



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

JÚLIA MARTINS CARRARA - julia.carrara@estudante.ufjf.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

MICHELLE NASCIMENTO COSTA - michelle.nascimento@engenharia.ufjf.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

ERCILIA DE STEFANO - ercilia.stefano@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA - UFJF

ALBERTO EDUARDO BESSER FREITAG - alberto.besser@professor.ucam.edu.br
UNIVERSIDADE CÂNDIDO MENDES - UCAM

ÁREA: 6. ENGENHARIA ORGANIZACIONAL
SUBÁREA: 6.6 - GESTÃO DA INOVAÇÃO

RESUMO: A CONSTRUÇÃO CIVIL REPRESENTA UMA PARCELA SIGNIFICATIVA DA GERAÇÃO DE RENDA DO BRASIL, SENDO FUNDAMENTAL PARA A ECONOMIA DO PAÍS. ENTRETANTO, É UM SETOR DA INDÚSTRIA QUE CONTÉM GRANDES DIFICULDADES EM IMPLEMENTAR MUDANÇAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS, SENDO FUNDAMENTADA AINDA NOS DIAS ATUAIS EM PRODUÇÃO MANUAL E ARCAICA. ASSIM, O ARTIGO TEM COMO OBJETIVO APRESENTAR A IMPORTÂNCIA DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL, DISCRIMINANDO ALGUMAS DAS FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS QUE PODEM SER UTILIZADOS. PARA ISSO, FOI REALIZADA UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA DE AUTORES QUE ABORDAM A TEMÁTICA ENVOLVIDA E QUE FORAM SELECIONADOS A PARTIR DE MEIOS ELETRÔNICOS DE BUSCA DE TRABALHOS ACADÊMICOS. ASSIM, A PARTIR DESTA PESQUISA, PODE-SE OBSERVAR QUE AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS PODEM FACILITAR A ELABORAÇÃO, EXECUÇÃO E GERENCIAMENTO DE PROJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL, REDUZINDO CUSTOS, PRAZOS E, PRINCIPALMENTE, DESPERDÍCIOS, CONTRIBUINDO PARA A SUSTENTABILIDADE DO MEIO AMBIENTE.

PALAVRAS-CHAVES: INOVAÇÃO; TECNOLOGIA; CONSTRUÇÃO CIVIL.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor que contribui ativamente no desenvolvimento socioeconômico do Brasil. De acordo com os dados de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) na Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC), foram gerados R\$439,0 bilhões em valor de incorporações, obras e/ou serviços da construção, além de empregar 2,3 milhões de pessoas (IBGE, 2022). O setor ocupa uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) e exerce papel fundamental no crescimento do país.

Diante deste cenário, o mercado da construção civil mostra-se altamente competitivo e exige que as empresas dediquem esforços contínuos para garantir posicionamento no mercado, com estratégias que possibilitem a obtenção de vantagens competitivas (Duarte, 2022). Dessa forma, observa-se a necessidade de tornar a indústria civil mais ágil e eficiente para atender a demandas do mercado e da sociedade.

No entanto, o setor ainda se mostra resistente à mudanças e apresenta desafios significativos como prazos apertados, margens de lucro reduzidas e concorrência acirrada (Almeida, 2023). Ademais, problemáticas como a produção artesanal e arcaica, a mão de obra precária, o conservadorismo do método construtivo convencional e o desperdício de materiais, impactam diretamente na gestão eficiente de projetos na construção civil.

Neste contexto, observa-se a necessidade de trazer inovação tecnológica para o setor da construção de forma mais efetiva, buscando automação e facilitadoras na gestão, organização e processos. Os resultados podem além de facilitar a gestão e produção, minimizar o impacto ambiental e fomentar o setor da construção civil com foco na sustentabilidade.

Assim, busca-se analisar a inclusão das inovações tecnológicas na construção civil através do panorama geral vivenciado pelo setor e de seus desafios, bem como a caracterização das inovações tecnológicas e da prática sustentável. O presente artigo destaca algumas ferramentas e tecnologias como o BIM, a impressão 3D, a utilização de drones e a realidade virtual como meios de modernização e facilitadores na Engenharia.

