O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.

BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VII | Volume 23 | Nº 67 | Boa Vista | 2025

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.15788262

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

A TRANSFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PELA INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Viviane Viana Sofiste[1]

Julio Cesar Duarte[2]

Giuseppe Miceli Junior[3]

Paulo Cesar Pellanda[4]

Resumo

A Indústria da Construção Civil (ICC) enfrenta desafios estruturais significativos, como baixa produtividade, desperdício de recursos e atrasos em cronogramas, que impactam diretamente os custos e a eficiência dos projetos. Nesse contexto, este estudo investiga como a integração de tecnologias emergentes — incluindo Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs), Aprendizado de Máquina (AM) e Building Information Modeling (BIM) — pode impulsionar a transformação digital do setor. A pesquisa adota abordagem qualitativa e exploratória, combinando revisão estruturada da literatura com experimentação aplicada. Foram conduzidos testes com cinco LLMs amplamente utilizados (GPT-4, Copilot, Claude, Gemini e LLAMA), avaliando sua capacidade de interpretar descrições textuais e gerar cronogramas com base em critérios de precisão matemática, aderência a boas práticas de Gerenciamento de Projetos (GP) e fidelidade ao escopo. Os resultados demonstraram que os LLMs têm potencial significativo para automatizar a elaboração de cronogramas e apoiar decisões baseadas em dados, embora apresentem limitações quanto à lógica sequencial e dependência de prompts bem elaborados. Conclui-se que, se integrados a ferramentas como BIM e AM, os LLMs podem contribuir decisivamente para a modernização do setor, desde que acompanhados de capacitação técnica, estratégias regulatórias e desenvolvimento de soluções explicáveis (Explainable AI), que ampliem a confiança e a rastreabilidade das decisões geradas por esses modelos.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina; Building Information Modeling; Gerenciamento de Projetos; Inovação Tecnológica; Modelos de Linguagem.

Abstract

The Civil Construction Industry (CCI) faces significant structural challenges, such as low productivity, resource waste, and schedule delays, which directly impact project costs and efficiency. In this context, this study investigates how the integration of emerging technologies — including Large-Scale Language Models (LLMs), Machine Learning (ML), and Building Information Modeling (BIM) — can drive the digital transformation of the sector. The research adopts a qualitative and exploratory approach, combining a structured literature review with applied experimentation. Tests were conducted with five widely used LLMs (GPT-4, Copilot, Claude, Gemini, and LLAMA), evaluating their ability to interpret textual descriptions and generate schedules based on criteria of mathematical accuracy, adherence to good project management practices, and fidelity to scope. The results demonstrated that LLMs have significant potential to automate schedule preparation and support data-driven decisions, although they present limitations regarding sequential logic and dependence on well-designed prompts. It is concluded that, if integrated with tools such as BIM and AM, LLMs can contribute decisively to the modernization of the sector, as long as they are accompanied by technical training, regulatory strategies and the development of explainable solutions (Explainable AI), which increase the confidence and traceability of decisions generated by these models.

Keywords: Building Information Modeling; Language Models; Machine Learning; Project Management; Technological Innovation.

[1] Doutoranda em Engenharia de Defesa pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). E-mail: vsofiste@ime.eb.br

[2] Professor do Instituto Militar de Engenharia (IME). Doutor em Informática. E-mail: duarte@ime.eb.br

[3] Professor do Instituto Militar de Engenharia (IME). Doutor em Engenharia de Defesa. E-mail: duarte@ime.eb.br

[4] Professor do Instituto Militar de Engenharia (IME). Doutor em Controle Automático. E-mail: pellanda@ime.eb.br

INTRODUÇÃO

A Indústria da Construção Civil (ICC) é um setor essencial para o desenvolvimento econômico e a infraestrutura global, mas enfrenta obstáculos que comprometem sua eficiência e impactam diretamente os custos e a eficiência dos projetos.

O setor enfrenta desafios que impactam sua modernização, por isso, a busca por soluções inovadoras é fundamental. Esse cenário reforça a necessidade de digitalização para otimizar processos e melhorar a previsibilidade na execução de obras, e a digitalização e o uso de tecnologias emergentes, como Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs), Aprendizado de Máquinas (AM) e *Building Information Modeling* (BIM), vêm sendo explorados como alternativas para modernizar processos e melhorar a previsibilidade na execução de obras. Mesmo com as oportunidades proporcionadas pela digitalização, a adoção dessas inovações na ICC ainda apresenta desafios que precisam ser superados. Diante disso, este estudo busca responder à seguinte questão: quais são os potenciais e limitações dos LLMs na automação da geração de cronogramas na construção civil, e de que forma esses modelos podem contribuir para a integração com ferramentas digitais como o BIM e o AM?

O presente artigo fundamenta-se nos conceitos de Inteligência Artificial (IA) aplicada ao Gerenciamento de Projetos (GP), com ênfase na automação de processos e na otimização da elaboração de cronogramas na ICC. No contexto da digitalização do setor, os LLMs têm sido explorados por sua capacidade de interpretar descrições textuais e automatizar tarefas que tradicionalmente exigem alto grau de intervenção manual.

Além disso, o artigo considera a perspectiva interdisciplinar da digitalização na ICC, analisando como tecnologias complementares, como BIM e AM, podem atuar como ferramentas de apoio junto à aplicação dos LLMs. Embora a integração plena dessas tecnologias não seja o foco central do artigo, discute-se como a combinação dessas abordagens pode criar novas possibilidades para reduzir ineficiências no GP, otimizar a tomada de decisões e aumentar a previsibilidade dos processos de planejamento na ICC. Esse conjunto de conceitos norteia as decisões metodológicas adotadas no estudo, justificando a escolha de uma abordagem baseada em levantamento do estado da arte e experimentação prática. O trabalho busca validar o potencial dos LLMs para automatizar a elaboração de cronogramas e sua integração com práticas digitais existentes na ICC, conectando, assim, os fundamentos teóricos à aplicação prática do estudo.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho combina duas abordagens principais: (i) levantamento do estado da arte sobre a aplicação de LLMs na automação e gestão de cronogramas na ICC, analisando estudos recentes que exploram seu impacto no setor. Além disso, a revisão considera a relação dos LLMs

com outras tecnologias digitais, como BIM e AM, discutindo possíveis interações; (ii) condução de experimentos com diferentes modelos de linguagem amplamente utilizados, como GPT-4, Copilot, LLAMA e Gemini, avaliando sua capacidade de interpretar descrições textuais e gerar atividades específicas para cronogramas de projetos. Os dados coletados foram analisados com foco na precisão das respostas dos modelos, adequação das atividades geradas e viabilidade da aplicação prática dos LLMs na automação de cronogramas e no GP na ICC.

O presente artigo está estruturado da seguinte forma: a "Fundamentação Teórica" apresenta os conceitos centrais relacionados ao BIM, ao AM e aos LLMs, destacando sua aplicação no setor da construção civil. Em seguida, a seção "Metodologia" descreve os procedimentos de revisão da literatura e a experimentação aplicada com diferentes LLMs. Na seção "Análise e Discussão", são examinados os resultados obtidos com os experimentos, explorando as contribuições, limitações e desafios relacionados à adoção dessas tecnologias no setor. Por fim, a seção "Conclusão" sintetiza as principais contribuições do estudo, reconhece suas limitações e propõe direções para pesquisas futuras e políticas públicas voltadas à transformação digital da ICC.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aplicação de tecnologias emergentes na construção civil exige uma base conceitual sólida para compreender seu impacto e potencial. No entanto, antes de explorar essas inovações, é essencial entender os desafios que ainda dificultam a modernização do setor. Esses obstáculos justificam a necessidade de soluções tecnológicas e ajudam a contextualizar a adoção de ferramentas digitais. Assim, a discussão tem início com a análise dos desafios atuais da ICC, contextualizando as principais dificuldades enfrentadas pelo setor e destacando a necessidade de transformação digital.

Na sequência, são apresentados três pilares tecnológicos fundamentais para essa transformação: o BIM, que aprimora a modelagem e a gestão de projetos; o AM, que viabiliza análises preditivas e automação de processos; e, por fim, a integração entre BIM e IA, com ênfase na aplicação dos LLMs para interpretação de cronogramas e otimização do GP. Esses conceitos estruturam a análise proposta, permitindo explorar como essas tecnologias se complementam e seus impactos na modernização do setor. Dado o papel central dessas tecnologias na pesquisa, torna-se importante estabelecer uma base teórica para sua análise.

Para garantir uma revisão bibliográfica abrangente e atualizada, os conceitos e discussões apresentados nesta seção foram fundamentados a partir de uma busca estruturada na literatura científica recente, com foco em estudos relacionados à aplicação de LLMs, BIM e AM no setor da construção civil.

Os procedimentos adotados para esse levantamento, incluindo critérios de seleção, bases de dados utilizadas e filtros aplicados, estão detalhados na seção de metodologia deste artigo.

