ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Fundamentos, aplicação e finalidade de software e tecnologias da Construção 4.0: revisão sistemática

Fundamentals, application and purpose of Construction 4.0 software and technologies: systematic review

Andrei Benício Barbosa Silva
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | andrei-benicio@hotmail.com
Camily Vasconcelos Barbosa
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | vasconcelosmily@alu.ufc.br
Lucas Emanuel Fernandes Araújo
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | lucase.fernandes@outlook.com
José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | barrosneto@gercon.ufc.br

Resumo

A Construção 4.0 ganha destaque a partir da busca por alternativas para melhorar o desempenho produtivo e reduzir os custos, utilizando tecnologias de ponta. Determinar os fundamentos da Indústria 4.0, softwares e tecnologias aplicadas no mercado é importante para entender os avanços do setor da construção civil. Esse estudo tem o objetivo de apresentar uma Revisão Sistemática de Literatura que busca respostas sobre a utilização de ferramentas, processos e sistemas que constituem a Construção 4.0 e suas aplicações em relação ao planejamento e controle de custos e prazos em obras. Foram analisados 53 artigos de periódicos e eventos no período entre 2013 e 2023. Para isso, foram elaboradas duas perguntas norteadoras, que a busca por suas explicações conduziu o desenvolvimento do trabalho. Com base na pesquisa, foi possível constatar o avanço da industrialização 4.0 na construção civil, principalmente nas áreas de BIM, IoT e Big Data, com destaque para o uso de ferramentas BIM que vem se concretizando nas áreas de planejamento e controle de custos e prazos. No entanto, o avanço ainda é tímido na utilização das tecnologias, devido ao setor apresentar resistência a adoção de tecnologias em função das necessidades de adaptação da estrutura organizacional e custos para implantação.

Palavras-chave: Construção 4.0. Planejamento. Custos. Prazo. Revisão Sistemática de Literatura.

Abstract

Construction 4.0 has gained prominence as a means to improve productive performance and reduce costs by utilizing cutting-edge technologies. Determining the fundamentals of Industry 4.0, software, and technologies applied in the market is crucial to understanding the advances in the construction sector. This study aims to present a Systematic Literature Review that seeks answers regarding the use of tools, processes, and systems that constitute Construction 4.0 and their applications in planning and controlling costs and deadlines in construction projects. A

Como citar:
SILVA, et. al. Fundamentos, aplicação e finalidade de software e tecnologias da Construção 4.0: revisão sistemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

total of 53 articles from journals and conferences published between 2013 and 2023 were analyzed. To this end, two guiding questions were formulated, and the search for their explanations guided the development of the study. Based on the research, it was possible to observe the advancement of Industry 4.0 in global civil construction, particularly in the areas of BIM, IoT, and Big Data, with a notable emphasis on the use of BIM tools that have been solidifying in the areas of planning and controlling costs and deadlines. However, the adoption of these technologies is still modest due to the sector's resistance to adopting new technologies, which is attributed to the need for organizational structure adaptation and the costs associated with implementation.

Keywords: Construction 4.0, Planning, Costs, Time, Systematic Literature Review.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 ascende no cenário de construção civil em meados da década de 2010, a partir das necessidades humanas e das demandas dos mercados por uso de inovações e busca o estabelecimento de uma indústria mais ágil, eficaz e eficiente, baseado na implantação de novas tecnologias, processos mecanizados e concepções de novas ferramentas integradas.

A Construção 4.0 tem sido catalisada pelo uso crescente de novas tecnologias, como robôs e manufatura aditiva, que por sua vez são suportados por dados digitais, conectividade e sistemas cibernéticos [1], e traz consigo premissas de reduções nos custos de material, mão de obra e processamento e consequentes melhorias na produtividade e eficiência [2]. Para [3], a ideia principal da indústria 4.0 é uma produção totalmente conectada ao mundo digital ou virtual, com objetivo de oferecer produtos customizados individuais, mas da mesma forma como uma produção seriada, em massa.

