

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IMPLICAÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL

IMPLICATIONS OF INDUSTRY 4.0 IN CIVIL CONSTRUCTION

Celso Dias Silva
Douglas Santos Sampaio
Sarah Duarte Caetité Moitinho
Ivane Marcely Nascimento Sena

RESUMO

Este artigo aborda as implicações da Indústria 4.0 na construção civil, destacando seu potencial transformador no setor. A pesquisa analisa a adoção de tecnologias emergentes, com foco especial no Building Information Modeling (BIM) e na impressão 3D, visando melhorar eficiência, sustentabilidade e qualidade na concepção, construção e preservação de infraestruturas. A metodologia envolve uma revisão bibliográfica utilizando fontes como SciELO e Portal da CAPES, com critérios de inclusão de artigos publicados nos últimos quatro anos e acesso gratuito. Os resultados destacam a significativa influência da Indústria 4.0 na construção civil, especialmente por meio de tecnologias como BIM e impressão 3D, que promovem uma abordagem mais precisa, automatizada e eficiente, reduzindo custos e otimizando recursos. A seção sobre BIM detalha sua evolução em relação ao CAD 3D, enfatizando sua inteligência semântica contextual e seu papel na gestão de informações geoespaciais. Aponta-se que, embora a implementação do BIM em larga escala enfrente desafios como interoperabilidade e treinamento, o Brasil vem promovendo sua adoção, como evidenciado por decretos governamentais e estratégias de disseminação. Já a impressão 3D na construção destaca seus benefícios, como redução de tempo e desperdício, e seu impacto global. A seção final destaca as vantagens da Construção 4.0, como eficiência operacional e sustentabilidade, contrastando com desafios como investimento inicial e segurança de dados. O estudo conclui que, embora a Construção 4.0 ofereça vantagens notáveis, é crucial superar desafios para garantir o sucesso dessa transformação tecnológica na indústria da construção civil.

Palavras chave: Construção 4.0, BIM, Impressoras 3D.

ABSTRACT

This article addresses the implications of Industry 4.0 in construction, highlighting its transformative potential in the sector. The research analyzes the adoption of emerging technologies, with a special focus on Building Information Modeling (BIM) and 3D

printing, aiming to improve efficiency, sustainability and quality in the design, construction and preservation of infrastructures. The methodology involves a bibliographic review using sources such as SciELO and the CAPES Portal, with inclusion criteria for articles published in the last four years and free access. The results highlight the significant influence of Industry 4.0 on civil construction, especially through technologies such as BIM and 3D printing, which promote a more precise, automated and efficient approach, reducing costs and optimizing resources. The section on BIM details its evolution in relation to 3D CAD, emphasizing its contextual semantic intelligence and its role in the management of geospatial information. It is pointed out that, although the implementation of BIM on a large scale faces challenges such as interoperability and training, Brazil has been promoting its adoption, as evidenced by government decrees and dissemination strategies. 3D printing in construction highlights its benefits, such as reducing time and waste, and its global impact. The final section highlights the advantages of Construction 4.0, such as operational efficiency and sustainability, contrasting with challenges such as initial investment and data security. The study concludes that, although Construction 4.0 offers notable advantages, it is crucial to overcome challenges to ensure the success of this technological transformation in the construction industry.

Keywords: Construction 4.0, BIM, 3D Printers.

1. INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial, amplamente reconhecida como a Indústria 4.0, é, sem dúvida, um marco na história da humanidade, que tem vindo a remodelar profundamente a forma como as indústrias operam e interagem com o ambiente que as envolve. É uma revolução que está a redesenhar todo o paradigma da produção e organização industrial, unindo tecnologias digitais, físicas e biológicas.

Segundo Lima (2022), a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 no setor da construção civil tem o potencial de desencadear uma metamorfose radical na forma como concebemos, edificamos e preservamos infraestruturas, com implicações profundas em termos de eficiência, sustentabilidade e qualidade. Esta quarta revolução industrial emerge como uma continuação natural das três revoluções industriais que a precederam, cada uma marcada por avanços tecnológicos que moldaram a trajetória da humanidade. A primeira trouxe consigo a mecanização, a segunda introduziu a produção em massa e a terceira revolucionou o setor com a

automação e a eletrônica. Na atual revolução, a Indústria 4.0, testemunhamos a convergência de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), a computação em nuvem, a robótica avançada e a realidade aumentada/virtual, que estão a remodelar a indústria da construção.