DESAFIOS ATUAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O PAPEL DA DIGITALIZAÇÃO

A ICC enfrenta desafios estruturais significativos, como baixa produtividade, desperdício de recursos e atrasos em cronogramas, fatores que impactam diretamente os custos e a eficiência dos projetos. O estudo da Fiesp (2023) intitulado *Burocracia na Construção: o custo da ineficiência nos processos*, analisou o impacto financeiro desses entraves no setor, destacando que, entre 2023 e 2025, o setor deixará de arrecadar aproximadamente R$ 59,1 bilhões devido ao prolongamento dos prazos para a conclusão dos projetos, representando 8% dos investimentos estimados para o período. Diante desse cenário, a digitalização surge como estratégia essencial para modernizar o setor e mitigar esses desafios. Pesquisas recentes (AHMADI *et al*., 2024; PRIETO *et al*., 2023; SINGH *et al*., 2023) exploram o impacto de tecnologias emergentes na ICC, destacando o papel de modelos de LLMs, AM e BIM na transformação das práticas gerenciais e operacionais. Este estudo investiga como a integração dessas tecnologias pode trazer benefícios concretos ao setor, identificando oportunidades e desafios que demandam análise aprofundada.

A adoção de IA e AM tem sido impulsionada pela implementação de ferramentas como BIM e LLMs, exploradas por sua capacidade de automatizar processos, otimizar a tomada de decisão e aprimorar o GP. O BIM permite maior precisão no planejamento e execução de obras, enquanto o AM e os LLMs se destacam na análise de grandes volumes de dados e previsão de cenários. Essa integração também se alinha ao Plano Estratégico do Exército (PEEx), que promove o desenvolvimento de modelos de dados baseados em IA para automação e eliminação de processos estruturados. A Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END) reforçam a necessidade dessa inovação tecnológica, especialmente no uso de IA e ML, para otimizar a gestão de grandes projetos e a infraestrutura de defesa. A aplicação de LLMs na ICC desperta crescente interesse, principalmente por sua capacidade de interpretar cronogramas e apoiar a gestão de projetos. No entanto, sua implementação enfrenta desafios, como a confiabilidade dos modelos e sua adaptação ao setor. Este estudo analisa o papel dos LLMs na ICC, incluindo seu impacto no planejamento de obras, automatização de cronogramas e aprimoramento de processos decisórios. Além disso, os Métodos Modernos de Construção (MMC) quando combinados com AM favorecem uma gestão mais estratégica e sustentável, reduzindo desperdícios (SANCHEZ-GARRIDO *et al*., 2023).

O impacto transformador da IA e do AM na otimização de processos e redução de custos também é destacado por Waqar (2024), que ressalta como esses sistemas ampliam acessibilidade e capacitação para trabalhadores de diferentes níveis. Além dos benefícios econômicos, a integração da IA promove práticas sustentáveis, como eficiência energética e soluções responsáveis para gestão de resíduos. Igualmente, esses sistemas fortalecem a colaboração humano-máquina, promovendo práticas de construção inclusivas e socialmente responsáveis. A integração dessas tecnologias amplia as oportunidades para colaboração interdisciplinar, facilitando a comunicação entre engenheiros, arquitetos e outros *stakeholders*. Esse avanço, ao alinhar impacto social e econômico, torna o setor mais resiliente às demandas do futuro e reforça a relevância da transformação digital na ICC.

A transformação digital no setor da construção, como apontado por Cazzaniga *et al*. (2024), exige mais do que a adoção de tecnologias avançadas como BIM e sistemas de IA. No trabalho, *Gen-AI: Artificial Intelligence and the Future of Work,* os autores discutem que é fundamental que as decisões tomadas por essas tecnologias sejam transparentes e compreensíveis para os profissionais envolvidos. Tecnologias como BIM e IA atendem demandas por eficiência com foco em práticas sustentáveis, mas sua implementação precisa ser acompanhada de estratégias para requalificação da força de trabalho (HANNA *et al*., 2024).

A IA transforma profundamente os papéis organizacionais e reconfigura a dinâmica entre trabalhadores e sistemas, promovendo maior colaboração humano-máquina, conforme abordado por Jarrahi *et al*. (2023). Os autores destacam como a IA modifica práticas de trabalho ao integrar dados e modelos preditivos que, por vezes, operam fora da compreensão humana, exigindo práticas centradas no humano e uma abordagem ética para garantir que sua adoção seja eficaz.

Já para Jeon *et al*. (2024), é essencial adotar uma abordagem ética baseada na comunidade para IA generativa. No contexto de pesquisa, essa abordagem enfatiza deliberações democráticas e o engajamento institucional para assegurar que as tecnologias sejam implementadas de maneira inclusiva e responsável, considerando não apenas as funcionalidades técnicas, mas também os impactos sociais mais amplos. Embora o foco do estudo esteja nas ciências sociais, os princípios éticos propostos têm relevância na ICC, onde a integração de tecnologias de IA generativa pode atuar como uma ferramenta de equalização, mitigando barreiras de acesso técnico e linguístico. No entanto, Jeon *et al*. (2024) alertam que, sem uma governança ética adequada, essas tecnologias também podem amplificar desigualdades existentes, como a exclusão de trabalhadores com diferentes níveis de capacitação tecnológica. Assim, a aplicação de uma ética comunitária é fundamental para guiar a integração da IA generativa em setores como a construção, assegurando que suas implementações não só otimizem processos, mas também promovam objetivos sociais e ambientais mais amplos, como a inclusão e a sustentabilidade. Isso exige esforços institucionais

para alinhar as práticas tecnológicas às demandas específicas do setor, reforçando o compromisso com a integridade e a equidade em suas aplicações.

Davenport *et al*. (2022), no livro intitulado *Working with AI: Real Stories of Human-Machine Collaboration*, mostram que a IA não substitui completamente os trabalhadores, mas complementa suas tarefas, permitindo que se concentrem em atividades de maior valor estratégico. Esse modelo de colaboração, no entanto, exige mudanças organizacionais significativas para alinhar os novos papéis e evitar conflitos. Embora os autores relatem que as organizações frequentemente afirmam redirecionar trabalhadores para novas funções, há um risco potencial de polarização de habilidades, onde certos trabalhadores se beneficiam da integração tecnológica, enquanto outros enfrentam a redução da demanda por suas competências. Essa dinâmica, como ressaltado no livro, destaca a importância de monitorar os impactos sociais da implementação da IA para evitar que benefícios organizacionais aumentem as desigualdades no mercado de trabalho (DUKE, 2022). Essas reflexões são fundamentais para garantir que a introdução de IA seja socialmente responsável e beneficie a força de trabalho na totalidade. Assim, a IA generativa se destaca como um avanço que redefine os paradigmas da automação no mercado de trabalho, ampliando as capacidades humanas em funções complexas, criativas e decisórias. Conforme discutido por Elligrud *et al*. (2023) no relatório da McKinsey intitulado *Generative ai and the Future of Work in America*, a IA generativa representa um avanço transformador que não apenas redefine paradigmas de automação, mas também amplia as capacidades humanas em tarefas criativas e decisórias. O relatório destaca que essa transformação exige um reposicionamento estratégico das organizações, especialmente na gestão de projetos, enfatizando a necessidade de alinhar as competências humanas às mudanças tecnológicas para maximizar os benefícios organizacionais de forma socialmente responsável.

Conforme discutido por Anderson *et al*. (2014) no relatório do Pew Research Center intitulado *AI, robotics, and the future of jobs*, a transformação digital impulsionada pela IA e pela robótica está gerando mudanças estruturais significativas no mercado de trabalho. Essas tecnologias, ao automatizarem tarefas repetitivas e otimizarem processos, permitem que os profissionais se concentrem em atividades estratégicas de maior valor agregado, contribuindo para a eficiência organizacional. No entanto, o relatório destaca que essa transição exige um esforço significativo de requalificação da força de trabalho e adaptação a novas funções, já que muitas ocupações podem ser profundamente transformadas ou eliminadas. Embora o relatório trate do impacto da automação em um contexto geral, suas implicações são particularmente relevantes para indústrias como a ICC, onde a automação de processos pode acelerar a produtividade e reduzir custos. A abordagem equilibrada entre inovação e desenvolvimento humano, ressaltada no relatório, reforça a importância de estratégias que promovam não apenas a eficiência técnica, mas também a inclusão social e a sustentabilidade. Esse equilíbrio é essencial para garantir que a

introdução de tecnologias avançadas beneficie amplamente os trabalhadores e atenda às demandas específicas do setor.

A integração de tecnologias como LLMs e AM na ICC exige uma abordagem interdisciplinar que transcenda a colaboração entre engenheiros e desenvolvedores, envolvendo também designers e especialistas em ética. Conforme destacado por Evenson (2023), o design colaborativo desempenha um papel importante no desenvolvimento de sistemas de IA que atendam às necessidades humanas e respeitem valores sociais. No setor da construção, essa abordagem requer criar soluções tecnológicas que não somente otimizem processos e melhorem a eficiência, mas também garantam acessibilidade e inclusão, refletindo a diversidade dos usuários e o impacto das mudanças tecnológicas em trabalhadores operacionais e gestores. Nesse sentido, além das inovações trazidas pelos LLMs e pelo AM, outras tecnologias vêm sendo amplamente estudadas para modernizar a ICC, especialmente no que diz respeito à modelagem e ao GP.

Considerando os desafios estruturais e operacionais enfrentados pela ICC, a adoção de soluções tecnológicas se torna essencial para melhorar a eficiência e a previsibilidade dos projetos. Nesse contexto, uma das principais ferramentas digitais que vem sendo amplamente adotada no setor é o BIM. A próxima subseção apresenta os conceitos fundamentais do BIM e discute seu impacto na modernização da ICC.