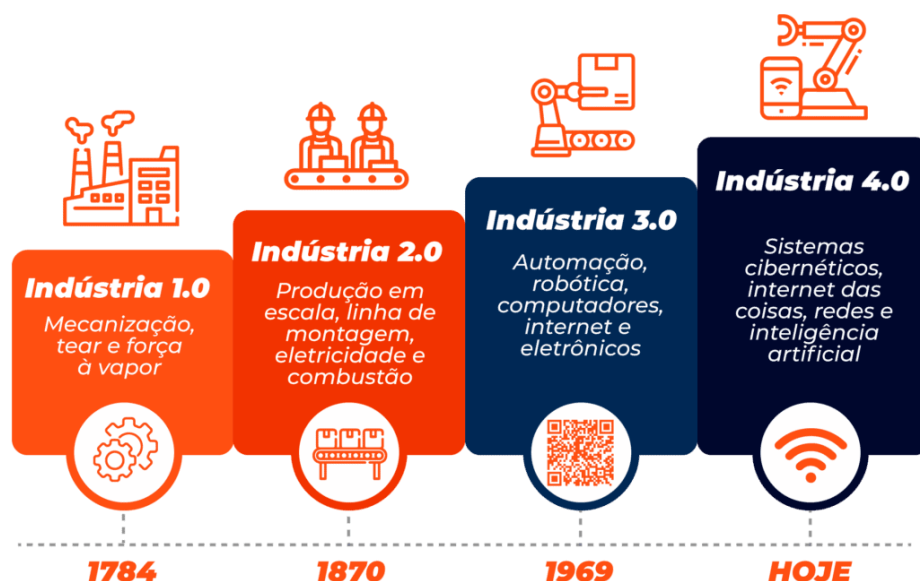
Vimos na Introdução, de forma sintetizada, a importância e o tema a ser tratado. Já o segundo capítulo discorre acerca da fundamentação teórica utilizada, com a pesquisa, seleção e devidas análises dos materiais utilizados. O terceiro capítulo trata de apresentar a metodologia utilizada neste artigo e, por fim, o quarto e quinto capítulos tratam discussões sobre a aplicabilidade das tecnologias apresentadas e as conclusões, respectivamente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A construção civil é um setor da economia que apesar de ser um serviço artesanal, está englobado na indústria (Leal, 2020). Entretanto, as metodologias produtivas da indústria da construção civil divergem de outros setores industriais que foram evoluindo e aprimorando conforme o desenvolvimento de novas tecnologias. Na indústria farmacêutica e automobilística, por exemplo, os resultados almejam alta produtividade, grande controle de qualidade e baixo desperdício, e esses resultados não são obtidos de maneira semelhante na construção civil. Dessa forma, “[...] enquanto nas últimas décadas a indústria tem evoluído a passos largos, a construção ainda utiliza métodos arcaicos que eram aplicados ainda no século 19, que ancoram sua produtividade em patamares inaceitáveis para o século 21.” (Leal, 2020, p.14).

Ao longo da história, a indústria passou por mudanças e revoluções à medida que evoluções foram ocorrendo no sistema de produção. Dessa forma, conforme retratado na Figura 1, a Indústria 1.0 surge em 1784 após a implementação de máquinas a vapor nos serviços que anteriormente eram realizados de maneira manual. Em 1870 ocorreu a chamada 2ª Revolução Industrial, que teve como destaque a inserção da eletricidade e do petróleo que passou a ser utilizado como combustível. A 3ª Revolução Industrial ocorreu em meados do século XX e foi marcada pela inserção da internet e robótica, que foram fundamentais para a indústria chegar ao que hoje é chamada de Indústria 4.0 (Quarta Revolução Industrial) onde a inteligência artificial rege os sistemas atuais (De Carvalho; De Carvalho, 2022).

FIGURA 1 - Fases da indústria.



Fonte: Rodrigues (2022).

Todavia, apesar das dificuldades inerentes ao setor, nos últimos anos, o mercado da construção civil tem passado por transformações significativas impulsionadas pela busca de métodos mais eficientes, sustentáveis e econômicos (Costa, 2023). Dessa forma, com o rápido crescimento das tecnologias, a construção civil também tem se desenvolvido, a partir das inovações tecnológicas que estão surgindo cada vez mais com o passar dos anos, e se inserido no conceito de Indústria 4.0.

