



A utilização da análise de dados para a tomada de decisão na gestão inteligente de obras civis: uma análise crítica sob a revisão de literatura

The use of data analysis for decision making in the intelligent management of civil works: a critical analysis based on the literature review

SCHIAVON, Giovanni Luigi F.¹; FIGUEIREDO, Karoline Vieira²; PAGANI, Regina Negri³
schiavon_rs@hotmail.com¹; karolinefigueiredo@poli.ufrj.br²; reginapagani@utfpr.edu.br³

¹Especialização em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis, NPPG/Poli/UFRJ

²DSc. em Engenharia Ambiental, NPPG/Poli/UFRJ

³DSc. em Engenharia de Produção, PPGE/UTFPR

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Gestão inteligente de obras

Análise de dados

Smart Cities

Key words:

Intelligent construction

management:

Data analysis;

Smart Cities.

Resumo:

A tomada de decisão na gestão de obras civis é complexa e requer a ciência por parte do gestor de uma série de dados que convertidos em informações, são cruciais para o sucesso de um empreendimento. O objetivo deste estudo é examinar e discutir os padrões, lacunas e tendências na pesquisa de análise de dados para tomada de decisão na gestão de obras civis inteligentes. Para isto, foi realizada uma revisão integrativa de literatura a partir de um portfólio robusto de artigos, que abrange uma ampla gama de pesquisas, desde estudos de caso até revisões de literatura da temática aplicada a Smart Cities. Os temas “smart cities”, “gerenciamento inteligente de obras civis” e “análise de dados” estão altamente no foco do campo de pesquisa. Os resultados indicam que a gestão inteligente na construção civil traz benefícios significativos para o setor, incluindo aumento da eficiência, redução de custos, melhorias na qualidade das obras, aumento da segurança dos trabalhadores e contribuição para a sustentabilidade.

Abstract

The aim of this study is to examine and discuss the patterns, gaps and trends in data analysis research for decision making in the management of intelligent civil works. A bibliometric search was performed on 240 articles obtained from the Web of Science and Scopus databases. Of these articles, 95 were used in the subsequent scientometric analysis and mapping to narrate the evolution of the research object. The studies discussed in the article cover a wide range of research, from case studies to literature reviews of the theme applied to Smart Cities. The themes “smart cities”, “intelligent management of civil works” and “data analysis” are highly in the focus of the research field. The results indicate that intelligent management in civil construction brings significant benefits to the sector, including increased efficiency, cost reduction, improvements in the quality of works, increased worker safety and contribution to sustainability.

1. Introdução

A necessidade de melhorar a produtividade da construção é necessária pela importância da construção ou desenvolvimento de infraestrutura para o crescimento econômico e a notória ineficiência de conversão de recursos em produtos na indústria [4]. Segundo Bragatto, Ansaldi e Mennutti [5], a transformação atual na indústria da construção descreveu a capacidade de usar dados e tecnologias digitais para aumentar as operações de construção para melhorar a eficiência como uma construção inteligente. Ainda, Gbadamosi *et al.* [4] garantem que o conceito de construção inteligente oferece uma transição dos métodos tradicionais de construção para a fabricação por meio do aumento do uso de componentes padronizados e fabricação externa.

A relação entre a gestão de obras e a inovação é significativa e pode desempenhar um papel crucial no sucesso de projetos civis. Uma vez que a gestão de obras se refere ao planejamento, coordenação e controle de todas as atividades envolvidas na execução de um projeto de construção, desde a fase de concepção até a conclusão, a inovação, por sua vez, envolve a introdução de novas ideias, processos, tecnologias ou abordagens que resultam em melhorias significativas em termos de eficiência, qualidade, segurança ou sustentabilidade. Com a taxa exponencial de inovação em dispositivos de computação, tecnologias de comunicação e aplicações tecnológicas, o mundo está se desenvolvendo rapidamente e fazendo uso cada vez maior de tecnologias inteligentes. Para Edirisinghe [1], essa mudança de paradigma ocorreu da computação móvel para a computação pervasiva e depois para as tecnologias inteligentes com inteligência incorporada.

Aplicações genéricas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) já aparecem em muitas áreas da indústria da construção. Tais aplicações incluem automação de recursos humanos e gestão do conhecimento, classificação de documentos, engenharia digital para produtividade do trabalho, além de

visualização de dados de gerenciamento de construção [2].

Para Stefanic e Stankovski [3], o triunvirato de *internet of things* (IoT), *artificial intelligence* (AI) e tecnologias de nuvem oferece novas oportunidades para o desenvolvimento de novas aplicações em muitos domínios no setor produtivo.

Nesse contexto, a análise de dados é uma importante ferramenta na gestão de obras civis. Ao coletar, organizar, integrar e analisar dados, os gerentes de obras podem obter informações valiosas sobre o progresso da obra, identificar possíveis problemas e tomar decisões informadas para melhorar a eficiência e a qualidade da construção.

A análise de dados pode ajudar os gerentes de obras a monitorar o progresso da obra, identificar atrasos e problemas e otimizar o uso de recursos. Além disso, a análise de dados pode ser usada para prever possíveis problemas futuros, como falhas em equipamentos ou mudanças climáticas, e permitir que a equipe de gestão de obras tome medidas para evitá-los. A análise de dados também pode ser usada para tomar decisões bem fundamentadas, permitindo que os gerentes de obras identifiquem as áreas que precisam de melhorias e implementem mudanças para tornar o processo de construção mais eficiente e eficaz. Além disso, a análise de dados pode ser usada para medir o desempenho da obra, identificar pontos de melhoria e ajudar a equipe de gestão de obras a implementar mudanças contínuas.

Em suma, a análise de dados pode fornecer informações valiosas para os gerentes de obras, fornecendo uma visão mais clara e precisa da situação da obra, permitindo que eles tomem decisões informadas e baseadas em fatos para melhorar a eficiência e a qualidade da construção.

2 Revisão da Literatura

2.1. Gerenciamento de obras e seu estado da arte

As tecnologias inteligentes estão progredindo cada vez mais e as cidades inteligentes podem se tornar mais inteligentes aumentando a conectividade e as interações dos humanos, do meio-ambiente e dos dispositivos inteligentes. Vale destacar, porém, que para Shirowzhan, Tan e Sepasgozar [8], embora a conectividade e a eficiência das cidades inteligentes sejam importantes, a análise do impacto do desenvolvimento da construção e dos grandes projetos na cidade é crucial para os gestores e formuladores de políticas e decisões, antes que o projeto seja aprovado.