BUILDING INFORMATION MODELING

BIM é uma metodologia que integra dados geométricos e não geométricos em um modelo digital tridimensional, facilitando a colaboração entre todas as partes envolvidas em um projeto de construção. Este modelo digital permite melhor visualização, simulação e análise do projeto antes de sua execução física, contribuindo para uma gestão de recursos mais eficiente e maior previsibilidade de resultados (EASTMAN *et al*., 2011). Além disso, o BIM é definido como um processo de gestão de informações digitais que abrange a criação e manutenção de representações físicas e funcionais de uma edificação durante todo o seu ciclo de vida a (ISO, 2018). Conforme a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o BIM não deve ser visto apenas como uma tecnologia, mas como uma plataforma abrangente que reestrutura os processos de trabalho e facilita a colaboração interdisciplinar, sendo aplicável a todas as fases do ciclo de vida de um empreendimento (CBIC, 2016). Essa abordagem multidisciplinar é especialmente relevante no setor da construção civil, onde a integração de informações de diferentes disciplinas é fundamental para a eficiência dos projetos.

Além de sua definição, é essencial destacar os benefícios proporcionados pelo BIM, no setor da construção civil. Entre eles, destacam-se a possibilidade de visualização tridimensional de projetos e a

realização de simulações detalhadas que previnem conflitos durante a construção e a extração automática de quantitativos. Essas funcionalidades não somente permitem maior controle de custos e prazos, mas também aprimoram a coordenação entre os envolvidos no projeto (CBIC, 2016). Essa coordenação é um dos maiores impactos do BIM, ao possibilitar a integração de dados antes gerenciados fragmentadamente, promovendo aumento de produtividade e competitividade no setor (ABDI, 2020). O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) reforça que o BIM promove a comunicação e a colaboração entre arquitetos, engenheiros e gestores, ampliando a integração de informações multidisciplinares e otimizando processos decisórios (CBIC, 2016). Com isso, essa tecnologia se apresenta como um elemento central para a modernização e a transformação digital no setor da construção.

No entanto, como toda inovação, o BIM enfrenta desafios significativos para sua implementação, como a resistência à mudança cultural e dificuldades técnicas para sua adoção. Segundo a CBIC, superar esses desafios requer planejamento estruturado, projetos-piloto bem definidos e treinamento contínuo das equipes (CBIC, 2016). Além disso, é fundamental alinhar a estratégia de adoção do BIM com os objetivos organizacionais e demandas específicas de cada empreendimento. Assim, o sucesso na adoção do BIM está diretamente relacionado ao preparo técnico e gerencial das equipes envolvidas.

A adoção do BIM no Brasil está alinhada às estratégias governamentais para modernização do setor da construção civil, conforme destacado no guia *10 Motivos para Evoluir para o BIM* da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) que enfatiza sua importância na transformação digital do setor, com foco em sustentabilidade, redução de custos e competitividade (ABDI, 2020). Além disso, a incorporação de tecnologias digitais, como BIM e ML, segue regulamentações estabelecidas pelo governo, como as Portarias n.º 1.122 e n.º 1.329, que incentivam a modernização tecnológica em projetos de infraestrutura, reforçando a importância dessas inovações em obras públicas e possibilitando sua replicação no setor privado. No âmbito militar, a pesquisa que integra BIM e ML se alinha ao PEEx, promovendo modelos baseados em IA para automação e otimização de processos estratégicos. Essa integração fortalece a competitividade e a inovação tecnológica, impactando positivamente tanto o setor público quanto o privado, impulsionando a produtividade e a precisão em projetos de grande porte (BRASIL – Exército Brasileiro, 2023). A integração do BIM com técnicas de IA, como AM, abre novas possibilidades para a análise e automação de processos complexos. Conforme Raza *et al*. (2023), estudos recentes destacam o uso de algoritmos para analisar dados gerados por modelos BIM, permitindo previsões mais precisas sobre cronogramas, custos e riscos. Essa sinergia evidencia o papel estratégico do BIM como plataforma base para o desenvolvimento de soluções inteligentes no setor da construção civil.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E SUAS APLICAÇÕES

A IA tem sido amplamente estudada e aplicada em diversas áreas do conhecimento, sendo um campo dinâmico e interdisciplinar. Como apontam Russell *et al*. (2021, p. 22), a IA pode ser compreendida sob diferentes perspectivas, incluindo a abordagem do "agente racional", em que os sistemas são projetados para tomar decisões ótimas com base em seu ambiente e objetivos. Para os autores, "a IA tem focado no estudo e construção de agentes que fazem a coisa certa", refletindo a busca por sistemas autônomos capazes de se adaptar a novas circunstâncias e aprender com dados.

McCarthy *et al*. (1969) contribuíram significativamente para essa concepção ao enfatizar que a IA deve permitir que sistemas computacionais formulem hipóteses e raciocinem sobre o mundo de maneira semelhante aos humanos, ainda que sob limitações computacionais. Os autores destacam a lógica simbólica e a representação de conhecimento como elementos essenciais para o avanço da IA estabelecendo bases para sistemas baseados em regras e inferências. Ainda segundo o autor, "a IA deve permitir que sistemas computacionais formulem hipóteses e raciocinem sobre o mundo de forma semelhante aos humanos, ainda que sob diferentes limitações computacionais". Esse enfoque na lógica e na simbolização ajudou a consolidar muitas das abordagens tradicionais da IA, especialmente em sistemas baseados em regras e representações de conhecimento.

Nilsson (1980) reforça essa visão ao destacar aplicações da IA em áreas como Processamento de linguagem natural (PLN), recuperação inteligente de informações e sistemas especializados. Ele aponta que um dos desafios fundamentais é a interpretação de contexto por máquinas, especialmente no entendimento de linguagem e na extração de conhecimento de bases de dados. Para o autor, "a dificuldade reside no fato de que a linguagem evoluiu como meio de comunicação entre seres inteligentes" sugerindo que a compreensão humana é baseada em estruturas cognitivas complexas que a IA busca replicar.

A IA também é aplicada para solucionar problemas combinatórios e de agendamento, como o "problema do caixeiro viajante" e o "problema das oito rainhas", que exigem a otimização de recursos e a minimização de custos computacionais. Nilsson (1980, p.6) explica que "o crescimento exponencial da complexidade dessas tarefas impõe desafios que exigem métodos inteligentes para evitar a explosão combinatória". Esses desafios são particularmente relevantes em setores que demandam eficiência na alocação de recursos e no planejamento de tarefas.

A importância da IA também pode ser observada em pesquisas recentes que analisam seu impacto na modernização institucional e na gestão de informações. Estudos apontam que a IA pode aprimorar processos decisórios e administrativos, indicando seu papel central na automação e eficiência organizacional (GOMES *et al*., 2023). Além disso, a aplicação da IA em agentes conversacionais, como

chatbots voltados para a área da saúde, tem demonstrado impacto na melhoria do atendimento e no suporte à tomada de decisão clínica (FERREIRA *et al*., 2023). A disseminação de tecnologias baseadas em IA também levanta questionamentos éticos e políticos, principalmente no combate à desinformação e na garantia da transparência dos sistemas automatizados (SILVA *et al*., 2023). Outra preocupação importante é o risco da dependência excessiva da IA, que pode afetar a autonomia dos indivíduos e a disseminação do conhecimento (BRANCO NETO, 2023).

Dentre as diversas abordagens da IA, uma das mais influentes é o AM, que tem sido amplamente empregado para permitir que sistemas computacionais extraiam conhecimento de dados e realizem previsões de forma autônoma. Seu papel é determinante para diversas aplicações, desde o reconhecimento de padrões em grandes volumes de informações até a personalização de serviços e automação de processos.

APRENDIZADO DE MÁQUINA

O AM é um subconjunto da IA que permite que os computadores identifiquem padrões em dados e façam previsões sem a necessidade de uma programação explícita (BISHOP, 2006). Segundo a definição clássica de Mitchell (1997), *um programa de computador aprende com a experiência E para alguma classe de tarefas T e medida de desempenho P, se seu desempenho em tarefas em T, conforme medido por P, melhora com a experiência E*. Existem diferentes categorias de AM, cada uma atendendo a demandas específicas de aplicação. O aprendizado supervisionado, por exemplo, utiliza dados rotulados para treinar modelos que associam entradas a saídas desejadas, sendo amplamente aplicado em tarefas de classificação e regressão, como destacado por Hospedales *et al*. (2020), sendo considerada a abordagem tradicional do AM. No entanto, seu desempenho pode ser limitado pela disponibilidade de grandes volumes de dados rotulados, criando barreiras em domínios onde a coleta de rótulos é cara ou inviável.

Por outro lado, o aprendizado não supervisionado busca padrões ou estruturas inerentes aos dados sem a necessidade de rótulos. Essa abordagem é frequentemente empregada em tarefas como agrupamento e redução de dimensionalidade (HOSPEDALES *et al*., 2020). Além disso, o aprendizado não supervisionado desempenha um papel determinante na descoberta de relações não explícitas nos conjuntos de dados, adaptando-se a novos cenários sem exemplos rotulados. Uma variação recente que ganhou destaque é o aprendizado autossupervisionado, do inglês, *Self-Supervised Learning* (SSL). Nos últimos anos, o SSL emergiu como uma técnica essencial no AM, especialmente no treinamento de grandes LLMs e modelos de representação. Diferente do aprendizado supervisionado, que depende de dados rotulados, o SSL permite que os modelos aprendam padrões relevantes explorando os próprios dados, formulando

tarefas artificiais para gerar supervisionamento humano (JING *et al*., 2019). Essas tarefas incluem a previsão de palavras ocultas em um texto ou a reconstrução de uma parte ausente de uma imagem. Em aplicações voltadas à construção civil, técnicas de SSL podem ser empregadas para modelar processos de tomada de decisão baseados em grandes volumes de dados históricos, sem a necessidade de rotulagem manual. Isso facilita a adaptação a diferentes cenários, promovendo maior eficiência na análise de dados complexos e tornando a automação mais acessível em setores que lidam com fluxos contínuos de informação, como o planejamento e monitoramento de obras.