A abordagem da construção 4.0 cresceu nos últimos anos, porém em situação contrastante, as aplicações das inovações trazidas por essa revolução ainda não constituem papel prático, na construção civil, de todo o potencial teórico que essas inovações carregam [4]. A construção civil possui relevância para a economia nacional, sendo a receita proveniente desse setor, segundo o [5] correspondente a aproximadamente 25% de toda a receita gerada pela indústria brasileira. Além disso, aproximadamente 6,5 milhões de brasileiros trabalharam em atividades da construção no primeiro trimestre de 2018 [5]. Esse número corresponde a 7,2% da população total ativa desse período. Tais dados demonstram a relevância da construção civil no âmbito nacional e a necessidade dessa área se manter atualizada com as tecnologias desenvolvidas para o setor. Dessa forma, o uso de informação estruturada ganha espaço na construção civil no qual é suportado pelo uso de softwares computacionais e está se tornando parte da prática usual em arquitetura e construção. Segundo [6], países estão começando a exigir legalmente o uso de tecnologias cada vez mais madura como forma de incentivar a implantação de novas tecnologias e metodologias como ferramentas essenciais para o avanço da construção 4.0.

A partir da aplicação de tecnologias e inovações, destaca-se o a utilização da construção 4.0 voltada ao planejamento e controle de prazos e custos. A discriminação da área de planejamento e controle na construção civil desempenha papel fundamental na evolução do setor de construção, em virtude de planejamentos mais eficientes, obterem resultados mais eficazes, processos mais transparentes e controle acessível, corroborando com as inovações trazidas pela construção 4.0. A aplicação de ferramentas inovadoras ao planejamento tem a capacidade de integrar a estrutura organizacional da empresa com os objetivos do negócio [4].

Em vista do assunto abordado, o presente trabalho tem o objetivo de executar uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) buscando respostas sobre a utilização de ferramentas, processos e sistemas que constituem a Construção 4.0 e suas aplicações em relação ao planejamento e controle de custos e prazos (PCCP) em obras civis publicadas em trabalhos científicos nos últimos 10 anos.

MÉTODO

Segundo [7], uma RSL é uma abordagem de pesquisa que visa identificar e interpretar, com base em parâmetros pré-determinados, os estudos anteriores correlacionados a um determinado tema. [8] e [9] descrevem a estrutura de uma RSL em três passos principais, sendo eles: Planejamento, Condução e Relato. Esta pesquisa adotou essa estruturação, apresentada em detalhes a seguir.

PLANEJAMENTO

À luz de [8], uma RSL é uma excelente ferramenta na abordagem de temáticas como gestão, planejamento e controle de operações, avaliando custos e desempenho, sendo utilizada de modo a gerenciar a produção de conhecimento em um dado tema com a finalidade de guiar estudos acadêmicos específicos. Para condução da RSL foram elaboradas as seguintes perguntas 1 e 2, consideradas norteadoras da pesquisa.

- 1. Identificar quais os eixos temáticos preponderantes em pesquisas que compõem a Construção 4.0 voltadas para PCCP desenvolvidos nos últimos 10 anos?
- 2. Quais tecnologias e softwares estão sendo aplicados em relação aos principais eixos temáticos da Construção 4.0 nos últimos 10 anos?

O desenvolvimento das perguntas norteadores tem o objetivo de buscar por explicações conduzam o desenvolvimento do trabalho. Sendo assim, a finalidade da pergunta 1 é apresentar quais são os principais eixos temáticos abordados em pesquisas que envolvam a construção 4.0 nos últimos anos. O entendimento dos eixos temático poderá proporcionar a análise do cenário das principais áreas que estão sendo trabalhadas. O propósito da pergunta 2 é identificar, em primeiro lugar, se existem softwares/tecnologias da construção 4.0, e posteriormente, na observação de existência, quais são utilizadas no setor da construção civil, voltados para planejamento e controle de custos e prazos.

DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

Os critérios adotados na escolha de banco de dados para os artigos foram o lapso temporal não superior aos últimos 10 anos, dentro da base de dados Periódicos Capes, sob acesso CAFe, artigos que abordem como tema chave a aplicação da Construção 4.0 voltados para planejamento e custos. Foram utilizados na busca por artigos, palavras-chaves, assim como seus respectivos termos traduzidos para o inglês: Construção 4.0, Planejamento, Controle de Custos, Controle de Prazos e Gestão na Construção Civil.

Com a seleção dos artigos a partir das palavras-chaves, os trabalhos levantados devem seguir os critérios de inclusão e exclusão destacados nas Tabelas 1 e 2 para serem

considerados na pesquisa. Enfatiza-se que para adequação do trabalho para inclusão, os artigos devem atender a todos os critérios destacados na tabela 1. Para exclusão do artigo, é necessário somente que atenda a pelo menos um dos critérios de exclusão.

