LEAN CONSTRUCTION 4.0: FATORES CRÍTICOS EM PERSPECTIVA BIBLIOMÉTRICA

Cecília da Silva Weigert, Leonardo do Nascimento Melo, Luciana Rosa Leite

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é fundamental para a economia e para a geração de empregos (Cucos; Turcan, 2025), porém, o setor enfrenta problemas históricos de baixa produtividade, desperdícios, retrabalhos e falhas na gestão dos processos construtivos (Love *et al.*, 2022). Para enfrentar esses desafios, surge o *Lean Construction* (LC), adaptação dos princípios do pensamento enxuto à construção, focando na eliminação de desperdícios, entrega de valor ao cliente e melhoria contínua (Koskela, 1992). A Construção 4.0 trouxe o avanço das tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT), automação, sistemas ciberfísicos e o *Building Information Modeling* (BIM), permitindo uma integração entre informação e o canteiro de obras (Sacks *et al*., 2020). A junção dessas duas frentes deu origem ao *Lean Construction* 4.0 (LC 4.0), que combina o LC com a digitalização para buscar mais eficiência, transparência e desempenho (Görsch; others, 2026). No entanto, a implementação do LC 4.0 enfrenta barreiras culturais, tecnológicas e de processos (Romo *et al.*, 2025). Deste modo, este estudo teve como objetivos identificar os principais eixos temáticos relacionados aos fatores críticos para a implementação do LC 4.0 a partir de uma análise bibliométrica.

DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi desenvolvido por meio de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) com análise bibliométrica (Tranfield; Denyer; Smart, 2003), organizada em etapas que incluíram a definição do escopo de pesquisa, a busca nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, remoção de duplicatas, avaliação de elegibilidade dos artigos e a organização dos metadados, com a padronização de palavras-chave (Donthu *et al.*, 2021). Ao final das triagens, chegou-se a um conjunto de 68 artigos selecionados, publicados entre os anos de 2016 e 2025. As análises bibliométricas e o mapeamento das redes foram realizados com o apoio do *software VOSviewer*, para construção da rede de coocorrência de palavras-chave (Van Eck; Waltman, 2010), e do pacote *Biblioshiny* (*Software* R), para a elaboração do mapa temático.

RESULTADOS

Os resultados mostraram que as publicações sobre o tema apresentam crescimento a partir de 2020, acompanhando a consolidação da Indústria 4.0 e impulsionadas pelos contextos da pandemia de COVID-19, que exigiu mais eficiência e digitalização na construção civil (Colares; Gouvêa; Costa, 2021). A rede de coocorrência (Figura 1) mostrou que o termo *lean construction* ocupa um papel central, conectando-se a conceitos como BIM, *Industry 4.0*, *digital twin* e *Internet of Things*. O BIM destaca-se como o principal elo entre o LC e a gestão de dados, embora a sua sincronia com os princípios *lean* ainda esteja em fase de maturação no setor (Likita *et al.*, 2025). Por outro lado, tecnologias como inteligência artificial, automação e gêmeos digitais, surgem de forma secundária, indicando que a construção civil ainda está em estágio inicial de maturidade digital e de gestão integrada da informação (Oesterreich, Thuy Duong; Teuteberg, 2016). A análise da rede indica que a articulação entre o *Lean Construction* e as tecnologias digitais ainda ocorre de forma desigual e fragmentada. Como destacam Weigert *et al*. (2026), desafios relacionados à adoção tecnológica, à capacitação profissional, à cultura organizacional e à gestão da informação permanecem como fatores críticos para a consolidação do LC 4.0. Assim, a literatura analisada aponta que a transformação digital requer a articulação entre pessoas, processos e tecnologias, e não apenas o avanço tecnológico (Hatoum, Nassereddine, Badurdeen, 2021; Musa *et al*., 2025; Schulze *et al*., 2026)