A construção civil, embora tenha desempenhado um papel essencial no progresso humano, frequentemente enfrentou obstáculos significativos, incluindo prazos prolongados, orçamentos excedentes e desperdício excessivo. No entanto, a adoção das tecnologias da Indústria 4.0 está a permitir que este setor enfrente esses desafios de maneira inovadora e altamente eficaz. Segundo Mobuss (2021), a integração de sensores e dispositivos conectados em edifícios e canteiros de obras, por exemplo, possibilita a coleta de dados em tempo real, permitindo a monitorização contínua do progresso e a detecção precoce de potenciais problemas.

Diante do exposto, este artigo busca, através de uma revisão bibliográfica, analisar as implicações da Indústria 4.0 na construção civil, com especial ênfase nas tecnologias emergentes que estão sendo adotadas, em especial o Building Information Modeling (BIM) e impressão 3D.

2. METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma revisão de literatura que foi desenvolvida mediante pesquisa e periódicos que versam a respeito do tema. Dentre a seleção de artigos, foram utilizados critérios de inclusão como: artigos publicados nos últimos quatros anos, entre 2019 e novembro de 2023, artigos sem taxa de pagamento para acesso e utilizou-se de artigos científicos publicados em língua portuguesa.

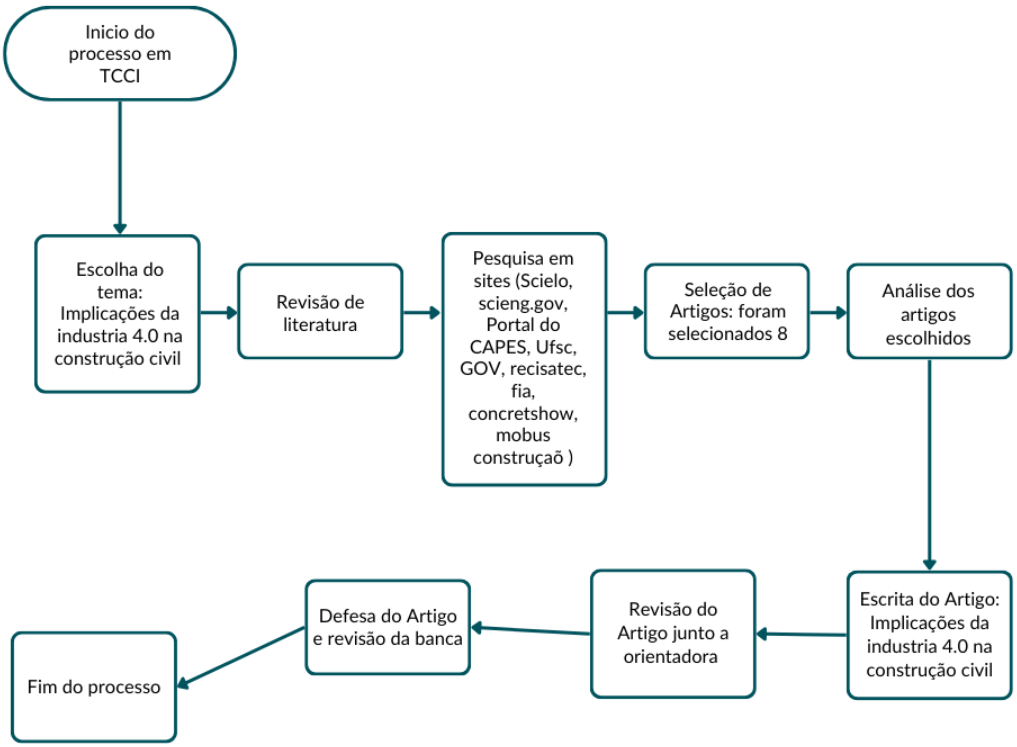


Imagem 01 – Fluxograma da metodologia

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Indústria 4.0 está desempenhando um impacto significativo na indústria da construção civil, revolucionando a maneira como é projetado, construído e gerenciado os edifícios e infraestruturas. Esse avanço tecnológico traz consigo uma série de inovações que melhoram a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade das construções. Em especial, duas tecnologias merecem destaque: Building Information Modeling (BIM) e impressão 3D. Elas têm se mostrado fundamentais para otimizar o setor, desde o planejamento até a execução de projetos, permitindo uma abordagem mais precisa e automatizada, além de promover a redução de custos e o uso mais eficiente de recursos. Nesse contexto, exploraremos como a união entre a Indústria 4.0 e essas tecnologias está moldando o futuro da construção civil. Dentre tais

tecnologias, vamos citar Building Information Modeling (BIM) e impressão 3D.