Tabela 1: Critérios de Inclusão

Critérios de Inclusão
I1 – O artigo deve abordar a construção 4.0 como tema principal e não apenas mencionar
I2 – Deve conter em seu conteúdo subtemas ligados a PCCP
I3 – Artigos abordam a utilização de softwares/tecnologia da construção 4.0

Fonte: o autor.

Tabela 2: Critérios de Exclusão

Critérios de Exclusão
E1 - Artigo não está totalmente disponível online
E2 - Artigo não relacionado à área da construção civil
E3 - Artigo não disponibilizado pela plataforma capes (CAFe)
E4 - Artigo faz apenas menção sobre o tema de construção 4.0, porém não desenvolve o assunto

Fonte: o autor.

Após a seleção dos artigos que atendem as características descritas, os trabalhos serão revisados em busca de textos duplicados para exclusão, restando somente os artigos considerados adequados para a elaboração do estudo.

EXECUÇÃO DA RSL

Através da leitura dos títulos, palavras-chaves e resumos, foram identificados 53 candidatos ao estudo. Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram descartados 20 trabalhos que não atendiam a todos os critérios. Ao aplicar os critérios de exclusão, o número de artigos selecionados final diminuiu para 22. Portanto, o estudo se restringiu à leitura completa de 22 trabalhos que visam responder as perguntas norteadoras. A Quadro 1 apresenta os estudos analisados com seus respectivos autores, anos de publicação e as áreas da construção 4.0 trabalhadas nos artigos.

Quadro 1: Estudos selecionados

Autores	Área temática	Ano
Ammar; Nassereddine. [10]	CPS e Digital twin	2021
Begic; Galic. [11]	BIM, IoT e Big Data	2021
Belluzo; Igarashi; Coppi; Filho. [12]	Big Data	2016
Borges et al. [13]	Iot	2020
Calvetti; Mêda; Gonçalves; Sousa. [14]	CPS e IoT	2020
Carneiro; Carneiro; Cândido. [15]	CPS, TI, IoT, Big Data e CC	2019
Chen; Haung; Liu; Osmani; Demian. [16]	BIM	2022
Craveiro; Duarte; Bartolo; Bartolo. [17]	Iot, CC e Big Data	2019
Ding; Kohli. [18]	BIM	2020
Forcael; Ferrari; Vega; Arcas. [19]	BIM, CPS, IoT, Big Data, CC e ML	2022
Ibrahim; Esa; Kamal. [20]	BIM	2019
Kozlovska; Klosova; Strukova. [21]	BIM, IoT e AV	2021
Lopes; Boscarioli; Pereira; Bezerra. [7]	BI	2020
Osunsanmi; Aigbavboa; Oke; Liphadzi. [22]	BIM, CPS, IoT, Big Data, CC e ML	2020
Ottoni; Novo; Costa. [23]	ML	2022
Oviedo-Haito; Moratti; Cardoso. [24]	BIM	2019
Perrier et al. [25]	BIM, CPS, IoT, Big Data, CC e ML	2020
Shafei; Radzi; Algahtany; Rahman. [26]	BIM, CPS, IoT, Big Data, CC e ML	2022
Sherratt; Dowsett; Sherratt. [27]	BIM	2020
Simão et al. [28]	BIM, CPS, IoT, Big Data, CC e ML	2019
Sousa et al. [4]	Big Data, ML e CC	2020
Sun; Fan. [29]	BIM	2021

Fonte: o autor.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em busca de desenvolver resoluções das implicações trazidas pela pergunta 1, a análise dos artigos elencados traz a perspectiva geral de seis áreas base para a construção 4.0, que dão suporte ao planejamento e controle de custos e prazos em empreendimentos da construção civil:

Sistemas físicos cibernéticos (CPS): [30] retrata o CPS como sistemas físicos, biológicos e de engenharia cujas operações são integradas, monitoradas e/ou controladas por um núcleo computacional, sendo que a computação está associada à rede de comunicação interligados aos elementos físicos. Dentre suas características, [31] destaca: Capacidade cibernética em cada componente físico e restrições de recursos; Rede múltiplas e extremas; Escalas temporais e espaciais; Reconfiguração dinâmica; Alta automação e controle de malha fechada; Operação confiável e certificada; Componentes cibernéticos e físicos integrados com foco em aprendizagem e adaptação, maior desempenho e autoconfiguração.