O aprendizado por reforço, por sua vez, envolve um agente que interage com o ambiente para aprender a maximizar uma recompensa cumulativa. Esse método é amplamente utilizado em aplicações como controle de robôs e jogos. Conforme discutido por Finn *et al*., 2017, técnicas de meta-aprendizado também podem ser aplicadas ao aprendizado por reforço, permitindo que os modelos se adaptem rapidamente a novos ambientes com eficiência. Outra categoria significativa é o aprendizado profundo, do inglês, *deep learning*, uma subárea que utiliza redes neurais profundas para aprender representações complexas a partir de grandes volumes de dados. Apesar da necessidade de grandes conjuntos rotulados, essa abordagem tem demonstrado eficácia em tarefas avançadas, como reconhecimento de padrões e PLN, devido à sua capacidade de modelar relações não lineares (HOSPEDALES *et al*., 2020). No entanto, a dependência de grandes volumes de dados rotulados limita sua aplicação em diversos contextos, incentivando o desenvolvimento de novas técnicas, como o *One-Shot Learning* (FEI-FEI *et al*., 2006), que visa treinar modelos a partir de poucos exemplos. Esse método é particularmente relevante para LLMs e outros modelos que precisam adaptar-se rapidamente a novos domínios.

Diferente do aprendizado tradicional, que requer abundância de dados para generalizar bem, o *One-Shot Learning* permite que modelos classifiquem ou reconheçam novos padrões com base em um único exemplo. Essa abordagem tem sido explorada em diversas aplicações, incluindo o uso de redes neurais específicas para medir similaridades entre exemplos, como proposto por Koch *et al*. (2015) com as *Siamese Neural Networks*, ou por meio de estratégias de atenção otimizadas, como nas *Matching Networks* (VINYALS *et al*., 2016). Essas técnicas podem ser altamente relevantes para sistemas inteligentes na ICC, permitindo que modelos de IA adaptem-se rapidamente a novos projetos, identificando padrões de eficiência e prevendo riscos em diferentes cenários. Incorporar esses procedimentos no setor da construção permite aprimorar a adaptação de modelos de IA a novos projetos, permitindo a identificação de padrões de eficiência e previsão de riscos de maneira mais ágil e precisa, sem necessidade de treinamento extensivo.

Embora abordagens como o *One-Shot Learning* tenham ampliado a capacidade dos modelos de IA em generalizar com poucos exemplos, desafios persistem nos diferentes paradigmas de AM,

especialmente no equilíbrio entre precisão e disponibilidade de dados rotulados. Tanto o aprendizado supervisionado quanto o não supervisionado enfrentam limitações em sua aplicabilidade. O primeiro depende fortemente de grandes volumes de dados rotulados, enquanto o segundo frequentemente não atinge o mesmo nível de precisão sem ajustes manuais, limitando sua adoção em aplicações que exigem alto desempenho. Para superar essas limitações, o meta-aprendizado, também chamado de "aprendizado de aprender", tem se destacado como uma abordagem promissora. Ele permite que modelos adquiram a capacidade de adaptação rápida a novas tarefas com base em experiências anteriores, reduzindo a necessidade de dados rotulados extensivos e ajustes manuais (FINN *et al*., 2017).

Essas técnicas impulsionam a transformação digital em diversas indústrias globais, trazendo avanços e otimizando processos. Embora a ICC ainda enfrente desafios na adoção plena dessas tecnologias, é evidente que, para se manter competitiva em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) e às taxas de produtividade nacionais e internacionais, tal setor precisará, de forma natural e progressiva, integrar o AM em suas práticas. Essa integração tem o potencial de contribuir significativamente para a modernização e sustentabilidade do setor. No setor da construção civil, por exemplo, o AM é aplicado em tarefas como previsão de atrasos, análise de riscos e otimização de cronogramas (YE *et al*., 2024). Em particular, técnicas que envolvem aprendizado por reforço são utilizadas para planejar alocações de recursos em obras com maior eficiência (MULLER *et al*., 2024). Essas melhorias reforçam o potencial do AM como ferramenta para aumentar a eficiência e a precisão em projetos de engenharia.

INTEGRAÇÃO ENTRE BIM E IA

A integração do BIM com a IA, especialmente o AM, tem sido promissora na modernização da ICC. O BIM oferece uma plataforma centralizada para modelagem e gestão de informações digitais, permitindo a automação e otimização de processos complexos por meio da IA (CBIC, 2016). Suas capacidades multidisciplinares proporcionam benefícios como visualização tridimensional, simulação de construção e controle de custos e prazos. No entanto, desafios como a análise de grandes volumes de dados ainda limitam sua plena aplicação, tornando o AM uma solução poderosa para aprendizado automatizado e previsões mais eficientes (ZABALA-VARGAS *et al*., 2023). Técnicas de AM complementam o BIM em diversas aplicações, como previsão de atrasos e identificação de riscos em cronogramas com aprendizado supervisionado (RAZA *et al*., 2023) e detecção de padrões de consumo e anomalias no uso de materiais via aprendizado não supervisionado (YE *et al*., 2024). Além disso, modelos de AM são empregados na detecção de falhas em projetos, otimização de sequências construtivas e simulações de desempenho energético (MULLER *et al*., 2024). O aprendizado por reforço ainda

possibilita o planejamento automático de cronogramas e alocação de recursos com base em recompensas cumulativas (FINN *et al*., 2017). No contexto brasileiro, a CBIC destaca o BIM como essencial para a modernização do setor, mas ressalta barreiras como resistência cultural e falta de capacitação (CBIC, 2016). A IA pode mitigar esses desafios, automatizando tarefas repetitivas e permitindo maior foco em atividades estratégicas. Entretanto, a qualidade e consistência dos dados gerados pelo BIM são fatores críticos para o sucesso dos algoritmos de AM (NENNI *et al*., 2024). Além disso, a falta de padronização nos fluxos de trabalho e a resistência organizacional dificultam a adoção de novas tecnologias (MULLER *et al*., 2024). Superar essas barreiras requer alinhamento estratégico entre a implementação do BIM e a adaptação organizacional ao uso da IA (CBIC, 2016). A sinergia entre BIM e IA é determinante para impulsionar produtividade e competitividade na ICC. Diante da transformação digital global, a adoção dessas tecnologias atende às crescentes demandas por eficiência e sustentabilidade (RAZA *et al*., 2023). O AM, ao ampliar as capacidades do BIM, fortalece a resiliência da indústria da construção, preparando-a para desafios econômicos e ambientais contemporâneos.

METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem metodológica de caráter qualitativo e exploratório, fundamentada na combinação entre revisão da literatura recente e experimentação aplicada, visando avaliar o potencial dos LLMs na automação de processos associados ao planejamento de cronogramas na ICC. A adoção dessa abordagem se fundamenta na premissa de que, ao investigar fenômenos contemporâneos e em processo de consolidação, como a integração de IA no setor da construção, torna-se necessário recorrer a métodos capazes de captar nuances, interpretar contextos específicos e explorar temas ainda pouco estruturados na literatura. Este entendimento está alinhado às práticas metodológicas aplicadas por Lima *et al*. (2023), que empregaram abordagem qualitativa e exploratória na análise dos fatores associados à síndrome de burnout, e por Carvalho *et al*. (2024), que adotaram esse mesmo enquadramento metodológico na investigação de processos organizacionais no contexto do Exército Brasileiro. Ambos os estudos fundamentam suas escolhas metodológicas nas concepções clássicas de pesquisa qualitativa e exploratória, conforme discutem Denzin e Lincoln (2010), Lakatos e Marconi (2003) e Godoy (1995), reforçando que este tipo de abordagem permite construir uma compreensão aprofundada de realidades complexas, especialmente quando associada à análise empírica de dados textuais e à experimentação aplicada.

A etapa de levantamento bibliográfico foi conduzida de forma estruturada, priorizando publicações acadêmicas que abrangem o período de 2021 a 2025, e assegurando diversidade linguística e geográfica

nas fontes. As buscas foram realizadas na Plataforma Periódicos CAPES e no Google Scholar, complementadas com análise bibliométrica por meio da ferramenta Publish or Perish (PoP), recurso metodológico amplamente adotado em estudos que aplicam técnicas de mapeamento científico, conforme demonstram Al Husaeni e Nandiyanto (2022) e Lucena Filho *et al*. (2025). A utilização do PoP permite extrair dados diretamente do Google Scholar, considerando critérios de impacto acadêmico, número de citações e alinhamento temático, assegurando a robustez na seleção dos artigos mais relevantes no recorte estabelecido. Foram utilizadas *strings* de busca combinando termos como "*Building Information Modeling*" AND "*Artificial Intelligence*"; "*Large Language Models*" AND "*Construction*"; e "*Machine Learning*" AND "*Project Management*" além de suas variações, como "*Building Information Modeling*" OR "BIM", "*Artificial Intelligence*" OR "AI" e "*Large Language Models*" OR "LLMs", para garantir abrangência na recuperação dos estudos, em linha com práticas metodológicas validadas por estudos bibliométricos recentes (AL HUSAENI; NANDIYANTO 2022; LUCENA FILHO *et al*. 2025). Os critérios de seleção incluíram (i) alinhamento direto com os temas discutidos neste estudo; (ii) relevância acadêmica medida pelo impacto bibliométrico; e (iii) distribuição geográfica e linguística ampla. Os resultados do levantamento indicam que a Ásia lidera a produção científica, com publicações oriundas da China (2 artigos), Índia (4 artigos), Bangladesh (1 artigo) e Palestina (1 artigo). A Europa também apresenta presença significativa, com estudos provenientes da Espanha (1 artigo) e Reino Unido (1 artigo). Já a América do Norte também está representada com os Estados Unidos (2 artigos). Esse panorama evidencia a relevância global da discussão sobre a integração de tecnologias digitais na construção civil, refletindo tanto os avanços técnicos quanto os desafios enfrentados em diferentes contextos geográficos. O processo metodológico de levantamento da literatura foi fundamental não apenas para embasar a fundamentação teórica deste estudo, mas também para orientar a construção dos experimentos realizados.