A Indústria 4.0 vivenciada no panorama atual, é um conceito que se relaciona à indústria inteligente e dispõe-se da utilização de recursos para planejar, controlar, gerenciar e moderar, de maneira otimizada, grande porção de informações no tempo mais limitado através dos componentes e máquinas inteligentes ligados pela internet (Ruiz, 2022). Dessa maneira, a Indústria 4.0 caracteriza-se pela inovação tecnológica no mercado.

Logo, as inovações tecnológicas influenciaram e se conectam positivamente com o setor da construção civil e impactam em resultados de gestão, tempo e desempenho. Salienta-se alguns resultados desenvolvidos durante a quarta revolução, como: o uso do BIM (*Building Information Model*); Impressão 3D e Veículos Aéreos Não Tripulados - Drones (Santos, 2022).

2.1 Tecnologias e modelos de inovações

A seguir o presente estudo apresenta algumas tecnologias e modelos de inovação que podem contribuir para a adequação da construção civil à Indústria 4.0 e demandas mais exigentes do mercado, seja nos quesitos de celeridade na execução do empreendimento, qualidade, sustentabilidade e economia de recursos, evitando ao máximo desperdícios, infelizmente muito comum em empreendimentos.

2.1.1 BUILDING INFORMATION MODEL - BIM

Segundo Almeida (2023), o BIM é um modelo digital que permite a criação e a gestão de informações detalhadas de um projeto de construção. A tecnologia utilizada abrange além da terceira dimensão e são consideradas como: 2D (Desenho no plano), 3D (Modelo tridimensional), 4D (Cronograma de obra), 5D (Orçamento), 6D (Sustentabilidade) e 7D (Manutenção) (Gonçalves, 2020).

Nesse contexto, através da metodologia BIM, é possível obter maior integração de projetos em um único modelo visual, melhorar a interoperabilidade e comunicação entre os colaboradores, reduzir possíveis erros e aumentar a eficiência da construção nos âmbitos de gestão, viabilidade e produtividade. Logo, considera-se uma tendência promissora que acompanha todo o ciclo de vida e processo na construção conforme a Figura 2.

FIGURA 2 - Ciclo BIM.



Fonte: Barros (2017).

Para adotar a metodologia BIM, é necessário a utilização de diversos softwares que atendam as especificidades de cada profissional, demanda e aplicação. A Figura 3 lista os softwares de utilização mais frequente em função do tipo de aplicação.

FIGURA 3 - Lista de softwares com base BIM

Empresa	Software	Utilização
Autodesk	Revit Architecture	Modelação de arquitetura
	Revit Structure	Modelação de estruturas
	Revit MEP	Modelação de redes de sistemas (mecânica, elétrica e hidráulica)
	Navisworks	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
	Synchro Professional	
	Green Building Studio	Análise de desempenho energético e de sustentabilidade
Graphisoft	ArchiCAD	Modelação de arquitetura
	MEP Modeler	Plugin para a modelação de sistemas (mecânica, elétrica e hidráulica)
	EcoDesigner	Análise de desempenho energético e de sustentabilidade
	ArchiFM	Gestão e manutenção
Bentley	Bentley Architecture	Modelação de arquitetura
	Structural Modeler	Modelação de estruturas
	ConstrucSim	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
	Bentley Facilities	Gestão e manutenção
Tekla	Tekla Structures	Modelação de estruturas
	Tekla BIMSight	Construção (visualização e análise)
VicoSoftware	Vico Office Suite	Construção (visualização, análise, simulação e orçamentação)
Solibri	Model Checker	Visualização e análise

Fonte: Coelho (2017).

No Brasil, a utilização do BIM é incentivada pelo governo através do Plano Nacional de Construção e do Plano de Aceleração do Crescimento, além da norma técnica NBR 15965, da ABNT, que estabelece como tema o Sistema de Classificação da Informação da Construção (Duarte, 2023). Assim, os métodos de incentivo se tornam de suma importância para que o mercado acompanhe os avanços tecnológicos e os apliquem como ferramenta facilitadora na gestão de projetos e canteiros.