Building Information Modeling (BIM): O BIM se baseia em dados de informações relevantes sobre o projeto de construção como base do modelo, além de montar o modelo do edifício e simular informações reais sobre o edifício por meio de

informações digitais. Através da tecnologia BIM, pode integrar informações de componentes arquitetônicos, localização de endereços e facilitar informações de atributos e informações espaciais nas fases de projeto e construção de projetos de construção para garantir o compartilhamento e a aplicação contínua de informações ao longo do ciclo de vida do projeto. [32] destaca que o BIM pode ser caracterizado em cinco pontos: visualização, coordenação, simulação, otimização e capacidade de plotar, auxiliando a redução de falhas de planejamento, estimação de custos, sugere modificações e fornece cálculos rápidos.

Internet das Coisas (IoT): Para [33], a Internet das Coisas gera conectividade entre o meio virtual e objetos físicos reais por meio da comunicação em tempo real entre tais dispositivos. De forma similar, [34] apresenta como uma inovação que seja capaz de melhorar a produtividade na Construção Civil, onde as mais diversas informações sobre produtos e materiais não ocorrem de maneira otimizada.

Big Data (BD): A Big Data se caracteriza pelo armazenamento de grande quantidade de informações para processar dados em grande escala. Para tal, são utilizados algoritmos, ferramentas e cálculos matemáticos, recuperação de informação e inteligência artificial para entender padrões que tornam possíveis as formulações de hipóteses e as regras [12].

Computação em nuvem (CC): Para [35], CC se manifesta como uma ferramenta que permite o acesso a uma plataforma compartilhada de informações computacionais configuráveis que podem ser rapidamente acessadas, transferidas e comunicadas por meio das redes, servidores, nuvem de armazenamento, aplicativos, dentre outros.

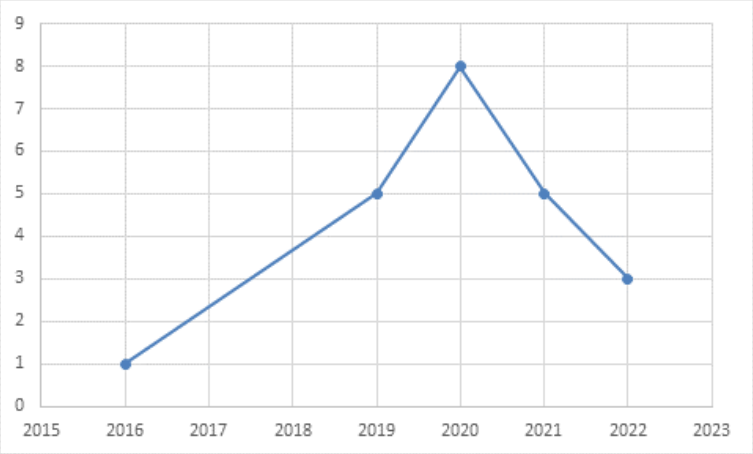
Machine Learning (ML): É um ramo da Inteligencia Artificial que busca desenvolver técnicas capazes de ensinar ao computador a utilizar sua própria experiência para aprender e desempenhar determinada atividade da melhor maneira possível [36].

Dentre as áreas destacadas, a leitura dos artigos atenta ao uso facilitado em gestão da construção civil das áreas de: BIM, Big Data e Cloud Computing. Essas áreas tendem a mais usuais em função de suas características intrínsecas, como a pouca necessidade de mão de obra para implantação e facilidade de compartilhamento e abastecimento de informações. O direcionamento a essas três áreas supracitadas está de acordo com o cenário de construção civil descrito por [28], onde das áreas de CPS, IoT, Automação e Robotização e Industrialização de metodologias construtivas necessitam de maiores investimentos e preparação para aplicações no cenário brasileiro onde os métodos de trabalho são bastante variáveis, sem repetição nas suas operações e as tentativas de "racionalização" acabam-se frustrando. É importante salientar que a área de ML ainda não se apresenta com relevante uso aplicado nas gestões de planejamento e controle. Isso se manifesta em função da dificuldade de automatizar todas ou parcialmente as operações e estabelecer controle das mesmas [28].