A estratégia metodológica adotada neste estudo caracteriza-se pela aplicação de uma triangulação teórico-metodológica, que combina procedimentos de levantamento bibliográfico estruturado, análise bibliométrica e experimentação aplicada. Esse delineamento metodológico permite associar abordagens qualitativas e quantitativas complementarmente. Conforme discutido por Bastos, Silva e Lima (2023), a triangulação metodológica é uma estratégia relevante quando se busca aprofundar a compreensão de fenômenos complexos, especialmente em contextos emergentes e multidimensionais, como é o caso da transformação digital na ICC. Neste estudo, a análise bibliométrica oferece suporte quantitativo para mapear o estado da arte, identificar tendências e selecionar os trabalhos de maior impacto acadêmico, enquanto a análise qualitativa e os experimentos aplicados com LLMs possibilitam aprofundar a compreensão sobre os desafios, limitações e potencial de adoção dessas tecnologias no setor.

A etapa experimental foi concebida para investigar a capacidade dos LLMs de interpretar descrições textuais e gerar cronogramas de projetos de construção, utilizando a técnica de *One-Shot Learning* e considerando restrições operacionais típicas do setor, como precedências lógicas, durações das atividades, marcos e respeito a calendários de dias úteis e feriados. Foi fornecido um cronograma de referência, estruturado a partir de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) textual, representando uma seção de saúde com oito cômodos, contendo informações sobre atividades, durações, marcos e relações de precedência.

Foram selecionados quatro modelos de linguagem: GPT-4 (OpenAI): Versão gratuita, acessada via ChatGPT; Claude (Anthropic): Versão gratuita, acessada via Claude.ai; Gemini (Google AI): Versão gratuita, acessada via Gemini; LLaMA 3 (Meta AI): Versão gratuita, acessada via Meta AI; Copilot (Microsoft): Versão gratuita, acessada via Copilot. A escolha dos modelos considerou sua relevância no estado da arte da IA, bem como sua disponibilidade em plataformas públicas e comerciais. Todos os modelos testados receberam o mesmo prompt inicial, contendo a descrição do projeto, a lógica de sequenciamento das atividades e as condições operacionais para construção do cronograma. Durante o processo, foram realizadas interações iterativas com cada modelo, fornecendo *feedback* diretamente nos próprios prompts, com o objetivo de aprimorar as respostas e ajustar inconsistências observadas. Visando garantir transparência e reprodutibilidade, os prompts aplicados estão disponibilizados publicamente no repositório GitHub. Este procedimento metodológico permitiu avaliar a capacidade dos modelos de gerar cronogramas para projetos com características semelhantes, replicando a lógica, a estrutura e as dependências do cronograma original.

A avaliação dos cronogramas gerados baseou-se em três dimensões analíticas principais:

1. Precisão matemática e de cálculo: verificação da correção nos cálculos de duração, datas de início e término das atividades, além da alocação correta em dias úteis, respeitando feriados e finais de semana.
2. Aderência às boas práticas de GP: análise da lógica dos cronogramas com base em padrões consolidados de GP, incluindo a correta definição de predecessoras, uso adequado dos tipos de relacionamentos — especialmente Término-Início — e o atendimento a precedências mandatórias, alinhadas às diretrizes do *Defense Contract Management Agency* (DCMA).
3. Consistência em relação ao escopo: avaliação da capacidade dos modelos em reconhecer, manter e estruturar corretamente os pacotes de trabalho fundamentais, assegurando que o cronograma gerado represente fielmente o escopo previsto na EAP de referência.

Para cada dimensão, foram estabelecidas métricas quantitativas que permitiram mensurar o desempenho dos modelos, considerando tanto aspectos objetivos (como cálculos de duração e datas)

quanto qualitativos (como a lógica sequencial entre atividades e aderência às boas práticas de gestão de projetos).

O ambiente experimental foi configurado utilizando as interfaces públicas disponibilizadas pelas próprias plataformas dos modelos, sem utilização de APIs, código externo ou automações adicionais. Essa escolha visou refletir condições realistas de uso dos LLMs por profissionais da construção. No entanto, reconhece-se que, devido à natureza estocástica dos modelos e às atualizações constantes das plataformas, a replicação dos resultados não ocorre nos moldes tradicionais dos experimentos determinísticos, embora o procedimento metodológico permaneça aplicável e reproduzível. É importante ressaltar que os testes foram conduzidos com foco na avaliação da capacidade dos modelos de operar sobre dados textuais estruturados, e não sobre modelos gráficos ou integrações diretas com ferramentas de modelagem como o BIM. Portanto, elementos gráficos como plantas, diagramas ou modelos tridimensionais não foram utilizados nesta etapa.

Como limitações, reconhece-se que a utilização de um único exemplo base e da técnica de *One-Shot Learning* restringe a capacidade de generalização dos resultados para projetos de maior complexidade ou com características distintas. Além disso, aspectos como variações nos contextos culturais, diferentes padrões de feriados nacionais e especificidades organizacionais não foram considerados, o que poderá ser explorado em pesquisas futuras. Ainda assim, a abordagem metodológica adotada fornece um panorama consistente e representativo sobre as capacidades atuais e as limitações dos modelos de linguagem na geração de cronogramas de projetos na construção civil. Essa análise fundamenta as discussões apresentadas na seção seguinte, permitindo refletir criticamente sobre os desafios técnicos, as barreiras operacionais e as oportunidades associadas à adoção de LLMs no contexto da transformação digital do setor.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta a análise dos resultados obtidos com a aplicação de modelos de linguagem na construção civil. Inicialmente, são apresentados os desempenhos dos modelos na geração de cronogramas. Em seguida, discutem-se os desafios técnicos, organizacionais e operacionais associados à adoção dessas tecnologias no setor, bem como as perspectivas futuras, incluindo recomendações para políticas públicas e caminhos para a evolução da transformação digital na construção civil.

Aplicação de modelos de linguagem na construção civil

Os resultados obtidos neste estudo revelam que os LLMs possuem um potencial expressivo para apoiar a transformação digital da ICC, especialmente nas atividades relacionadas ao planejamento e à geração de cronogramas. Dada a relevância dos cronogramas como instrumentos essenciais para o GP, foram realizados experimentos com LLMs amplamente conhecidos, como GPT-4, Copilot, Claude, LLAMA e Gemini, visando avaliar suas capacidades em interpretar descrições em linguagem natural e gerar atividades específicas relacionadas a projetos de construção. Embora os experimentos tenham focado na geração de cronogramas, os resultados demonstraram que tecnologias baseadas em IA, como modelos LLMs, têm o potencial de serem aplicadas a uma ampla gama de processos relacionados ao GP, como a interpretação automatizada de descrições, a geração de estruturas lógicas e a análise de dados.

Durante os testes, os modelos demonstraram desempenho satisfatório em tarefas relacionadas à identificação de padrões em linguagem natural e na elaboração inicial de cronogramas. Os experimentos demonstraram que o GPT-4 foi o modelo mais consistente em termos de precisão matemática, atingindo 95% de acertos em cálculos de durações e datas de início e término das atividades. O Copilot, por sua vez, destacou-se em relação às métricas avaliadas na esfera de boas práticas de GP, com foco em critérios inspirados no padrão do DCMA. A análise considerou aspectos como a lógica do cronograma e o relacionamento adequado entre tarefas, incluindo o respeito às precedências mandatórias. Nesse contexto, o modelo alcançou 96% de conformidade com as métricas específicas utilizadas nos experimentos, demonstrando aderência significativa às práticas consolidadas de GP. Esses resultados reforçam o potencial de ambos os modelos para automatizar tarefas que, tradicionalmente, dependem fortemente da intervenção manual.

Por outro lado, outros modelos, como o Gemini, apresentaram limitações significativas, especialmente em tarefas que envolviam consideração de feriados e finais de semana, alcançando apenas 30% de precisão em métricas relacionadas à lógica de precedência. O LLAMA também apresentou desempenho intermediário, com acertos importantes na lógica e na sequência das atividades, mas com dificuldades na gestão de datas condicionadas a calendários específicos. Além disso, os experimentos evidenciaram que, para o setor de construção civil, a capacidade das LLMs de adaptarem-se a contextos específicos é um fator determinante para sua aplicabilidade prática. Por exemplo, o índice de qualidade do escopo — que avalia a capacidade de um modelo de reconhecer e manter pacotes de trabalho essenciais em um cronograma — variou entre 34,7% no Gemini e 43% no Copilot, indicando que mesmo os modelos mais robustos ainda enfrentam desafios ao lidar com a complexidade estrutural dos projetos.