3.1 BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

O BIM é atualmente a tecnologia fundamental para a digitalização da indústria da construção. Ele é descrito como um conjunto interligado de tecnologias, processos e políticas que resultam em métodos essenciais de gerenciamento de projetos de construção, bem como, na representação digital abrangente de todos os dados relacionados à edificação ao longo de todo o seu ciclo de vida. Esta tecnologia emergiu da necessidade de representar todos os componentes individuais de uma construção por meio de modelagem orientada por objetos. Pode ser visto como uma evolução do CAD 3D, que consiste principalmente em linhas e texto sem uma semântica clara ou integração com outros projetos (GOV, 2021).

A maior distinção entre o CAD 3D e o BIM reside no fato de que o primeiro cria modelos em 3 dimensões independentes e não conectados entre si. Portanto, qualquer correção ou ajuste feito em um modelo requer uma revisão e atualização manual dos demais, já que eles não se comunicam entre si. Esse processo manual pode resultar em uma série de problemas e erros, frequentemente associados a uma qualidade inferior dos projetos. Apesar de ambos representarem objetos em 3D, os objetos no CAD 3D não possuem a inteligência semântica contextual que o BIM oferece, uma vez que cada elemento individual no BIM é enriquecido com especificações e comportamentos semelhantes aos seus equivalentes físicos (RAMOS; RODRIGUES; MELLO, 2020).

Ele tem a capacidade de ser empregado na criação e administração de informações geoespaciais, incluindo a representação de redes de transporte,

logística local, equipamentos e planejamento de uso de materiais, programação de projetos, monitoramento do progresso do trabalho, inspeção de construção e garantia de qualidade. Uma vez que o modelo BIM centraliza todas as informações relacionadas aos requisitos de construção, permitindo sua integração com o projeto, ele desempenha um papel importante na gestão de fluxo de caixa, na segurança e no controle local, onde simulações podem evidenciar potenciais riscos para a segurança das estruturas (Castro, 2019).

O BIM, por si só, já representou um avanço tecnológico significativo para o setor da construção civil na última década, e uma versão aprimorada dessa tecnologia, conhecida como BIM 5D, tem o potencial de proporcionar ainda mais benefícios. Além disso, é importante ressaltar que o BIM 5D tem o potencial de ser integrado, no futuro, à tecnologia de realidade virtual aumentada, criando uma sinergia perfeita entre as equipes de gerenciamento e o local de construção. Um exemplo prático é a plataforma Microsoft Trimble HoloLens, que permite que as equipes interajam com um holograma em 3D do projeto usando um computador holográfico vestível, abrindo novas possibilidades de visualização, compartilhamento de ideias e gerenciamento de mudanças, mesmo em projetos altamente complexos (HOUSTON; SHANGHAI; *et al*., 2019).

Segundo HOUSTON, SHANGHAI; *et al*.,(2017), a implementação do BIM em larga escala e seus potenciais benefícios podem enfrentar alguns obstáculos, entre eles: Os padrões tecnológicos devem estar vigorando e a interoperabilidade deve ser garantida, de forma que as diversas partes interessadas do negócio possam compartilhar as informações e cooperar no planejamento; Problemas sobre a propriedade e responsabilidade dos dados gerados e compartilhados, já que no BIM estes circulam de maneira colaborativa entre todos os integrantes do processo; A

implementação do BIM numa empresa requer grande expertise especialmente no treinamento adequado da equipe e na atualização da TI (tecnologia da informação). É provável que pequenas empresas sintam maior dificuldade neste quesito, já que para elas o investimento inicial para estas mudanças pode ser inviável financeiramente; os empresários adotarão a tecnologia de forma lenta, pois, precisarão compreender de forma clara os benefícios que terão ao fazê-lo. Os maiores benefícios da implementação do BIM em larga escala só terão efeito quando todos os participantes da cadeia de valor da construção se envolverem.

