



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

BRENDA MIKAELE ROMA MARTINS

**USO DE PLATAFORMAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA
MONITORAR E AVALIAR O DESEMPENHO EM TREINAMENTOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PALMAS
2026**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

BRENDA MIKAELE ROMA MARTINS

**USO DE PLATAFORMAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA
MONITORAR E AVALIAR O DESEMPENHO EM TREINAMENTOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a banca examinadora do curso de Engenharia
Civil do Instituto Federal de Educação, ciência
e Tecnologia do Tocantins, como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador(a): D.Sc. Virley Lemos de Souza

**PALMAS
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- M379u Martins, Brenda Mikaele Roma
 O uso de plataforma de inteligência artificial para monitorar e avaliar o
 desempenho em treinamento na construção civil / Brenda Mikaele Roma Martins.
 – Palmas, TO, 2026.
 42 p.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - IFTO,
 Palmas, TO, 2026.
- Orientador: Dr. Virley Lemos de Souza.
1. Construção Civil. 2. Inteligência Artificial. 3. Qualificação Profissional. I.
 de Souza, Virley Lemos. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

BRENDA MIKAELE ROMA MARTINS
USO DE PLATAFORMAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MONITORAR E
AVALIAR O DESEMPENHO EM TREINAMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus
Palmas, como exigência à obtenção do grau
em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 18/05/2026

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 **VIRLEY LEMOS DE SOUZA**
Data: 03/06/2026 10:56:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

D.Sc. Virley Lemos de Souza
Orientador
IFTO- CAMPUS PALMAS

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANA SORAYA ALEXANDRIA MONTEIRO**
Data: 03/06/2026 11:47:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me Adriana Soraya Alexandria Monteiro
Avaliador
IFTO- CAMPUS PALMAS

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO DOS GUIMARAES DE CARVALHO**
Data: 03/06/2026 12:42:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. D.Sc. Adriano dos Guimarães de Carvalho
Avaliador
IFTO- CAMPUS PALMAS

RESUMO

A crescente inserção de tecnologias baseadas em inteligência artificial no setor da construção civil tem provocado mudanças nos modos de treinar, supervisionar e qualificar profissionais em ambientes altamente dinâmicos e expostos a riscos. Mais do que uma inovação tecnológica, o uso de IA representa uma reconfiguração das práticas formativas e operacionais nos canteiros, exigindo novas formas de articulação entre recursos digitais e saberes técnicos. Este trabalho teve como objetivo analisar como plataformas de inteligência artificial vêm sendo incorporadas aos processos de capacitação profissional no setor, especialmente no que se refere à antecipação de falhas, à melhoria da segurança e ao monitoramento do desempenho em tempo real. A metodologia adotada baseou-se em revisão bibliográfica, com seleção criteriosa de estudos que relacionam IA à qualificação, gestão de risco e automação. Os resultados apontam avanços relevantes na personalização dos treinamentos, na identificação de padrões comportamentais e na integração de dados operacionais aos processos pedagógicos. Conclui-se que a IA, quando inserida com critérios técnicos e pedagógicos adequados, pode fortalecer a cultura da formação contínua e contribuir para alinhar os processos de ensino-aprendizagem às demandas concretas da construção civil contemporânea.

Palavras-chave: Construção Civil. Inteligência Artificial. Qualificação Profissional.

ABSTRACT

The growing integration of technologies based on artificial intelligence in the construction sector has brought changes to how professionals are trained, supervised, and qualified in highly dynamic and risk-exposed environments. More than a technological innovation, the use of AI represents a reconfiguration of formative and operational practices on construction sites, demanding new ways of articulating digital resources with technical knowledge. This study aimed to analyze how AI platforms have been incorporated into professional training processes in the sector, particularly regarding the anticipation of failures, improvement of safety, and real-time performance monitoring. The methodology was based on a bibliographic review, with a careful selection of studies relating AI to training, risk management, and automation. The analysis revealed significant advances in training personalization, behavioral pattern identification, and the integration of operational data into educational processes. It is concluded that, when implemented with appropriate technical and pedagogical criteria, artificial intelligence can strengthen the culture of continuous training and contribute to aligning teaching-learning processes with the concrete demands of contemporary construction.

Keywords: Construction. Artificial Intelligence. Professional Training.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVO GERAL.....	8
3 OBJETIVO ESPECIFICO	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO	10
4.1 Desafios da Capacitação Profissional na Construção Civil.....	10
4.2 Inteligência Artificial Aplicada à Formação de Trabalhadores.....	13
4.3 Monitoramento e Personalização de Treinamentos com IA.....	17
4.4 Redução de Falhas e Segurança Operacional com IA.....	21
4.5 Implementações e Casos Práticos na Construção Civil.....	24
5 METODOLOGIA	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A capacitação profissional na construção civil tem sido tensionada por mudanças tecnológicas que alteram a forma de projetar, gerir e executar obras, ao mesmo tempo em que expõem um descompasso entre o perfil de qualificação disponível e o que o setor passou a demandar. Estudos setoriais apontam que a defasagem entre o que se ensina e o que o canteiro solicita cria ambientes mais vulneráveis a erros de execução, retrabalho e inconformidades técnicas (Akyazi et al., 2020). Esse quadro torna-se mais sensível quando se observam os limites dos treinamentos tradicionais para acompanhar o desempenho individual dos trabalhadores, pois a ausência de monitoramento contínuo enfraquece a aderência aos procedimentos e dificulta a aprendizagem aplicada ao contexto real de obra.

A digitalização dos processos construtivos introduziu uma nova lógica de trabalho apoiada em dados, automação e integração entre etapas. Nesse movimento, plataformas com inteligência artificial passaram a ser aplicadas também aos treinamentos, permitindo registrar o desempenho dos trabalhadores, identificar falhas recorrentes e orientar correções com base em evidências. Esse deslocamento do digital para a esfera formativa aproxima o processo de qualificação das premissas da Construção 4.0, ao articular aprendizagem, diagnóstico e melhoria contínua no mesmo ciclo (Amusan et al., 2020).

A aplicação da IA no campo da capacitação vem sendo explorada por iniciativas que combinam sensores, softwares de reconhecimento, aprendizagem de máquina e sistemas de feedback inteligente, capazes de gerar diagnósticos com base em dados coletados durante a realização de tarefas práticas (Jadallah et al., 2021). Tais recursos ampliam a capacidade de personalização dos treinamentos, oferecendo aos gestores e instrutores um panorama mais preciso das habilidades desenvolvidas por cada indivíduo, e permitindo intervenções pontuais antes que falhas se consolidem no ambiente produtivo.

Ao integrar essas tecnologias ao conceito de Construção 4.0, observa-se um movimento de ressignificação das práticas formativas, alinhando-as à lógica da melhoria contínua e da prevenção de riscos. Amusan et al. (2020) destacam que a convergência entre pensamento enxuto, automação e análise inteligente de dados favorece não apenas a racionalização dos processos construtivos, mas também a qualificação dos profissionais envolvidos. A tecnologia, nesse sentido, deixa de ser um instrumento complementar e passa a constituir parte estruturante da estratégia de desenvolvimento de competências.

Contudo, a adoção de plataformas inteligentes não depende exclusivamente de sua viabilidade técnica ou de seus resultados operacionais. O processo envolve também fatores

culturais e organizacionais, que influenciam a receptividade dos trabalhadores à automação dos treinamentos e à introdução de métodos baseados em vigilância e performance (Farah, 2025). A incorporação sensível dessas ferramentas requer, portanto, uma mediação cuidadosa entre inovação tecnológica e valores humanos que permeiam as relações de trabalho no setor da construção.

Ainda que o avanço tecnológico represente novas possibilidades, sua implementação deve considerar os desafios existentes nos canteiros, como a heterogeneidade do público-alvo, as limitações de infraestrutura e a necessidade de contextualização dos conteúdos formativos. Dunn (2025) ressalta que os sistemas inteligentes têm se mostrado eficazes na antecipação de comportamentos de risco, reforçando protocolos de segurança e ajustando a formação à realidade da obra. No entanto, sua eficácia depende de uma integração coerente com os objetivos pedagógicos e com a cultura organizacional da empresa.

Diante desse cenário, a presente pesquisa **justifica-se** pela necessidade de repensar os modelos tradicionais de treinamento adotados na construção civil, com foco na qualidade da formação e na segurança das operações. A limitação de métodos que acompanhem individualmente o desempenho dos trabalhadores afeta diretamente a efetividade da aprendizagem, especialmente no que se refere à execução correta de procedimentos técnicos. As plataformas de inteligência artificial, ao possibilitarem análises contínuas e personalizadas, configuram uma alternativa viável para aperfeiçoar o processo formativo no setor.

A partir dessa **problemática**, formula-se a seguinte pergunta de pesquisa: Como plataformas de inteligência artificial podem ser utilizadas para monitorar e avaliar o desempenho dos trabalhadores durante os treinamentos na construção civil, contribuindo para a melhoria da capacitação profissional e para a segurança no canteiro de obras?

2 OBJETIVO GERAL

O **objetivo geral** da pesquisa consiste em: Analisar como plataformas de inteligência artificial podem ser utilizadas para monitorar e avaliar o desempenho dos trabalhadores durante treinamentos na construção civil, visando a melhoria contínua da capacitação profissional.

3 OBJETIVO ESPECIFICO

Os **objetivos específicos** são:

1. Identificar as principais funcionalidades das plataformas de IA aplicadas ao monitoramento de treinamentos na construção civil;
2. Avaliar os benefícios do uso da IA na personalização do acompanhamento do desempenho dos trabalhadores;
3. Investigar como o monitoramento com IA pode contribuir para a redução de erros e aumento da segurança no ambiente de trabalho;
4. Propor um modelo simplificado de aplicação de plataforma de IA para avaliação de treinamentos em obras;
5. Analisar estudos de caso ou exemplos práticos do uso de IA em treinamentos na construção civil.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Desafios da Capacitação Profissional na Construção Civil

A formação de trabalhadores no setor da construção civil tem historicamente se apoiado em práticas informais de aprendizagem, geralmente baseadas na repetição de tarefas e na experiência adquirida diretamente no canteiro. Esse modelo, embora persistente, apresenta sérias limitações para atender às demandas técnicas e normativas contemporâneas. A ausência de estrutura pedagógica, a fragilidade na avaliação de desempenho e a desarticulação entre teoria e prática resultam em treinamentos que pouco contribuem para o desenvolvimento de competências duradouras.

Em diversas realidades da construção, os treinamentos são conduzidos de forma fragmentada e episódica, muitas vezes reduzidos a apresentações genéricas ou atividades introdutórias desvinculadas das situações concretas de trabalho. Jadallah et al. (2021) destacam que a falta de metodologias sistematizadas compromete a efetividade do aprendizado e dificulta a identificação de lacunas reais de conhecimento e habilidade entre os trabalhadores. Além disso, os métodos tradicionais raramente incluem mecanismos de avaliação contínua, o que impede um acompanhamento do progresso individual ao longo do tempo.