2.1.2 IMPRESSÃO 3D

As aplicações da impressão 3D na Indústria da Construção se dão através das mais variadas formas, desde impressões de pequenas peças e componentes utilizando plástico como material-base, até impressões de estruturas utilizando concreto (Santos, 2022).

Conforme Silva et al. (2020), a manufatura aditiva é “[...] definida como os processos de fabricação com o objetivo de se criar um objeto tridimensional por camadas a partir de um modelo virtual”. Dessa maneira, o uso de softwares de modelagem BIM, auxiliam na elaboração dos projetos para fabricação dos objetos tridimensionais.

Assim, para Formiga et al. (2021), com a evolução da manufatura aditiva e a construção através de impressão tridimensional,

[...] em breve será possível ter continuidade e maior controle sobre todas as fases do projeto, desde a concepção até a produção de componentes do edifício. Isso simplificará a produção industrial de formas complexas não convencionais, permitindo uma crescente personalização de produtos na indústria da construção.

Desse modo, Ford et al. (2016) citam vantagens do uso da manufatura aditiva, como a criação de figuras novas e complexas; produção conforme demanda e necessidade do cliente, reduzindo custos e desperdícios a partir de maior interação entre o produtor e o consumidor; flexibilidade na elaboração e alteração dos projetos a partir de modelos computacionais; e economia de material e resíduos, através da reciclagem e reutilização de insumos.

2.1.3 DRONE

Popularmente conhecido como drone, o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é uma aeronave capaz de voar sem a presença de tripulação e quando atrelada à construção civil, pode produzir resultados extremamente eficientes.

O dispositivo é capaz de fornecer imagens de diferentes ângulos, auxiliar no levantamento topográfico, mapear áreas, verificar danos estruturais, inspecionar telhados e fornecer registros usados nos softwares CAD ou BIM (Gouveia *et al.*, 2021).

Foram identificados alguns estudos na literatura, no âmbito nacional e internacional, que descrevem o uso de drones na construção civil conforme a Figura 4 (Nery *et al.*, 2021).

FIGURA 4 - Pesquisas que utilizam drones na construção civil

Pesquisas internacionais		
Autor (ano)	Objetivo	Resultado
Umar (2020)	Investigar as aplicações de drones relacionando com a segurança do trabalhador nos países do conselho de cooperação do Golfo.	A aplicação mais comum de drones foi a fotografia para fins de marketing, seguida da aplicação de levantamento e inspeções de qualidade. A mobilidade da câmera era o recurso técnico de alta de qualidade exigido para inspeções relacionadas à segurança.
Li e Liu (2019)	Investigar as aplicações atuais dos Drones multi rotores, seus benefícios e explorar seu potencial na indústria da construção da Austrália.	Demonstrou-se que as principais contribuições são a segurança do trabalho, o custo benefício e a redução das emissões de carbono.
Yeon(2019)	Disponibilizar informações em imagem dos ambientes do canteiro de obras na Coreia para uma gestão eficiente.	Os gerentes puderam verificar visualmente o desenvolvimento das atividades do canteiro de obras bem como o status de conclusão, ajudando a tomar decisões orçamentais e prevenindo acidentes do trabalho.
Kim e Kim (2018)	Propor o uso de um sistema de um drone quadricóptero para monitorar o status das atividades e a comunicação entre os gerentes da construção.	Desenvolvimento de um sistema denominado primeira visão pessoal (FVP) nas obras da Coreia do Sul.
Pesquisas Nacionais		
Autor (ano)	Objetivo	Resultado
Ballesteros, Lordsleem e Junior (2021)	Realizar um estudo experimental do uso de drones para inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edifícios	Observou-se viabilidade da técnica e eficácia da inspeção em que as imagens produzidas pelos drones foram efetivas para detecção de manifestações patológicas
Nascimento, Gonçalves e Cintra (2018)	Investigar como os drones podem aperfeiçoar o setor de segurança no canteiro de obras	Os drones forneceram gerenciadores de segurança com rapidez com imagens e vídeos em tempo real
Melo Júnior et al. (2018)	Aplicar uma metodologia de geração automática de mapa de danos em ortoimagens de fachadas de edifícios utilizando VANT para captura de imagens	O uso de VANT demonstrou ser uma ferramenta eficaz para inspecionar fachadas
Álvares et al. (2016)	Avaliar o uso do VANT para mapeamentos 3D para edificações e canteiros	Os mapeamentos 3D mostraram para atividades gerenciais

Fonte: Nery et al. (2021).

