCHA, C. A. M. Estudo prospectivo sobre Inteligência Artificial aplicado ao setor da Construção Civil. *Cadernos de Prospecção*, v. 13, n. 4, p. 1134-1134, 2020.

Europe Nanomaterials Market by Type of Material, by End User – Opportunity **Analysis and Industry Forecast**, 2014–2022 (Allied Market Research, October 2016)

IDC - INTERNATIONAL DATA CORPORATION. **Transformação digital: o futuro da conexão Construção**. 2020. Disponível em:

https://constructioncloud.autodesk.com/rs/572-JSV-775/images/Autodesk-IDC-Digital%20Transformation_The-Future-of-Connected-Construction.pdf. Acesso: 02 mar 2023.

FIALHO, M. T. V. **Construtechs**: sistematização do conhecimento e estudos de casos. Recife. Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco, 2020. Dissertação de mestrado.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Agenda de Propostas Brasil 4.0**. 2022. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-08/firjan-lanca-agenda-de-propostas-brasil-40>. Acesso: 15 fev 2023.

FORGUES, D.; RIVEST, L.; DANJOU, C.; MEYER, J. De l'Industrie 4.0 à la Construction 4.0: Des exemples concrets! Congrès 2019: influencez l'avenir. 2019, La Malbaie, Charlevoix. **Association de la Construction du Québec**.

FORCAEL, E.; FERRARI, I.; OPAZO-VEGA, A.; PULIDO-ARCAS, J. A. Construction 4.0: A Literature Review. *Sustainability*, v. 12, n. 22, p. 9755, 2020.

FARROKH, J.; MANSUR, A. K. Project management maturity models and organizational project management maturity model (OPM3): A critical morphological evaluation. *Project management*, v. 2, n. 7, p. 23-33, 2013.

GABRIEL, J. C.; AMARAL, M. A.; CAMPOS, G. M. Automação e robótica na construção civil. In: **Brazilian Technology Symposium**. 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7ª edição. São Paulo: Atlas, 2022.

GIC - *Global Industry Council*. **Annual Report 2020-2021**. Disponível em: <https://www.ipthree.org/about-ip3/annual-reports/>. Acesso: 20 fev 2022.

GHIRALDINI, M. **Censo ou amostra**: como coletar dados de população em marketing digital. 2017. Disponível em: <https://blog.math.group/censo-amostra-populacao-marketing>. Acesso em: 10 jul. 2023.

GUIMARÃES, T. C.; SANTOS, B. S. M. Metodologias Ágeis na construção civil: estudo de caso da Construção Modular Off site aplicada no Hospital M'boi Mirim em São Paulo. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, p. 2207–2225, 2022.