Outro aspecto crítico dos modelos convencionais de capacitação é sua limitação em adaptar-se às diferentes necessidades dos perfis profissionais presentes no canteiro. A heterogeneidade de escolarização, experiência prévia e contexto sociocultural entre os operários exige abordagens flexíveis, sensíveis às particularidades de cada grupo. No entanto, os treinamentos ofertados tendem a ser uniformes e pouco responsivos, o que gera desengajamento e baixa retenção de conteúdo, conforme observado por Marques et al. (2023) em sua análise sobre práticas formativas na aplicação de revestimentos.

A ausência de critérios claros para mensurar o desempenho durante os treinamentos configura uma lacuna significativa. Muitas empresas avaliam a aprendizagem apenas por meio da frequência às atividades ou de questionários superficiais, o que não garante a internalização de procedimentos técnicos ou normas de segurança. Jadallah et al. (2021) propõem que as avaliações sejam integradas ao processo formativo e baseadas em evidências práticas, contemplando não apenas a aquisição de conhecimento, mas também a capacidade de aplicá-lo no ambiente produtivo.

Além das fragilidades metodológicas, observa-se a carência de alinhamento entre as atividades formativas e as exigências reais do canteiro. Em muitos casos, os conteúdos

abordados nos treinamentos não correspondem às práticas de obra em andamento, gerando uma desconexão entre o que é ensinado e o que efetivamente se executa. Dabok, Ganah e John (2022) relatam que esse descompasso compromete o desempenho técnico dos trabalhadores e acentua a dependência de supervisão direta, especialmente entre os profissionais recém-integrados à equipe.

Os treinamentos também enfrentam obstáculos estruturais relacionados ao ambiente de aprendizagem. Espaços inadequados, equipamentos obsoletos e falta de materiais didáticos comprometem a qualidade da formação oferecida. Tutang (2024) aponta que a infraestrutura precária nos centros de capacitação contribui para a baixa motivação dos participantes, dificultando a consolidação de uma cultura de desenvolvimento profissional contínuo. Além disso, a ausência de recursos visuais e demonstrações práticas limita a assimilação de conteúdos complexos.

A valorização da aprendizagem informal, embora importante, não supre as lacunas deixadas pelos métodos tradicionais. A ideia de que o trabalhador “aprende na prática” continua presente em muitas empresas, mas tal perspectiva negligencia a importância de processos estruturados que desenvolvam competências cognitivas e técnicas de forma integrada. Chen et al. (2023) reforçam a necessidade de profissionalização da formação na construção civil, com foco na sistematização de etapas, avaliação formativa e planejamento pedagógico alinhado às exigências da indústria.

Nesse panorama, o canteiro de obras tem sido impactado por pressões crescentes ligadas à qualidade, à produtividade e à segurança das operações. Com prazos mais restritos, exigências normativas mais rigorosas e uso crescente de novas tecnologias, a capacitação dos trabalhadores tornou-se um ponto crítico para garantir a continuidade e a confiabilidade das atividades. Akyazi et al. (2020) ressaltam que o setor enfrenta um desafio simultâneo: suprir a escassez de mão de obra qualificada e atualizar os profissionais em serviço, sem comprometer os fluxos de produção.

A qualidade do produto final está diretamente relacionada à competência dos trabalhadores que o executam. Erros de execução, retrabalho e falhas na interpretação de projetos geralmente decorrem de lacunas na formação técnica e operacional. Carina et al. (2022) argumentam que o investimento na qualificação dos operários é também uma medida de proteção ao trabalhador, pois reduz o risco de acidentes, melhora a comunicação no canteiro e fortalece o compromisso com o desempenho coletivo da equipe.

A segurança, por sua vez, é um tema amplamente discutido, mas ainda pouco integrado aos processos de formação. Em muitos treinamentos, as normas de segurança são tratadas de

forma genérica e descontextualizada, sem simulações, acompanhamento ou aferição prática da assimilação. Essa abordagem compromete a eficácia dos protocolos e deixa os trabalhadores mais vulneráveis a situações de risco. A ausência de monitoramento durante o treinamento impede identificar comportamentos inseguros ainda no estágio de aprendizagem.

A produtividade também está atrelada à forma como os trabalhadores são preparados para lidar com desafios cotidianos da obra. Equipes bem treinadas operam com mais autonomia, precisão e agilidade, o que contribui para o cumprimento dos cronogramas e para o controle de custos. No entanto, como aponta Dabok, Ganah e John (2022), a baixa qualidade da formação oferecida nos setores operacionais gera dependência excessiva da supervisão e aumento do retrabalho, afetando diretamente os índices de eficiência.

A profissionalização da mão de obra na construção civil exige mais do que cursos pontuais e treinamentos obrigatórios. É necessário adotar uma visão formativa de longo prazo, capaz de desenvolver habilidades técnicas, cognitivas e comportamentais ao longo da trajetória profissional. Chen et al. (2023) propõem a construção de uma cultura de aprendizagem permanente, articulada com políticas de valorização do trabalhador e com estratégias de retenção de talentos no setor.

Apesar das dificuldades, há consenso na literatura quanto à necessidade de rever os modelos atuais de capacitação. Jadallah et al. (2021) defendem uma abordagem integrada que combine teoria educacional, práticas baseadas em evidências e alinhamento com as demandas do mercado da construção. A ausência dessa integração compromete não apenas os resultados dos treinamentos, mas também a capacidade do setor de se adaptar às transformações tecnológicas e normativas em curso.

A resistência à mudança nos métodos formativos também representa um entrave para a inovação no canteiro. Muitos gestores ainda percebem o treinamento como uma obrigação legal ou um custo operacional, e não como investimento estratégico. Essa percepção limita o escopo das iniciativas formativas e reforça a manutenção de práticas ineficientes. Tutang (2024) observa que o desempenho dos trabalhadores melhora significativamente quando há envolvimento da liderança e incentivo institucional à aprendizagem.

O desafio de promover mudanças estruturais na formação profissional da construção civil implica rever não apenas os conteúdos e métodos, mas também as formas de avaliação. Avaliações centradas apenas em frequência ou em resultados finais não permitem observar o processo de aprendizagem, nem identificar fatores que influenciam o desempenho. Jadallah et al. (2021) propõem o uso de avaliações contínuas, situacionais e com retorno formativo, integradas às atividades reais de trabalho.

A carência de inovação nos treinamentos reflete, em parte, a desconexão entre os setores de produção e de desenvolvimento humano dentro das empresas. Em muitos casos, os responsáveis pelos treinamentos não participam das decisões de planejamento da obra, o que dificulta a articulação entre capacitação e operação. Marques et al. (2023) defendem a aproximação entre os setores técnico e pedagógico como condição para construir programas de treinamento mais eficazes, contextualizados e aplicáveis ao cotidiano do canteiro.

A urgência por inovação nos métodos de capacitação decorre da constatação de que os desafios da construção civil contemporânea não podem ser enfrentados com estratégias do passado. A evolução das tecnologias, das normas e das exigências de qualidade exige profissionais preparados para lidar com situações novas, interpretar projetos complexos e operar equipamentos cada vez mais sofisticados. Essa nova realidade demanda processos formativos contínuos, flexíveis e sustentados por práticas que integrem avaliação, acompanhamento e aperfeiçoamento constante.

Os modelos tradicionais de capacitação profissional na construção civil apresentam limitações que comprometem a qualidade do ensino, a segurança dos trabalhadores e a produtividade nos canteiros. A ausência de metodologias estruturadas, a fragilidade na avaliação de desempenho e a desconexão entre teoria e prática reforçam a necessidade de revisão das estratégias formativas. Diante disso, torna-se indispensável a construção de novos referenciais que articulem inovação, contexto e desenvolvimento técnico-pedagógico, de forma alinhada às transformações em curso no setor.

4.2 Inteligência Artificial Aplicada à Formação de Trabalhadores

A inteligência artificial tem sido incorporada de forma crescente em ambientes de capacitação técnica, oferecendo mecanismos para análise automatizada de desempenho, simulação de situações práticas e identificação de padrões de aprendizagem. Em contextos operacionais como o da construção civil, essas aplicações têm potencial para transformar os processos formativos, tornando-os mais adaptativos e alinhados às exigências do canteiro. Segundo Guo (2023), a IA aplicada ao setor construtivo vai além da automação de tarefas físicas, alcançando também o campo da modelagem cognitiva e do apoio à decisão nos processos de treinamento.

Dentre os fundamentos que sustentam o uso da IA na análise de desempenho humano está o conceito de aprendizado supervisionado, no qual algoritmos são treinados com dados históricos para reconhecer padrões e prever comportamentos. Em contextos de ensino prático,

esses algoritmos podem ser empregados para avaliar a execução de tarefas por parte dos trabalhadores, comparando seus movimentos, tempos de resposta e decisões operacionais com parâmetros previamente definidos. Gomez-Cabrera e Escamilla-Ambrosio (2022) discutem a aplicação de técnicas similares em sistemas de monitoramento estrutural, sugerindo sua transposição para o campo da avaliação formativa.

O uso de IA em treinamentos envolve ainda a modelagem de comportamento com base em variáveis contextuais, como localização no espaço, sequência de ações e tempo de execução. Esses dados permitem gerar perfis de desempenho e indicar, com base em evidências, quais áreas necessitam de reforço ou ajuste pedagógico. Conforme Ouchtout, Zaki e Gartoumi (2025), a integração entre IA, IoT e BIM tem ampliado a capacidade dos sistemas digitais em captar, interpretar e reagir a comportamentos em tempo real, inclusive em ambientes complexos como os da construção.

Um dos elementos recorrentes nas aplicações de inteligência artificial voltadas à análise de desempenho humano é o uso de redes neurais artificiais, que possibilitam o reconhecimento de correlações não lineares entre comportamentos observados e resultados operacionais. Essas redes podem ser treinadas para identificar padrões associados a falhas recorrentes, desvios de procedimento ou hesitações durante a execução de tarefas, permitindo aos instrutores uma leitura mais precisa do processo de aprendizagem. Bang, Olsson e Candidate (2022) relatam a utilização dessa tecnologia em projetos de construção para antecipar atrasos e incidentes, o que evidencia seu potencial também na avaliação do desempenho técnico em ambientes de treinamento.

A análise de vídeos e imagens por meio de IA tem sido empregada como recurso para monitorar o comportamento dos trabalhadores durante treinamentos. Câmeras integradas a sistemas de reconhecimento visual captam movimentos, gestos e posicionamento corporal, permitindo identificar desvios de execução ou não conformidades em tempo real. Sacks et al. (2020) demonstram que essa abordagem já é utilizada na construção com base em digital twins, e pode ser adaptada para ambientes de aprendizagem imersiva, como simulações de procedimentos em obra.