Nesse ínterim, observa-se grande potencial de desenvolvimento dos veículos aéreos não tripulados para fins da construção civil. A segurança e flexibilidade, a facilidade de operação,

o custo acessível e a mobilidade, são algumas vantagens que contribuem para a eficácia da utilização dos drones no setor da construção civil.

2.1.4 REALIDADE VIRTUAL

Realidade virtual (RV) é definida como um ambiente tridimensional gerado em computador, com possibilidade de imersão e interação do utilizador com o ambiente gerado (Sousa *et al.*, 2022). Assim, com os avanços tecnológicos e com o acesso facilitado a programas e aplicativos, a realidade virtual tende a ser considerada grande aliada no setor da construção civil, pois compreende grande diferencial e destaque diante das exigências e concorrências do mercado. A aplicação da tecnologia de realidade virtual em coordenação de projetos é integrada ao universo BIM (*Building Information Modeling*), que permite trazer nos diversos âmbitos projetuais, uma comunicação clara e eficiente entre engenharia, arquitetura e construção (Júnior *et al.*, 2020). Dessa forma, a nova tecnologia atua como eficiente ferramenta dentro da metodologia BIM, que possibilita a compatibilização de projetos, identificação de erros, planejamento e dimensionamento de layout de canteiros, bem como a gestão dos processos. Destaca-se a utilização da realidade virtual como uma excelente ferramenta para a compreensão de projetos arquitetônicos. Dessa maneira, o cliente tem a possibilidade de interagir em ambiente virtual imersivo, através da experimentação e construção de sensações, o que auxilia na melhor comunicação entre profissionais e contratado e garante maior qualidade projetual (Sousa *et al.*, 2022).

Entretanto, apesar da realidade virtual apresentar impactos positivos no setor da construção civil, observa-se alguns desafios para tal implementação, como: o tradicionalismo e a resistência em implementar novas tecnologias, a mão de obra pouco instruída tecnologicamente e o conflito entre execução e projeto (Júnior *et al.*, 2020).

Diante da dinâmica vivenciada na construção civil e com avanços tecnológicos, a realidade virtual oferece benefícios de visualização de projetos, assim como a gestão de trabalho. Cabe ao profissional utilizar os recursos de forma clara e objetiva (Júnior *et al.*, 2020).

2.2 Inovação e sustentabilidade

A inovação tecnológica, além de ser um facilitador no gerenciamento da indústria da construção civil, impacta, também, na eficiência e na sustentabilidade do setor. Segundo Almeida (2023, p.28), “a inovação na construção civil também inclui a adoção de materiais e métodos construtivos mais sustentáveis”. Assim, para Almeida (2023), a implementação de novas tecnologias e práticas inovadoras são capazes de auxiliar o mercado da construção civil a

reduzir seus custos, aprimorar a qualidade e execução dos projetos e minimizar o impacto ambiental.

Além do uso de materiais sustentáveis e recicláveis como tijolos ecológicos e bioconcreto, a inovação tecnológica permitiu a criação e implementação de métodos construtivos mais sustentáveis. O uso de tecnologias avançadas, como a Modelagem da Informação da Construção (BIM), realidade virtual e drones proporcionam compreensão mais realista e precisa dos projetos, identificando de maneira mais detalhada todas as fases de execução da obra, melhorando o planejamento e a eficiência. Desse modo, o consumo correto de insumos e água, a eliminação de desperdícios e o aproveitamento de iluminação e ventilação natural, são maneiras de utilizar as informações geradas pelo uso da tecnologia para implementar medidas sustentáveis na construção civil.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O trabalho trata-se de uma pesquisa qualitativa conforme Lozada e Nunes (2019), feita por meio de um levantamento bibliográfico de caráter descritivo documental segundo classificação de Gil (2022), que utiliza bases de dados como o Periódico CAPES. Dessa forma, foram adotados artigos de periódicos digitais, monografias, teses, dissertações, revistas, livros e anais de congressos disponíveis em meios eletrônicos, como base de consulta.