A partir dessas descobertas, os fatores críticos para a implementação do LC 4.0 foram organizados em três eixos temáticos (Figura 2): *Organizacional*, que envolve cultura enxuta, prontidão das empresas e engajamento da liderança (Bidhendi *et al*., 2026); *Processual*, focado na padronização dos fluxos, trabalho colaborativo e integração com fornecedores (Likita *et al.*, 2025); e *Tecnológico*, relacionado à interoperabilidade entre sistemas, qualidade dos dados e infraestrutura digital (Oesterreich; Teuteberg, 2016). Esses eixos orientam a compreensão dos fatores críticos de implementação, estabelecendo uma abordagem mais objetiva e aplicável ao setor da construção civil, além de contribuir para o avanço das pesquisas e para a preparação das organizações para a adoção do LC 4.0 (Weigert *et al*., 2026).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação bem-sucedida do LC 4.0 não se limita à aquisição ou adoção de *softwares* e tecnologias digitais, dependendo também da integração harmoniosa entre pessoas, processos bem definidos e ferramentas adequadas. A organização dos três eixos (organizacional, processual e tecnológico) traz um caminho prático para orientar novas pesquisas na academia e ajudar empresários e gestores da construção civil no planejamento da transformação digital. Como limitações da pesquisa, apontam-se à restrição às bases de dados consultadas e a escolha dos idiomas dos artigos. Para pesquisas futuras, recomenda-se expandir o número de bases analisadas, investigar diferentes cenários regionais e aplicar estudos de caso práticos em canteiros de obras para validar os eixos propostos.

Palavras-chave: tecnologias digitais; transformação digital; bibliometrix; *Lean Construction*.