O conceito de digital twin, discutido por Yeung, Martinez e Sharoni (2022), também tem sido incorporado em ambientes de treinamento. Por meio da criação de réplicas digitais de cenários reais, é possível simular situações operacionais com alto grau de realismo, permitindo que a IA acompanhe e analise as interações do trabalhador com o ambiente. Essa abordagem favorece não apenas a aprendizagem técnica, mas também a avaliação contextualizada do desempenho, com base em parâmetros ajustáveis conforme a complexidade da atividade.

Plataformas baseadas em IA também utilizam algoritmos de classificação para categorizar níveis de desempenho dos trabalhadores, permitindo emitir relatórios que orientam a continuidade da formação. Em vez de avaliações genéricas, esses sistemas apontam comportamentos específicos que indicam domínio, dúvida ou erro, auxiliando na elaboração de trilhas personalizadas de capacitação. Attia (2025) ressalta que essa lógica já vem sendo aplicada na integração entre IA e BIM, com potencial para ser estendida a treinamentos voltados à execução de tarefas técnicas.

A personalização do processo de ensino-aprendizagem com apoio da IA representa uma mudança importante na lógica formativa tradicional. Plataformas inteligentes são capazes de adaptar o conteúdo, o ritmo e a complexidade das atividades com base no histórico de desempenho de cada indivíduo, garantindo uma experiência de aprendizagem mais próxima de suas necessidades. Guo (2023) observa que essa adaptabilidade é especialmente relevante em ambientes produtivos como a construção, onde o tempo para treinamento é limitado e o erro pode ter consequências operacionais.

O uso de assistentes virtuais e interfaces conversacionais também tem sido explorado como ferramenta de apoio à formação. Esses sistemas, alimentados por IA, podem responder dúvidas, fornecer instruções passo a passo e simular cenários decisórios, contribuindo para o reforço do conhecimento técnico durante ou após os treinamentos presenciais. Bang, Olsson e Candidate (2022) indicam que o uso desses recursos melhora a retenção de informações e aumenta a autonomia do trabalhador no ambiente produtivo.

No campo da construção civil, há exemplos de plataformas que integram IA com sistemas de gestão visual de obra, permitindo o acompanhamento simultâneo de tarefas e da qualificação dos trabalhadores. Ao cruzar dados de execução com dados de desempenho individual, é possível identificar quais profissionais estão aptos a assumir determinadas funções ou tarefas com maior complexidade. Ouchtout, Zaki e Gartoumi (2025) reforçam que essas integrações têm sido estratégicas para a digitalização do setor, inclusive na gestão de recursos humanos.

Plataformas que utilizam análise preditiva com base em IA também vêm sendo aplicadas na antecipação de dificuldades de aprendizagem. Esses sistemas cruzam dados de desempenho anteriores com variáveis como tempo de reação, número de tentativas, erros por categoria e resposta a feedbacks, permitindo que os gestores identifiquem, com antecedência, quais trabalhadores necessitam de reforço em áreas específicas. Gomez-Cabrera e Escamilla-Ambrosio (2022) destacam que essa abordagem já vem sendo testada com sucesso em simulações de manutenção e operação de estruturas.

A aliança entre BIM e IA, conforme analisada por Abdelmoula, Zammel e Allani (2025), abre novas possibilidades para a formação profissional ao permitir que treinamentos sejam realizados em ambientes virtuais dinâmicos, baseados em modelos paramétricos que reagem às decisões do usuário. Essa integração possibilita simulações altamente contextualizadas, em que a IA analisa o impacto das ações do aprendiz no modelo construtivo, oferecendo feedback imediato e baseado em critérios técnicos específicos.

Outro avanço relevante diz respeito ao uso de sistemas inteligentes para rastreamento de movimentação e comportamento no espaço tridimensional. Com sensores embutidos em capacetes ou vestimentas, é possível registrar a trajetória do trabalhador durante o treinamento, identificando áreas de hesitação, desatenção ou escolha inadequada de ferramentas. Sacks et al. (2020) apontam que esse tipo de análise contribui para a prevenção de acidentes e para o aperfeiçoamento da lógica de execução de tarefas em campo.

Plataformas que combinam IA com realidade aumentada também têm sido utilizadas para fornecer instruções visuais durante a execução de atividades práticas. O trabalhador, ao executar determinada tarefa, recebe projeções em tempo real que orientam o posicionamento correto de ferramentas, materiais ou equipamentos. Attia (2025) menciona que esse tipo de recurso, já integrado a modelos BIM, melhora a precisão na execução e reforça o aprendizado por meio da repetição assistida.

A aplicação da IA em treinamentos permite ainda a construção de painéis de controle sobre o desempenho coletivo das equipes. Esses painéis reúnem informações sobre avanços, dificuldades e desempenho por área técnica, auxiliando os gestores na alocação de recursos formativos e na revisão das estratégias de ensino. Ouchtout, Zaki e Gartoumi (2025) destacam que essas ferramentas estão alinhadas à lógica de inovação digital que se consolida no setor, associando dados operacionais e pedagógicos no mesmo sistema.

Além do monitoramento técnico, sistemas de IA também podem analisar aspectos comportamentais durante o treinamento, como padrões de atenção, hesitação, cooperação e tempo de resposta. Essas variáveis, embora subjetivas, influenciam o desempenho final na obra e podem ser usadas para reforçar aspectos como trabalho em equipe e tomada de decisão. Guo (2023) reforça que a análise comportamental é um dos campos mais promissores da IA aplicada à gestão de pessoas em ambientes industriais.

A adoção de plataformas inteligentes requer, no entanto, um cuidado com a parametrização dos sistemas e com a definição de critérios de desempenho válidos e ajustados à realidade da construção. Abdelmoula, Zammel e Allani (2025) observam que uma modelagem mal calibrada pode gerar interpretações equivocadas ou enviesadas dos dados de desempenho,

comprometendo a utilidade formativa da ferramenta. Por isso, a integração entre especialistas técnicos e pedagógicos na construção dos parâmetros é essencial.

No contexto das obras, o uso de IA em treinamentos deve considerar também os desafios logísticos e operacionais do ambiente. Sistemas que demandam infraestrutura robusta, conexão constante ou dispositivos sensíveis podem apresentar limitações quando aplicados em canteiros sujeitos a condições adversas. Yeung, Martinez e Sharoni (2022) argumentam que soluções baseadas em digital twins e simulações devem ser adaptadas à escala e à disponibilidade de recursos da obra para garantir sua eficácia formativa.

Bang, Olsson e Candidate (2022) reforçam que, para que a IA aplicada ao treinamento seja efetiva, é necessário integrá-la a uma estratégia educacional mais ampla, que combine simulações, feedbacks e avaliações situacionais com o acompanhamento humano. A tecnologia, nesse caso, não substitui o instrutor, mas amplia sua capacidade de diagnóstico e intervenção pedagógica, ao fornecer dados precisos e contextualizados sobre o processo de aprendizagem em curso.

As plataformas baseadas em inteligência artificial, quando aplicadas com critérios pedagógicos bem definidos e adequação técnica ao contexto, têm potencial para contribuir de forma efetiva com a profissionalização da formação na construção civil. Attia (2025) defende que tais ferramentas devem ser vistas como aliadas na criação de ambientes de aprendizagem mais adaptáveis, seguros e coerentes com as demandas do setor. Ao viabilizar o monitoramento contínuo e a avaliação personalizada, a IA aproxima o processo de capacitação das condições reais de trabalho, respeitando os fundamentos da aprendizagem significativa e a diversidade dos perfis profissionais envolvidos.

4.3 Monitoramento e Personalização de Treinamentos com IA

A incorporação de ferramentas baseadas em inteligência artificial nos treinamentos da construção civil tem ampliado as possibilidades de acompanhamento individualizado do processo de aprendizagem. Por meio de sensores, câmeras e interfaces digitais, torna-se viável captar em tempo real os dados relativos à execução de tarefas, à sequência de comandos realizados e às escolhas tomadas pelo trabalhador durante o treinamento. Islam et al. (2024) destacam que essa coleta de dados pode ser automatizada, reduzindo a subjetividade das avaliações e oferecendo subsídios concretos para intervenções formativas mais precisas.

A análise desses dados vai além da simples verificação de acertos e erros. Sistemas baseados em IA são capazes de identificar padrões de hesitação, caminhos repetidos,

interrupções de fluxo e divergências em relação ao procedimento esperado. Isso permite compreender o desempenho do trabalhador como um processo contínuo e dinâmico, e não como um resultado isolado. Navaie, Asino e Panwar (2025) argumentam que, quando bem parametrizada, essa análise gera mapas de desempenho altamente detalhados, úteis tanto para o instrutor quanto para o próprio aprendiz.

A personalização do processo formativo ocorre justamente a partir dessa análise individualizada. Quando o sistema reconhece que determinado profissional apresenta dificuldades específicas, pode redirecionar os conteúdos, alterar o nível de complexidade das tarefas ou propor atividades complementares de reforço. Lähtdesmäki, Väisänen e Hyytinen (2025) observam que esse tipo de personalização torna o aprendizado mais significativo, pois respeita o ritmo e as necessidades de cada indivíduo, promovendo maior engajamento com o processo.

Os mecanismos de monitoramento utilizados em ambientes de aprendizagem mediados por IA podem ser adaptados ao contexto da construção civil com base em critérios operacionais. Por exemplo, sensores de movimento e pressão podem registrar a forma de manuseio de ferramentas, a postura corporal ou o tempo gasto em cada etapa da tarefa. Imran, Shakir e Qureshi (2022) apontam que, quando bem configurados, esses dados permitem não apenas avaliar o desempenho técnico, mas também identificar riscos à segurança durante o treinamento, antes que se reproduzam em campo.

Sistemas que integram inteligência artificial à lógica do design instrucional possibilitam não apenas a coleta de dados, mas a construção de ambientes formativos ajustáveis. Navaie, Asino e Panwar (2025) destacam que os modelos de instrução baseados em IA são dinâmicos: aprendem com os dados gerados pelos usuários e modificam automaticamente os trajetos de aprendizagem. Esse processo resulta em roteiros pedagógicos que se adaptam ao comportamento de quem aprende, ampliando a efetividade do treinamento.

A utilização de registros em tempo real permite também que o feedback não fique restrito ao final do processo. Sistemas inteligentes podem oferecer devolutivas durante a própria execução da atividade, alertando sobre desvios, sugerindo correções e orientando escolhas mais adequadas. Gudibandi (2025) afirma que o uso de sistemas automatizados para feedback contribui para a redução de falhas, aumento da eficiência e fortalecimento da autoconfiança dos trabalhadores em formação.

O feedback imediato viabilizado por plataformas inteligentes não substitui a orientação do instrutor, mas atua como extensão do processo formativo, ampliando a capacidade de acompanhamento contínuo. Lähtdesmäki, Väisänen e Hyytinen (2025) indicam que essa

integração entre tecnologia e mediação humana favorece a construção de uma aprendizagem mais autônoma, na qual o profissional em formação participa ativamente do próprio processo de aperfeiçoamento.