Albino, Berardi e Dangelico [9] afirmam que a parte tecnológica de uma cidade inteligente se refere ao uso de sistemas de informação para planejamento, controle e gerenciamento de infraestrutura. Recentemente, uma ampla gama de ferramentas e aplicativos foi introduzida para facilitar a implementação de cidades inteligentes e capturar o comportamento do usuário de diferentes perspectivas gerenciais [10]. Como parte do metabolismo das cidades inteligentes, a construção civil segue nessa mesma linha, pois, para Ozturk [11], a interoperabilidade é a chave para a implementação suave e robusta de sistemas digitais. Sistemas inteligentes interativos otimizam a utilização do conhecimento para melhores sistemas e processos, criam tomadas de decisão mais assertivas e automatizadas, melhoram a segurança, a comunicação de dados, além de aumentar a produção e reduzir gargalos e atividades desnecessárias. Além disso a digitalização da indústria da construção está revolucionando o planejamento, projeto, construção, operação e o gerenciamento de instalações e estruturas.

De acordo com Jia, Komeily e Wang [12], do ponto de vista operacional, o progresso atual para o desenvolvimento de edifícios, comunidades e cidades inteligentes pode ser descrito como isolado e segmentado em termos de integração de tecnologia e desenvolvimento de aplicativos, principalmente devido às atuais limitações de aplicativos de *Internet of Things* (IoT) e redes

de sensores em edifícios, cidades e infraestruturas que não são perfeitamente unificadas. Para Hui, Sheratt e Sánchez [13], é amplamente aceito que o uso de novas tecnologias seja um pré-requisito fundamental para alcançar a realização de construções inteligentes, que incluem, mas não se limitam a implantação de sensores, engenharia e análise de big data, nuvem e névoa computação, desenvolvimento de engenharia de software e algoritmos de interação humano-computador, etc.

Afirmam Jia, Komeily e Wang [12], que a arquitetura da IoT é criada para equipar todos os objetos com recursos de identificação, detecção, rede e processamento, para que esses objetos possam trocar e compartilhar informações entre si e desenvolver serviços avançados pela Internet. Assim, a interconexão facilita ainda mais uma visão mais profunda de sistemas complexos, fornece recursos dinâmicos de tomada de decisão sensíveis ao contexto e garante autonomia inteligente.

Por outro lado, a colaboração de áreas de pesquisa como a engenharia civil ou tecnologia da construção também se faz necessária para identificar os problemas e desafios que seriam resolvidos ou melhorados com o uso da IoT e, consequentemente, facilitar a adaptabilidade da IoT em construções civis inteligentes. Além disso, a pesquisa sobre a aplicação da IoT pode descobrir mais problemas potenciais e direções de pesquisa no desenvolvimento da IoT, tanto do lado tecnológico quanto metodológico.

Edirisinghe [1] afirma que as tecnologias projetadas para a indústria da construção precisam atender às condições dinâmicas do projeto, atividades de construção amplamente dispersas, estruturas organizacionais heterogêneas, questões de proximidade geográfica e organizacional, locais de mudança dos trabalhadores da construção e assim por diante. Stefanic e Stankovski [3] compartilham que o desenvolvimento de aplicativos inteligentes nas diversas áreas do gerenciamento de canteiro de obras requer a integração de recursos físicos e de *softwares*

complexos, desde sensores e câmeras até *software* para processamento de séries temporais e fluxos de vídeo, métodos de Inteligência Artificial para extração de recursos, fusão de dados e *software* de visualização. Além disso, são necessárias ferramentas específicas para o gerenciamento de propriedades não funcionais de aplicativos, incluindo confiabilidade, segurança e privacidade de dados.

A indústria da construção está mudando de métodos intensivos de mão-de-obra para métodos baseados em dados. Esse método, segundo Xu *et al.* [14], emprega diversas tecnologias inteligentes para realizar a percepção de informações em tempo real, a colaboração e envolvimento de vários participantes e as decisões inteligentes de gerenciamento no local da obra.

2. Metodologia

No presente estudo, foi utilizada a metodologia *Methodi Ordinatio*. Essa metodologia nasceu da necessidade de qualificar os artigos obtidos em uma revisão bibliográfica sistemática [6] [7]. A metodologia utiliza a equação *InOrdinatio* (1) que aplica três fatores importantes a serem considerados em um artigo científico: fator de impacto (JCR), ano de publicação do artigo e o número de citações que o artigo obteve até a pesquisa a ser realizada.

$$\text{InOrdinatio} = (\text{IF}/1000) + \alpha * [10 - (\text{Research Year} - \text{Publication Year})] + (\text{Ci}) \quad (1)$$

Onde:

- F: fator de impacto do artigo (JCR);
- α : fator de ponderação que varia de 1 a 10;
- *Research Year*: ano em que a pesquisa foi desenvolvida;
- *Publication Year*: ano em que o documento foi publicado;
- Ci: número de vezes que o artigo foi citado até o momento da pesquisa.

Assim, os artigos utilizados como referências para o presente estudo têm as maiores pontuações em termos de fator de impacto, ano de publicação e número de citações. As buscas foram realizadas nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, não havendo recorte temporal. As buscas totalizaram 240 resultados, com 18 diferentes cruzamentos de palavras-chave. Em seguida, na filtragem de dados, foram selecionados documentos de pesquisa do tipo artigos de revisão e artigos de pesquisa.

O processo de construção do portfólio foi baseado nas etapas propostas por Pagani, Kovaleski e Resende [6] [7] e estão detalhadas a seguir:

Etapas 1: De acordo com a intenção da pesquisa, foram definidas algumas possíveis palavras-chave e realizada a pesquisa. A partir disso, foram definidas as principais palavras-chave que serviram de eixo para nortear a pesquisa conforme Anexo A.

Etapas 2: As bases de dados selecionadas para a pesquisa foram *Scopus* e *Web of Science*. Mais de uma base de dados foi utilizada para retornar o maior número possível de artigos.

Etapas 3: As configurações de busca para cada base de dados foram:

Scopus: Pesquisa por tópico, filtrando por documentos como artigos de revisão, sem recorte temporal e com uso do operador booleano (*) no final das palavras.

Web of Science: Pesquisa por tema, filtrando documentos como artigos de revisão, sem recorte temporal e com o uso do operador booleano (*) no final das palavras.

Etapas 4: Realizar a pesquisa final e computar os resultados obtidos. Resultaram 240 documentos.

Etapas 5: Foi realizado o processo de filtragem dos artigos, excluindo trabalhos duplicados, livros, capítulos de livros, documentos de conferências e trabalhos com temas alheios ao tema central desta pesquisa. Logo, resultaram 95 artigos úteis para utilização no presente estudo, conforme ilustra o Anexo A.

Etapa 6: O fator de impacto (Fi) utilizado para julgar a relevância do periódico foi o JCR (*Journal Citation Reeport*). O peso α atribuído foi 10, devido à importância dos estudos mais recentes para esta pesquisa.

Etapa 7: Aplicação da Equação 1, denominada InOrdinatio [7].