- Gozde B. O. Pesquisa de gêmeos digitais na indústria AECO-FM, **Revista de Engenharia de Construção**. 2021.
- GOMES, R. O.; SANTOS, G. C. T.; ALBERTE, E. P. V.; CARNEIRO, A. P. Proposta de uso da tecnologia de registro blockchain na gestão de suprimentos da construção civil. **Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção**, v. 12, p. 1-10, 2021.
- GHOSH, A.; EDWARDS, D. J.; HOSSEINI, M. R. Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. **Engineering, construction and architectural management**, v. 28, n. 2, p. 457-481, 2021.
- HAHN, J. R. Endeavor Brasil. **Você já sabe as oportunidades por trás da indústria 4.0?** 2017. Disponível em: https://endeavor.org.br/uncategorized/oportunidades-industria-4_0/. Acesso em: 19 jun2023.
- HANSEN, K. L.; TATUM, C. B. Technology and strategic management in construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 5, n. 1, p. 67-83, 1989.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Princípios de Design para Cenários da Indústria 4.0: Uma Revisão da Literatura. **Documento de trabalho**, n. 01, 2015.
- HOSSAIN, M.; NADEEM, A. To wards digitizing the construction industry: stateofheartof Construction 4.0. **InterdependencebetweenStructuralEngineeringandConstruction Management**, v. 6, 2019.
- HULTGREN, M.; PAJALA, F. **Blockchain technology in constructionindustry: Transparencyandtraceability in supplychain**. 2018.
- JBKNOWLEDGE. **Construction Technology Report**. Relatório anual. 2021.
- KOZLOVSKA, M.; KLOSOVA, D.; STRUKOVA, Z. **ImpactofIndustry 4.0 Platform ontheFormationofConstruction 4.0 Concept: A Literature Review. Sustainability**. v. 13, ed. 2683, 2021.
- JIANG, F.; MA, L.; BROYD, T.; CHEN, K. Digital twin and its implementations in the civil engineering sector. **Automation in Construction**, v. 130, p. 103838, 2021.
- KOR, M.; YITMEN, I.; ALIZADEHSALEHI, S. Uma investigação para integração de aprendizado profundo e gêmeos digitais para a Construção 4.0. **Ambiente Construído Inteligente e Sustentável**, v. 12, n. 3, pág. 461-487, 2023.
- KAZMI, Z. A.; SODANGI, M. Modelando as restrições para a utilização da internet das coisas no gerenciamento de cadeias de suprimentos de construção off-site: uma abordagem para a construção sustentável. **Edifícios**, v. 12, n. 3, pág. 388, 2022.
- KAZMI, Z. A.; SODANGI, M. Modeling the constraints to the utilization of the internet of things in managing supply chains of off-site construction: An approach toward sustainable construction. **Buildings**, v. 12, n. 3, p. 388, 2022.
- KERZNER, H. **Gerenciamento de projetos: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle-2a Edição**. Editora Blucher, 2021.
- LA RIVERA, F. M.; SERRANO, J. M.; VALERO, I.; ONATE, E. Methodological-Technological Framework for Construction 4.0. **ArchivesofComputationalMethods in Engineering**, v. 28, p. 689-711, 2020.
- LINDEROTH, H. C. J.; ELBANNA, A. R.; JACOBSSON, M. Barriers for Digital Transformation: The Role of Industry. In: **ACIS**. 2018. p. 84.
- LIBERATI, A. ALTMAN, D. G. TETZLAFF, J. A declaração PRISMA para relatar revisões sistemáticas e meta-análises de estudos que avaliam intervenções de assistência

à saúde: explicação e elaboração. **Annals of internal medicine**, v. 151, n. 4, p. W-65-W-94, 2009.

MACHADO, FELIPE NERY RODRIGUES. **Big data o futuro dos dados e aplicações**. Saraiva Educação S.A., 2018.

MADANAYAKE, U.; CIDIK, M. O potencial da tecnologia digital para melhorar a produtividade da construção. Em: **Anais da 35ª Conferência Anual da ARCOM**. ARCOM, 2019. p. 416-425.

MCTI– MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO.

Transformação Digital. 2023. Disponível: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/transformacaodigital>Acesso: 05 mai 2023.

MGI – MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Construção e tecnologia de construção: pronta para um avanço?** Artigo, 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/construction-and-building-technology-poised-for-a-breakthrough>. Acesso em: 27 fev 2023.

MGI – MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Decoding digital transformation in construction**. Relatório Técnico, 2019.

MGI – MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Do start ao scale-up: acelerando o crescimento na tecnologia de construção**.Artigo, 2023.

MEDEIROS, E. R. C. **Inovação na construção de edifícios residenciais: uma análise das empresas do segmento localizadas em Recife-PE**. Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação em engenharia de produção – UFPE. Recife-PE. 2011.

MEGAHED, N. A.; HASSAN, A. M. Evolution of BIM toDTs: A Paradigm Shift for the Post-Pandemic AECO Industry. **Urban Science**, v. 6, n. 4, p. 67, 2022.

OESTERREICH, T.D.; TEUTEBERG, F. Entendendo as Implicações da Digitalização e Automação no Contexto da Indústria 4.0: Uma Abordagem de Triangulação e Elementos de uma Agenda de Pesquisa para a Indústria da Construção. **Computers in Industry**. v. 83, p. 121-139.2016.