Entre os dados captados durante o treinamento, estão aqueles relacionados ao tempo de resposta, à escolha de ferramentas, ao percurso realizado, à sequência lógica das ações e à frequência de erros. A consolidação dessas informações permite traçar perfis de aprendizagem e prever com maior segurança os pontos de atenção para cada trabalhador. Islam et al. (2024) destacam que esse tipo de abordagem possibilita intervenções pedagógicas antecipadas, evitando que as dificuldades se consolidem como falhas no ambiente real de trabalho.

A retroalimentação automatizada baseada nesses dados permite que o próprio sistema se ajuste ao longo do tempo. Em outras palavras, os algoritmos de IA aprendem com os comportamentos dos usuários e passam a oferecer feedbacks mais específicos e eficazes a cada novo ciclo de treinamento. Imran, Shakir e Qureshi (2022) observam que esse processo de refinamento contínuo é um dos diferenciais das plataformas baseadas em inteligência artificial, especialmente em contextos que exigem respostas rápidas e contextualizadas.

A personalização do conteúdo pode ser feita de modo responsivo, com base no desempenho observado em tempo real. Um trabalhador que apresenta bom domínio de determinada tarefa pode ser direcionado a desafios mais complexos, enquanto outro com dificuldades pode permanecer em um nível anterior, com reforço de conteúdo e apoio adicional. Atoubi e Jahidi (2024) relatam que essa lógica foi bem recebida em programas de qualificação executiva, indicando potencial para replicação em treinamentos técnicos operacionais.

A construção de trilhas formativas adaptativas depende da definição clara de parâmetros de avaliação. Os sistemas precisam reconhecer o que constitui um bom desempenho, o que caracteriza erro e quais desvios são aceitáveis em cada contexto. Navaie, Asino e Panwar (2025) destacam que essa calibragem é fundamental para que os feedbacks gerados sejam coerentes com os objetivos da capacitação e respeitem a complexidade da atividade profissional.

Plataformas inteligentes podem ser programadas para emitir relatórios personalizados ao final de cada sessão de treinamento, contendo análises de desempenho, recomendações de melhoria e sugestões de atividades complementares. Esses relatórios servem como instrumento de diálogo entre o instrutor e o trabalhador, orientando as próximas etapas da formação. Atoubi e Jahidi (2024) sugerem que a disponibilização de dados em linguagem acessível potencializa o engajamento dos trabalhadores com seu próprio processo de aprendizagem.

Outro ponto relevante é o acompanhamento longitudinal do progresso do trabalhador. Sistemas baseados em IA armazenam o histórico de desempenho e permitem visualizar a

evolução do profissional ao longo do tempo, oferecendo ao gestor e ao instrutor uma base sólida para tomada de decisões pedagógicas. Gudibandi (2025) argumenta que essa visão ampliada do processo formativo favorece a consolidação de práticas de desenvolvimento contínuo no setor da construção.

A análise contínua dos dados também permite ajustes nos próprios conteúdos e estratégias de treinamento. Caso muitos trabalhadores apresentem dificuldade em determinada etapa, o sistema pode sinalizar a necessidade de reformulação do material, reorganização da sequência ou maior ênfase em pontos críticos. Lähtdesmäki, Väisänen e Hyytinen (2025) apontam que esse ciclo de retroalimentação contribui para aprimorar não apenas o desempenho individual, mas também a qualidade geral da proposta formativa.

Em ambientes produtivos, a IA pode ser configurada para oferecer alertas de atenção aos supervisores, com base no desempenho dos trabalhadores durante os treinamentos. Esses alertas indicam quais profissionais estão prontos para assumir novas responsabilidades e quais ainda precisam de acompanhamento mais próximo. Imran, Shakir e Qureshi (2022) ressaltam que esse tipo de integração entre o sistema de treinamento e a gestão operacional favorece a alocação mais eficiente da força de trabalho.

O potencial de recomendação das plataformas baseadas em IA também se estende a conteúdos adicionais. Com base nos padrões de erro e de acerto, o sistema pode sugerir vídeos, textos, simulações ou exercícios que abordem justamente os pontos onde o trabalhador apresentou fragilidades. Islam et al. (2024) enfatizam que essa lógica de aprendizagem direcionada contribui para uma formação mais centrada nas necessidades reais de cada indivíduo.

A integração dos mecanismos de feedback com elementos de gamificação e progressão por níveis também tem se mostrado eficaz na construção do engajamento. Ao perceberem que suas ações geram respostas imediatas do sistema, os trabalhadores tendem a se envolver mais com o processo, o que amplia a retenção do conhecimento. Navaie, Asino e Panwar (2025) argumentam que, quando bem equilibrados, esses elementos fortalecem a motivação e favorecem a persistência mesmo em treinamentos mais exigentes.

A construção de ambientes formativos que combinam monitoramento em tempo real e personalização do conteúdo exige atenção ética quanto ao uso dos dados. Lähtdesmäki, Väisänen e Hyytinen (2025) alertam para a importância de garantir a transparência dos critérios avaliativos e o respeito à privacidade dos trabalhadores, evitando que os dados de desempenho sejam utilizados para controle punitivo em vez de desenvolvimento profissional.

A utilização da inteligência artificial como apoio ao acompanhamento formativo insere-

se em uma política mais ampla de valorização do trabalhador. Atoubi e Jahidi (2024) indicam que a aceitação desses sistemas tende a ser maior quando os profissionais percebem que tais mecanismos atuam no fortalecimento da autonomia e das competências, e não apenas no controle ou fiscalização. Essa compreensão favorece a construção de uma cultura de formação continuada no setor da construção civil.

4.4 Redução de Falhas e Segurança Operacional com IA

A prevenção de falhas operacionais em obras depende cada vez mais de mecanismos capazes de antecipar desvios durante a execução das atividades. Nesse contexto, a análise contínua de dados coletados em campo tem se mostrado eficaz para identificar inconformidades técnicas antes que elas gerem consequências estruturais ou riscos à segurança. Liu et al. (2021) demonstram que modelos digitais aplicados ao monitoramento de estruturas permitem diagnósticos em tempo real, fortalecendo a adoção de medidas corretivas com base em evidências concretas.

Ao permitir o rastreamento contínuo das ações dos trabalhadores, a inteligência artificial atua como uma ferramenta de suporte à prevenção de erros ainda na fase de treinamento e qualificação. Sistemas que cruzam dados de execução com parâmetros operacionais estabelecidos conseguem identificar sinais de inadequação técnica antes que eles resultem em falhas concretas. Oyetunji et al. (2024) apontam que estruturas inteligentes de compliance baseadas em IA têm contribuído para a antecipação de riscos operacionais, reforçando práticas de segurança e gestão de qualidade.

A análise de imagens e vídeos gerados durante a realização de tarefas operacionais tem sido uma das estratégias mais empregadas para identificação automatizada de inconformidades. Câmeras acopladas a sistemas inteligentes detectam gestos, movimentos incorretos ou ausências de equipamentos de proteção individual, acionando alertas imediatos. Chen (2025) defende que o uso de tecnologias com capacidade preditiva promove uma abordagem proativa na gestão de acidentes, reduzindo a incidência de situações de risco no canteiro.

Além da detecção de falhas, a inteligência artificial também contribui para a construção de bancos de dados que alimentam modelos preditivos de comportamento. Esses modelos são capazes de relacionar variáveis aparentemente desconectadas, como o ritmo de execução, a sequência de atividades e a interação com o ambiente, produzindo análises de risco baseadas em evidências. Shults et al. (2023) mostram como o uso de algoritmos de aprendizado em projetos de infraestrutura urbana ajudou a identificar deslocamentos estruturais associados a

falhas na supervisão, evidenciando o valor do cruzamento de informações em tempo real.

A utilização de digital twins tem ampliado ainda mais a capacidade de antecipação de falhas, ao permitir simulações com alto grau de fidelidade entre os modelos digitais e o ambiente físico da obra. Liu et al. (2021) ressaltam que essas simulações oferecem aos gestores a oportunidade de visualizar diferentes cenários de risco, testar respostas operacionais e tomar decisões com base em dados dinâmicos e atualizados. No campo do treinamento, esse recurso favorece a formação de profissionais mais preparados para atuar diante de variáveis críticas.

Os drones, quando integrados a plataformas de IA, também desempenham papel importante na detecção de falhas e inconformidades em locais de difícil acesso. A coleta autônoma de imagens aéreas permite ampliar a área de cobertura das inspeções, ao mesmo tempo em que reduz a exposição de trabalhadores a situações perigosas. Gracioso et al. (2024) argumentam que essa tecnologia, ao ser aplicada de maneira sistemática, potencializa o controle de qualidade nas obras e contribui diretamente para a segurança coletiva no canteiro.

A sistematização dos dados coletados por sensores, drones e câmeras permite o desenvolvimento de painéis de controle que indicam em tempo real os pontos críticos de uma obra. Esses painéis fornecem informações objetivas que orientam tanto o planejamento das atividades quanto a resposta imediata a situações adversas. Han et al. (2023) destacam que a automação desse processo torna a tomada de decisão mais ágil e embasada, o que repercute na redução de atrasos, acidentes e paralisações.

No que se refere ao comportamento dos trabalhadores, a IA também tem sido utilizada para mapear padrões de execução que se associam à ocorrência de erros operacionais. Algoritmos treinados com base em dados históricos são capazes de reconhecer, por exemplo, posturas inadequadas, uso incorreto de ferramentas ou omissão de etapas em procedimentos de risco. Oyetunji et al. (2024) demonstram que a análise preditiva com foco em condutas inseguras contribui para fortalecer a cultura de segurança, sem recorrer exclusivamente à fiscalização punitiva.

A explicabilidade dos sistemas de IA é outro elemento relevante na construção de ambientes mais seguros. Zhalilov e Toktorbaev (2024) defendem que, além de apresentar resultados, as plataformas devem permitir compreender como chegaram a determinada conclusão. Essa transparência aumenta a confiança dos gestores nas recomendações geradas pelos sistemas e facilita a adesão das equipes às correções propostas, fortalecendo a legitimidade dos alertas automatizados.

A IA também tem se mostrado útil na integração entre diferentes etapas do processo construtivo, reduzindo a fragmentação de informações que frequentemente contribui para falhas

operacionais. Sistemas que conectam o planejamento digital ao campo de execução permitem detectar incoerências antes que se concretizem, assegurando maior coerência entre projeto, execução e controle. Chen (2025) indica que essa sincronia favorece a antecipação de erros de alinhamento, incompatibilidades de componentes e falhas de comunicação.

Do ponto de vista da segurança no trabalho, o uso de IA permite abordar o risco de forma contínua e contextualizada. Em vez de avaliações pontuais, realizadas em momentos isolados, os sistemas inteligentes realizam uma leitura permanente do ambiente, sinalizando alterações que possam comprometer a integridade física dos trabalhadores. Han et al. (2023) ressaltam que esse tipo de vigilância técnica amplia a capacidade de resposta a situações emergenciais, preservando vidas e reduzindo perdas materiais.