Além disso, foi delineada uma esfera de estudos baseados em trabalhos publicados dos últimos cinco anos, bem como autores que abordam a temática que utilizam as inovações tecnológicas e construção civil como premissa.

Assim, foram adotados critérios de meio de pesquisa, palavras chave, autores, recorte temporal que foram de suma importância para a contemplação da pesquisa

4. DISCUSSÃO

Se tratando da indústria da construção civil, da mesma forma que a tecnologia se aprimora com o passar dos anos, as metodologias construtivas também precisam se adaptar e se inserir neste contexto de evolução e inovação. Assim, a partir desta pesquisa, pôde-se observar que as inovações tecnológicas podem facilitar a elaboração, execução e gerenciamento de projetos da construção civil, reduzindo custos, prazos e, principalmente, desperdícios, contribuindo para a sustentabilidade do meio ambiente.

O BIM se destaca como uma ferramenta poderosa na construção civil, permitindo a criação e gestão de informações detalhadas de um projeto em um modelo digital integrado. Com a capacidade de operar em múltiplas dimensões (2D a 7D), o BIM proporciona uma maior

integração e interoperabilidade entre os diferentes profissionais envolvidos, reduzindo erros e aumentando a eficiência na gestão e execução das obras. Na prática, um projeto de construção que adota o BIM pode ver uma melhora significativa na coordenação entre arquitetos, engenheiros e construtores. Por exemplo, durante a fase de planejamento, o BIM permite a visualização tridimensional detalhada do edifício, facilitando a identificação de possíveis conflitos entre sistemas estruturais, elétricos e hidráulicos antes mesmo do início da construção. Além disso, a dimensão 4D (cronograma de obra) ajuda a planejar as etapas da construção com precisão, enquanto a 5D (orçamento) permite uma gestão financeira mais rigorosa e transparente.

A aquisição de software especializado e a atualização de hardware para suportar o BIM exigem investimentos consideráveis. Além disso, as licenças de software e a necessidade contínua de atualizações podem aumentar os custos operacionais. Outro desafio crucial é a capacitação dos profissionais que requer habilidades técnicas específicas que ainda não são amplamente difundidas no setor, de modo que essa necessidade de capacitação pode atrasar a adoção do BIM e aumentar os custos de implementação. De maneira geral, a implementação do BIM implica uma mudança profunda na forma de trabalhar, exigindo a adaptação de processos e a reestruturação organizacional. Muitos profissionais e empresas podem mostrar resistência em abandonar métodos tradicionais em favor de novas tecnologias, dificultando a adoção do BIM. A impressão 3D introduz a possibilidade de criar componentes e até mesmo estruturas inteiras diretamente a partir de modelos digitais. Na construção de uma casa, a impressão 3D pode ser utilizada para produzir elementos estruturais como paredes e pilares diretamente no local, reduzindo o tempo e o custo de construção. Entretanto, o custo inicial de aquisição das impressoras 3D e dos materiais específicos é elevado, exigindo investimento significativo das empresas do setor, além de gastos para operação e manutenção, uma vez que exige habilidades específicas que ainda não são amplamente difundidas na construção civil. Por fim, a escala de aplicação ainda é uma dificuldade considerável. Embora a impressão 3D seja eficiente para componentes menores e elementos estruturais específicos, sua aplicação em construções de grande escala apresenta desafios logísticos e de tempo. Além disso, a integração desses componentes impressos com métodos de construção tradicionais pode ser complexa e exigir ajustes e adaptações.

Já os drones oferecem uma nova perspectiva e um conjunto de ferramentas valiosas para a construção civil. Eles são capazes de realizar levantamentos topográficos, inspeções de áreas de difícil acesso e monitoramento contínuo do progresso da obra. Em um projeto de grande escala, como a construção de um estádio, drones podem ser usados para mapear o terreno antes