A partir da organização dos eixos temáticos abordados na busca por responder a primeira pergunta norteadora, foi possível entender o uso das tecnologias abordadas nos eixos temáticos. No caso da Pergunta 2, por se tratar de pergunta exploratória, a estratégia adotada para extração de informações, foi a descrição das formas de utilização das tecnologias da Industria 4.0 na construção civil. A RSL destacou,

principalmente, aplicações de tecnologias voltadas para as áreas de BIM, IoT e Big Data. Percebeu-se que estudos relacionados a aplicação direta softwares de tecnologias da Construção 4.0 não aparecem com frequência nas pesquisas de projetos de construção. Embora, nos últimos quatro anos (Figura 1), tenha havido um aumento significativo de estudos relacionados à construção 4.0.

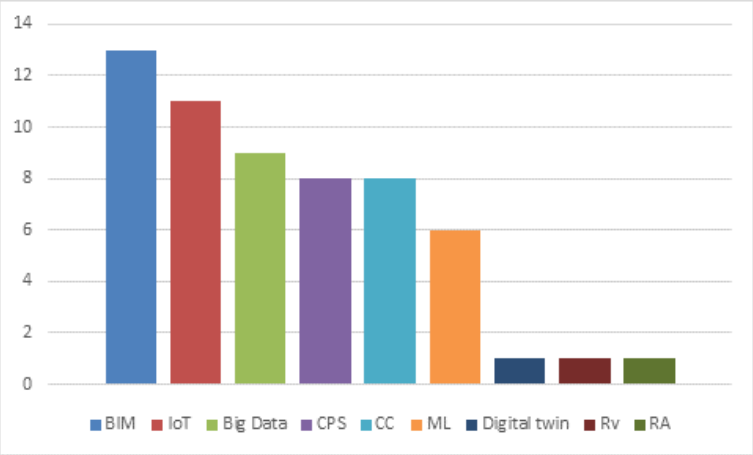
Figura 1: Relação de trabalhos por ano



Fonte: o autor.

A Figura 2 destaca o levantamento quantitativo dos temas abordados que envolvem a Construção 4.0 nos trabalhos analisados, é possível constatar o avanço em pesquisas da temática BIM em relação às demais.

Figura 2: Relação de eixos temáticos



Fonte: o autor.

Essa realidade ocorre em função do BIM ser uma ferramenta que consegue alinhar as demais temáticas de forma conjunta. É importante salientar que as ferramentas que se aplicam ao BIM, são as que estão mais adaptáveis ao mercado da construção civil, com diversas aplicabilidades em gerenciamento, projetos e construção em relação as demais ferramentas utilizadas das temáticas constituintes da Construção 4.0. O BIM é um avanço significativo no uso de programas computacionais para desenhos de engenharia. A introdução de ferramentas BIM está de acordo com os preceitos de construção 4.0. Aplicações em BIM podem operar em sistemas de CC e carregar

consigo Big Datas de bases estabelecidas pelas empresas operadoras dos softwares ou bases pessoais de usuários.

[32] afirma que o BIM pode ser otimizado no estágio construtivo pelas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como CPS, Iot, Inteligência Artificial, Big Data e aplicativos de produção inteligentes, auxiliando no monitoramento de todo o canteiro de obras. Nesse sentido, destaca-se o trabalho de [15], onde é trabalhado o uso de um sistema intitulado AGILEAN. Esse sistema tem como ações as interoperabilidades das bases de construção 4.0, como identificação por radiofrequência (RFID), IoT e CC. O sistema opera integrando a gestão de paralizações e alertas automáticos para os gestores da obra, folha de pagamentos, localização dos funcionários, medição de serviços em campo automatizado, conexão entre folha de pagamento e verificação de qualidade de serviços e apresentação de resultados em forma de dashboards interativos, atualizados em tempo real.