OSUNSANMI, T. O.; AIGBAVBOA, C. O.; EMMANUEL O. A. e LIPHADZI, M. Appraisal of stakeholders' willingness to adopt construction 4.0 technologies for construction projects. **Built Environment Project and Asset Management**. v. 10, n. 4, p. 547–565, 2020.

PETROV, I.; HAKIMOV, A. Tecnologias digitais no monitoramento e controle da construção. In: **Série de conferências IOP: Ciência e Engenharia de Materiais**. Editora IOP, p. 012016. 2019.

RAMPINI, L. e CECCONI, F. R. Artificial intelligence in construction asset management: A review of present status, challenges and future opportunities. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 27, p. 884-913, 2022.

REST OF WORLD. **Recife's Porto Digital turned a historic harbor into a tech hub**. São Paulo, Brasil. 2021. Disponível em: <https://restofworld.org/2021/tech-hubs-recife/> Acesso: 20 de jul 2023.

ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS (RICS). **Digitalisation in construction report 2023**. Londres. 2023.

SCHWAB, K.; MIRANDA, D. M. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

- REDWOOD, B.; SCHFFER, F.; GARRET, B. **O manual de impressão 3D: tecnologias, design e aplicações**. 3D Hubs, 2017.
- STEVAN J., L. S.; LEME, M. O.; SANTOS, M. M. D. **Indústria 4.0: Fundamentos, Perspectivas e Aplicações**. São Paulo: Érica, 2018.
- SAWHNEY, A.; RILEY, M.; IRIZARRY, J.; PÉREZ, C. T. A proptoses framework for Construction 4.0 based on a review of literature. ESCOLAS ASSOCIADAS DE PROCEDIMENTOS DE CONSTRUÇÃO DA 56ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL ANUAL. **Anais [...]**. p. 301–309, 2020.
- SANTOS, B. P. ALBERTO, A. LIMA, T. D. F. CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.
- SACKS, Rafael et al. **Manual BIM: Um guia para modelagem de informações de construção para proprietários, designers, engenheiros, contratados e gerentes de instalações**. John Wiley & Sons, 2018.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4º edição. Florianópolis: UFSC, 2005.
- SAFA, M.; BAEZA, S.; SEMANAS, K. Incorporando a tecnologia Blockchain na gestão da construção. **Direção Estratégica**, v. 35, n. 10, p. 1-3, 2019.
- SCHNELL, P.; HAAG, P.; JÜNGER, H. C. Implementation of Digital Technologies in Construction Companies: Establishing a Holistic Process which Addresses Current Barriers. **Businesses**, v. 3, n. 1, p. 1-18, 2022.
- SCHALLMO, D.; WILLIAMS, C. A.; BOARDMAN, Luke. Digital transformation of business models—best practice, enablers, and roadmap. **International journal of innovation management**, v. 21, n. 08, p. 1740014, 2017.
- SEPASGOZAR, S. M. E. et al. BIM e Digital Twin para o Desenvolvimento de Tecnologias de Convergência como Futuro da Construção Digital. **Edifícios**, v. 13, n. 2, pág. 441, 2023.
- SEPASGOZAR, S. M. E.; KHAN, A. A.; SMITH, K.; ROMERO, J. G.; SHEN, X.; SHIROWZHAN, S.; TAHMASEBINIA, F. BIM e gêmeo digital para desenvolver tecnologias de convergência como o futuro da construção digital. **Buildings**, v. 13, n. 2, p. 441, 2023.
- SINGH, P.; SINGH, N. Blockchain com IoT e IA: Uma revisão da agricultura e da saúde. **International Journal of Applied Evolutionary Computation (IJAEC)**, v. 11, n. 4, p. 13-27, 2020.
- SILVA, D. P.; NASCIMENTO, M. V. L. A.; SANTOS, T. C.; SILVA, T. M. T.; TABOSA, J. H. R. C.; ARAÚJO, R. Planejamento e gerenciamento de obras: variáveis que ocasionam atraso na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31190–31204, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5454>. Acesso em: 4 abr 2023.
- SILVA *et al.* **Gestão da qualidade: aplicação da ferramenta 5w2h como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa**. In: 3ª Semana Internacional das Engenharias da FAHOR, Horizontina, 2013.