No Brasil, a adoção generalizada do BIM por parte das empresas da construção civil ainda não é uma realidade próxima. Atualmente, a tecnologia é vista mais como uma necessidade do que apenas um desejo dos gestores. Portanto, algumas organizações estão empenhadas em promover a disseminação dessa tecnologia em todo o mercado. Um exemplo notável é o Selo Azul Caixa Municípios, criado pela Caixa Econômica Federal, que é concedido às regiões que incorporam o uso do BIM em seus projetos, incentivando a adoção desse método. O governo federal, reconhecendo a importância da implementação do BIM, promulgou vários decretos para estabelecer diretrizes, como o Decreto 9.983/2019, que trata dos padrões de interoperabilidade BIM, o Decreto 10.306/2020, que estabelece o uso do BIM como padrão na execução de obras do governo federal, e a nova Lei de Licitações 14.133/2021, que prioriza a metodologia BIM em licitações públicas (CBIC, 2022).

Em 2018, o Governo Federal lançou a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, conhecida como Estratégia BIM BR, com o objetivo de alinhar as ações e iniciativas dos setores público e privado para a implementação do BIM no Brasil. Essa estratégia busca promover as mudanças necessárias e criar um ambiente propício para a adoção dessa tecnologia (GOV, 2018).

3.2 IMPRESSÃO 3D NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A impressão 3D, uma ferramenta inovadora, é capaz de fabricar peças simples e complexas por meio de desenhos 3D controlados por computador. Na atualidade, ela oferece vantagens significativas para a indústria, tais como a redução do tempo necessário para conceber uma peça, a diminuição dos impactos socioambientais em comparação aos materiais tradicionais e um planejamento mais eficaz em todo o processo de projeto e execução (FORMIGA; CARNEIRO, 2021).

Na área da construção civil, a tecnologia 3D, conforme Arcangeli (2022), está revolucionando a engenharia e a arquitetura, proporcionando resultados mais rápidos e com menor margem de erro. Silva *et al*. (2019) destacam que a impressão 3D é amplamente aceita em alguns países, como China e Estados Unidos, devido aos baixos custos de mão de obra e matéria-prima, bem como à redução do desperdício de materiais, o que otimiza os resultados.

A construção habitacional identificou a impressão 3D como uma oportunidade de melhorar custos, eficiência e velocidade. Enquanto a construção tradicional requer investimentos em ferramentas especializadas para cada edifício único, a impressão 3D exige apenas ajustes no modelo de computador, beneficiando consumidores e contratantes (GARDNER *et al*., 2020).

A construção civil tem acompanhado os avanços nas técnicas de impressão 3D, com foco na impressão de concreto e materiais cimentícios. Uma técnica notável é a Contour Crafting, que usa controle de computador para criar estruturas com materiais cerâmicos e à base de cimento (WOLFES, 2019). Diversos grupos de pesquisa desenvolvem misturas especiais à base de cimento que podem

ser impressas para criar peças de construção. Um exemplo é o sistema Concrete Printing, desenvolvido pela Universidade de Loughborough em 2008, que utiliza extrusão mais tradicional para imprimir partes à base de cimento.

3.3 VANTAGENS E DESAFIOS DA CONSTRUÇÃO 4.0

A construção 4.0 é uma abordagem inovadora que está revolucionando a indústria da construção atualmente, destacando-se por sua capacidade de integrar tecnologias avançadas, processos eficientes e novos modelos de negócios para impulsionar o setor. Neste contexto, é importante explorar as vantagens, impactos e desafios associados a essa transformação.

Uma das principais vantagens da construção 4.0 é a melhoria da eficiência operacional. Através do uso de tecnologias como a Modelagem de Informações da Construção (BIM), a automação de processos e a análise de dados, as empresas podem otimizar o planejamento e a execução de projetos. Isso resulta em economia de tempo e recursos, além de reduzir o risco de erros humanos (Rufini, 2019).

Outra vantagem significativa está na promoção da sustentabilidade, uma vez que enfatiza a utilização eficiente de recursos, a redução de desperdício e a incorporação de práticas ecologicamente corretas. Isso não apenas contribui para um impacto ambiental positivo, mas também atende às crescentes demandas por edifícios mais sustentáveis (Marostica, 2022).