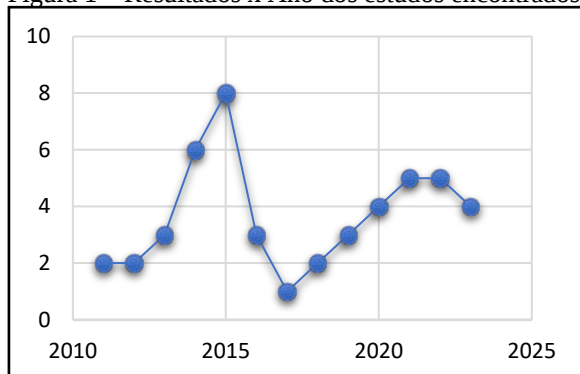
Etapa 8: A última etapa é definida pela composição final do portfólio de artigos a serem analisados, ao JCR das revistas onde foram publicados, número de citações e ano de publicação. Documentos duplicados foram verificados e excluídos, bem como documentos que não estavam alinhados com o tema estudado. Assim, restaram 95 trabalhos para compor a revisão deste estudo. Além do fato de o presente estudo contar com esses artigos para estruturar seu referencial teórico, as referências bibliográficas relevantes dessas obras não foram ignoradas, a fim de complementar o referencial do estudo.

3. Resultados

3.1 Análise da literatura

Conforme levantamento bibliométrico, foi possível encontrar diversas tecnologias inteligentes empregadas no gerenciamento de obras, conforme mostra também o Quadro 1 no Anexo B. Verificou-se que os estudos estão concentrados entre os anos de 2011 e 2023, sendo o ano de 2015 o mais frequente, com oito resultados e o ano de 2017 o menos frequente, com apenas um estudo encontrado, de acordo com a Figura 1.

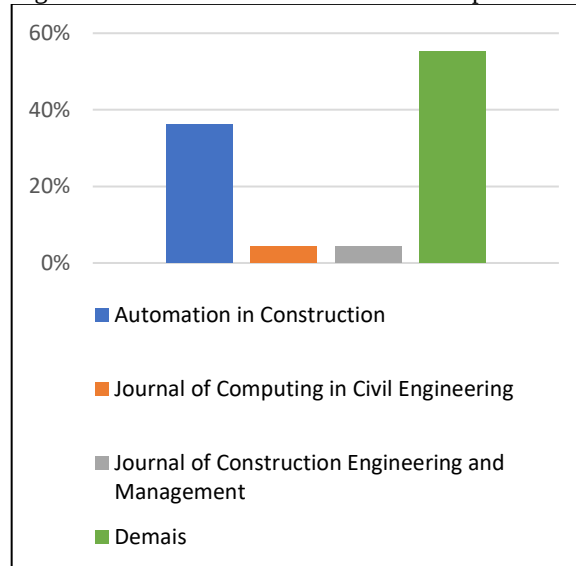
Figura 1 – Resultados x Ano dos estudos encontrados



Fonte: O autor (2023)

Foi verificada também uma grande disparidade em relação às revistas onde os estudos foram publicados, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Revistas onde os estudos foram publicados



Fonte: O autor (2023)

É possível analisar que, de um total de 29 diferentes revistas onde os estudos foram publicados, a revista *Automation in Construction* aparece com a maior concentração de estudos, cerca de 36% (17 publicações), enquanto a revista *Journal of Computing in Civil Engineering* e a *Journal of Construction Engineering and Management* aparecem em segundo lugar com 4% dos estudos (duas publicações cada) e as demais 26 revistas com aproximadamente 2%, cada uma, dos estudos encontrados. Realizou-se também o levantamento das palavras-chave utilizadas nos artigos selecionados para este estudo. Sabe-se que as palavras-chave expõem a abrangência de um assunto e seus conceitos principais, que se podem revelar úteis para a categorização de textos ou indexação em mecanismos de pesquisa. O Anexo C ilustra as palavras-chave com maior ocorrência nos estudos selecionados.

Os termos BIM (*Building Information Modeling*), *Digital Twin* e *Smart City* obtiveram a maior destaque, cada um com três ocorrências, seguidos dos termos *Augmented Reality*, *Construction* e *Construction*

Management, com duas ocorrências cada. Os demais termos obtiveram uma ocorrência cada apenas. Verifica-se então uma maior ocorrência de termos voltados à tecnologia digital computacional, segmento este que visa dar assistência a engenheiros e arquitetos na concepção de projetos civis.

Ao analisar os 95 estudos, foi possível verificar que somente 25 são estudos de caso, como mostra o Quadro 2 no Anexo D e que esses estudos de caso possuem forte tendência de pesquisa na área de Gerenciamento de Projetos e Planejamento da Construção, como ilustra a Figura 6 (Anexo E).

Também foi possível distribuir esses estudos de caso em oito áreas de concentração de estudos, sendo elas: Análise de Estruturas, Gerenciamento de Manutenção Preditiva, Gerenciamento de Projetos, Gestão de Resíduos Sólidos, Planejamento da Construção, Planejamento Financeiro, Relacionamento com o Cliente, Saúde e Segurança no Trabalho.

4.2. Discussão dos Resultados

Muito embora não exista ainda um volume expressivo de estudos no que tange o gerenciamento inteligente de canteiros de obras, constata-se que, com o rápido crescimento e desenvolvimento de tecnologias emergentes, a indústria da construção civil está evoluindo de métodos intensivos em mão-de-obra para métodos baseados em análise inteligente de dados.

No entanto, a análise inteligente de dados já está dentro do canteiro de obras e tem atraído cada vez mais o interesse e aplicações na indústria da construção no mundo todo. Para destacar os benefícios desse fenômeno para a construção civil moderna, especificamente para a área de Gerenciamento de Projetos, um número expressivo de aplicações e pesquisas tem sido realizado e publicado nos últimos anos. Alguns autores se concentram nos benefícios que a modelagem BIM proporciona [15] [16] [17], outros focam nas questões técnicas relacionadas à construção civil [11] [14] [17]. Portanto, vários efeitos associados ao gerenciamento

inteligente de obras civis foram relatados, como análise de deformações estruturais via dispositivo sem fio [18], gestão de resíduos sólidos [19], utilização de gêmeos digitais [8], seleção e contratação de profissionais via Electre III [20], criação de ferramentas digitais que auxiliam no feedback do cliente [21], soluções arquitetônicas para prevenção de fatalidades em canteiros de obras [22], entre outros.

Percebe-se também que o canteiro de obras com gestão inteligente não é apenas um canteiro tradicional equipado com tecnologias de informação, mas sim um novo modo de analisar e entender o gerenciamento e a engenharia da construção civil sob os aspectos da inovação e da melhor performance de produtividade. Dessa forma, pode-se afirmar que, embora um canteiro de obras possua diversos componentes referentes ao conceito de Indústria 4.0 como *big data*, *internet of things*, robótica, sistemas autônomos e segurança cibernética de dados, isso ainda não o define como um canteiro de obras inteligente. Pois é o gerenciamento inteligente de todas essas tecnologias e análise de dados que torna, de fato, um canteiro de obras inteligente.