- SOUZA, Jogle; LEUNG, Carson K.; CUZZOCREA, Alfredo. An innovative big data predictive analytics framework over hybrid big data sources with an application for disease analytics. In: **Advanced Information Networking and Applications: Proceedings of the 34th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2020)**. Springer International Publishing, 2020. p. 669-680.
- TESSARINI, G.; SALTORATO, P. Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 2, p. 743–769, 2018. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2967>. Acesso em: 1 ago. 2023.
- TRIPATHI, S.; GUPTA, M. Impacto das barreiras nas dimensões da transformação da indústria 4.0. In: **Anais da Conferência Internacional de Precisão, Meso, Micro e Nano Engenharia, Indore, Índia**. 2019. pág. 12-14.
- THORUS. **4 maneiras de reduzir os custos na construção civil. 2023**. Disponível em: <https://materiais.thorusengenharia.com.br/download-ebook-4-manieras-reduzir-o-custo>. Acesso: 20 dez 2023.
- PINI. **Cenário de 2023 para arquitetura e construção**. Notícias do setor, 2023. Disponível em: <https://piniweb.com.br/cenario-de-2023-para-a-arquitetura-e-construcao/>. Acesso: 01 mar 2023.
- PING WANG, Y. Research on the Application of Feature Modeling of Prefabricated Building Components Based on BIM. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2021. p. 012047.
- PORTAL DA INDÚSTRIA. **Industria 4.0: entenda seus conceitos e fundamentos**. 2023. Disponível: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/industria-4-0/>. Acesso: 10 abr 2023.
- WOHLIN, C. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: **Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering**. London, p. 1-10, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1145/2601248.2601268>.
- YITMEN, I.; ALIZADEHSALEHI, S.; AKINER, I.; ERNUR AKINER, M. Um modelo adaptado de gêmeos digitais cognitivos para o gerenciamento do ciclo de vida da construção. **Ciências Aplicadas**, v. 11, n. 9, pág. 4276, 2021.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Tradução Daniel. Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- YOUNG, M.; YOUNG, R.; ROMERO ZAPATA, J. Project, programme and portfolio maturity: a case study of Australian Federal Government. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 7, n. 2, p. 215-230, 2014.
- ZAHER, M.; GREENWOOD, D.; MARZOUK, M. Aplicações móveis de realidade aumentada para projetos de construção. **Construction Innovation**, v. 18, n. 2, p. 152-166, 2018.
- ZHANG, N.; YE, J.; ZHONG, Y.; CHEN Z. Transformação digital na indústria de construção chinesa: status, barreiras e impacto. **Edifícios**. 2023.
- ZHANG, J.; CHENG, J. C.; CHEN; W.; CHEN, K. Gêmeos digitais para canteiros de obras: Conceitos, definição de LoD e aplicações. **Journal of Management in Engineering**. 2022.

ZHONG, B.; PAN, X.; DING, L.; CHEN, Q.; HU, X. Tecnologia de integração orientada por blockchain para a indústria AEC. **Automation in Construction** , v. 150, p. 104791, 2023.

AXEXO A- CHECKLIST DE PESQUISA

Universidade de Pernambuco
 Escola Politécnica de Pernambuco
 Departamento de Engenharia Civil
 Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior
 Mestranda: Gírlândia de Moraes Sampaio



Propósito da Pesquisa: essa pesquisa tem como objetivo principal sistematizar o conhecimento relativo aos desafios e ações para a implementação de tecnologias que promovam a transformação digital de empresas construtoras, dessa forma contribuir para o melhor desempenho do da indústria da construção civil.