Notou-se que os trabalhos não apresentam aplicações diretas de softwares ou aplicativos, são trabalhadas as áreas temáticas como todo, buscando agregar conhecimento sobre formas de uso e como as inovações podem contribuir para o avanço da construção 4.0. O sistema integrado de entrega de edifícios digitais baseado em BIM e tecnologia de realidade virtual e o modelo integrado GIS-BIM para o layout de guindastes de torre, destacados por [25] são bons exemplos de integração tecnológica. Percebeu-se também, que a possibilidade de integração dos princípios da construção 4.0 na indústria da construção ainda é baixa. Para [24], o fato de haver tecnologias disponíveis com potencial de aumentar os patamares de qualidade e produtividade não implica no seu uso com sucesso. Segundo [22], isso ocorre porque as principais tecnologias como a robótica, a interação humano-computador e os sistemas ciber-físicos que incentivam canteiros de obras inteligentes ainda são classificados como não importantes pelas partes interessadas da construção. A utilização da robotização e automação na construção civil é uma realidade que vem se concretizando ao longo dos anos como forma de contornar baixa renovação da mão de obra para o setor. No entanto, adoção dessas tecnologias ainda está em fase incipiente, tendo em vista altos custos de implantação. Para [37], o futuro dessa indústria será por meio da transformação do processo produtivo de forma a otimizar os processos obtendo benefícios das tecnologias e técnicas adotadas na Indústria 4.0.

CONCLUSÕES

O presente trabalho traz a luz a importância das inovações que a construção 4.0 carrega consigo o uso crescente de novas tecnologias no setor da construção civil. Para o entendimento da situação atual da construção 4.0 com foco no PCCP, foi conduzida a RSL que avaliou inicialmente 53 artigos científicos e considerou 22 trabalhos, entre 2013 e 2023 para aplicação de duas perguntas norteadoras, que a busca pelas suas respostas conduziu o desenvolvimento dessa pesquisa.

A partir da primeira pergunta foi possível identificar que existem seis principais eixos temáticos que dão suporte ao planejamento e controle de custos e prazos em empreendimentos da construção civil na construção 4.0. Essas áreas são: Sistemas

Físicos Cibernéticos, Building Information Modeling, Internet das Coisas, Big Data, Computação em Nuvem e Machine Learning. Essas áreas conduzem o andamento das inovações que são desenvolvidas na indústria 4.0 aplicada à construção civil. Dentre os eixos temáticos, destacam-se as áreas BIM, Big Data e Computação em Nuvem em função de suas características intrínsecas, como a pouca necessidade de mão de obra para implantação e facilidade de compartilhamento e abastecimento de informações.

A análise da segunda pergunta norteadora trouxe à tona as tecnologias trabalhadas nos respectivos eixos temáticos. BIM, IoT e Big Data formam os eixos temáticos que possuem maiores apropriações nos artigos. Pode-se perceber que os trabalhos não apresentam aplicações diretas de softwares ou aplicativos, são trabalhadas as áreas temáticas como todo, buscando agregar conhecimento sobre formas de uso e como as inovações podem contribuir para o avanço da construção 4.0. Percebeu-se também, que as inovações relacionadas ao BIM se destacam diante das aplicações de outras áreas, pela sua integração com inovações de outras áreas, podendo operar em sistemas de CC e considerando Big Datas, e ser otimizado pelas tecnologias da Indústria 4.0, como CPS, IoT, ML e aplicativos de produção inteligentes.

Enfatiza-se também, a dificuldade de implantação de novas tecnologias, isso ocorre, pois as principais tecnologias como a robótica, a interação humano-computador e os CPS são classificados como não importantes pelas partes interessadas da construção e em função adoção dessas tecnologias ainda está em fase incipiente, tendo em vista altos custos de implantação. Constata-se, portanto que o setor da construção civil precisa evoluir e absorver o uso efetivo das tecnologias que baseiam a construção 4.0, entendendo que as soluções que essa revolução oferece, ainda não são utilizadas em sua totalidade pelo setor.

A implicação teórica deste estudo é promover insights sobre o que tem sido explorado nas tecnologias da Construção 4.0. Esses insights podem nortear futuras pesquisas acerca da construção 4.0 e suas implicações. Indica-se a realização de novas pesquisas para entendimento das dificuldades das empresas em implantar ferramentas tecnologias da construção 4.0 e como podem trazer benefícios a curto, médio e longo prazo para às organizações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) pelo apoio e ensinamento nas discussões dos assuntos relevantes para elaboração desse trabalho. Agradeço também ao apoio oferecido pela FUNCAP a partir da bolsa de auxílio da instituição.