Esse conceito fica ainda mais evidente quando os autores [11,14,17] constatarem que um dos principais benefícios do gerenciamento inteligente dos canteiros de obras é a utilização de soluções tecnológicas que permitem uma visão abrangente e em tempo real de todas as operações. Por meio de sensores, câmeras e dispositivos conectados, é possível monitorar o andamento das atividades, coletar dados relevantes e obter informações precisas sobre o progresso do projeto. Logo, com base nesses dados, é possível tomar decisões mais embasadas e implementar medidas corretivas de forma ágil, reduzindo o tempo de resposta a problemas e imprevistos. Além disso, a tecnologia permite a automação de certas tarefas, como o controle de equipamentos e o gerenciamento de estoques, o que aumenta a eficiência e reduz erros e desperdícios.

Darcie e Rodello [21] em seu estudo, também atribuem ao uso de tecnologias como *internet of things* e de sistemas de comunicação sem fio, a possibilidade de uma melhor coordenação e comunicação entre as equipes no canteiro. Isso facilita o compartilhamento de informações importantes, a coordenação de tarefas e a identificação rápida de possíveis conflitos ou gargalos.

Também nos estudos de Agüero, Maharjan e Rodriguez [18] e de Darcie e Rodello [21], embora sejam estudos com temáticas centrais distintas entre si, revelam a ideia comum de que a aplicação de técnicas de análise de dados e inteligência artificial pode proporcionar insights valiosos para o gerenciamento de canteiros de obras. Através da análise de padrões e tendências, é possível identificar áreas de melhoria, prever possíveis problemas e otimizar o planejamento e alocação de recursos. Isso contribui para a tomada de decisões mais informadas e para a redução de riscos no projeto.

Há de se frisar que a redução de riscos também é verificada no que tange à segurança do indivíduo operante no canteiro de obras. Kanan, Elhassan e Bensalem [22] discorrem que, através da implementação de sensores e sistemas de monitoramento, é possível identificar riscos de segurança em tempo real, como áreas perigosas, presença de materiais tóxicos ou situações de risco de acidentes. Segundo os autores, isso permite a implementação de medidas preventivas e ações corretivas imediatas, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro para os trabalhadores.

Em suma, a gestão inteligente dos canteiros de obras através da análise de dados é uma abordagem que tem o potencial de transformar a maneira como os projetos de construção são planejados, executados e gerenciados, trazendo resultados positivos para todas as partes envolvidas. Além de ter capacidade de analisar holisticamente diferentes perspectivas para tomar decisões gerenciais assertivas, é fundamental que os

gestores de projetos e obras estejam atualizados, ambientados e capacitados a operar e traduzir os dados gerados pelo arcabouço tecnológico empregado, tanto no canteiro de obras quanto na concepção dos projetos.

4. Considerações finais

No presente estudo foi possível verificar que a gestão inteligente na construção civil desempenha um papel fundamental na melhoria da eficiência, produtividade e sustentabilidade dos projetos. Ela se baseia na aplicação de tecnologias e estratégias inovadoras para otimizar o planejamento, execução e controle de empreendimentos.

Constatou-se que uma das principais vantagens da gestão inteligente na construção civil é a utilização de sistemas integrados que permitem uma visão global e em tempo real de todas as etapas do projeto. Isso proporciona uma melhor coordenação entre equipes, reduzindo o retrabalho e os custos associados a erros e atrasos.

Ao mesmo passo, a gestão inteligente também se apoia em tecnologias como *internet of things*, que permite o monitoramento e controle remoto de equipamentos, sensores e dispositivos, facilitando a detecção de falhas e a manutenção preventiva. Além disso, a utilização de sensores e dispositivos conectados permite a coleta de dados em tempo real, que podem ser analisados para identificar padrões, otimizar processos e tomar decisões mais embasadas.

Outra área em que a gestão inteligente se destaca é na sustentabilidade. Através da implementação de soluções inteligentes, é possível reduzir o consumo de recursos naturais, como energia e água, e minimizar os impactos ambientais. Isso pode ser alcançado por meio da utilização de sistemas de automação e controle de energia, iluminação eficiente, gerenciamento de resíduos e materiais sustentáveis.

Além disso, a gestão inteligente na construção civil contribui para a segurança dos

trabalhadores e a qualidade das obras. Através da implementação de sistemas de monitoramento, é possível identificar situações de risco em tempo real, prevenir acidentes e garantir o cumprimento das normas de segurança. Além disso, a análise de dados e a utilização de modelos virtuais permitem a identificação de possíveis problemas e falhas de projeto antes mesmo do início da construção, possibilitando ajustes e melhorias.

Por fim, conclui-se que a gestão inteligente na construção civil traz benefícios significativos para o setor, incluindo aumento da eficiência, redução de custos, melhorias na qualidade das obras, aumento da segurança dos trabalhadores e contribuição para a sustentabilidade. A aplicação de tecnologias e estratégias inteligentes ainda possibilita um maior controle e conhecimento sobre os processos construtivos, levando a melhores resultados globais.

5. Agradecimentos

Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Brasil (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. Referências

- [1] EDIRISINGHE, R. *Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site*. Engineering, Construction and Architectural Management, 26(2), 184-223, 2019.
- [2] POIRIER, E. A., STAUB-FRENCH, S., FORGUES, D. *Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research*. Automation in construction, 58, 74-84, 2015.
- [3] ŠTEFANIČ, M., STANKOVSKI, V. *A review of technologies and applications for smart construction*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering, 1–5, 2018.
- [4] GBADAMOSI, A. Q., OYEDELE, L., MAHAMADU, A. M., KUSIMO, H., OLAWALE, O. *The role of internet of things in delivering smart construction*, 2019.
- [5] BRAGATTO, P., ANSALDI, S.M. and MENNUTI, C. *Improving safety of process plants, through smart systems for critical equipment monitoring*. Chemical Engineering Transactions. 67 pp.49-54, 2018.
- [6] PAGANI, R., KOVALESKI, J., e RESENDE, L. *Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication*. Scientometrics, 1–27, 2015.
- [7] PAGANI, R., KOVALESKI, J., e RESENDE, L. *Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura*. Ciência da Informação. 46, 2018.
- [8] SHIROWZHAN, S., TAN, W., SEPASGOZAR, S. M. *Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(4), 240, 2020.
- [9] ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R.M. *Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives*. J. Urban Technol, 22, 3–21, 2015.
- [10] SEPASGOZAR, S.; DAVIS, S.; LOOSEMORE, M.; BERNOLD, L. *An investigation of modern building equipment technology adoption in the Australian construction industry*. Eng. Constr. Arch. Manag. 2018, 25, 1075–1091.
- [11] OZTURK, G. B. *Digital twin research in the AECO-FM industry*. Journal of Building Engineering, 40, 102730, 2021.