do início das obras, garantindo uma compreensão precisa das condições do solo. Durante a construção, drones equipados com câmeras de alta resolução podem inspecionar estruturas elevadas, como telhados e fachadas, garantindo a segurança dos trabalhadores e a qualidade da construção sem a necessidade de andaimes ou outros equipamentos de acesso difíceis e perigosos. Todavia, as limitações tecnológicas dos drones também são uma preocupação. A autonomia de voo limitada, a susceptibilidade a condições climáticas adversas e a necessidade de frequente manutenção podem restringir a eficiência e a utilidade dos drones em certos contextos de construção. Além disso, as normas e regulamentações para o uso de drones variam entre diferentes regiões e países, as empresas precisam garantir que operam dentro das leis locais, o que pode incluir restrições de voo, necessidade de licenças e permissões específicas. Por fim, a realidade virtual proporciona uma experiência imersiva, permitindo que os envolvidos no projeto visualizem e interajam com o modelo tridimensional do edifício antes de sua construção. Isso facilita a comunicação entre os diferentes profissionais e com os clientes, melhorando a compreensão do projeto e a identificação de possíveis problemas. No desenvolvimento de um centro comercial, por exemplo, a RV pode ser utilizada para criar um tour virtual pelo futuro edifício, permitindo que os investidores e clientes explorem os espaços internos e externos antes da construção. Isso não só ajuda a detectar e corrigir falhas no design, mas também é uma poderosa ferramenta de marketing, demonstrando o valor e a viabilidade do projeto de uma maneira envolvente e convincente. Entretanto, também apresenta dificuldades com o custo para adquirir equipamentos e softwares, além da capacitação dos profissionais e resistência à mudanças por parte dos profissionais, das empresas e do mercado. Cabe observar que já existem facilitadores que podem ser implementados de maneira imediata em novos projetos e construções, como o uso de softwares BIM e drone, que já estão disponíveis no mercado e de fácil acesso. Entretanto, algumas tecnologias ainda precisam ser estudadas e evoluídas de modo a serem capazes de atender demandas principalmente de grandes escalas, como o caso da impressão 3D.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa destaca a necessidade de adaptação e inovação na indústria da construção civil para acompanhar o avanço tecnológico. As inovações, como o BIM, impressão 3D, drones e realidade virtual, apresentam soluções promissoras para a elaboração, execução e gerenciamento de projetos, contribuindo significativamente para a redução de custos, prazos e desperdícios. O BIM demonstra ser uma ferramenta poderosa, melhorando a coordenação e

eficiência dos projetos. No entanto, sua implementação enfrenta desafios como altos custos e necessidade de capacitação.

A impressão 3D oferece rapidez e economia na construção de componentes, mas enfrenta obstáculos relacionados aos altos custos iniciais e à integração com métodos tradicionais. Drones e realidade virtual melhoram a precisão e a comunicação nos projetos, embora também apresentem limitações tecnológicas e de regulamentação.

Apesar dessas barreiras, algumas dessas tecnologias, como o BIM e drones, já estão prontamente disponíveis e podem ser implementadas de imediato, enquanto outras, como a impressão 3D, ainda precisam evoluir para atender demandas de maior escala.

A adoção não só das referidas tecnologias, mas de outras inovações se tornam inevitáveis e essenciais para a evolução da construção civil. A inovação traz consigo a promessa de projetos mais eficientes, sustentáveis e integrados. No entanto, o sucesso dessa transformação depende da disposição das empresas em investir em novos sistemas e na formação de seus profissionais, bem como na superação de barreiras culturais e resistências às mudanças, bem como a quebra de paradigmas. As empresas de construção civil que conseguirem se adaptar a essa nova realidade estarão à frente no mercado, e certamente, irão desfrutar de significativas vantagens competitivas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Mateus Souza Jatobá de et al. **A relação entre sistemas de gestão e sucesso em empresas de construção civil: uma análise de práticas de gestão e inovação.** 2023. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/13011>. Acesso em: 05 jun. 2024.

BARROS, Roberta Augusta Menezes Lopes De & Librelotto, Lisiane. 2017. **A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de edificações integrada a Modelagem da Informação da Construção (BIM): O uso de ferramentas computacionais como abordagem para o processo de projeto** Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340279094_A_Avaliacao_do_Ciclo_de_Vida_ACV_de_edificacoes_integrada_a_Modelagem_da_Informacao_da_Construcao_BIM_O_uso_de_ferramentas_computacionais_como_abordagem_para_o_processo_de_projeto. Acesso em: 09 jun. 2024

COELHO, Karina Matias. **A Implementação e o uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura.** 2017. Disponível em: [https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407770020546207/Dissertacao%20\(versao%20final\)%20-%20Eduardo%20Coelho.pdf](https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407770020546207/Dissertacao%20(versao%20final)%20-%20Eduardo%20Coelho.pdf). Acesso em: 08 jun. 2024.