REFERÊNCIAS

[1] MCGREGOR, L. (2017) **Industry 4.0 – what does the fourth industrial revolution (4IR) mean for UK business?** InnovateUK. Disponível em: https://innovateuk.blog.gov.uk/2017/03/28/what-does-the-fourth-industrial-revolution-4ir-mean-for-uk-business/ Acesso em: 25 novembro 2018.

[2] DALENOGARE, L.S. BENITEZ, G.B. AYALA, N.F. FRANK, A.G. **The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance**, Int. J. Prod. Econ. 204 (2018) 383–394, https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019.

[3] ACATECH. National Academy of Science and Engineering. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Working Group, Germanz, 2013.

[4] SOUSA, M.; MACIEL, F. W. F.; DAMASCENO, E. F.; BARROS NETO, J. P. **Big Data, Machine Learning e Cloud Computing na gestão de obras: uma revisão sistemática da literatura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

[5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2020). Contas nacionais trimestrais de 2019. Rio de Janeiro: IBGE.

[6] EU BIM Task Group. (2017). Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. Disponível em: http://www.eubim.eu/wp-content/ uploads/2017/07/EUBIM_Handbook_Web_Optimized-1.pdf.

[7] LOPES, A. B. et al. Business Intelligence para apoio à gestão na construção civil: uma revisão sistemática da literatura. **AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 74 - 84, ago. 2020. ISSN 2237-826X. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/atoz/article/view/72574>. Acesso em: 30 maio 2024. doi:http://dx.doi.org/10.5380/atoz.v9i1.72574.

[8] TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. (2003). **Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic rev**iew. British Journal of Management (14), 207–222.

[9] KITCHENHAM, B. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. **Bio-medical and Environmental Sciences**, 13 (1), 37–43. doi: 10.1145/1134285.1134500.

[10] AMMAR, A.; NASSEREDDINE, H. **Blueprint for Construction 4.0 Technologies: A Bibliometric Analysis. IOP Conference Series**. Materials Science And Engineering, v. 1218 p. 1-6, janeiro, 2022.

[11] BEGIC, H.; GALIC, M.; **A Systematic Review of Construction 4.0 in the Contexto of the BIM 4.0** Premise. Buildings v. 11, p 12-32, agosto, 2021.

[12] BELLUZO, B. G.; COPPI, I. M. M.; de OLIVEIRA I. M.; de MELLO FILHO, L. V. F. **Big data e suas aplicações na engenharia civil**. Brazilian Technology Symposium, 2016.

[13] BORGES, R. M. S.; VIEIRA, B. M. P.; CAMPOS, V. R.; BARROS NETO, J. de P. **CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A INTERNET DAS COISAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS EM PRODUTIVIDADE: ANÁLISE DE TRABALHOS PUBLICADOS EM ÂMBITO INTERNACIONAL**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1203. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1203. Acesso em: 28 maio. 2024.

[14] CALVETTI, D.; MÊDA, P.; CHICHORRO GONÇALVES, M.; SOUSA, H. Worker 4.0: The Future of Sensored Construction Sites. Buildings 2020, 10, 169. https://doi.org/10.3390/buildings10100169.

[15] CARNEIRO, J. Q.; CARNEIRO, A. Q.; CANDIDO, L. F. **Indústria 4.0 e construção enxuta: o caso do sistema AGILEAN**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–6. DOI: 10.46421/sbtic. v2i00.173. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/173. Acesso em: 10 jul. 2023.

[16] CHEN, Y.; HUANG, D.; LIU, Z.; OSMANI, M.; DEMIAN, P.; **Construction 4.0, industry 4.0, and Building Information Modeling (BIM) for Sustainable Building Development within the Smart City**. Sustainability, v. 14, p.1-37, agosto, 2022.

[17] CRAVEIRO, F.; DUARTE, J. P.; BARTOLO, H.; BARTOLO, P. J. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0, **Automation in Construction**, V. 103, 2019, Pg. 251-267, ISSN 0926-5805, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.011.

[18] DING, C.; KOHLI, R. **Analysis of Building collaborative platform for Industry 4.0 based on Building Information Modeling technology**. IET Collaborative Intelligent Manufacturing, v. 3, p. 233-242, agosto, 2021.

[19] FORCAEL, E.; FERRARI, I.; OPAZO-VEJA, A.; PULIDO-ARCAS. J. A.; **Construction 4.0: A Literature Review**. Sustainability, v. 12, p.1-37, novembro, 2020.