Por outro lado, a introdução da construção 4.0 não está isenta de desafios, sendo um dos principais obstáculos o investimento inicial em tecnologia e treinamento. Muitas empresas precisam atualizar suas infraestruturas e capacitar

suas equipes para adotar essas novas abordagens. Além disso, a interoperabilidade de sistemas é um desafio, já que diferentes softwares e dispositivos precisam funcionar em conjunto de maneira eficaz (Lima, 2022).

A segurança de dados é outra preocupação importante, especialmente diante da crescente dependência de sistemas digitais, tornando a proteção contra ameaças cibernéticas se torna uma prioridade. Garantir a confidencialidade e integridade das informações é crucial para o sucesso da construção 4.0 (Costa, Vivian, 2023).

Diante do exposto, foi verificado que a construção 4.0 oferece vantagens significativas em termos de eficiência e sustentabilidade, mas enfrenta desafios na implementação, investimento em tecnologia e segurança de dados. À medida que a indústria avança nessa direção, é essencial encontrar soluções para superar esses desafios e colher os benefícios da transformação tecnológica.

O presente quadro destaca os artigos científicos fundamentais que serviram como alicerce para a elaboração deste artigo sobre as implicações da Indústria 4.0 na construção civil. Essa seleção cuidadosa de fontes representa uma base sólida, abrangendo diversas perspectivas e contribuindo para a compreensão aprofundada do impacto desta revolução tecnológica no cenário da construção.

Quadro 01 – Distribuição de produção cientifica:

Autor /Ano	Título	Objetivo	Conclusões
AZEVEDO/ 2021	Avaliação da introdução de tecnologias provenientes da indústria 4.0 na construção civil em Palmas.	Avaliar de que forma a adoção da indústria 4.0 impacta o setor da construção civil do Brasil.	A Quarta Revolução Industrial está progressivamente sendo integrada na Indústria da Construção Civil, trazendo benefícios desde o pré-projeto até o pós-obra. A aplicação da Indústria 4.0 na construção, incluindo ferramentas como BIM, Drones e Impressora 3D, visa melhorar a produtividade, segurança no trabalho, reduzir desperdício de materiais e otimizar o uso de mão de obra. A plataforma BIM, em particular, destaca-se pelos resultados positivos na Engenharia Civil, facilitando a interoperabilidade de dados em todas as fases do projeto. O projeto Estratégia BIM BR busca disseminar essa tecnologia entre construtoras. Drones, devido à sua economia, digitalização e mobilidade, são amplamente utilizados em inspeções e vistorias. A Impressora 3D, embora menos difundida, apresenta um método construtivo rentável, economizando materiais e reduzindo custos com mão de obra.
VIANA/ 2023	As novas tecnologias da indústria 4.0 na perspectiva da construção civil: Um estudo sobre melhoria dos processos, produtividade e eficiência com a sua utilização.	Realizar uma análise das novas tecnologias e ferramentas advindas da Indústria 4.0 que podem ser implementadas à indústria da construção civil no Brasil. Além disso, foram elencados os impactos que essas tecnologias terão em termos de produtividade, qualidade e eficiência nas empresas.	O uso e a integração das tecnologias da Indústria 4.0 na construção civil têm o potencial de trazer melhorias significativas em eficiência, redução de custos, produtividade e competitividade das empresas. Tecnologias como IoT, Inteligência Artificial, BIM, impressão 3D, robótica e drones podem revolucionar o processo de construção e aprimorar a qualidade do produto final. No entanto, a adoção dessas tecnologias enfrenta desafios, incluindo a falta de habilidades entre os trabalhadores, a necessidade de padrões de integração e a resistência à mudança. Superar esses obstáculos requer investimento em programas de treinamento, o estabelecimento de padrões e uma estratégia de comunicação para aumentar a conscientização e compreensão dos benefícios das tecnologias da Indústria 4.0.
DUARTE/ 2019	Implicações da indústria 4.0 na construção civil brasileira.	Avaliar os impactos que a indústria 4.0 poderá gerar na construção civil.	A construção civil está passando por uma transformação com a adoção da indústria 4.0, aplicando inovações no canteiro e na gestão de obras para aprimorar qualidade, reduzir custos e riscos. A pesquisa buscou entender os impactos dessa tecnologia no cenário brasileiro, revelando limitações na implantação devido a recursos e qualificação profissional. Muitos profissionais desconhecem os benefícios da indústria 4.0 e hesitam em investir, prejudicando o potencial do setor. A pesquisa destacou impactos negativos, como falta de estruturação das empresas e alto custo de implantação, mas também aspectos positivos, como redução de riscos, melhoria na qualidade das obras e diminuição dos prazos de entrega. A falta de informações concretas sobre a estimativa de redução de custos foi observada, e as limitações da pesquisa incluíram a escassez de estudos sobre a indústria 4.0 na construção civil brasileira e a dificuldade de envolver especialistas.