No caso do modelo Claude (Anthropic), os testes não puderam ser conduzidos sob as mesmas condições aplicadas aos demais modelos. Isso ocorreu devido às restrições operacionais da plataforma, que impôs um limite no tamanho do prompt de entrada na versão gratuita. Ao tentar submeter a EAP textual completa, juntamente com as instruções detalhadas do cronograma de referência, o modelo retornou mensagens de erro relacionadas à extensão do conteúdo inserido. Essa limitação técnica impossibilitou não apenas a geração completa do cronograma, mas também a realização de ajustes e validações subsequentes. Essa limitação operacional não é isolada e está alinhada aos desafios técnicos apontados por Li *et al*., (2025), que destacam que as arquiteturas atuais dos LLMs, especialmente quando operam via interfaces comerciais, possuem limitações significativas na manipulação de tarefas que demandam raciocínio sequencial complexo e alta carga de dados estruturados, como é o caso dos cronogramas na construção civil.

Embora os resultados quantitativos do Claude não possam ser reportados, a tentativa frustrada de conduzir o experimento com esse modelo ilustra um desafio importante relacionado ao uso prático de LLMs: a dependência de plataformas que suportem volumes significativos de dados textuais. Esse aspecto é particularmente relevante no contexto da construção civil, onde a complexidade dos projetos exige que os modelos consigam processar descrições extensas e estruturas de cronogramas detalhadas.

De maneira consolidada, ao comparar o desempenho dos modelos, observa-se que o GPT-4 foi o mais consistente nas esferas de precisão matemática e lógica de sequenciamento, enquanto o Copilot se destacou na aderência às boas práticas e na melhor qualidade de escopo. Por outro lado, modelos como Gemini e LLAMA apresentaram desempenho inferior nas métricas associadas à consistência dos cronogramas, especialmente no tratamento de calendários, feriados e finais de semana.

Esses resultados corroboram com as limitações discutidas por Li *et al*., (2025), que destacam que LLMs, embora robustos em tarefas de linguagem natural, enfrentam desafios significativos em tarefas de planejamento estruturado, como a geração de cronogramas, especialmente quando operam sem *fine-tuning* especializado ou estratégias de diversidade máxima na seleção de dados. De forma semelhante, Al-Sinan *et al*., (2024) apontam que, na integração entre ML e BIM, as dificuldades relacionadas à generalização dos modelos e à interoperabilidade dos dados ainda representam barreiras substanciais, o que também se reflete nos resultados deste estudo.

A seguir, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos, considerando os principais critérios de avaliação:

Tabela 1 – Síntese de Resultados

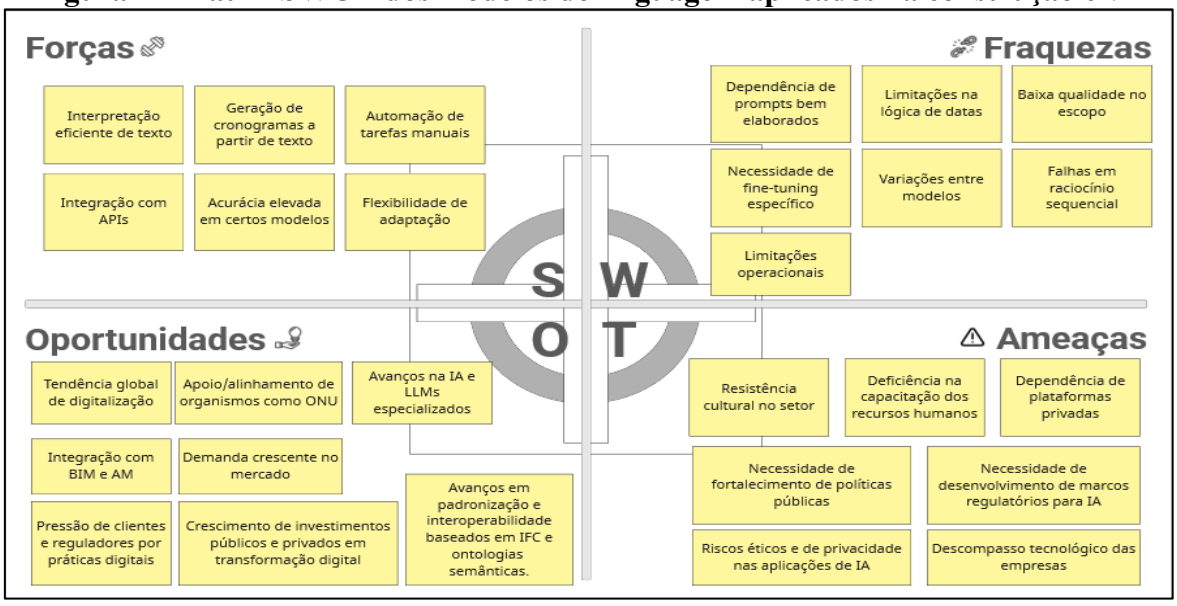
Modelo	Precisão Matemática (%)	Aderência às Boas Práticas GP (%)	Qualidade do Escopo (%)
Gemini	30	100	34,7
GPT-4	95	100	39,1
LLAMA	80	100	35
Copilot	89	96	43
Claude	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Análise SWOT dos modelos de linguagem aplicados na construção civil

A análise dos resultados experimentais obtidos neste estudo, em conjunto com a revisão da literatura científica internacional recente, possibilitou a elaboração de uma matriz SWOT (do inglês, *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*) que sintetiza os principais pontos fortes (Forças), limitações (Fraquezas), oportunidades e ameaças associados à adoção de LLMs no setor da construção civil. Esta matriz foi construída a partir da integração dos dados empíricos gerados pelos experimentos realizados com diferentes LLMs, além de uma triangulação teórica fundamentada em publicações acadêmicas internacionais, como (LI *et al*., 2025; (NAJI *et al*., 2024; DU *et al*., 2024; IZBASH; BABAYEV, 2024; AL-SINAN *et al*., 2024; LIANG *et al*., 2024; RANE, 2023; RANE *et al*., 2023). A Figura 1 apresenta a matriz SWOT elaborada, na qual os achados foram organizados em quatro quadrantes, representando as forças internas dos modelos, suas fraquezas operacionais e tecnológicas, além das oportunidades e ameaças externas associadas ao contexto organizacional, tecnológico e regulatório da construção civil.

Figura 1 - Matriz SWOT dos modelos de linguagem aplicados na construção civil



Fonte: Elaboração própria.

Com base na matriz apresentada, os tópicos a seguir detalham cada um dos quadrantes — Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças — que configuram o panorama atual da adoção de modelos de linguagem na ICC.

Forças (*Strengths*)

A aplicação de modelos de linguagem na construção civil apresenta um conjunto expressivo de forças internas, que evidenciam seu potencial para impulsionar a transformação digital do setor. Entre os principais benefícios, destaca-se a capacidade dos LLMs de interpretar linguagem natural com elevada acurácia, permitindo a geração de cronogramas, documentos técnicos e estruturas de atividades de forma automatizada e eficiente.

Os experimentos demonstraram que modelos como GPT-4 e Copilot atingiram elevados índices de precisão matemática e aderência às boas práticas de GP. Estes achados são consistentes com os resultados de Rane (2023), que destacam como a integração de LLMs com ambientes BIM potencializa ganhos operacionais, e de Izbash e Babayev (2024) que reforçam a relevância desses modelos na modernização dos processos construtivos.

Adicionalmente, os LLMs oferecem significativa flexibilidade na adaptação de descrições, comandos e textos técnicos, atributo essencial no setor da construção, que opera com dados frequentemente semiestruturados e documentos técnicos em linguagem natural. Esse aspecto é corroborado por (NAJI *et al*., 2024; DU *et al*., 2024), que destacam a capacidade dos LLMs em integrar diferentes fontes de dados e apoiar tarefas complexas, como a análise de projetos e o planejamento de obras.

Outro aspecto relevante reside na capacidade dos modelos de se integrarem com APIs e plataformas digitais, proporcionando fluxos de trabalho mais ágeis, escaláveis e interoperáveis. Conforme apontam Izbash e Babayev (2024), essa integração é essencial para viabilizar a construção de ambientes digitais robustos no setor AEC.

Assim, entre as principais forças internas destacam-se: Interpretação eficiente de linguagem natural; Geração de cronogramas a partir de texto; Automação de tarefas manuais com redução significativa do tempo operacional; Acurácia elevada nos cálculos e aderência às boas práticas de GP; Flexibilidade para lidar com dados textuais e semiestruturados; e Facilidade de integração com APIs e plataformas digitais.

Fraquezas (*Weaknesses*)

As fraquezas internas associadas à aplicação dos LLMs na construção civil são evidentes, sobretudo no que se refere à dependência da qualidade e estrutura dos dados de entrada. Como observado nos experimentos, a técnica de *One-Shot Learning*, embora eficiente em tarefas simples, é insuficiente para garantir a robustez dos cronogramas quando não são fornecidos dados contextuais detalhados. Esse problema é consistente com as análises de Li *et al*., (2025) e Al-Sinan *et al*., (2024), que alertam para as limitações dos LLMs em tarefas que exigem raciocínio sequencial e processamento lógico profundo. Soma-se a isso a baixa capacidade dos modelos de generalização sem treinamento especializado (*fine-tuning*) em domínios específicos, como a construção civil. Modelos operando sem ajustes direcionados apresentam dificuldades na geração de sequências estruturadas, na correta definição de relações de precedência e na lógica dos cronogramas (NAJI *et al*., 2024; DU *et al*., 2024).