Tema da pesquisa:

TECNOLOGIAS DIGITAIS EM EMPRESAS CONSTRUTORAS: SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E ESTUDOS DE CASO

I - DADOS DA EMPRESA

Razão social:

CNPJ:

Endereço:

Fone:

E-mail:

Ano de fundação:

Porte da Empresa:

- Microempresa: Com até 19 empregados
- Pequena empresa: De 20 a 99 empregados
- Média empresa: 100 a 499 empregados
- Grande empresa: Mais de 500 empregados

FONTE: SEBRAE (2020)
A empresa é: <input type="checkbox"/> Independente <input type="checkbox"/> Parte de um grupo econômico
No caso de ser parte de um grupo, qual a relação com o grupo? <input type="checkbox"/> Controladora <input type="checkbox"/> Controlada
A empresa possui setor para desenvolvimento tecnológico/ inovação? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não
A empresa participa de algum programa de capacitação em transformação digital? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não Qual? _____
Em caso de financiamentos, qual a principal finalidade de solicitação do crédito? <input type="checkbox"/> adquirir máquinas e equipamentos <input type="checkbox"/> promover qualificação de mão de obra <input type="checkbox"/> estimular o desenvolvimento de capacitações inovativas <input type="checkbox"/> adquirir novas tecnologias outro (s) especificar: _____ _____

II – CARACTERIZAÇÃO DO RESPONSÁVEL

Nome do entrevistado

Qual sua formação acadêmica?

Cargo que o entrevistado exerce na empresa:
<input type="checkbox"/> Diretor Técnico <input type="checkbox"/> Engenharia <input type="checkbox"/> Gerente de Projetos <input type="checkbox"/> Coordenador de Planejamento
Telefone / e-mail do entrevistado: _____
Observações:

III – TRANSFORMAÇÃO DIGITAL

Quais motivações para adoção de novas tecnologias digitais na construtora em que você trabalha?
<input type="checkbox"/> Diferencial de mercado <input type="checkbox"/> Melhorar produtividade <input type="checkbox"/> Para financiar projetos <input type="checkbox"/> Para obter certificações
Outros _____
Em qual setor a empresa que você trabalha começou implementar tecnologias digitais?
<input type="checkbox"/> Projetos

- Planejamento
- Administração
- Obras
- Orçamento
- Vendas

Outros _____

Quais os principais benefícios que o uso de tecnologias digitais agregou para empresa?

- Aumento da produtividade
- Automatização de processos
- Redução de custos
- Visibilidade gerencial
- Melhoria na qualidade das obras

Outros _____

Como você enxerga a empresa que trabalha em relação a digitalização?

Digitalização: conversão de processos manuais para o digital

- Consideram digitalizados e utilizam meios digitais em todos os processos
- Serão digitalizados em 1 ano
- Serão digitalizados em 3 ano
- Serão digitalizados em 5 ano

Com que frequência a empresa em que você trabalha realiza capacitação e/ou treinamento ligados à transformação digital/ inovação?

- A cada 6 meses
- Uma vez no ano
- Uma vez em 2 anos

Quais das opções abaixo a capacitação e/ou treinamento está direcionado?

- Em metodologia de planejamento e gestão de processos de trabalho
- No uso de soluções tecnológicas específicas para construção civil
- Em metodologia e ferramentas para gestão, análise e uso de dados
- No desenvolvimento de critérios e padrões de trabalho
- Benefícios sobre a produtividade derivadas do uso de ferramentas digitais
- Apenas para uso de ferramentas digitais
- Para gestão da inovação e mudança de cultura da empresa

OBS: pode marcar mais de uma alternativa

Na sua opinião quais seriam os principais benefícios que a implementação de tecnologias digitais traria para a gestão e controle de obras?

- Planejamento e controle
- Gestão operacional de processos
- Integração entre escritório e obra
- Controle de custos

Outros _____

Na sua opinião quais são as principais barreiras para a digitalização na construção civil?