Autor /Ano	Título	Objetivo	Conclusões
JUNIOR, SANTOS/ 2020	Inovações da indústria 4.0 na gestão de processos na prestação de serviços na construção civil.	Compreender os impactos da indústria 4.0 na prestação de serviços da construção civil.	Constatou-se que essas inovações viabilizam novos conceitos na construção civil, promovendo a interoperabilidade e a digitalização dos processos. Recomenda-se para pesquisas futuras a realização de estudos de campo que identifiquem as limitações do uso de planilhas Excel na implementação do sistema BIM, assim como o levantamento dos softwares de gestão aplicáveis à construção civil e sua relação com a produtividade. O estudo tem implicações práticas para gestores e profissionais da Indústria 4.0 e construção civil, fornecendo uma sistematização dos principais elementos da Indústria 4.0 e propondo uma estrutura considerando Big Data Analytics (BDA), Sistemas Ciberfísicos (CPS) e integração de IoT (Internet das Coisas). Além disso, sugere-se estudos futuros sobre casas inteligentes e sua viabilidade no mercado, enquanto reconhece as limitações atuais da pesquisa devido ao acesso restrito a documentos sobre o andamento da Indústria 4.0 na construção civil.
LEITE/ 2022	Estudo do impacto da quarta revolução industrial na cadeia de produtiva da indústria da construção civil no agreste Pernambucano.	Analisar o desenvolvimento da indústria 4.0 na cadeia produtiva da construção civil.	A 4ª Revolução Industrial está impactando significativamente a Indústria da Construção Civil, resultando em maior eficiência, mudanças nos métodos de levantamento de dados e na execução de processos, com a introdução de máquinas com inteligência artificial. A revisão sistemática de literatura destaca o crescimento de trabalhos sobre o tema e a diversidade de aplicações na cadeia produtiva da construção civil. A pesquisa, incluindo um questionário, revela que a implementação da Indústria 4.0 no setor é reconhecida pelos gestores, mas ainda é aplicada de maneira limitada, principalmente em projetos e ferramentas de execução. A modernização organizacional e operacional, juntamente com o controle de processos, são destacados como benefícios da adoção da Indústria 4.0. Os resultados sugerem que as empresas que rapidamente adotarem soluções adequadas a essa revolução industrial terão vantagens significativas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise a respeito da interseção entre a Indústria 4.0, representada pelas tecnologias Building Information Modeling (BIM) e impressão 3D, e a construção civil, é possível concluir que essas inovações desempenham um papel crucial na transformação do setor, uma vez que essas tecnologias apresentam uma série de benefícios que vão desde a otimização do planejamento até a execução eficiente de projetos, promovendo uma abordagem mais precisa, automatizada e sustentável na construção civil.

O Building Information Modeling (BIM) é uma ferramenta crucial para a digitalização da construção, proporcionando uma representação digital completa de dados ao longo do ciclo de vida de uma edificação. No entanto, sua implementação em larga escala enfrenta desafios como garantia de interoperabilidade, questões de propriedade de dados, treinamento de equipe e atualização de infraestrutura de TI.

A impressão 3D, por sua vez, surge como uma ferramenta inovadora capaz de fabricar peças simples e complexas por meio de desenhos 3D controlados por computador. Na construção civil, essa tecnologia oferece vantagens como a redução do tempo necessário para conceber uma peça, a diminuição dos impactos socioambientais e um planejamento mais eficaz. Embora seja amplamente aceita em alguns países, como China e Estados Unidos, a adoção da impressão 3D na construção civil ainda é um processo em evolução no Brasil.