- [12] JIA, M., KOMEILY, A., WANG, Y., e SRINIVASAN, R. S. *Adopting Internet of Things for the development of smart buildings: A review of enabling technologies and applications*. Automation in Construction, 101, 111–126, 2019.
- [13] HUI, T.K., SHERRATT, R.S., SÁNCHEZ, D.D., *Major requirements for building smart homes in smart cities based on internet of things technologies*, Futur. Gener. Comput. Syst. 358–369, 2017.
- [14] XU, M., NIE, X., LI, H., CHENG, J. C., MEI, Z. *Smart construction sites: A promising approach to improving on-site HSE management performance*. Journal of Building Engineering, 49, 104007, 2022.
- [15] XUE, F., WU, L., LU, W. *Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review*. Advanced Engineering Informatics, 47, 101245, 2021.
- [16] ROHIL, M. K., ASHOK, Y. *Visualization of urban development 3D layout plans with augmented reality*. Results in Engineering, 14, 100447, 2022.
- [17] LIU, H., HAN, S., ZHU, Z. *Blockchain Technology toward Smart Construction: Review and Future Directions*. Journal of Construction Engineering and Management, 149(3), 03123002, 2023.
- [18] AGUERO, M., MAHARJAN, D., RODRIGUEZ, M. D. P., MASCARENAS, D. D. L., MOREU, F. *Design and implementation of a connection between augmented reality and sensors*. Robotics, 9(1), 3, 2020.
- [19] TSAI, F. M., BUI, T. D., TSENG, M. L., LIM, M. K., TAN, R. R. *Sustainable solid-waste management in coastal and marine tourism cities in Vietnam: A hierarchical-level approach*. Resources, Conservation and Recycling, 168, 105266, 2021.
- [20] CHEN, X., WANG, H. H., TIAN, B. *Visualization model of big data based on self-organizing feature map neural network and graphic theory for smart cities*. Cluster Computing, 22, 13293–13305, 2019.
- [21] DARCIE, A. M., RODELLO, I. *Ferramentas Computacionais na Gestão de Relacionamento com o Cliente: Estudo Sobre as Motivações e Problemas para Implementação em uma Empresa do Ramo da Construção Civil*. Revista ENIAC Pesquisa, 11(2), 332–355, 2022.
- [22] KANAN, R., ELHASSAN, O., BENSALAM, R. *An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies*. Automation in Construction, 88, 73–86, 2018.

ANEXO A

Figura 1 - Filtragem de documentos

Base de Dados	Key Words	Results	Total Parcial	Total	Corte 1 (Livros, capítulos de livro, temas alheios à pesquisa e conferências)	Corte 2 (títulos duplicados)	Total de Artigos a Serem Utilizados no Estudo
Web of Science	"smart cities" and "civil construction"	4	68	240	121 cortes	24 cortes	95
Web of Science	"smart cities" and "civil management"	0					
Web of Science	"smart cities" and "construction management"	14					
Web of Science	"smart cities" and "construction planning"	4					
Web of Science	"smart cities" and "works control"	1					
Web of Science	"civil construction" and "data analysis"	8					
Web of Science	"civil construction" and "decision making"	37	133				
Scopus	"smart cities" and "civil construction"	7					
Scopus	"smart cities" and "civil management"	0					
Scopus	"smart cities" and "construction management"	43					
Scopus	"smart cities" and "construction planning"	13					
Scopus	"smart cities" and "works control"	1					
Scopus	"civil construction" and "data analysis"	16	39				
Scopus	"civil construction" and "decision making"	53					
Scopus	"data driven" and "civil construction"	2					
Scopus	"data driven" and "construction sector"	14					
Scopus	"data driven" and "construction management"	21					
Scopus	"data driven" and "smart construction"	2					

Fonte: O autor (2023)

ANEXO B

Quadro 1 – Resultado bibliométrico dos estudos referentes a tecnologias inteligentes para gerenciamento de obras

Authors	Article	Journal	Year
Li, J., Greenwood, D. and Kassem, M.	Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases	Automation in Construction	2019
Kanan, R., Elhassan, O. and Bensalem, R.	An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies	Automation in Construction	2018
Shirowzhan, S., Tan, W. and Sepasgozar, S.M.E.	Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities	ISPRS International Journal of Geo-Information	2020
Tsai, F.M., Bui, T.-D., Tseng, M.-L., Lim, M.K. and Tan, R.R.	Sustainable solid-waste management in coastal and marine tourism cities in Vietnam: A hierarchical-level approach	Resources, Conservation and Recycling	2021
Xue, F., Wu, L. and Lu, W.	Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review	Advanced Engineering Informatics	2021
Ozturk, G.B.	Digital Twin Research in the AECO-FM Industry	Journal of Building Engineering	2021
Xue, F., Lu, W., Webster, C.J. and Chen, K.	A derivative-free optimization-based approach for detecting architectural symmetries from 3D point clouds	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	2019
Chanal, P.M. and Kakkasageri, M.S.	Security and Privacy in IoT: A Survey	Wireless Personal Communications	2020
da Silva, A.C., Méxas, M.P. and Quelhas, O.L.G.	Restrictive factors in implementation of clean technologies in red ceramic industries	Journal of Cleaner Production	2017

França, W.T., Barros, M.V., Salvador, R., de Francisco, A.C., Moreira, M.T. and Piekarski, C.M.	Integrating life cycle assessment and life cycle cost: a review of environmental-economic studies	International Journal of Life Cycle Assessment	2021
Monteiro, N.B.R., Neto, J.M.M. and da Silva, E.A.	Environmental assessment in concrete industries	Journal of Cleaner Production	2021
Méxas, M.P., Quelhas, O.L.G. and Costa, H.G.	Prioritization of enterprise resource planning systems criteria: Focusing on construction industry	International Journal of Production Economics	2012
Zhang, L.H., Song, G.B., Ma, X., Zhan, C.H. and Zhang, S.S.	Decarbonising residential building energy towards achieving the intended nationally determined contribution at subnational level under uncertainties	Journal of cleaner production	2020
Chen, Z.-S., Zhang, X., Pedrycz, W., Wang, X.-J. and Skibniewski, M.J.	Bid evaluation in civil construction under uncertainty: A two-stage LSP-ELECTRE III-based approach	Engineering Applications of Artificial Intelligence	2020
Chen, X., Wang, H.H. and Tian, B.	Visualization model of big data based on self-organizing feature map neural network and graphic theory for smart cities	Cluster Computing	2019
Zeng, J., Lin, G. and Huang, G.	Evaluation of the cost-effectiveness of Green Infrastructure in climate change scenarios using TOPSIS	Urban Forestry and Urban Greening	2021
Salvador, R., Barros, M.V., dos Santos, G.E.T., van Mierlo, K.G., Piekarski, C.M. and de Francisco, A.C.	Towards a green and fast production system: Integrating life cycle assessment and value stream mapping for decision making	Environmental Impact Assessment Review	2021
Suzuki, E.H., Lofrano, F.C., Kurokawa, F.A., Prado, R.T.A. and Leite, B.C.C.	Decision-making process for thermal comfort and energy efficiency optimization coupling smart-window and natural ventilation in the warm and hot climates	Energy And Buildings	2022
Santos, J.M., Reis, N.C., Galvão, E.S., Silveira, A., Goulart, E.V. and Lima, A.T.	Source apportionment of settleable particles in an impacted urban and industrialized region in Brazil	Environmental Science and Pollution Research	2017
Bodda, S.S., Gupta, A. and Dinh, N.	Enhancement of risk informed validation framework for external hazard scenario	Reliability Engineering & System Safety	2020
Katzilieris, K., Vlahogianni, E.I. and Wang, H.Z.	Evacuation behavior of affected individuals and households in response to the 2018 Attica wildfires: From empirical data to models	Safety Science	2022
Sabrin, S., Karimi, M. and Nazari, R.	Modeling heat island exposure and vulnerability utilizing earth observations and social drivers: A case study for Alabama, USA	Building And Environment	2022
Gong, Z., Li, X., Liu, J. and Gong, Y.	Machine learning in explaining nonprofit organizations' participation: a driving factors analysis approach	Neural Computing and Applications	2019
Herrick, C.K. and Kowalsky, M.J.	Out-of-Plane Buckling of Ductile Reinforced Structural Walls due to In-Plane Loads	Journal Of Structural Engineering	2017
Zamora-Castro, S.A., Salgado-Estrada, R., Sandoval-Herazo, L.C., Melendez-Armenta, R.A., Manzano-Huerta, E., Yelmi-Carrillo, E. and Herrera-May, A.L.	Sustainable development of concrete through aggregates and innovative materials: A review	Applied Sciences	2021