Digitalização: conversão de processos manuais para o digital

- Preço elevado
- Falta de habilidade e conhecimento dos funcionários
- A empresa não tem cultura digital
- Falta tempo ou soluções difíceis para implantação

Outros _____

Quais as principais barreiras/dificuldades encontradas pela empresa para implementar novas tecnologias digitais?

- Custo do desenvolvimento/adoção das inovações tecnológicas
- Falta de mão de obra gerencial qualificada
- Falta de mão de obra operacional qualificada
- Conservadorismo de clientes e investidores
- Cultura organizacional da empresa

Outros _____

IV – TECNOLOGIAS DIGITAIS

Quais tecnologias digitais já foram ou estão sendo implementadas na empresa em que você trabalha?

- Building Information Modelling* – BIM
- Big Data
- Computação em nuvem
- Internet das Coisas - IoT
- Realidade virtual e aumentada
- Robótica
- Blockchain*
- Inteligência artificial – IA
- Manufatura aditiva
- Drones

Outros _____

Em que processo de trabalho a construtora mais implementa o uso de tecnologias digitais?

- Projetos
- Planejamento
- Segurança
- Comercial (compra e venda)
- Manutenção
- Medição

Outros _____

Para o procedimento de implementação de novas tecnologias digitais a empresa teve apoio ou consultoria?

- Sim
- Não

Se sim, qual? _____

Como você avalia a importância da implementação de tecnologias digitais para aumento de produtividade na construção civil?

- Extremamente não importante
- Pouco importante
- Neutro
- Importante
- Muito importante

Quais os principais impactos advindos das tecnologias digitais implementadas pela empresa?

- Melhoria na produtividade
- Melhor desempenho dos produtos
- Redução de custos (insumo)
- Redução de custos (mão de obra)

- Redução de impactos ao meio ambiente
- Aumento na participação do mercado
- Melhoria no relacionamento com os clientes
- Melhoria no relacionamento com os fornecedores
- Consolidação da empresa no mercado como inovadora
- Aumento na lucratividade

Outros _____

Quais principais benefícios o uso do BIM agregou para empresa?

- Redução de erros e retrabalhos
- Otimização do tempo e dos recursos
- Melhor comunicação e colaboração entre as equipes
- Quantidade reduzida de arquivos gerados em cada projeto
- Não trouxe muitos benefícios para empresa
- A empresa não usa a metodologia BIM

Quais principais benefícios o uso de drones agregou para empresa?

- Otimizar o acompanhamento do progresso da obra
- possibilita inspeções mais detalhadas e assertivas
- Redução de custos para campanhas de comunicação de empreendimentos
- Ajuda a monitorar a segurança dos trabalhadores
- Não trouxe muitos benefícios para empresa
- A empresa não usa drones

Quais principais benefícios o uso de computação em nuvem agregou para empresa?

- melhora a comunicação e o fluxo de operações entre escritório e obra
- suportar aumentos ou diminuições no tamanho do arquivo, sem afetar o desempenho ou a integridade dos dados.

- mais de flexibilidade quando se trata de planejar orçamentos
- Não trouxe muitos benefícios para empresa
- A empresa não usa computação em nuvem

Quais principais benefícios o uso da realidade virtual ou aumentada agregou para empresa?

- melhoria no planejamento e apresentação de projetos
- incentivo ao trabalho em equipe
- visualização de informações de projetos em tempo real
- Não trouxe muitos benefícios para empresa
- A empresa não usa realidade virtual ou aumentada

Qual das tecnologias adotadas trouxe mais custo para empresa?

- Building Information Modelling* – BIM
- Big Data
- Computação em nuvem
- Internet das Coisas - IoT
- Realidade virtual e aumenta
- Robótica
- Blockchain*
- Inteligência artificial – IA
- Manufatura aditivada
- Drones

Com recursos financeiros disponíveis qual seria a prioridade da empresa?

- Adoção e implementação de novas tecnologias digitais
- Capacitação de colaboradores para uso de novas tecnologias
- Melhorias ao setor de inovação da empresa
- Investimento em máquinas e equipamentos
- Melhorias no setor de marketing da empresa