Outro fator limitante é a dependência dos modelos de plataformas privadas, que impõem restrições operacionais, como limites de prompt, tokens e uso de dados. O caso do modelo Claude (Anthropic) ilustra bem essa limitação. Este tipo de dependência, além de comprometer a aplicabilidade dos modelos no contexto real da construção, gera riscos operacionais e de mercado (RANE, 2023; LIANG *et al*., 2024).

Finalmente, as fraquezas se estendem às dificuldades na interoperabilidade dos dados, especialmente na adaptação dos modelos às especificidades dos projetos de construção e aos padrões semânticos existentes, como o *Industry Foundation Classes* (IFC) (DU *et al*., 2024; AL-SINAN *et al*., 2024).

Entre as principais fraquezas destacam-se: Dependência de dados de entrada bem estruturados e de prompts cuidadosamente elaborados; Dificuldade em raciocínio sequencial e lógica de cronogramas sem treinamento especializado; Variação significativa de desempenho entre diferentes modelos de linguagem, dificultando padronização; Limitações na interoperabilidade IA+BIM, devido a padrões semânticos pouco robustos; Dependência de plataformas privadas e restrições operacionais; e Baixa capacidade de adaptação a contextos específicos do setor AEC, sem desenvolvimento de modelos especializados ou ontologias robustas.

Oportunidades (*Opportunities*)

A adoção de modelos de linguagem na construção civil está inserida em um cenário global de transformação digital acelerada, que gera um ambiente favorável para a evolução dos processos produtivos no setor. A pressão crescente por digitalização, sustentabilidade e eficiência operacional,

somada aos avanços nas tecnologias digitais, cria oportunidades estratégicas para a integração de IA, BIM e AM (NAJI *et al*., 2024; IZBASH; BABAYEV, 2024).

Adicionalmente, o avanço das iniciativas de padronização e interoperabilidade, como o fortalecimento do IFC e do OpenBIM, associado ao desenvolvimento de ontologias semânticas específicas para a construção civil, contribui para viabilizar a integração dos LLMs com plataformas BIM e ferramentas digitais (DU *et al*., 2024; RANE *et al*., 2023). A consolidação desses padrões tende a reduzir drasticamente as dificuldades associadas à troca de informações entre softwares, sistemas e modelos de IA, abrindo espaço para aplicações mais robustas, escaláveis e confiáveis.

Soma-se a isso o fato de recentemente, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou um apelo internacional para que o uso da IA seja direcionado não apenas ao ganho de eficiência econômica, mas também à promoção do progresso social, do desenvolvimento sustentável e da inclusão digital (NAÇÕES UNIDAS, 2025). Isso representa uma oportunidade estratégica para o setor da construção se posicionar como protagonista na adoção responsável e ética dessas tecnologias.

Portanto, entre as principais oportunidades externas, destacam-se: Alinhamento com tendências globais de digitalização, sustentabilidade e inovação; Alinhamento de organismos como a ONU; Avanços na IA e LLMs especializados; Integração com BIM e AM; Crescimento dos investimentos públicos e privados na transformação digital do setor AEC; Fortalecimento de padrões abertos como IFC, OpenBIM e ontologias; e Pressão de clientes e órgãos reguladores por práticas mais transparentes, digitais e eficientes.

Ameaças (*Threats*)

As ameaças externas associadas à adoção de LLMs na construção civil estão fortemente ligadas a fatores culturais, regulatórios e operacionais. Uma das principais ameaças reside na resistência cultural do setor à adoção de novas tecnologias, aspecto amplamente documentado na literatura (NAJI *et al*., 2024; IZBASH; BABAYEV, 2024).

Além disso, a deficiência na capacitação técnica das equipes e a escassez de profissionais qualificados para trabalhar na interseção entre IA, BIM e construção civil representam entraves relevantes para a adoção efetiva dessas tecnologias (LIANG *et al*., 2024).

A dependência de plataformas privadas, sujeitas a restrições de uso, custos elevados e controle externo, também configura uma ameaça concreta, como evidenciam RANE, (2023) e Liang *et al*. (2024). O caso do modelo Claude (Anthropic), que não pôde ser testado integralmente devido às limitações no tamanho de prompt na sua versão gratuita, exemplifica essa dependência. Este fator gera riscos

operacionais, de segurança e de continuidade, especialmente em contextos em que os modelos são utilizados para processos críticos.

Soma-se a isso a ausência ou lentidão na formulação de marcos regulatórios específicos para IA na construção civil, gerando insegurança jurídica e dúvidas sobre responsabilidade, privacidade de dados e ética no uso de IA, particularmente em atividades como planejamento, controle de projetos e gestão contratual (RANE, 2023; LIANG *et al*., 2024). Isso é agravado por discussões sobre os riscos éticos, que incluem desde vazamento de dados até a ausência de *accountability* nos processos mediados por IA, especialmente quando os modelos operam como caixa-preta, dificultando a rastreabilidade das decisões.

Finalmente, destaca-se o descompasso entre a velocidade de desenvolvimento das tecnologias de IA e a capacidade das empresas da construção de absorver e adaptar essas inovações, aumentando o risco de adoções superficiais ou ineficazes (DU *et al*., 2024; AL-SINAN *et al*., 2024).

As principais ameaças são: Resistência cultural do setor à adoção de tecnologias emergentes; Deficiência na capacitação técnica dos profissionais da construção; Dependência de plataformas privadas e riscos operacionais associados; Ausência de marcos regulatórios específicos para IA no setor; Riscos éticos, de privacidade e de *accountability* nas aplicações de IA; e Descompasso entre o avanço das tecnologias e a capacidade de absorção tecnológica das empresas.

CONCLUSÃO

Este ensaio investigou o potencial dos LLMs na automação de processos de planejamento na construção civil, com ênfase na geração de cronogramas. Os experimentos realizados evidenciaram que os LLMs são capazes de interpretar descrições textuais e estruturar sequências lógicas de atividades, com alto grau de precisão e aderência às boas práticas de GP. A análise SWOT revelou que as principais forças dos modelos estão relacionadas à automação, flexibilidade semântica e facilidade de integração digital, enquanto as fraquezas apontam para limitações de interoperabilidade com BIM, raciocínio sequencial e adaptação setorial. O estudo também identificou oportunidades vinculadas à transformação digital do setor e ameaças associadas a fatores culturais, regulatórios e técnicos.

Entre as principais limitações deste estudo, destaca-se o uso da técnica de *One-Shot Learning* com um único exemplo base, restringindo a generalização dos resultados para projetos mais complexos. Além disso, não foram testadas integrações diretas com ferramentas BIM, nem considerados fatores como variações culturais e operacionais entre diferentes países ou regiões. Observou-se ainda uma forte dependência da formulação dos prompts, exigindo ajustes refinados e domínio técnico por parte do usuário — limitando a aplicabilidade imediata para usuários com menor familiaridade com a tecnologia. A própria

natureza estocástica dos modelos e a constante atualização das plataformas testadas também introduzem variabilidade, reforçando a necessidade de experimentações contínuas em diferentes contextos.

Recomenda-se que futuras pesquisas avancem na aplicação de técnicas de *Explainable AI* (XAI) com o objetivo de aumentar a transparência e a rastreabilidade das respostas geradas por modelos de linguagem no contexto da construção civil. A incorporação de abordagens explicáveis pode contribuir para que profissionais e gestores compreendam os critérios utilizados pelos modelos na geração de cronogramas, interpretação de dados textuais ou sugestão de sequências de tarefas. Tal estratégia é especialmente relevante em um setor que exige elevados níveis de confiabilidade técnica e clareza nas decisões mediadas por IA.

Como contribuição à formulação de políticas públicas, destaca-se a importância de inserir a digitalização da construção civil em uma agenda mais ampla de desenvolvimento sustentável, em consonância com as diretrizes da ONU para o uso ético e inclusivo da IA. Isso envolve investimentos em capacitação técnica, desenvolvimento de padrões abertos de interoperabilidade, incentivo à pesquisa aplicada e criação de marcos regulatórios que assegurem transparência, segurança e responsabilidade no uso de sistemas automatizados. A promoção de um ecossistema digital ético, aberto e colaborativo pode contribuir para que os benefícios das tecnologias emergentes sejam amplamente compartilhados.

Conclui-se, portanto, que os LLMs representam uma ferramenta promissora para a transformação digital da construção civil, sobretudo quando integrados a tecnologias como o BIM e o AM. Sua aplicação pode promover ganhos significativos em eficiência operacional, redução de desperdícios e maior previsibilidade dos projetos. Contudo, o sucesso dessa transformação depende da articulação entre avanços técnicos, governança digital e ações coordenadas entre academia, setor produtivo e agentes reguladores. Este estudo contribui para essa agenda ao evidenciar tanto os potenciais quanto os limites dos LLMs, oferecendo subsídios para a construção de estratégias mais sólidas no uso de IA na ICC.

REFERÊNCIAS

ABDI. “Guia BIM: 10 Motivos para evoluir para o BIM”. **ABDI** [2020]. Disponível em: <www.abdi.com.br>. Acesso em: 16/01/2025.

AHMADI, E. *et al*. “Transforming Construction Practices with Large Language Models”. **Proceedings of 60th Annual Associated Schools of Construction International Conference**, vol. 5, n. n/a, 2024.

AL HUSAENI, D. F.; NANDIYANTO, A. B. D. “Bibliometric using Vosviewer with Publish or Perish (using google scholar data): From step-by-step processing for users to the practical examples in the analysis of digital learning articles in pre and post Covid-19 pandemic”. **ASEAN Journal of Science and Engineering**, vol. 2, n. 1, 2022.