Ensslin, L., Gonçalves, A., Ensslin, S.R., Dutra, A. and Longaray, A.A.	Constructivist multi-criteria model to support the management of occupational accident risks in civil construction industry	PLoS ONE	2022
Sargam, Y. and Wang, K.J.	Hydration kinetics and activation energy of cement pastes containing various nanoparticles	Composites Part B-Engineering	2021
Aguero, M., Maharjan, D., Rodriguez, M.D., Mascarenas, D.D.L. and Moreu, F.	Design and Implementation of a Connection between Augmented Reality and Sensors	ROBOTICS	2020
Patro, E.R., Kishore, T.S. and Haghighi, A.T.	Levelized Cost of Electricity Generation by Small Hydropower Projects under Clean Development Mechanism in India	Energies	2022
Clemente, C., Civiero, P. and Cellurale, M.	Solutions and services for smart sustainable districts: Innovative key performance indicators to support transition	International Journal of Sustainable Energy Planning and Management	2019
Li, H., Chan, G., Skitmore, M. and Huang, T.	A 4D automatic simulation tool for construction resource planning: A case study	Engineering, Construction and Architectural Management	2015
Ngamaliou-Nengoue, U.A., Martínez-Solano, F.J., Iglesias-Rey, P.L. and Mora-Meliá, D.	Multi-objective optimization for urban drainage or sewer networks rehabilitation through pipes substitution and storage tanks installation	Water	2019
Xiong, N., Zang, H., Lu, H., Yu, R., Wang, J. and Feng, Z.	Performance Analysis of Smart City Governance: Dynamic Impact of Beijing 12345 Hotline on Urban Public Problems	Sustainability	2022
DiCarlo, M.F. and Berglund, E.Z.	Use of Social Media to Seek and Provide Help in Hurricanes Florence and Michael	Smart Cities	2020
Rohil, M.K. and Ashok, Y.	Visualization of urban development 3D layout plans with augmented reality	Results in Engineering	2022
Li, C., Liu, X., Dai, Z. and Zhao, Z.	Smart City: A shareable framework and its applications in China	Sustainability (Switzerland)	2019
Pinto, R.S.M.C., Panzenhagen, A.C., Oliveira, L.F.S., Moreira, J.C.F. and Schnorr, C.E.	Incidence of lung cancer and mortality among civil construction industry workers: A protocol for a systematic review and meta-analysis	PLoS ONE	2021
Lopes, C.D.M.N., Mendes, V.F., Garcia, D.R. and Mendes, J.C.	Residues in cement-based composites: Occurrence mapping in Brazil	Case Studies in Construction Materials	2023
Jordão, A.R., Costa, R., Dias, Á.L., Pereira, L. and Santos, J.P.	Bounded rationality in decision making: An analysis of the decision-making biases	Business: Theory and Practice	2020
Xu, S.	Three-Dimensional Visualization Algorithm Simulation of Construction Management Based on GIS and VR Technology	Complexity	2021
Neto, G.P., Rabbani, E.R.K., Valdes-Vasquez, R. and Alencar, L.H.	Implementation of the Global Reporting Initiative Social Sustainability Indicators: A Multi-Case Study Approach Using Brazilian Construction Companies	Sustainability	2022
Zhao, D., Thakur, N. and Chen, J.	Optimal Design of Energy Storage System to Buffer Charging Infrastructure in Smart Cities	Journal of Management in Engineering	2020
Palha, R.P., Almeida, A.T.D. and Alencar, L.H.	A Model for Sorting Activities to Be Outsourced in Civil Construction Based on ROR-UTADIS	Mathematical Problems in Engineering	2016
Kim, E.W., Park, M.S., Kim, K. and Kim, K.J.	Blockchain-Based Automatic Tracking and Extracting Construction Document for Claim and Dispute Support	Ksce Journal Of Civil Engineering	2022

Hong, M., Peng, C., Niu, M. and Xu, Z.	Research on the Construction Effect Evaluation System of Smart CBD: A Case Study in Jiangbei New District, Nanjing, China	Advances in Civil Engineering	2021
Okafor, C.C., Aigbavboa, C. and Thwala, W.D.	A Delphi approach to evaluating the success factors for the application of smart mobility systems in smart cities: a construction industry perspective	International Journal of Construction Management	2021
de Lasso, J.G.G. and Haddad, A.N.	Life cycle assessment of building construction materials: Case study for a housing complex	Revista de la Construcción	2016
Méxas, M.P., Quelhas, O.L.G. and Costa, H.G.	Prioritization criteria for enterprise resource planning systems selection for civil construction companies: A multicriteria approach	Canadian Journal of Civil Engineering	2012
Puerto, C.L.D., Clevenger, C.M., Boremann, K. and Gilkey, D.P.	Exploratory study to identify perceptions of safety and risk among residential Latino construction workers as distinct from commercial and heavy civil construction workers	Journal of Construction Engineering and Management	2014
Song, J. and Liang, J.	Agricultural Internet of Things Application in the Construction of Regional Smart Cities	Mobile Information Systems	2022
Li, C.M., Liu, X.L., Dai, Z.X. and Wu, P.D.	Understanding smart city: a shareable framework. The case of china	ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	2019
Xihua, Z. and Goyal, S.B.	Security and Privacy Challenges using IoT-Blockchain Technology in a Smart City: Critical Analysis	International Journal of Electrical and Electronics Research	2022
Sitalakshmi, R., Saikumar, P., Jeyachandran, P., Manoharan, M., Thangavel, T. and Thomas, J.	Civil construction work: The unseen contributor to the occupational and global disease burden	Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine	2016
Vieira, I.L., da Silva, E.R., Junior, L. and Rangel, L.A.D.	Proposal for an analytical model of materiality in the Global Reporting Initiative Standards reports	Production	2021
Chen, N., Liu, Y., Sheng, H. and Wang, W.	Key Techniques and System for Comprehensive Decision-Making of Spatio-Temporal Information in Smart City	Wuhan Daxue Xuebao (Xinxi Kexue Ban)/Geomatics and Information Science of Wuhan University	2018
Wang, J.	Optimized Mathematical Model for Energy Efficient Construction Management in Smart Cities Using Building Information Modeling	Strategic Planning for Energy and the Environment	2022
Zhou, Y., Liu, H., Zhou, J. and Xia, M.	Simulation of the impact of urban forest scale on PM2.5 and PM10 based on system dynamic	Sustainability (Switzerland)	2019
Rebecca, T., Clemente, N. and Candido, A.K.B.	Conceptual model based on normative multi-agent system for supply chain integration of brazilian gypsum LPA	International Journal of Decision Support System Technology	2021
Techio, E.M., Gonçalves, J.P. and Costa, P.N.	Social representation of sustainability in civil construction among college students	Ambiente e Sociedade	2016
Gonzalez, Y.T., Schaefer, V.R. and Rollins, D.K.	Statistical Assessment of Factor of Safety for Pile-Reinforced Slopes	Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering	2020
Souza, F.R.D., Borgert, A. and Flach, L.	Payroll exemption impact on the behavior of costs in BM&F Bovespa civil construction sector	Contaduria y Administracion	2018