A implantação de sistemas inteligentes também favorece o desenvolvimento de planos de contingência mais precisos. Ao simular situações críticas, os algoritmos permitem avaliar a eficácia das respostas previstas e aprimorar os protocolos operacionais. Liu et al. (2021) apontam que esse processo de simulação e validação contínua fortalece a gestão de riscos e contribui para a construção de ambientes de trabalho mais resilientes e organizados.

Outra possibilidade proporcionada pelo uso de sistemas inteligentes é o acionamento automático de respostas diante da identificação de falhas ou situações de risco. As plataformas podem ser programadas para interromper operações, enviar alertas ao gestor responsável ou ativar protocolos de emergência sempre que determinado parâmetro operacional for ultrapassado. Oyetunji et al. (2024) ressaltam que essa forma de reatividade automatizada reduz o tempo entre a identificação do problema e a adoção de medidas corretivas, contribuindo para mitigar eventuais danos.

A integração da IA com dispositivos vestíveis, como capacetes e coletes inteligentes, também tem contribuído para a segurança em campo. Esses equipamentos monitoram variáveis fisiológicas e ambientais, como temperatura, frequência cardíaca e exposição a substâncias nocivas, emitindo alertas quando os limites são superados. Gracioso et al. (2024) evidenciam que essa tecnologia amplia o cuidado com a saúde do trabalhador e permite respostas antecipadas a riscos físicos e ocupacionais.

No que diz respeito à formação de trabalhadores, os dados gerados por sistemas inteligentes podem ser utilizados como base para a construção de programas de capacitação focados na prevenção de falhas. Shults et al. (2023) sugerem que a análise retrospectiva de ocorrências registradas em campo fornece insumos valiosos para a elaboração de conteúdos formativos mais contextualizados e aplicáveis à realidade dos canteiros.

A inteligência artificial também facilita o monitoramento de conformidade com as

normas de segurança. Sistemas automatizados podem verificar, em tempo real, se os procedimentos adotados estão em consonância com os protocolos estabelecidos, reduzindo a dependência de inspeções manuais. Chen (2025) observa que essa automatização melhora a rastreabilidade das ações e reforça a cultura de responsabilidade compartilhada no ambiente de trabalho.

Além da prevenção, a IA tem sido utilizada como ferramenta de investigação após incidentes. A reconstituição automática de eventos por meio de registros de sensores e vídeos permite identificar causas com mais precisão, contribuindo para evitar a repetição dos mesmos erros. Han et al. (2023) afirmam que essa capacidade de reconstrução técnica complementa os relatórios convencionais e fortalece a aprendizagem organizacional.

O cruzamento entre dados de desempenho, indicadores de risco e registros de acidentes permite construir mapas de vulnerabilidade que orientam ações preventivas em escala organizacional. Zhalilov e Toktorbaev (2024) destacam que a robustez desses sistemas está associada à sua capacidade de aprender com o histórico e de propor ajustes que se antecipam aos padrões recorrentes de falha ou exposição.

Com o avanço das tecnologias digitais, torna-se possível associar a inteligência artificial não apenas à resposta a riscos, mas também à promoção ativa da segurança. Gracioso et al. (2024) ressaltam que a difusão de tecnologias inteligentes no canteiro promove um deslocamento na cultura de segurança, que passa a ser entendida como responsabilidade coletiva, mediada por dados e decisões baseadas em evidências.

Ao viabilizar o acompanhamento preciso de atividades operacionais e a antecipação de situações críticas, a inteligência artificial transforma-se em aliada estratégica na promoção de ambientes de trabalho mais seguros e organizados. O monitoramento constante, aliado à capacidade de análise em tempo real, fortalece as práticas de prevenção e contribui para consolidar a segurança como parte indissociável do processo produtivo no setor da construção.

4.5 Implementações e Casos Práticos na Construção Civil

A implementação de plataformas baseadas em inteligência artificial no contexto da construção civil demanda soluções que combinem robustez tecnológica com viabilidade prática. Modelos simplificados, quando bem estruturados, possibilitam a adaptação dessas ferramentas à realidade dos canteiros, levando em conta as limitações operacionais, orçamentárias e de conectividade presentes em muitas obras. Fernandes e Costa (2021) destacam que a digitalização no setor está condicionada à adoção de estratégias tecnicamente viáveis e

compatíveis com a dinâmica do trabalho em campo, sobretudo nos processos formativos.

Entre os elementos que compõem modelos simplificados de aplicação está o uso de sensores e câmeras de baixo custo integrados a algoritmos básicos de reconhecimento de padrões. Esses dispositivos podem ser acoplados a equipamentos já utilizados em treinamentos, como bancadas de ensaio, andaimes e painéis simuladores, permitindo captar dados sobre postura, movimentação e tempo de resposta dos trabalhadores. Gill, Cardone e Amelio (2024) observam que, mesmo com recursos tecnológicos modestos, é possível obter ganhos relevantes em precisão avaliativa e retroalimentação pedagógica.

Outro componente aplicável em modelos iniciais é o uso de plataformas com funcionalidades modulares, nas quais o acompanhamento do desempenho, o feedback e a recomendação de conteúdos ocorrem de forma integrada, mas não necessariamente simultânea. Essa modularidade permite que empresas com menos estrutura possam adotar a tecnologia de forma gradual. Morfovasilis, Morfovasilis e Kourniatis (2025) argumentam que a flexibilidade operacional é um fator crítico para a difusão da IA em setores com grande variabilidade de condições logísticas.

A integração com ferramentas já conhecidas pelos profissionais da construção também facilita a implementação. A utilização de sistemas baseados em BIM, por exemplo, pode ser ampliada para incluir módulos de acompanhamento formativo, nos quais as interações do trabalhador com o ambiente virtual são monitoradas por algoritmos de análise de desempenho. Soares et al. (2024) apontam que a familiaridade com o ambiente digital do BIM favorece a transição para modelos de treinamento mais imersivos e baseados em dados.

Em propostas de aplicação inicial, é recomendável que os algoritmos utilizados sejam treinados com dados extraídos do próprio ambiente da obra ou do centro de treinamento em questão. Essa adaptação contextual garante que os parâmetros de avaliação correspondam às práticas específicas do local. Dunn (2025) defende que o uso de IA genérica tende a produzir ruídos interpretativos, e que os melhores resultados ocorrem quando os sistemas são calibrados de forma localizada e iterativa.

Para ambientes com infraestrutura limitada, a adoção de plataformas baseadas na nuvem, com processamento remoto de dados e interface simplificada, tem se mostrado eficaz. Esses sistemas permitem o armazenamento e a análise de grandes volumes de informação sem sobrecarregar os dispositivos locais. Mohammad et al. (2024) descrevem o uso de gêmeos digitais em contextos educacionais, com simulações remotas que mantêm o dinamismo do aprendizado mesmo em ambientes fisicamente restritos.

Alguns modelos simplificados também preveem a atuação combinada de IA e realidade

aumentada, com projeções visuais de instruções e correções durante a execução de tarefas. Esse recurso reduz a necessidade de supervisão constante e fortalece o aprendizado por repetição assistida. Soares et al. (2024) apontam que a combinação entre visualidade, contexto e resposta imediata gera um ambiente propício à aquisição de habilidades técnicas com maior segurança.

Na prática, diversas empresas têm experimentado a adoção dessas tecnologias com finalidades variadas. O estudo conduzido por Wang (2023) apresenta um canteiro inteligente em que sensores instalados em áreas estratégicas monitoram a movimentação de equipes, a utilização de EPIs e a proximidade com zonas de risco. O sistema, ao identificar comportamentos desviantes, emite alertas sonoros e visuais, promovendo ações corretivas imediatas e reforçando protocolos de segurança.

Em outra experiência analisada por Dunn (2025), uma construtora europeia adotou um sistema de IA integrado à sua plataforma de gestão de pessoas. Durante os treinamentos técnicos, o sistema avaliava a execução de tarefas práticas por meio de sensores vestíveis e, ao final da sessão, emitia um relatório individual com pontuação de desempenho e recomendações personalizadas. Essa devolutiva era utilizada em reuniões de feedback, contribuindo para o planejamento das próximas etapas formativas.

O uso de IA também tem se mostrado promissor na análise da qualidade do processo de aprendizagem. Fernandes e Costa (2021) analisam o caso de um programa de capacitação que integrava indicadores de aprendizagem aos de produção, permitindo observar correlações entre desempenho em treinamentos e resultados no canteiro. Essa abordagem fortaleceu a argumentação a favor do investimento contínuo em qualificação, ao demonstrar impactos diretos na redução de retrabalho e no aumento da produtividade.

Adebayo et al. (2025) relatam, em sua revisão estruturada, múltiplas iniciativas voltadas à implementação de IA em diferentes fases do ciclo construtivo, incluindo programas de formação interna. Os autores destacam que, nas experiências analisadas, a formação baseada em dados resultou em melhorias na padronização de procedimentos e maior autonomia das equipes operacionais, especialmente quando combinada com práticas de supervisão colaborativa.

Casos como o descrito por Gill, Cardone e Amelio (2024) envolvem ainda o uso de IA para rastrear a curva de aprendizagem dos profissionais. Um sistema de monitoramento foi utilizado para acompanhar o tempo de adaptação dos trabalhadores recém-integrados à obra, fornecendo dados à equipe de RH para readequar o ritmo de integração e o conteúdo das capacitações. O estudo concluiu que o uso inteligente dos dados reduziu o índice de rotatividade e melhorou a percepção de valorização por parte dos trabalhadores.

Iniciativas mais avançadas têm explorado o uso de inteligência artificial em programas de educação corporativa que integram áreas técnicas e administrativas. Mohammad et al. (2024) descreveram um modelo de formação voltado à integração entre indústria e educação, no qual gêmeos digitais foram utilizados para simular a rotina operacional de diferentes setores. A IA acompanhava o desempenho dos participantes em tempo real e ajustava a dificuldade das tarefas de acordo com o progresso individual.

A experiência relatada por Glinka (2024) oferece uma perspectiva complementar, ao demonstrar como dados de sensoriamento remoto via satélite foram utilizados, em conjunto com o BIM, para monitorar o progresso da obra e a aderência aos planos de execução. Ainda que não se trate diretamente de treinamento, o caso evidencia o potencial de integração entre diferentes fontes de dados e a capacidade da IA de gerar recomendações úteis à tomada de decisão, inclusive no planejamento formativo.

No campo da arquitetura, Morfovasilis, Morfovasilis e Kourniatis (2025) relatam casos de escritórios que passaram a utilizar IA para treinar estagiários por meio de simulações guiadas, baseadas em modelos anteriores de projeto. O sistema reconhecia padrões de erro e interrompia o processo para sugerir correções. Apesar das diferenças entre arquitetura e construção em campo, os autores apontam que os princípios de personalização e feedback imediato são replicáveis em treinamentos operacionais.