A construção 4.0, como abordagem inovadora que integra tecnologias avançadas, processos eficientes e novos modelos de negócios, apresenta vantagens notáveis, como a melhoria da eficiência operacional e a promoção da sustentabilidade. No entanto, enfrenta desafios, incluindo o investimento inicial em tecnologia e

treinamento, a interoperabilidade de sistemas e a segurança de dados.

No entanto, é essencial ressaltar que, apesar dos avanços observados, há obstáculos a serem superados. O caminho para uma adoção generalizada dessas tecnologias na construção civil exigirá esforços contínuos de diversos atores, desde empresas e profissionais do setor até políticas públicas e iniciativas governamentais.

Como sugestões para futuras pesquisas, destaca-se a necessidade de estudos mais aprofundados sobre estratégias eficazes de superação dos desafios identificados, bem como a análise do impacto social e econômico da ampla adoção dessas tecnologias na construção civil brasileira. O aprimoramento constante das tecnologias existentes e a busca por soluções inovadoras contribuirão para consolidar a Indústria 4.0 na construção civil e promover uma transformação duradoura e positiva no setor.

REFERÊNCIAS

Como resolver os principais problemas da construção civil. Mobus Construção, 2021. Disponível em: https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/principais-problemas-na-construcao-civil/.

Internet das Coisas na construção civil e máquinas conectadas. Concrete Show, 2023. Disponível em: https://digital.concreteshow.com.br/tecnologia/internet-das-coisas-na-construo-civil-e-mquinas-conectadas.

LIMA, Tomas. Indústria 4.0 na Construção Civil – O que você precisa saber. Sienge, 2022. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/industria-4-0-na-construcao-civil/.

Tecnologia na Construção Civil: o que é, importância e exemplos. FIA Business School, 2020. Disponível em: https://fia.com.br/blog/tecnologia-na-construcao-civil/ .

Vista do UM ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA ENGENHARIA E NA MEDICINA . Disponível em: <https://recisatec.com.br/index.php/recisatec/article/view/70/60>. Acesso em: 23 out. 2023.

DE CASTRO, Li Chong Lee Bacelar. APLICAÇÃO DO BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) EM PROJETOS DE INFRAESTRUTURA NAS FASES PRE-COMPLETION E/OU POST-COMPLETION.. Escola nacional de administração publica, 2019. Disponível em: https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/42048/5/TCC_LEE.pdf. Acesso em: 19 out. 2023.

FORMIGA, Caio Vinicius Efigenio; CARNEIRO, Marcos Lajovic. Impressão 3D para construção civil: revisão da literatura e desafios. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 13, n. 4, 2021.

RUFINI, Igor . Uma reflexão sobre as vantagens e desvantagens da indústria 4.0: o que vai mudar. Petronas Inovação, 2019. Disponível em: https://inovacaoindustrial.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-industria-4-0/. Acesso em: 19 out. 2023.

MAROSTICA, Suelen Jorge . Indústria 4.0, Inovação e Sustentabilidade. VIA, 2022. Disponível em: https://via.ufsc.br/industria-4-0-inovacao-e-sustentabilidade/. Acesso em: 02 nov. 2023.

LIMA, Tomas. Indústria 4.0 na Construção Civil – O que você precisa saber. VIA, 2022. Disponível em: https://www.sienge.com.br/blog/industria-4-0-na-construcao-civil/. Acesso em: 31 out. 2023.

GOMES, A. C. S. Os desafios da implementação das técnicas 3D na construção civil no Brasil. [s.l: s.n.].

VIANA, Vitor . AS NOVAS TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 NA PERSPECTIVA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO SOBRE MELHORIA DOS PROCESSOS, PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA COM A SUA UTILIZAÇÃO. Unisul, 2023. Disponível em: https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/78f6438d-e858-4a71-8357-dcd4c1ecbf9b/content. Acesso em: 24 out. 2023.

AZEVEDO, Jordan . AVALIAÇÃO DA INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA 4.0 NA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PALMAS. UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, 2023. Disponível em: https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/4046/1/Monografia%20JORDAN%20LIMA%20AZEVEDO.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

SILVA, Alice. Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira. AEBD, 2023. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/18726200.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.