Liu, H., Han, S. and Zhu, Z.	Blockchain Technology toward Smart Construction: Review and Future Directions	Journal of Construction Engineering and Management	2023
Moser, B., Bellew, C., Cadario, A. and de Filippi, R.	The interplay of site and construction systems decisions for complex urban infrastructures	Advances in Transdisciplinary Engineering	2019
Santos, M.I.D. and Santos, M.L.D.	The importance of management control systems in the formation of strategies: a study in companies in the construction sector in Joao Pessoa/PB	Revista De Gestao E Secretariado-Gesec	2022
Darcie, A.M. and Rodello, I.A.	Computational Tools in Customer Relationship Management: Study on Motivations and Problems for Implementation in a Real Estate Construction Company	Revista Eniac Pesquisa	2022
Fernandes, A.A. and Callado, A.A.C.	ERP System and Hidden Cost in the Civil Construction Sector	Nexo Revista Cientifica	2022
do Nascimento, A.R.C. and da Costa, S.R.R.	A study on the use of public policies of economic incentives to promote eco-efficiency in the construction industry	Sistemas & Gestao	2021
Hsu, S.-C., Hu, H.-Y. and Tsai, P.-H.	Integrating BIM models with 3d scenery from UAV-assisted survey on embankment	World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering	2019
Duan, X.-C., Zhang, X.-N., Du, H.-H. and Zhang, Z.-Q.	Research on the virtual dynamic optimization controlling technology of subway construction safety and environmental protection	Journal of Railway Engineering Society	2015
de Brum, T.T., Moraes, C.A.M. and Modolo, R.C.E.	Proposed application of the cleaner production tool in the adult ICU of the municipal hospital of Novo Hamburgo (RS)	Revista Tecnologia E Sociedade	2020
Lopes, A.B., Boscarioli, C., Pereira, E.N. and Bezerra, R.C.	Business Intelligence to support management in civil construction: a systematic literature review	Atoz-Novas Praticas Em Informacao E Conhecimento	2020
da Silva, T.A., Sanches, S.L.R. and Igarashi, D.C.C.	Contingent liabilities and prospect theory: analysis of the financial indexes of civil construction and heavy-duty construction companies	Revista evidenciacao contabil & finanças	2019
Dontsov, S.S., Sartova, R.B., Zhanat, M., Koftanyuk, N.V., Arynova, Z.A. and Kadyrova, A.S.	Regional construction financial groups as a key element of investment infrastructure of the region's economy	Espacios	2017
Araujo, N.M.C., Avelino, L.L. and Araujo, V.S.	Compatibility between planning and control in the process of implementation of vertical buildings: a multicole study in the city of joao pessoa-pb	HOLOS	2018
Tisott, S.T., Peixoto, M.I.D., Zumba, T.A.C., Carraro, N.C. and de Sousa, M.A.B.	Verification of the conformity of audit report of civil construction companies listed on bm&fbovespa	Revista ambiente contabil	2018
Revey, G.F.	To blast or not to blast?	Practice Periodical on Structural Design and Construction	1996
Greeff, Wilhelmina J.	The role of communication in managing the safety climate of construction site environments	Communicatio	2017
Pham T.Q.D., Le-Hong T., Tran X.V.	Efficient estimation and optimization of building costs using machine learning	International Journal of Construction Management	2023
Alkaissy M., Arashpour M., Golafshani E.M., Hosseini M.R., Khanmohammadi S., Bai Y., Feng H.	Enhancing construction safety: Machine learning-based classification of injury types	Safety Science	2023

ANEXO D

Quadro 2 – Divisão de estudos por área de assuntos.

Autores	Artigo	Revista	Área
Kanan, R., Elhassan, O. and Bensalem, R.	<i>An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies</i>	Automation in Construction	Saúde e Segurança no Trabalho
Shirowzhan, S., Tan, W. and Sepasgozar, S.M.E.	<i>Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities</i>	ISPRS International Journal of Geo-Information	Planejamento da Construção
Tsai, F.M., Bui, T.-D., Tseng, M.-L., Lim, M.K. and Tan, R.R.	<i>Sustainable solid-waste management in coastal and marine tourism cities in Vietnam: A hierarchical-level approach</i>	Resources, Conservation and Recycling	Gestão de Resíduos Sólidos
Xue, F., Wu, L. and Lu, W.	<i>Semantic enrichment of building and city information models: A ten-year review</i>	Advanced Engineering Informatics	Gerenciamento de Projetos
Ozturk, G.B.	<i>Digital Twin Research in the AECO-FM Industry</i>	Journal of Building Engineering	Gerenciamento de Projetos
Chen, Z.-S., Zhang, X., Pedrycz, W., Wang, X.-J. and Skibniewski, M.J.	<i>Bid evaluation in civil construction under uncertainty: A two-stage LSP-ELECTRE III-based approach</i>	Engineering Applications of Artificial Intelligence	Planejamento da Construção
Chen, X., Wang, H.H. and Tian, B.	<i>Visualization model of big data based on self-organizing feature map neural network and graphic theory for smart cities</i>	Cluster Computing	Planejamento da Construção
Ensslin, L., Gonçalves, A., Ensslin, S.R., Dutra, A. and Longaray, A.A.	<i>Constructivist multi-criteria model to support the management of occupational accident risks in civil construction industry</i>	PLoS ONE	Saúde e Segurança no Trabalho
Aguero, M., Maharjan, D., Rodriguez, M.D., Mascarenas, D.D.L. and Moreu, F.	<i>Design and Implementation of a Connection between Augmented Reality and Sensors</i>	Robotics	Análise de Estruturas
Li, H., Chan, G., Skitmore, M. and Huang, T.	<i>A 4D automatic simulation tool for construction resource planning: A case study</i>	Engineering, Construction and Architectural Management	Gerenciamento de Projetos