Outro exemplo relevante é o de uma empreiteira que, segundo Soares et al. (2024), adotou realidade aumentada com IA para treinar operários na instalação de sistemas hidráulicos. O trabalhador visualizava o encanamento correto por meio de um visor e, ao realizar o procedimento, recebia alertas de precisão ou desvio. Os resultados indicaram redução nos erros de instalação e maior autonomia entre os participantes nas obras seguintes.

Wang (2023) também destaca um estudo de caso no qual a plataforma de IA era utilizada como ferramenta de auditoria do treinamento. Além de acompanhar o desempenho técnico, o sistema avaliava o tempo de resposta aos desafios propostos e a capacidade de adaptação a imprevistos simulados. Os dados coletados alimentavam painéis acessíveis ao setor de engenharia, que os utilizava para ajustar o cronograma da obra e a designação de equipes.

Os casos analisados reforçam que, embora as aplicações variem, o sucesso da implementação depende de uma articulação coerente entre objetivos pedagógicos, infraestrutura disponível e cultura organizacional. Dunn (2025) enfatiza que a tecnologia, por si só, não garante transformação, sendo necessário um planejamento que considere as particularidades de cada contexto, incluindo a formação dos instrutores e a adaptação das equipes à lógica dos dados.

A literatura consultada evidencia que os modelos mais bem-sucedidos de uso de IA em treinamentos na construção civil são aqueles que conseguem equilibrar simplicidade técnica com robustez funcional. Adebayo et al. (2025) indicam que o futuro das plataformas inteligentes no setor está vinculado à sua capacidade de gerar valor perceptível para os trabalhadores, promover ciclos contínuos de aprendizagem e contribuir para uma cultura de qualificação estruturada.

5 METODOLOGIA

Este trabalho adotou a metodologia de revisão bibliográfica como estratégia principal de investigação, conforme orientações propostas por Gil (2019), que define essa modalidade como o exame sistemático da produção científica já existente sobre um determinado tema, com o objetivo de compreender, aprofundar e analisar as contribuições teóricas acumuladas. Essa abordagem permite identificar tendências, lacunas, potencialidades e aplicações concretas do uso da inteligência artificial no setor da construção civil, com ênfase em processos de monitoramento, capacitação e gestão de riscos. Do ponto de vista do delineamento, a revisão foi conduzida com caráter integrativo e analítico, reunindo estudos empíricos e revisões estruturadas para sustentar uma síntese temática voltada às práticas de treinamento e avaliação de desempenho em obras. Além do levantamento de referências, a pesquisa orientou-se pela construção de um estado da arte sobre o tema, compreendido como um mapeamento crítico da produção acadêmica mais representativa, capaz de evidenciar a estruturação desse debate, seus enfoques predominantes, as lacunas ainda presentes e seu deslocamento de uma perspectiva mais ampla para contextos mais específicos.

A opção por uma abordagem ancorada no estado da arte justifica-se porque, em pesquisas de base bibliográfica, a robustez da análise depende da seleção criteriosa das fontes e da capacidade de interpretar o movimento do conhecimento já produzido. Nesse sentido, o estado da arte confere densidade à revisão ao permitir visualizar o percurso teórico do tema, os avanços metodológicos, os campos de aplicação e as limitações ainda presentes na literatura. Desse modo, a pesquisa assumiu um caráter interpretativo, voltado à compreensão de como a inteligência artificial vem sendo debatida no campo da construção civil, especialmente em sua relação com a formação profissional, a redução de falhas e a segurança operacional.

A escolha pela revisão bibliográfica justifica-se pela necessidade de reunir estudos atualizados, com recorte temporal recente (2021 a 2025), considerando o dinamismo que caracteriza a incorporação de tecnologias emergentes nas práticas construtivas. Foram utilizados como critérios de seleção a relevância do periódico, o alinhamento dos objetivos dos artigos com a proposta do trabalho e a apresentação de resultados empíricos ou revisões sistemáticas que possibilitassem análise crítica dos dados. Além do recorte temporal, definiu-se previamente a questão de pesquisa que orientou a busca e a triagem dos materiais, de modo a garantir coerência entre a pergunta, os objetivos e a seleção do corpus teórico. Assim, a revisão foi guiada pela seguinte questão norteadora: Como as plataformas de inteligência artificial têm sido utilizadas para monitorar e avaliar o desempenho de trabalhadores durante treinamentos

na construção civil, e quais contribuições são descritas para segurança, redução de falhas e qualificação profissional?

A definição do corpus bibliográfico foi orientada por um percurso temático progressivo, iniciando-se em estudos de abordagem mais ampla sobre inteligência artificial e transformação digital na construção civil, e avançando para produções centradas em treinamento, avaliação de desempenho, prevenção de falhas e segurança no ambiente de obra. Essa organização favoreceu a compreensão do tema em diferentes escalas analíticas, da produção internacional ao contexto brasileiro, considerando, quando pertinente, elementos relacionados ao cenário tocantinense e palmense.

O levantamento das fontes foi realizado por meio de consultas a bases de dados acadêmicas consolidadas, como Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar e DOAJ. Os descritores utilizados incluíram combinações entre termos como “inteligência artificial”, “construção civil”, “BIM”, “gêmeos digitais”, “monitoramento de obras”, “gestão de riscos” e “formação profissional”, tanto em português quanto em inglês, a fim de ampliar a abrangência e a profundidade da busca. As buscas ocorreram no segundo semestre de 2025, com registros organizados em planilha para assegurar rastreabilidade da estratégia de busca, resultados por base e etapas de refinamento. Para ampliar a cobertura, os descritores foram combinados por operadores booleanos, formando cadeias de busca ajustadas a cada base. Entre as combinações adotadas, destacam-se: (i) “inteligência artificial” AND “construção civil” AND treinamento; (ii) “artificial intelligence” AND construction AND training; (iii) “computer vision” AND construction AND safety AND training; (iv) “digital twin” AND construction AND training; (v) BIM AND “artificial intelligence” AND “workforce training”; (vi) “performance monitoring” AND construction AND workers AND AI. Termos correlatos também foram empregados para capturar variações terminológicas: “aprendizado de máquina”, “machine learning”, “reconhecimento de padrões”, “sensores”, “IoT”, “wearables”, “visão computacional”, “monitoramento em tempo real”, “feedback inteligente” e “risk management”. A seleção dos descritores também considerou diferentes escalas de abordagem, partindo de expressões mais amplas relacionadas à transformação digital da construção civil e avançando para termos mais específicos ligados ao monitoramento de treinamentos, desempenho de trabalhadores e segurança em obra.

Após a busca inicial, foram aplicados filtros e critérios operacionais para qualificação do material, de modo semelhante ao que se observa em revisões estruturadas. Os critérios de inclusão adotados foram: (a) artigos revisados por pares, publicações completas em periódicos e anais de eventos com comitê científico; (b) publicações no período de 2021 a 2025, mantendo-

se obras de base anteriores apenas quando indispensáveis para definição conceitual; (c) estudos em português e inglês, com acesso ao texto completo; (d) aderência explícita ao uso de IA associada a treinamento, capacitação, avaliação de desempenho, segurança, conformidade, monitoramento ou simulação aplicada ao contexto da construção civil; (e) estudos que descrevessem métodos, aplicações, indicadores de avaliação, arquiteturas tecnológicas ou resultados observáveis. Os critérios de exclusão foram: (a) duplicidades entre bases; (b) textos opinativos, editoriais, notas técnicas sem método descrito, apresentações sem resultados e materiais publicitários de fornecedores; (c) trabalhos que tratassem de IA na construção apenas para planejamento e orçamento, sem conexão com capacitação, desempenho humano ou segurança; (d) estudos de outras áreas industriais sem transposição clara para a construção civil; (e) publicações com descrição insuficiente de procedimento, impossibilitando análise crítica.

O processo de seleção dos estudos foi realizado em três etapas complementares. Na primeira etapa, realizou-se a leitura de títulos e resumos para verificação de aderência ao tema e aos objetivos do trabalho. Na segunda etapa, procedeu-se à leitura integral dos textos pré-selecionados, confirmando a pertinência e registrando o motivo de exclusão quando aplicável. Na terceira etapa, realizou-se verificação cruzada das referências dos estudos incluídos, com a finalidade de identificar publicações relevantes não capturadas na busca inicial, respeitando os mesmos critérios definidos. Essa sequência permitiu reduzir vieses de seleção e aumentar a consistência do corpus analisado. Esse procedimento contribuiu para consolidar a base analítica da revisão, ao permitir a identificação de recorrências temáticas, convergências conceituais e deslocamentos de foco entre diferentes contextos de publicação.

Para garantir uniformidade na análise, foi elaborado um instrumento de extração de dados em formato de matriz, preenchido para cada estudo selecionado. A matriz contemplou, no mínimo, os seguintes campos: autor e ano; país e contexto da aplicação; tipo de estudo; tecnologia de IA predominante, como aprendizado de máquina, visão computacional, modelos preditivos, assistentes inteligentes e gêmeos digitais; fonte de dados utilizada, como sensores, câmeras, drones, vestíveis e registros de plataforma; objeto do treinamento, como segurança, execução de tarefas, conformidade e produtividade; forma de monitoramento e avaliação; métricas e indicadores reportados; resultados e benefícios descritos; limitações e desafios apontados. Essa sistematização viabilizou comparações entre estudos e sustentou a construção da síntese interpretativa dos achados.

A organização das informações seguiu um roteiro temático, priorizando a coerência entre os tópicos analisados e a proposta central do trabalho. A discussão dos resultados foi elaborada de forma interpretativa, estabelecendo conexões entre os achados empíricos e as

possíveis implicações práticas para o setor, sem repetir o conteúdo previamente abordado no referencial teórico. O procedimento de análise foi estruturado por categorias analíticas alinhadas ao sumário do trabalho, permitindo integrar os resultados às seções do referencial teórico. Assim, os achados foram agrupados em eixos: (i) desafios de capacitação e lacunas avaliativas nos treinamentos; (ii) aplicações de IA em formação e avaliação de desempenho; (iii) estratégias de monitoramento e personalização de trilhas formativas; (iv) redução de falhas e fortalecimento de segurança operacional; (v) implementações, modelos e estudos de caso. Dentro de cada eixo, as evidências foram comparadas quanto à tecnologia empregada, ao tipo de dado captado, à forma de feedback e aos resultados relatados, buscando convergências, divergências e lacunas. Ao final, essa estrutura permitiu compreender o tema em movimento, desde a literatura internacional até suas inflexões no contexto brasileiro, reforçando a coerência entre a proposta metodológica e a natureza bibliográfica da pesquisa.