[20] IBRAHIM, F. S. B.; ESA, M. B.; KAMAL, E. B. M.; Towards Construction 4.0: Empowering BIM Skilled Talents in Malaysia**. International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 8, p. 1694-1700, outubro 2019.

[21] KOZLOVSKA, M.; KLOSOVA D.; STRUKOVA, Z. Impacto f Industry 4.0 Platform on the Formation of Construction 4.0 Concept: A Literature Review. **Sustainability**, v. 13, p.1-37, março, 2021.

[22] OSUNSANMI, T. O.; AIGBAVBOA, C. O.; OKE, 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 p. 547-565, janeiro, 2020.

[23] OTTONI, A. L. C.; NOVO, M. S.; COSTA, D. B.; **Deep Learning for vision systems in Construction 4.0: a systematic review**. SIViP, v. 17, p. 1821-1829, dezembro, 2022.

[24] OVIEDO-HAITO, R.J.J.; MORATTI, T.; CARDOSO, F.F. **Desafios da gestão da produção na construção 4.0**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 11., 2019, Londrina. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sibragec/sibragec2019/paper/view/466.

[25] PERRIER, N.; BLED, A.; BOURGAULT, M.; COUSIN, N.; DANJOU, C.; PELLERIN, R.; ROLAND, T. **CONSTRUCTION 4.0: A SURVEY OF RESEARCH TRENDS**. Journal of Information Technology in Construction, v. 25, p. 416-437. Setembro, 2020.

[26] SHAFEI, H.; RADZI, A. R.; ALGAHTANY, M.; RAHMAN, R. A. **Construction 4.0 Technologies and Decision-Making: A Systematic Review and Gap Analysis**. Building, v. 12, p. 22-54, dezembro,2022.

[27] SHERRATT, F.; DOWSETT, R.; SHERRATT, S.; **Construction 4.0 and its potential impacto on peopleworking in the construction industry.** Management, Procurement and Law, v. 173, p. 145-152, novembro, 2020.

[28] SIMÃO, A. dos S.; ALCOFORADO, L. F.; LONGO, O. C.; SANTOS, D. A. dos, SANTOS; F. dos, Silva; A. D., MENEZES, C. A. G.; JÚNIOR, J. C. M. (2019). **Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira**. Brazilian Journal of Development, 5(10), 20130–20145. https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-210.

[29] SUN, H.; FAN, M.; SHARMA, A.; **Desing and implementation of construction prediction and management platform based on building information modelling and three-dimensional simulation technology in Industry 4.0**. IET Collaborative Intelligent Manufacturing, v. 3, p. 233-242, março, 2021.

[30] GILL, H. Cyber-Physical Systems: Beyond ES, SNs, and SCADA. **Presentation in the Trusted Computing in Embedded Systems (TCES) Workshop**, 2010.

[31] LEE, E.A. **Cyber Physical Systems: Design Challenges**. 11th IEEE International Symposium on. IEEE Computer Society, Los Alamitos, Californian, pp. 363-369, 2008.

[32] 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**. MATEC Web of Conferences, v. 203, p. 1–7, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1051/matecconf/201820302010.

[33] CHANDANSHIVE, V. B.; KAZI, A. M. **Application of Internet of Things in Civil Engineering construction projects-A State of the Art**. In: International Conference On Computing For Sustainable Global Development, 4., 2017, New Delhi,p. 1836-1839.

[34] HEISKANEN, A. The technology of trust: How the Internet of Things and blockchain could usher in a new era of construction productivity. **Construction Research And Innovation**, v. 8, n. 2, p. 66-70, 3 abr. 2017. http://dx.doi.org/10.1080/20450249.2017.1337349.

[35] FANG et al. Case Study of BIM and Cloud–Enabled Real-Time RFID Indoor Localization for Construction Management Applications. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 7, 2016.

[36] SANTOS, A. C. M. dos. **Aprendizado de máquina aplicado ao diagnóstico de Dengue**. ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPUTACIONAL, 13., 2016, Recife.12 p.

[37] MASKURIY, R.; SELAMAT, A.; ALI, K. N.; MARESOVA, P.; KREJCAR, O. **Industry 4.0 for the construction industry-How ready is the industry?** Applied Sciences (Switzerland), v. 9, n. 14, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app9142819.