COSTA, Sâmio Rodrigues et al. **O avanço da industrialização da Construção Civil: a importância da construção modular no Brasil para os próximos anos e seus impactos.** 2023. Disponível em: <https://repositorio.uema.br/handle/123456789/2474>. Acesso em: 06 jun. 2024.

DE CARVALHO, Isabella Pereira; DE CARVALHO, Clecilene Gomes. DOS PRIMORDIOS DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL A INDÚSTRIA 4.0. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 3, n. 11, p. e3112179-e3112179, 2022.

DUARTE, Carolina Mendonça de Moraes. **Gestão da inovação em empresas construtoras e incorporadoras.** 2022. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=551186>. Acesso em: 07 jun. 2024.

DUARTE, Phillipe Dias et al. **Aplicação da tecnologia BIM na gestão de projetos na construção civil.** 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/65137>. Acesso em: 06 jun. 2024.

FORD, Simon et al. 2016. **Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges.** Journal of Cleaner Production. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/302589689_Additive_manufacturing_and_sustainability_an_exploratory_study_of_the_advantages_and_challenges. Acesso em: 09 jun. 2024.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 7 ed. Barueri [SP]: Atlas, 2022. ISBN978-65-597-7164-6.

GONÇALVES, Maria Isadora Messias Bezerra. **Uso da terceira e quinta dimensão do BIM na compatibilização de projetos e geração de quantitativos.** 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstreams/72e105d2-ba25-4d72-9ec5-ed4ec3f6f54b/download>. Acesso em: 08 jun. 2024.

GOUVEIA, Alan Apolinário de et al. **Inovação tecnológica na construção civil-Utilização de drone para gerenciamento de obra. Tópicos em construção civil: Tecnologia, inovação e metodologias aplicadas.** 2021. Disponível em: https://concifa.fametro.edu.br/storage/2022/10/topicos_construcao_civil.pdf#page=54. Acesso em: 07 jun. 2024.

JÚNIOR, Álvaro Ricardo Saez Esteves et al. Realidade virtual e aumentada em projetos de construção civil. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 17, p. 11-11, 2020. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucacao/article/view/255/199>. Acesso em: 0 jun. 2024.

LEAL, Thomás Laydner Quinteiro Vasconcellos. **Desenvolvimento de tecnologia de produção de vigas pré-fabricadas com otimização topológica.** 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/218047>. Acesso em: 06 jun. 2024.

LOZADA, Gisele; NUNES, Karina S. Metodologia científica. [S. l.]: Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9788595029576

NERY, Lucas Mateus da Costa et al. O uso de veículos aéreos não tripulados na construção civil e suas contribuições no Brasil. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA**, v. 3, p. 558-565, 2021. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/article/view/1085/1566>. Acesso em: 07 jun. 2024.

RODRIGUES, Jamerson. **O que é a Indústria 4.0: saiba mais sobre esse conceito.** 2022. Disponível em: <https://blog.culte.com.br/o-que-e-a-industria-4-0-saiba-mais-sobre-esse-conceito/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

RUIZ, Felipe Pessoa. **Estudo de viabilidade da aplicação de impressão 3D em empreendimentos na construção civil.** 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/6818c1a8-53e6-46fa-ac18-863534c93a84>. Acesso em: 07 jun. 2024.

SANTOS, Gustavo Soares. Novas Tecnologias Aplicadas na Construção Civil: Conceitos da Indústria 4.0. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 8, 2022. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rct/article/view/7276/3746>. Acesso em: 07 jun. 2024.

SILVA, Pedro Coelho et al. **Manufatura aditiva: Revisão sistemática da literatura.** 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19274>. Acesso em: 09 jun. 2024.

SOUSA, Leopoldo et al. Aplicações de Realidade Virtual em Coordenação de Projeto de Engenharia Civil. **Livro de Atas PTBIM**, p. 773-783, 2020. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/cd13/3d8cbc2d05d4d0c94322492c6171186ce4f8.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2024.