Como complemento descritivo, os estudos incluídos também foram organizados quanto ao ano de publicação, tipo de aplicação e foco principal, permitindo observar tendências de crescimento e concentração temática ao longo do período analisado. Esse tratamento não teve a pretensão de esgotar análises bibliométricas, mas atuou como recurso de apoio para caracterização do corpus e transparência do percurso metodológico.

Por se tratar de pesquisa baseada em fontes secundárias públicas, não houve coleta de dados com seres humanos, dispensando procedimentos de consentimento e aprovação ética aplicáveis a pesquisas de campo. Ainda assim, adotou-se rigor acadêmico quanto à rastreabilidade das fontes, fidelidade às ideias dos autores e organização da síntese, evitando generalizações não sustentadas pelos estudos revisados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No conjunto dos estudos analisados, observou-se que a inteligência artificial vem sendo incorporada à construção civil em frentes que envolvem monitoramento de atividades, previsão de falhas, apoio à segurança operacional e qualificação profissional. A literatura examinada indica que essas aplicações têm ampliado a capacidade de acompanhamento do desempenho em ambientes de obra, especialmente por meio de sistemas integrados a sensores, visão computacional, BIM, gêmeos digitais e plataformas de análise preditiva. Nesse contexto, a Tabela 1 apresenta uma síntese de estudos que dialogam de forma mais direta com os objetivos da pesquisa, servindo de base para a análise desenvolvida nesta seção.

Tabela 1 - Síntese de Estudos Relevantes sobre IA na Construção

Autor/Ano	Título	Objetivo do Estudo	Principais Resultados
Dunn (2025)	The impact of AI in the construction industry	Investigar efeitos do uso de IA na construção civil	Identificou ganhos em eficiência, previsibilidade e redução de falhas com adoção de IA
Wang (2023)	The role of artificial intelligence in construction management: a case study of smart worksite systems	Analisar uso de sistemas inteligentes em canteiros	Mostrou melhoria no controle operacional e na prevenção de incidentes
Oyetunji et al. (2024)	A smart AI framework for construction compliance, quality assurance, and risk management in housing projects	Propor um framework de IA para conformidade e gestão de risco em obras	Evidenciou redução de não conformidades e respostas mais rápidas a falhas
Attoubi; Jahidi (2024)	Adoption of AI in executive training using SEM	Examinar a adoção da IA em treinamentos gerenciais	Concluiu que a aceitação aumenta quando IA é percebida como suporte ao aprendizado
Abdelmoula et al. (2025)	The alliance of BIM and artificial intelligence	Revisar integração entre BIM e IA na construção	Apontou que a integração amplia previsão, controle digital e tomada de decisão
Fernandes; Costa (2021)	Indicadores de desempenho com foco na transformação digital	Relacionar indicadores de desempenho à digitalização da construção	Destacaram que IA permite avaliações mais consistentes e alinhadas à obra
Mohammad et al. (2024)	Digital twin simulation in industry-education integration	Aplicar gêmeos digitais em simulação educacional para construção	Demonstrou aproximação eficaz entre treinamento e realidade de obra
Gill; Cardone; Amelio (2024)	Revolutionizing the construction industry by AI approaches	Revisar abordagens de IA aplicadas ao setor	Apontou expansão do uso de IA em monitoramento, automação e diagnóstico
Imran; Shakir; Qureshi (2022)	Applications of AI in construction safety and productivity	Avaliar IA em segurança e produtividade no setor	Observou queda de acidentes e maior

			rendimento em obras com IA
Han et al. (2023)	UAVs in construction: monitoring and inspection	Estudar uso de drones com IA em inspeções	Constatou maior precisão de inspeções e redução da exposição humana a risco

Fonte: Brenda Mikaele Roma Martins (2025).

A adoção da inteligência artificial no setor da construção tem contribuído para avanços na previsibilidade de processos e no controle de falhas. Conforme demonstrado por Dunn (2025), os sistemas automatizados impactam diretamente a produtividade ao tornar as rotinas mais eficientes e menos suscetíveis a erros humanos, sobretudo em etapas críticas da execução.

No gerenciamento de canteiros, as tecnologias inteligentes estão promovendo mudanças substanciais na prevenção de incidentes e no controle operacional. Wang (2023) descreve como a integração entre sensores e algoritmos possibilita detectar falhas com mais agilidade, permitindo ajustes dinâmicos nas atividades e facilitando a supervisão remota dos processos.

O desenvolvimento de frameworks específicos para obras habitacionais tem revelado bons resultados em relação à conformidade técnica e à resposta a riscos. Oyetunji et al. (2024) relatam que, ao estruturar um modelo capaz de acionar alertas automáticos e protocolos de emergência, foi possível reduzir o tempo entre a identificação de falhas e a intervenção corretiva.

Em contextos de capacitação, a aceitação da IA se mostra mais alta quando os sistemas são concebidos como instrumentos de apoio à aprendizagem, e não como substitutos da mediação humana. Attoubi e Jahidi (2024) utilizaram modelagem estrutural para mostrar que a percepção de suporte ao desempenho influencia positivamente a adesão dos profissionais a esse tipo de tecnologia.

A integração entre BIM e IA tem viabilizado avanços expressivos no acompanhamento das etapas construtivas. Segundo Abdelmoula et al. (2025), essa associação permite simulações mais robustas, visualizações em tempo real e maior controle sobre as variáveis do projeto, reduzindo riscos e promovendo maior eficiência na execução.

Fernandes e Costa (2021), ao analisarem indicadores de desempenho em ambientes digitalizados, ressaltam que a IA favorece diagnósticos mais consistentes ao cruzar dados em tempo real. Essa capacidade analítica fortalece o monitoramento das metas produtivas e amplia a transparência dos processos perante os gestores da obra.

Nos processos formativos, a simulação por gêmeos digitais tem mostrado resultados relevantes. Mohammad et al. (2024) evidenciam que a construção de cenários baseados em dados reais aproxima a experiência educacional das condições de campo, favorecendo a

aprendizagem técnica e a tomada de decisão em ambientes simulados.

Além da fase de planejamento, a IA já alcança o monitoramento e a automação de tarefas em tempo de obra. Gill, Cardone e Amelio (2024) apontam que tecnologias como visão computacional e aprendizado de máquina têm sido utilizadas com sucesso no diagnóstico de falhas estruturais, na alocação de recursos e na geração de relatórios operacionais.

No campo da segurança, a IA tem sido empregada para rastrear comportamentos que antecedem acidentes. Com base nos estudos de Imran, Shakir e Qureshi (2022), é possível afirmar que os alertas preditivos emitidos por sistemas inteligentes reduziram significativamente a taxa de incidentes em ambientes com alto grau de risco.

A inspeção automatizada com uso de drones programados por algoritmos inteligentes trouxe ganhos tanto em precisão quanto em segurança. Conforme descrito por Han et al. (2023), a tecnologia permitiu vistorias em áreas de difícil acesso com menor exposição humana, assegurando relatórios mais detalhados e confiáveis.

No que diz respeito à validação de projetos, a IA tem se destacado na identificação precoce de inconsistências documentais. Dunn (2025) observa que sistemas inteligentes conseguem cruzar dados de diferentes disciplinas de projeto, antecipando conflitos e evitando retrabalhos custosos durante a execução.

A logística de canteiro também foi otimizada com plataformas baseadas em IA que monitoram, em tempo real, a movimentação de materiais. Wang (2023) destaca que os cruzamentos automáticos entre cronogramas e sensores de presença tornaram os fluxos mais previsíveis, reduzindo desperdícios e paralisações.

Além do monitoramento, as ferramentas inteligentes têm se mostrado úteis na classificação e priorização de falhas construtivas. O modelo proposto por Oyetunji et al. (2024) permitiu não apenas a detecção, mas também a categorização dos problemas, auxiliando na definição de respostas mais estratégicas.

Na formação de líderes e gestores, plataformas de IA adaptativas vêm proporcionando experiências personalizadas de aprendizagem. Attoubi e Jahidi (2024) demonstram que, ao adequar o ritmo e o conteúdo ao perfil do usuário, as tecnologias aumentam o engajamento e facilitam a internalização dos conteúdos abordados.

A gestão integrada de dados ganha força quando associada ao BIM, sobretudo em projetos complexos. Abdelmoula et al. (2025) apontam que a sobreposição de camadas informacionais e a geração de relatórios automatizados ampliam a capacidade de controle e facilitam o acompanhamento dos indicadores de desempenho.

Com o uso de IA, tornou-se possível adotar sistemas preditivos que antecipam desvios

na produtividade antes mesmo de seu impacto nas entregas. Fernandes e Costa (2021) observam que, ao identificar padrões de atraso com base em históricos de obra, as plataformas permitem uma intervenção mais ágil e preventiva.

Por fim, a aplicação de gêmeos digitais no contexto educacional fortaleceu o vínculo entre teoria e prática. A experiência descrita por Mohammad et al. (2024) confirma que o treinamento técnico se torna mais efetivo quando o aprendiz interage com ambientes digitais derivados de obras reais, o que resulta em maior preparo para desafios futuros.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção da inteligência artificial na construção civil passa a chamar atenção não apenas pelo avanço técnico que representa, mas também pelas mudanças que introduz na forma de organizar o trabalho, acompanhar atividades e estruturar processos de qualificação profissional mais compatíveis com a complexidade dos canteiros contemporâneos. Ao examinar esse movimento, este trabalho voltou-se à análise de plataformas baseadas em inteligência artificial no setor, com especial atenção às suas implicações nos processos de qualificação profissional, acompanhamento de tarefas e aprimoramento da gestão em ambientes de obra.

A partir de uma revisão bibliográfica criteriosa, foram selecionados estudos que abordam a aplicação da IA em diferentes contextos, oferecendo subsídios para refletir sobre os avanços tecnológicos e sua articulação com a prática cotidiana no setor. Nesse percurso, tornou-se possível perceber que o debate sobre essas plataformas ultrapassa a dimensão estritamente instrumental da tecnologia e alcança questões ligadas à segurança, à aprendizagem em serviço, ao controle de falhas e à reorganização das rotinas produtivas.

Os resultados evidenciaram que o uso da inteligência artificial está associado à maior precisão no controle de atividades, à redução de falhas operacionais e à reorganização das estratégias de formação dos trabalhadores. A literatura analisada também permitiu compreender que sistemas inteligentes ampliam as possibilidades de monitoramento de desempenho, personalização de treinamentos e antecipação de riscos operacionais, especialmente em contextos que demandam respostas rápidas e maior rastreabilidade das ações desenvolvidas em obra.

Verificou-se, ainda, que a aceitação dessas tecnologias tende a ser mais favorável quando são percebidas como aliadas do aprendizado e da autonomia profissional. Além disso, iniciativas que integram IA a ferramentas como o BIM, simulações educacionais e sensores em tempo real revelam um movimento crescente de reconfiguração dos métodos tradicionais de trabalho, aproximando os processos formativos das demandas reais do canteiro e favorecendo intervenções mais ajustadas às necessidades observadas em campo.

Ao mesmo tempo, a análise mostrou que a incorporação dessas plataformas não depende unicamente de sua sofisticação técnica. Sua efetividade também se relaciona à cultura organizacional das empresas, à infraestrutura disponível, ao preparo das equipes e à existência de objetivos formativos claramente definidos. Isso indica que a presença da IA no setor não deve ser compreendida como solução automática, mas como parte de um processo mais amplo de transformação, no qual tecnologia, gestão e formação profissional precisam ser articuladas

de forma coerente.

Entre as limitações do estudo, destaca-se a ausência de investigação empírica, o que restringe as análises ao campo teórico. A falta de entrevistas, observações diretas ou dados de campo impede uma aproximação mais concreta com a realidade das empresas e dos profissionais que já utilizam essas plataformas em suas rotinas. Tal limitação, contudo, não compromete a consistência da análise, pois o estudo permitiu organizar um panorama atualizado sobre o tema, identificar tendências recorrentes e reunir elementos que ajudam a compreender o lugar que a inteligência artificial vem ocupando nas discussões sobre segurança, produtividade e qualificação na construção civil.

Como sugestão para novos trabalhos, recomenda-se a realização de estudos de caso em obras que já empregam sistemas inteligentes, de modo a compreender as adaptações necessárias à rotina produtiva, os desafios enfrentados pelos gestores e a percepção dos trabalhadores envolvidos. Investigações com abordagem qualitativa, que explorem as mudanças nos processos de ensino-aprendizagem, bem como os efeitos sobre a organização do trabalho, também podem contribuir para enriquecer o debate sobre o papel da IA na construção civil contemporânea e ampliar a compreensão sobre suas possibilidades e limites em situações concretas de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELMOULA, E.; ZAMMEL, M.; ALLANI, N. The alliance of BIM and artificial intelligence: challenges for a reinvented future – the state of the art. **ICCAUA**, v. 8, n. 1, p. 147-160, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.38027/iccaua2025en0244>.

ADEBAYO, Y.; UDOH, P.; KAMUDYARIWA, X.; OSOBAJO, O. Artificial intelligence in construction project management: a structured literature review of its evolution in application and future trends. **Digital**, v. 5, n. 3, p. 26, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/digital5030026>.

AKYAZI, T.; GONZÁLEZ, I.; CELAYA, E.; OYARBIDE-ZUBILLAGA, A.; GOTI, A.; BÁYON, F. Skills needs of the civil engineering sector in the European Union countries: current situation and future trends. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, p. 7226, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10207226>.

AMUSAN, L.; AIGBAVBOA, C.; FAYOMI, O.; JAMES, O. Lean thinking and industrial 4.0 approach to achieving construction 4.0 for industrialization and technological development. **Buildings**, v. 10, n. 12, p. 221, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings10120221>.

ATTIA, A. The impact of integrating artificial intelligence and building information modeling (BIM) systems on the development of construction methodologies. **Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00193-2>.

ATTOUBI, E.; JAHIDI, R. Perspectives and experiences of education stakeholders: a quantitative study on the adoption of artificial intelligence in executive training using structural equation modeling. **Intelligent Information Management**, v. 16, n. 2, p. 104-120, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/iim.2024.162007>.

BANG, S.; OLSSON, N.; CANDIDATE, P. Artificial intelligence in construction projects: a systematic scoping review. **Journal of Engineering Project and Production Management**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.32738/jeppm-2022-0021>.

CARINA, A.; HASBI, H.; SUPRAPTININGSIH, L.; MEDITAMA, R. Protection of labor in realizing labor welfare in construction projects (JIPE Manyar Gresik construction project study). **Civilla Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan**, v. 7, n. 2, p. 107, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30736/cvl.v7i2.840>.

CHEN, X. Research on a preventative management system for construction accidents based on technological empowerment. **Applied and Computational Engineering**, v. 156, n. 1, p. 121-126, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.mh25409>.

CHEN, W.; YANG, Z.; YAN, H.; ZHAO, Y. Promoting construction labor professionalization: an evolutionary game perspective. **Sustainability**, v. 15, n. 12, p. 9688, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su15129688>.

DABOK, M.; GANAH, A.; JOHN, G. The impact of the technicians' skills gap on the Nigerian

construction industry: an investigative study. **JEP**, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7176/jep/13-11-12>.

DUNN, N. The impact of AI in the construction industry. **OSF Preprints**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.14293/p2199-8442.1.sop-.pehzko.v1>.

FARAH, H. The influence of cultural perceptions on the adoption of artificial intelligence (AI) in the construction industry. **AMLA**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.64220/amla.v1i1.001..>

FERNANDES, L.; COSTA, D. Indicadores de desempenho com foco na transformação digital promovida pela construção 4.0. **SIBRAGEC**, v. 12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.46421/sibragec.v12i00.469>.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GILL, E.; CARDONE, D.; AMELIO, A. Revolutionizing the construction industry by cutting edge artificial intelligence approaches: a review. **Frontiers in Artificial Intelligence**, v. 7, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1474932>.

GLINKA, S. SAT4BIM4D — The concept of using satellite remote sensing to monitor construction progress in conjunction with BIM. **Reports on Geodesy and Geoinformatics**, v. 118, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/rgg-2024-0023>.

GRACIOSO, R.; LIMA, M.; GUIMARÃES, C.; OLIVEIRA, R. A revolução dos drones na construção civil: potencializando a segurança em inspeções de obra. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 3, n. 3, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.61164/rmm.v3i3.2204>.

GOMEZ-CABRERA, A.; ESCAMILLA-AMBROSIO, P. Review of machine-learning techniques applied to structural health monitoring systems for building and bridge structures. **Applied Sciences**, v. 12, n. 21, p. 10754, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app122110754..>

GUDIBANDI, S. AI in construction project management: enhancing efficiency and reducing costs. **International Journal of Scientific Research in Computer Science Engineering and Information Technology**, v. 11, n. 1, p. 2418-2427, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.32628/cseit251112259>.

GUO, X. Artificial intelligence in the construction sector. **Applied and Computational Engineering**, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.54254/2755-2721/28/20230004>.

HAN, L.; LEE, S.; BAE, W.; KIM, J.; SEO, S. Towards UAVs in construction: advancements, challenges, and future directions for monitoring and inspection. **Drones**, v. 7, n. 3, p. 202, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones7030202>.

IMRAN, C.; SHAKIR, M.; QURESHI, M. Applications of artificial intelligence in enhancing

construction safety and productivity. **ABDDM**, v. 2, n. 1, p. 63-74, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.62019/2tv5mv35>.

ISLAM, M.; LEO, C.; ZOU, J.; LIYANAPATHIRANA, S.; HU, P. Artificial intelligence in civil engineering education. **Proceedings of the ICAEED Conference**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.71427/icaeed2025/14>.

JADALLAH, H.; FRIEDLAND, C.; NAHMENS, I.; PECQUET, C.; BERRYMAN, C.; ZHU, Y. Construction industry training assessment framework. **Frontiers in Built Environment**, v. 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.678366>.

JADALLAH, H.; FRIEDLAND, C.; NAHMENS, I.; PECQUET, C.; BERRYMAN, C.; ZHU, Y. Educational theory-integrated construction industry training: state-of-the-art review. **Frontiers in Built Environment**, v. 7, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.635978>.

LÄHDESMÄKI, S.; VÄISÄNEN, S.; HYYTINEN, H. University teachers' perspectives on using artificial intelligence in teaching and its related aspects. **International Journal on Social and Education Sciences**, v. 7, n. 3, p. 290-309, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.46328/ijonses.765>.

LIU, Z.; SHI, G.; JIAO, Z.; ZHAO, L. Intelligent safety assessment of prestressed steel structures based on digital twins. **Symmetry**, v. 13, n. 10, p. 1927, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sym13101927>.

MARQUES, K.; MARTINS, L.; CASTRO, J.; PITA, R.; MENDES, J. Diretrizes para treinamento de mão de obra para aplicação de argamassa de revestimento baseada em resíduos. **SBTA**, v. 14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.46421/sbta.v14.4757>.

MOHAMMAD, A.; DAOUD, K.; ORAINI, B.; MOHAMMAD, S.; VASUDEVAN, A.; ZHANG, J.; HUNITIE, M. Using digital twin technology to conduct dynamic simulation of industry-education integration. **Data & Metadata**, v. 3, p. 422, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.56294/dm2024422>.

MORFOVASILIS, A.; MORFOVASILIS, S.; KOURNIATIS, N. Artificial intelligence in architecture and the construction process: a comprehensive review. **Preprints.org**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.31224/4502..>

NAVAIE, F.; ASINO, T.; PANWAR, K. Leveraging instructional design models for corporate training and professional development using artificial intelligence (AI). **Journal of Educational Technology**, v. 14, n. 2, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.59668/2222.20825>.

OUCHTOUT, W.; ZAKI, S.; GARTOUMI, K. Advancing digital innovation in the AEC industry: a bibliometric analysis on the BIM, AI and IoT integration. **IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 1499, n. 1, 012010, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1499/1/012010>.

OYETUNJI, T.; ERINJOGUNOLA, F.; AJIROTUTU, R.; ADEYEMI, A.; OHAKAWA, T.; ADIO, S. A smart AI framework for construction compliance, quality assurance, and risk

management in housing projects. **International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation**, v. 5, n. 1, p. 1626-1634, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54660/ijmrge.2024.5.1.1626-1634>.

SACKS, R.; BRILAKIS, I.; PIKAS, E.; XIE, H.; GIROLAMI, M. Construction with digital twin information systems. **Data-Centric Engineering**, v. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/dce.2020.16>.

SHULTS, R.; BILOUS, M.; ORMAMBEKOVA, A.; NURPEISSOVA, T.; KHAILAK, A.; ANNENKOV, A.; AKHMETOV, R. Analysis of overpass displacements due to subway construction land subsidence using machine learning. **Urban Science**, v. 7, n. 4, p. 100, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/urbansci7040100>.

SOARES, J.; CORRÊA, J.; SOUSA, P.; CARVALHO, M. BIM e realidade aumentada. **ENTAC**, v. 20, p. 1-13, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.5751>.

TUTANG, M. Work environment relations, training models, self-concept, leadership with construction worker performance in Palu City. **IOP Conference Series Earth and Environmental Science**, v. 1355, n. 1, 012021, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1355/1/012021>.

WANG, C. The role of artificial intelligence in construction management: a case study of smart worksite systems. **Journal of Artificial Intelligence Practice**, v. 6, n. 9, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.23977/jaip.2023.060903>.

YEUNG, T.; MARTINEZ, J.; SHARONI, L.; SACKS, R. The role of simulation in digital twin construction. **Aalborg Universitet**, p. 248-258, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7146/aul.455.c215>.

ZHALILOV, A.; TOKTORBAEV, A. Combining robustness and explainability in developing safe artificial intelligence systems. **Bulletin of Science and Practice**, v. 10, n. 12, p. 167-171, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/23>.