ANEXOS

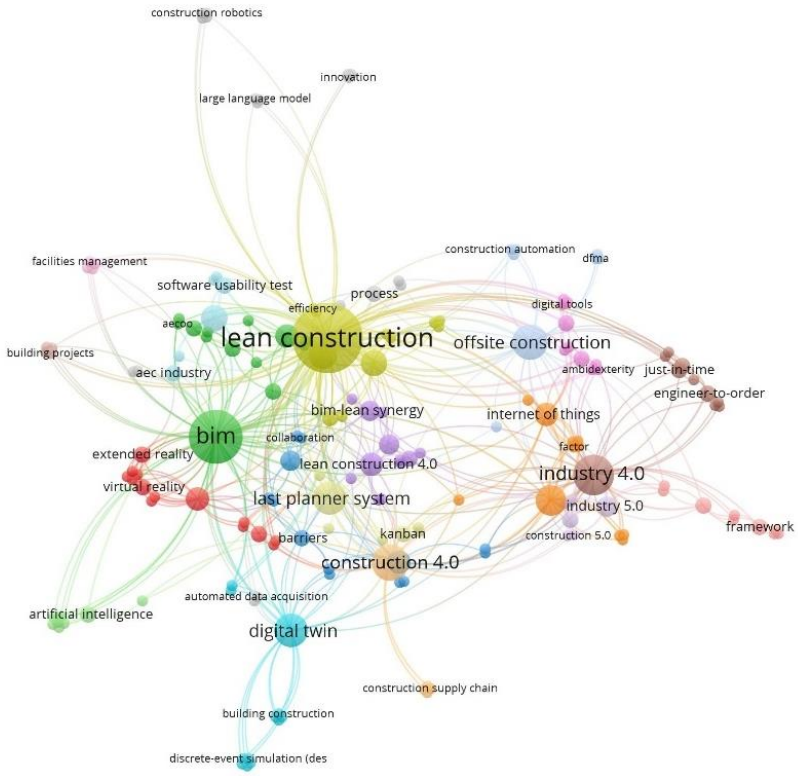


Figura 1. *Rede de coocorrência de palavras-chave sobre Lean Construction 4.0.*

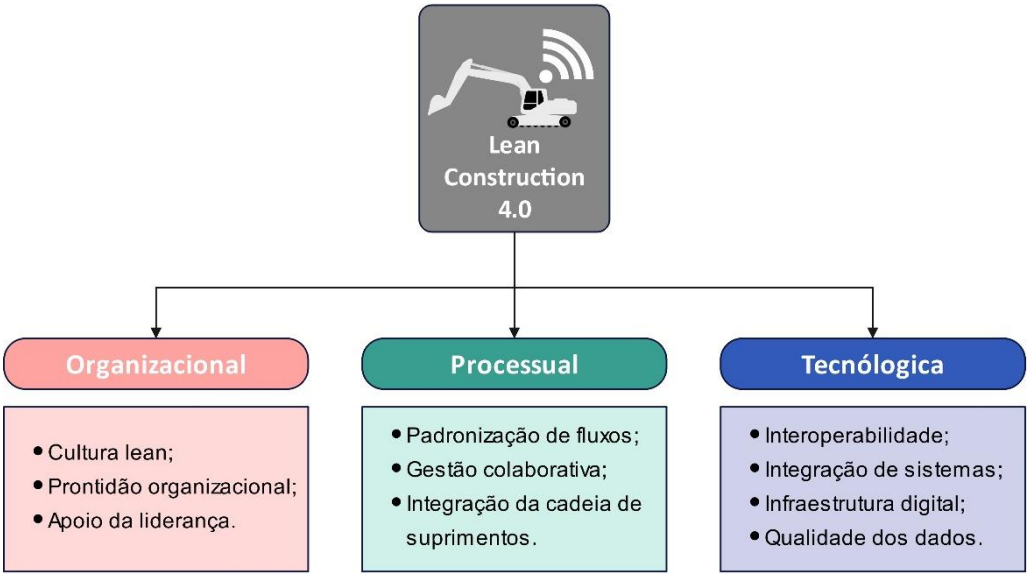


Figura 2. *Eixos temáticos para a implementação do Lean Construction 4.0.*

REFERÊNCIAS

BIDHENDI, Ali *et al.* Enabling Lean Construction 4.0 through human-centric digital transformation: organizational leadership insights. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 33, nº 2, p. 985–1011, 2026.

COLARES, Ana Carolina Vasconcelos; GOUVÊA, Diogo Augusto Pfau; COSTA, Joyce Souza. IMPACTOS DA PANDEMIA DO COVID-19 NO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **Percurso Acadêmico**, vol. 11, nº 21, p. 188–208, 2021.

CUCOS, S; TURCAN, R. Role of the construction industry in economic growth and sustainable development. **Journal of Social Sciences**, vol. 8, nº 1, p. 25–38, 2025.

DONTHU, Naveen *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, vol. 133, p. 285–296, 2021.

GÖRSCH, Christopher *et al*. Lean Construction 4.0: enhancing situational awareness for autonomous decision-making through digital visual management. **Engineering, Construction and Architectural Management**, vol. 33, nº 2, p. 1070–1100, 2026.

HATOUM, M. B.; NASSEREDDINE, H.; BADURDEEN, F. Reengineering construction processes in the era of construction 4.0: a lean-based framework. *In*: **Proceedings of 29th International Group for Lean Construction Conference (IGLC 29)**, 2021.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford University, 1992.

LIKITA, A J *et al.* A guideline for BIM and lean integrated construction practice. **Smart and Sustainable Built Environment**, vol. 14, nº 4, p. 1264–1291, 2025.

LOVE, Peter E.D. *et al.* State of Science: Why Does Rework Occur in Construction? What Are Its Consequences? And What Can be Done to Mitigate Its Occurrence? **Engineering**, vol. 18, p. 246–258, 2022.

MUSA, M. M. et al. Embracing the future with lean build software: the rise of digital construction. **Proceedings of the 33rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 33)**, 2025.

OESTERREICH, T D; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, vol. 83, p. 121–139, 2016.

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, vol. 83, p. 121–139, 2016.

ROMO, Rubén *et al.* Lean Construction Barriers from the Organizational Culture Lens. 2025. **Proceedings of the 33rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 33),** 2025.

SCHULZE, Felix *et al*. The mitigation effect of Industry 4.0 technologies on Lean implementation barriers in Engineer-to-Order companies: A Multiple Case Study. **Production Planning and Control**, vol. 37, n. 2, 2026.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, vol. 14, nº 3, p. 207–222, 2003.

VAN ECK, N J; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, vol. 84, nº 2, p. 523–538, 2010.

WEIGERT, Cecília da Silva; MELO, Leonardo do Nascimento; PEREIRA, Carla; LEITE, Luciana Rosa. *Lean Construction* 4.0: fatores críticos em perspectiva bibliométrica. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Porto Alegre, v. 21, 2026. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/entac/article/view/8692. Acesso em: 21 set. 2026.