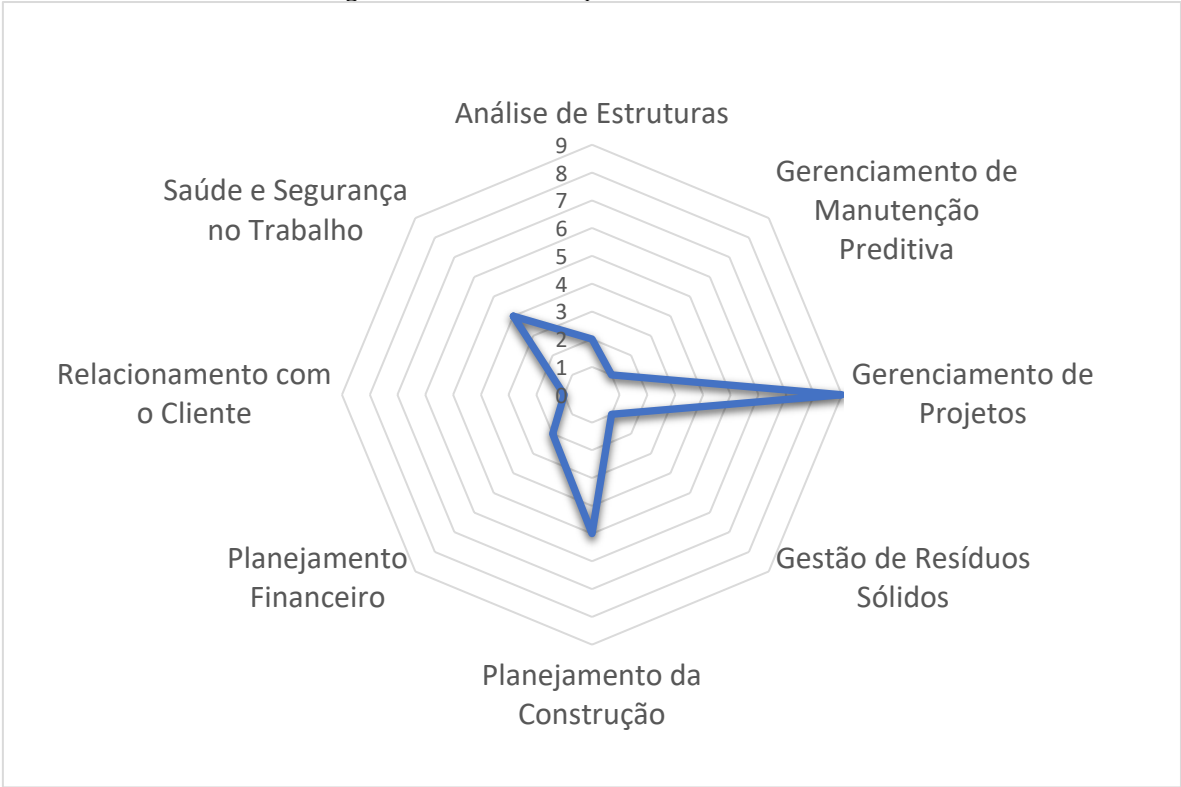
Ngamaliu-Nengoue, U.A., Martínez-Solano, F.J., Iglesias-Rey, P.L. and Mora-Meliá, D.	<i>Multi-objective optimization for urban drainage or sewer networks rehabilitation through pipes substitution and storage tanks installation</i>	Water	Análise de Estruturas
Rohil, M.K. and Ashok, Y.	<i>Visualization of urban development 3D layout plans with augmented reality</i>	Results in Engineering	Gerenciamento de Projetos
Xu, S.	<i>Three-Dimensional Visualization Algorithm Simulation of Construction Management Based on GIS and VR Technology</i>	Complexity	Gerenciamento de Projetos
Wang, J.	<i>Optimized Mathematical Model for Energy Efficient Construction Management in Smart Cities Using Building Information Modeling</i>	Strategic Planning for Energy and the Environment	Gerenciamento de Projetos
Liu, H., Han, S. and Zhu, Z.	<i>Blockchain Technology toward Smart Construction: Review and Future Directions</i>	Journal of Construction Engineering and Management	Gerenciamento de Projetos
Darcie, A.M. and Rodello, I.A.	<i>Computational Tools in Customer Relationship Management: Study on Motivations and Problems for Implementation in a Real Estate Construction Company</i>	Revista ENIAC Pesquisa	Relacionamento com o Cliente
Hsu, S.-C., Hu, H.-Y. and Tsai, P.-H.	<i>Integrating BIM models with 3d scenery from UAV-assisted survey on embankment</i>	World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering	Gerenciamento de Projetos
Lopes, A.B., Boscaroli, C., Pereira, E.N. and Bezerra, R.C.	<i>Business Intelligence to support management in civil construction: a systematic literature review</i>	ATOZ	Planejamento da Construção
Greeff, Wilhelmina J.	The role of communication in managing the safety climate of construction site environments	Communicatio	Saúde e Segurança no Trabalho
Pham T.Q.D., Le-Hong T., Tran X.V.	Efficient estimation and optimization of building costs using machine learning	International Journal of Construction Management	Planejamento Financeiro
Alkaissy M., Arashpour M., Golafshani E.M., Hosseini M.R., Khanmohammadi S., Bai Y., Feng H.	Enhancing construction safety: Machine learning-based classification of injury types	Safety Science	Saúde e Segurança no Trabalho
Esmaeili I., Simeone D.	A General Contractor's Perspective on Construction Digital Twin: Implementation, Impacts and Challenges	Buildings	Planejamento da Construção

Momade M.H., Durdyev S., Dixit S., Shahid S., Alkali A.K.	Modeling labor costs using artificial intelligence tools	International Journal of Building Pathology and Adaptation	Planejamento Financeiro
Hanna A.S., Iskandar K.A., Lotfallah W., Ibrahim M.W., Russell J.S.	A data-driven approach for identifying project manager competency weights	Canadian Journal of Civil Engineering	Gerenciamento de Projetos
Johannes K., Theodorus Voordijk J., Marias Adriaanse A., Aranda-Mena G.	Identifying Maturity Dimensions for Smart Maintenance Management of Constructed Assets: A Multiple Case Study	Journal of Construction Engineering and Management	Gerenciamento de Manutenção Preditiva

Fonte: Autor (2023)

ANEXO E

Figura 6 – Áreas de Pesquisa dos Estudos de Caso



Fonte: O autor (2023)