AL-SINAN, A.; BAKAR, N. A.; MAHMOUD, A.; HASAN, M. "Generation of construction scheduling through machine learning and BIM: A blueprint". **Buildings**, vol. 13, n. 4, 2024.

ANDERSON, J. *et al*. "AI, Robotics, and the Future of Jobs". **Pew Research Center** [2014]. Disponível em: <www.pewresearch.org>. Acesso em: 16/01/2025.

BASTOS, B. B.; SILVA, G. de V.; LIMA, R. P. "Análise bibliométrica da produção científica sobre a relação do meio ambiente com o vetor tecno-ecológico na Amazônia oriental brasileira". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 13, n. 39, 2023.

BISHOP, C. M. **Pattern Recognition and Machine Learning**. New York: Springer, 2006.

BRANCO NETO, W. C. "Estamos ficando burros para os computadores parecerem inteligentes: os perigos da inteligência artificial". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 18, n. 54, 2023.

BRASIL. **Plano Estratégico do Exército 2024-2027**. Brasília: Exército Brasileiro, 2023. Disponível em: <www.eb.mil.br>. Acesso em: 07/02/2025.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília: Ministério da Defesa, 2024. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 07/02/2025.

BRASIL. **Portaria n. 1.122, de 19 de março de 2020**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2020. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 07/02/2025.

BRASIL. **Portaria n. 1.329, de 27 de março de 2020.** Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2020. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 07/02/2025.

CARVALHO, A. N. *et al*. "Lean office no exército brasileiro". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 18, n. 53, 2024.

CAZZANIGA, M. *et al*. **Gen-AI**: Artificial intelligence and the future of work. Washington: International Monetary Fund, 2024.

CBIC. "Fundamentos BIM: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras". **CBIC [**2016]. Disponível em: <www.cbic.org.br>. Acesso em: 16/01/2025.

CBIC. "Implementação BIM: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras". **CBIC [**2016]. Disponível em: <www.cbic.org.br>. Acesso em: 16/01/2025.

DAVENPORT, T. *et al*. **Working with AI**: Real Stories of Human-Machine Collaboration. Cambridge: The MIT Press, 2022.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. **O planejamento da pesquisa qualitativa**: teorias e abordagens. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DU, S. *et al*. "BIM and IFC Data Readiness for AI Integration in the Construction Industry: A Review Approach". **Buildings**, vol. 14, n. 10, 2024.

DUKE, S. "Working with AI: Real Stories of Human-Machine Collaboration". **Journal of Ethics and Emerging Technologies**, vol. 32, n. 1, 2022.

EASTMAN, C. *et al*. **BIM Handbook**: A Guide to *Building Information Modeling* for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken: Wiley, 2011.

ELLINGRUD, K. *et al*. "Generative AI and the Future of Work in America". **McKinsey Global Institute**, vol. 34, 2023.

EVENSON, S. "Generative AI Needs Designers". **LinkedIn Pulse** [2023]. Disponível em: <www.linkedin.com>. Acesso em: 12/02/2025.

FEI-FEI, L. *et al*. "One-Shot Learning of Object Categories". **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, vol. 28, n. 4, 2006.

FERREIRA, S. *et al*. "Validação de um chatbot para o cuidado em saúde". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 18, n. 53, 2024.

FIESP. "Burocracia na Construção: o custo da ineficiência nos processos". **FIESP** [2023]. Disponível em: <www.abrainc.org.br>. Acesso em: 30/01/2025.

FINN, C. *et al*. "Model-Agnostic Meta-Learning for Fast Adaptation of Deep Networks". **arXiv Preprint**, n. 1, 2017.

GODOY, A. S. "Pesquisa qualitativa: Tipos Fundamentais". **Revista de Administração de Empresas**, vol. 35, n. 3, 1995.

GOMES, C. F. *et al*. "Transformação digital na justiça militar: desafios e oportunidades da inteligência artificial". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 17, n. 51, 2023.

HANNA, A. *et al*. "Interests of the future: An integrative review and research agenda for an automated world of work". **Journal of Vocational Behavior**, vol. 152, n. 104012, 2024.

HOSPEDALES, T. M. *et al*. "Meta-Learning in Neural Networks: A Survey". **arXiv Preprint**, n. 1, 2020.

ISO – International Organization for Standardization. **ISO 19650-1**: 2018 - Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Information management using *Building Information Modeling* – Part 1: Concepts and principles. Genebra: ISO, 2018. Disponível em: <www.iso.org>. Acesso em: 16/01/2025.

IZBASH, Y.; BABAYEV, V. "Digital Evolution in AEC industry: Bridging BIM, Building Codes, and Future Technologies". **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, vol. 1376, n. 1, 2024.

JARRAHI, M. H. *et al*. "Artificial intelligence in the work context". **Journal of the Association for Information Science and Technology**, vol. 74, n. 3, 2023.

JEON, J. *et al*. "The Ethics of Generative AI in Social Science Research: A Qualitative Approach for Community-Based AI Research Ethics". **SSRN Electronic Journal**, n. 4784555, 2024.

JING, L. *et al*. "Self-Supervised Visual Feature Learning With Deep Neural Networks: A Survey". **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, vol. 43, 2019.

KOCH, G. *et al*. "Siamese Neural Networks for One-Shot Image Recognition". **Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning**, vol. 37, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

LI, X. *et al*. "Unlocking the planning capabilities of large language models with maximum diversity fine-tuning". **Proceedings of the 2025 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics**. Albuquerque: NAACL, 2025.

LIANG, C. *et al*. "Ethics of artificial intelligence and robotics in the architecture, engineering, and construction industry". **Automation in Construction**, vol. 162, 2024.

LIMA, L. A. *et al*. "Saúde mental e esgotamento profissional: um estudo qualitativo sobre os fatores associados à síndrome de burnout entre profissionais da saúde". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 16, n. 47, 2023.

LUCENA FILHO, R. B. *et al*. "Blockchain e sua influência na qualidade das informações contábeis: uma análise bibliométrica". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 21, n. 61, 2025.

McCARTHY, J. *et al*. **Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence**. Stanford: Stanford University, 1969.

MITCHELL, T. M. **Machine Learning**. New York: McGraw-Hill, 1997.

MULLER, R. *et al*. "Artificial Intelligence and Project Management: Empirical Evidence on the Art, and Guidelines for Future Research". **Project Management Journal**, vol. 23, 2024.

NAÇÕES UNIDAS. "Nações Unidas lançam apelo global para que Inteligência Artificial seja empregada para avançar o progresso social". **ONU Brasil** [2025]. Disponível em: <www.brasil.un.org>. Acesso em: 20/06/2025.

NAJI, K. *et l. "*A Systematic Review of the Digital Transformation of the Building Construction Industry". **IEEE Access**, vol. 12, 2024.

NENNI, M. E. *et al*. "How artificial intelligence will transform project management in the age of digitization: a systematic literature review". **Management Review Quarterly**, vol. 0, 2024.

NILSSON, N. J. **Principles of Artificial Intelligence**. Palo Alto: Morgan Kaufmann Publishers, 1980.

PRIETO, S. *et al*. "Investigating the Use of ChatGPT for the Scheduling of Construction Projects". **Buildings**, vol. 13, n. 857, 2023.

PUBLISH OR PERISH. "Publish or Perish". **Harzing** [2023]. Disponível em: <www.harzing.com>. Acesso em: 25/02/2025.

RANE, N. "Role of ChatGPT and Similar Generative Artificial Intelligence (AI) in Construction Industry". **SSRN Electronic Journal**, vol. 24, 2023.

RANE, N. *et al*. "Integrating Building Information Modelling (BIM) With ChatGPT, Bard, and Similar Generative Artificial Intelligence in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: Applications, a Novel Framework, Challenges, and Future Scope". **SSRN** [2023]. Disponível em: <www.ssrn.com>. Disponível em: 12/03/2025.

RAZA, M. S. *et al*. "Potential features of *Building Information Modeling* (BIM) for application of project management knowledge areas in the construction industry". **Heliyon**, vol. 9, n. 9, 2023.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence**: A Modern Approach. Harlow: Pearson Education, 2021.

SÁNCHEZ-GARRIDO, A. J. *et al*. "A systematic literature review on modern methods of construction in building: An integrated approach using machine learning". **Journal of Building Engineering**, vol. 73, n. 106725, 2023.

SILVA, L. S. P.; AMÉRICO, M. "Políticas públicas de combate às fake news aplicadas no Brasil". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 19, n. 55, 2023.

SINGH, A. *et al*. "Prospects of integrating BIM and NLP for automatic construction schedule management". **Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction**, vol. 40, 2023.

VINYALS, O. *et al*. "Matching Networks for One Shot Learning". **Proceedings of the 30th Conference on Neural Information Processing Systems**, vol. 30, 2016.

WAQAR, A. "Intelligent decision support systems in construction engineering: An artificial intelligence and machine learning approaches". **Expert Systems with Applications**, vol. 249, 2024.

YE, Z. *et al*. "*Building Information Modeling* (BIM) in project management: a bibliometric and science mapping review". **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 31, n. 2, 2024.

ZABALA-VARGAS, S. *et al*. "Big Data, Data Science, and Artificial Intelligence for Project Management". **Journal of Engineering and Construction Industry: Advances Review**, vol. 13, n. 12, 2023.

BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VII | Volume 23 | Nº 67 | Boa Vista|2025

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima