ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Cadeia produtiva da construção modular e seus processos logísticos: uma revisão sistemática de literatura

The modular construction production chain and the logistics processes: a systematic review of the literature

Gustavo Silva de Carvalho Serra
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | gustavoserra@usp.br
Francisco Ferreira Cardoso
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | ff.cardoso@usp.br
Luiz Reynaldo de Azevedo Cardoso
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | luizcardoso@usp.br

Resumo
O emprego de técnicas de construção modular off-site tem ganhado destaque em estudos e pesquisas, especialmente no contexto da industrialização da construção e relacionado aos processos de suprimentos e logística. A pesquisa e os artigos sobre a construção modular estão em ascensão, desempenhando um papel crucial para a compreensão mais aprofundada do cenário científico associado a esse tema. O propósito deste trabalho é apresentar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) centrada em artigos relacionados à construção modular e aos processos de suprimentos e logística. Este estudo busca elucidar os tipos de abordagens predominantes e realizar a classificação dos artigos com base em parâmetros como publicações por ano, autores, revistas e análises de palavras-chave. A revisão é fundamentada na base de dados Web of Science, oferecendo uma análise abrangente sobre os artigos relacionados à cadeia produtiva da construção modular, suprimentos e logística. Como contribuição para o tema, o trabalho classifica e organiza o conhecimento, oferecendo uma base sólida para futuros estudos, destacando os principais elos envolvidos nos processos logísticos da construção modular, os principais desafios enfrentados e soluções emergentes, como a adoção de tecnologias avançadas como BIM, IoT e blockchain.

Palavras-chave: Revisão sistemática de literatura. Construção modular. Off-site. Suprimentos. Logística.

Abstract
The use of off-site modular construction techniques has gained prominence in studies and research, especially in the context of the industrialization of construction and related to supply and logistics processes. Research and articles on modular construction are on the rise, playing a crucial role in gaining a deeper understanding of the scientific scenario associated with this topic. The purpose of this paper is to present a Systematic Literature Review (SLR) focusing on articles related to modular construction and supply and logistics processes. This study seeks to elucidate the predominant types of approaches and to classify the articles based on parameters such as publications by year, authors, journals and keyword analysis. The review is based on

Como citar:
GUSTAVO SILVA DE CARVALHO SERRA, G. S. C., CARDOSO, F. F., CARDOSO, L. R. A. Cadeia produtiva da construção modular e seus processos logísticos: uma revisão sistemática de literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

the Web of Science database, offering a comprehensive analysis of articles related to the modular construction production chain, supplies and logistics. As a contribution to the subject, the work classifies and organizes knowledge, offering a solid basis for future studies, highlighting the main links involved in the logistics processes of modular construction, the main challenges faced and emerging solutions, such as the adoption of advanced technologies like BIM, IoT and blockchain.

Keywords: Systematic literature review. Modular construction. Off-site. Supply. Logistics.

INTRODUÇÃO

A construção modular integrada é um método de construção off-site, fora do canteiro de obras, onde componentes de construção padronizados e independentes são desenvolvidos em uma fábrica e transportados para o destino final, para a montagem das edificações [1]. Considerando inúmeras melhorias tecnológicas oferecidas pela modularização, estas técnicas podem fornecer um aumento significativo de produtividade para a indústria da construção.

Quando se trata de fabricação fora do canteiro, os riscos de interrupções e/ou danos nos processos de produção e transporte se tornam maiores, em relação à componentes produzidos no próprio local da obra. O gerenciamento da cadeia de suprimentos é um desafio fundamental para a entrega bem-sucedida de projetos off-site [2].

Portanto, o desempenho sustentável destas construções e a adoção ativa destas técnicas são influenciadas por várias questões relacionadas às operações de suprimentos e logística. Entre elas estão: o trânsito multimodal, interestadual ou até internacional dos componentes fabricados, restrições de transporte quanto às dimensões dos módulos, limitações de armazenamento e, locais de montagem congestionados.

Durante o desenvolvimento de uma construção modular, vários elos da cadeia produtiva estão envolvidos, como os fabricantes, os provedores de logística e os montadores. A lucratividade de todo este canal e de cada agente depende diretamente de uma cadeia de suprimentos eficiente, confiável e bem coordenada [3].

Por fim, para entender a dimensão do mercado no Brasil, segundo pesquisa realizada pela Liga Ventures, plataforma que conecta investidores e startups e o Secovi-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação ou Administração de Imóveis Residenciais ou Comerciais), entre janeiro de 2022 e novembro de 2023, foram realizados 21 deals envolvendo construtechs brasileiras, movimentando R$ 748 milhões. Deste valor, 66% foram em startups voltadas à construção modular [4].

Este artigo tem por intuito realizar uma RSL (Revisão Sistemática de Literatura) para abordar os trabalhos publicados que englobam os temas relacionados à construção modular, principalmente aqueles que envolvem diretamente os processos de suprimentos e logística entre fábrica e canteiro de obras.

OBJETIVO PRINCIPAL

Apresentar uma abordagem da cadeia produtiva da construção modular, no que diz respeito aos trabalhos científicos que vem sendo publicados, relacionados especialmente aos processos de suprimentos e logística.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Classificar e organizar as informações coletadas de maneira sistemática, facilitando o entendimento e a interpretação dos resultados;

Compreender quais elos da cadeia produtiva estão relacionados aos processos de suprimentos e logística em construções modulares;

Verificar os principais desafios a serem enfrentados e o que vem sendo feito para solucioná-los.

FUNDAMENTAÇÃO

Cadeia produtiva é um conceito essencial dentro da gestão de operações, englobando todas as etapas e atores envolvidos na concepção, produção, distribuição e venda de um produto ou serviço. No contexto da construção modular, a cadeia produtiva assume um caráter particularmente complexo, devido à especificidade de seus processos de produção off-site e montagem on-site, demandando uma sinergia precisa entre componentes, logística, tecnologias e diversos stakeholders.

A cadeia produtiva pode ser definida como a sequência de atividades necessárias para a transformação de matérias-primas em produtos acabados e a sua entrega aos consumidores. Esta cadeia envolve uma série de processos interdependentes que variam desde a aquisição de insumos básicos até a entrega final do produto ao cliente. Em termos gerais, pode-se decompor a cadeia produtiva em três grandes segmentos: suprimento, produção e distribuição [5].

O primeiro segmento, suprimento, abrange a gestão de insumos essenciais que compõem o produto final. Inclui atividades como a seleção de fornecedores, aquisição de materiais, e gestão do inventário [6]. A eficiência nesta etapa é crucial, pois impacta diretamente a qualidade dos materiais utilizados e, subsequente, a qualidade do produto final [7]. Na construção modular, os fornecedores de matérias-primas e componentes padronizados precisam assegurar que os insumos atendam a rígidas especificações de qualidade e sustentabilidade.

A etapa de produção refere-se ao processo de manufatura propriamente dito, onde os insumos são transformados em produtos. Na construção modular, este processo ocorre tipicamente em fábricas, longe do local de construção, caracterizando-se por um controle rigoroso de qualidade e produtividade [8]. A abordagem off-site oferece vantagens significativas, como a redução de desperdícios e maior controle sobre as condições de produção, mas também enfrenta desafios logísticos e de coordenação [9].

Já a etapa de distribuição engloba todas as atividades relacionadas ao transporte e entrega dos produtos acabados aos clientes. Este segmento inclui a logística de transporte, armazenamento e gestão de estoque, demandando uma infraestrutura robusta e bem coordenada [10]. Na construção modular, o transporte dos componentes modulares para o local de montagem final é uma fase crítica, pois envolve desafios como a coordenação de modais de transporte, gerenciamento de riscos durante o transporte e a organização da montagem on-site [11].

MÉTODO

A revisão sistemática de literatura é um método reconhecido por sua abordagem rigorosa, que busca identificar, avaliar e interpretar partes relevantes de pesquisas relacionadas a um problema, área específica ou fenômeno de [12]. No contexto RSL, são detalhadamente apresentados todos os dados utilizados para a identificação de literaturas, incluindo as bases de dados empregadas na pesquisa, os termos de busca adotados (strings) e os critérios de inclusão e exclusão de artigos. Essa transparência facilita a compreensão e a replicação da revisão por outros pesquisadores [13].

Esse tipo de abordagem é comumente empregado em diversas áreas de estudo científico. A finalidade dessa revisão não se limita apenas à agregação de evidências e literatura sobre uma questão de pesquisa, mas também visa apoiar o desenvolvimento de diretrizes embasadas em evidências para os pesquisadores [14].

A estruturação desta Revisão Sistemática de Literatura (RSL) seguiu os métodos propostos por [14] e [15]. Os passos adotados para realizar esta revisão incluíram a definição das questões de pesquisa, a formulação dos termos de busca (strings) e o estabelecimento do protocolo para a RSL, que incluiu critérios de exclusão, especificação das bases de dados a serem consultadas, coleta de dados e pesquisa, bem como a classificação dos artigos. O Quadro 1 apresenta as questões de pesquisa delineadas, com o intuito de identificar o escopo geral e orientar a elaboração do protocolo.

Quadro 1: Questões de pesquisa para realização da RSL

Questões de pesquisa para RSL
Q1: Quais os principais elos presentes nos processos de suprimentos e logística da construção modular?
Q2: Quais são os desafios encontrados e o que vem sendo feito para solucioná-los?

Fonte: o autor.

A string de busca definida para a pesquisa foi ("Modular Construction" OR “Offsite” AND “Logistics” OR “Supply”), fundamentada em termos associados ao tópico central em discussão. Os critérios de exclusão foram estabelecidos através da análise de três características: artigos sem relevância para o tema, pesquisas realizadas antes de 2019 e artigos não publicados em periódicos. Assim, foi delineado o protocolo do método RSL, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Protocolo de pesquisa da RSL

Protocolo para Revisão Sistemática de Literatura	
Estrutura conceitual	Apresentar uma visão ampla da cadeia produtiva da construção modular, no que diz respeito aos processos de suprimentos e logística e seus principais desafios
Contexto	Aumento da utilização de sistemas industrializados na construção civil tendo como foco as construções modulares
Horizonte de pesquisa	Estudos publicados a partir do ano de 2019
Idiomas	Inglês e português
Questão de revisão	Quais as literaturas e conceitos atualmente existentes que abordam os processos de suprimentos e logística na construção modular
Critérios de exclusão	Artigos não publicados em periódicos, que não tenham relação com o tema ou que foram publicados antes de 2019
Critério de busca	Artigos de periódicos que tratem dos processos de suprimentos e logística na construção offsite
Termos de busca (strings)	Modular construction; Offsite; Supply; Logistics

Fonte: o autor.

A base de dados escolhida foi a Web of Science, e a busca por meio das expressões nos títulos, resumos e palavras-chave resultou em 180 registros iniciais. Após a categorização no Web of Science, foram identificados 122 trabalhos. Por fim, realizou-se uma análise dos títulos, selecionando apenas os artigos que tinham títulos relacionados aos processos de suprimento e logística dentro da construção modular. Essa análise de títulos resultou numa exclusão de muitos trabalhos, tendo um resultado final, após análise, de 15 artigos.

Figura 1: Processo de revisão sistemática de literatura executado

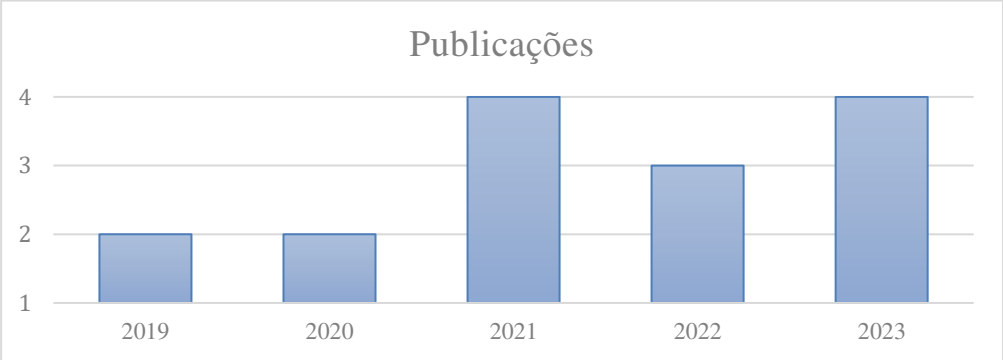


Fonte: o autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os 15 artigos foram publicados com uma média de 3 por ano, abrangendo o intervalo de 2019 a 2024, com os anos de 2021 e 2023 apresentando um maior volume de publicações, totalizando 4 trabalhos, conforme evidenciado na Figura 2.

Figura 2: Publicações por ano dos artigos selecionados



Fonte: o autor.

Na Tabela 1, estão registrados os autores com maior número de publicações, com ênfase para Pan, Mi e Pan, Wei, que contribuíram com 3 artigos. Quanto aos países, a China (Hong Kong) lidera com mais de 40%, seguidos por Austrália, Inglaterra e Estados Unidos, todos com 20% das publicações (Tabela 2).

Tabela 1: Lista dos 5 autores com maior número de publicações dos artigos selecionados

Autores	Publicações
Pan, Mi	3 (20%)
Pan, Wei	3 (20%)
Li, Xiao	2 (13,33%)
Xu, Jinying	2 (13,33%)
Yang, Yi	2 (13,33%)

Fonte: o autor.

Tabela 2: Lista dos 5 países com maior número de publicações dos artigos selecionados

Países de Publicação	Publicações
China (Hong Kong)	7 (46,67%)
Austrália	3 (20%)
Inglaterra	3 (20%)
Estados Unidos	3 (20%)
Canadá	1 (6,67%)

Fonte: o autor.

É importante ressaltar que o número de países ultrapassa a quantidade de artigos selecionados, visto que existem trabalhos realizados em colaboração. Pesquisadores dos Estados Unidos e da China trabalharam em conjunto durante determinada pesquisa, tanto quanto ingleses e chineses em outra publicação.

Alguns periódicos receberam maior quantidade de contribuições, com destaque para o Journal of Construction Engineering and Management, com 3 artigos e o Journal of Cleaner Production, com 2 artigos (Tabela 3).

Tabela 3: Periódicos com mais publicações dos artigos selecionados

Países de Publicação	Publicações
Journal of Construction Engineering and Management	3 (20%)
Journal of Cleaner Production	2 (13,33%)
Applied Sciences Basel	1 (6,67%)
Automation in Construction	1 (6,67%)
Construction Inovation England	1 (6,67%)

Fonte: o autor.

Posteriormente, procedeu-se à categorização dos 15 artigos conforme o tipo de estudo conduzido em suas respectivas pesquisas. Uma visão geral da distribuição desses artigos em suas categorias está apresentada de forma resumida na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição de artigos de acordo com o tipo de estudo realizado

Categoria	Tipo de Estudo	Artigos
1	Estudo de integração de tecnologias baseadas em blockchain para gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção modular	3 (20%)
2	Análise das incertezas e dos riscos relacionados aos processos de suprimentos e logística na cadeia da construção modular	3 (20%)
3	Estudo de estratégias utilizadas nos processos de suprimentos e logística para redução da emissão de carbono na construção modular	2 (13,33%)
4	Estudo do panorama geral da cadeia de suprimentos da construção modular com revisões de literatura, utilizações e exposições de métodos	5 (33%)
5	Estudos da utilização de tecnologias como gêmeos digitais e BIM para coordenação da cadeira de suprimentos das construções modulares	2 (13,33%)

Fonte: o autor.

Por fim, realizou-se uma análise dos artigos selecionados, de forma a compreender os elos envolvidos na cadeia produtiva da construção modular, verificar os principais desafios que vêm sendo enfrentados em relação aos processos de suprimento e logística e entender o que já vem sendo feito para solucionar estes obstáculos.

A cadeia produtiva na construção modular é composta por uma diversidade de atores e processos interconectados, cada um desempenhando um papel fundamental na entrega eficiente e de alta qualidade dos projetos. No centro dessa cadeia estão os fabricantes de módulos, que são responsáveis pela produção dos componentes modulares utilizados nas construções. Esses fabricantes dependem essencialmente dos fornecedores de matérias-primas, que garantem a disponibilidade dos materiais necessários, assegurando que estes atendam às especificações de qualidade e sustentabilidade exigidas pelo setor.

Além disso, os transportadores desempenham um papel crucial assegurando a entrega eficiente dos módulos ao local de construção. A complexidade logística envolvida na

movimentação desses grandes componentes exige uma coordenação meticulosa e um planejamento detalhado. No local de construção, as equipes de montagem instalam os módulos conforme o projeto, trabalhando em estreita colaboração com gerentes de projeto e planejadores logísticos, que coordenam todas as atividades para garantir a execução conforme planejado, minimizando atrasos e otimizando recursos.

Outro aspecto vital da cadeia produtiva que está em constante ascensão são os desenvolvedores de softwares BIM (Building Information Modeling), IoT (Internet das Coisas) e GIS (Geographic Information Systems), que desenvolvem e fornecem as ferramentas tecnológicas necessárias para o planejamento, monitoramento e gerenciamento do projeto. Essas tecnologias permitem uma visualização precisa e detalhada de todas as fases do projeto, facilitando a coordenação e a execução das atividades.

As entidades governamentais e reguladoras também têm um papel significativo na cadeia, podendo incentivar a utilização das técnicas modulares através de políticas públicas, além de assegurar que todas as normas e regulamentos sejam cumpridos, o que é essencial para a segurança e a conformidade dos projetos. A academia e os pesquisadores contribuem com inovações e melhorias contínuas para o setor, desenvolvendo novas tecnologias e métodos que podem ser aplicados na construção modular.

Fechando a cadeia produtiva estão os clientes finais e a sua demanda, que orientam toda a cadeia, garantindo que os produtos atendam às necessidades e expectativas do mercado. A interação contínua com os clientes permite que a cadeia produtiva se adapte rapidamente às mudanças nas preferências e requisitos, garantindo a satisfação do cliente e a competitividade no mercado.

Quanto aos desafios, os processos de logística e suprimentos na construção modular enfrentam uma série de obstáculos que podem impactar negativamente a eficiência e a eficácia dos projetos. A incerteza operacional e as variações na demanda "on site" são problemas recorrentes que exigem uma coordenação precisa e uma gestão ágil para evitar atrasos e interrupções. Essas variações podem ser causadas por mudanças nas condições do local, climáticas, imprevistos ou alterações nas especificações do projeto, exigindo uma resposta rápida e eficaz para minimizar impactos negativos. Atrasos na entrega dos módulos, ocasionados pela complexidade no transporte, ou até por falhas em guindastes, são obstáculos que podem comprometer todo o cronograma do projeto, resultando em custos adicionais e a redução da satisfação do cliente [11].

Além disso, a falta de integração de ferramentas e dados dificultam a otimização logística. A fragmentação dos dados e a falta de sistemas integrados podem levar a decisões baseadas em informações incompletas ou desatualizadas, prejudicando a eficiência operacional [16]. Uma gestão fragmentada e as comunicações ineficientes entre os diversos atores da cadeia produtiva afetam negativamente a coordenação e a confiança necessárias para uma execução eficiente [17].

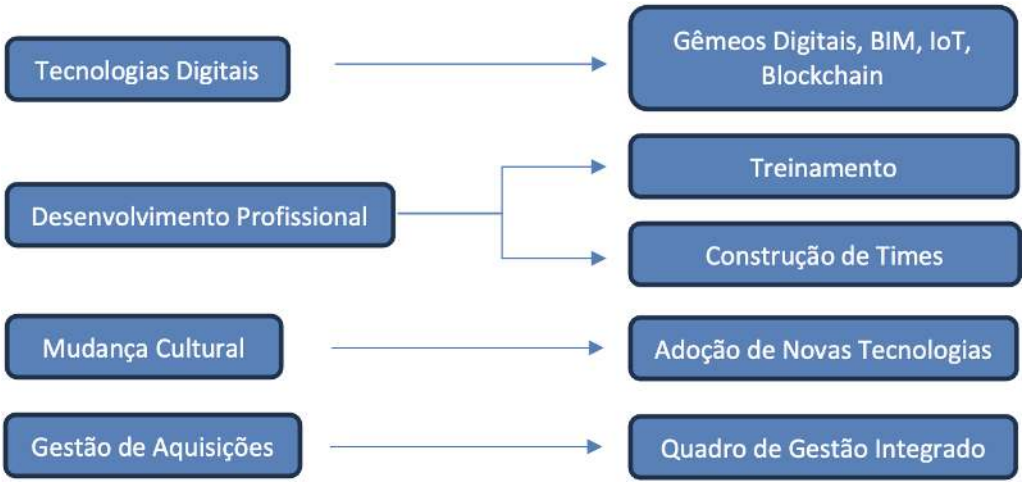
As construções modulares, embora ofereçam vantagens significativas em termos de eficiência e qualidade, ainda enfrentam resistência devido à falta de familiaridade e confiança nos métodos e tecnologias envolvidas. A falta de conhecimento especializado da mão de obra e a baixa preparação para mudanças e incertezas exacerbam esses desafios, exigindo uma abordagem proativa e colaborativa para desenvolver soluções eficazes [18].

Para enfrentar estes desafios nos processos de logística e suprimentos da construção modular, diversas estratégias estão sendo adotadas, com foco na integração tecnológica e no desenvolvimento de habilidades. O uso de tecnologias como gêmeos digitais e modelos BIM permitem uma simulação precisa e detalhada dos projetos, facilitando a identificação de possíveis problemas e ajuda na tomada de decisões [19]. A utilização de sensores IoT permite a coleta de dados em tempo real [20]. E a integração de blockchain para gerenciamento da cadeia de suprimentos oferece maior transparência e segurança nas transações, reduzindo o risco de falhas e otimizando o fluxo de informações [16].

Ademais, investimentos em treinamento e desenvolvimento de habilidades, são essenciais para capacitar a força de trabalho e aumentar a eficiência operacional. Atividades de construção de times e a promoção de uma mudança de atitude e cultura dentro das organizações são fundamentais para melhorar a colaboração e a confiança entre os diferentes atores da cadeia produtiva [18].

Por fim, também se discute o desenvolvimento de um quadro de gestão de aquisições que integre essas tecnologias avançadas, proporcionando uma visão abrangente e coordenada das operações, facilitando o planejamento e a execução das atividades [18]. A integração dessas soluções tecnológicas não apenas melhora a eficiência logística, mas também contribui para a redução de emissões de carbono e de custos operacionais. Com essas estratégias, demonstradas na figura 3, a construção modular pode superar os desafios enfrentados e se posicionar como uma solução viável e sustentável para a construção civil contemporânea.

Figura 3: Estratégias utilizadas para superar os desafios da cadeia de suprimentos da construção modular



Fonte: o autor.

CONCLUSÃO

Após a análise da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), foram alcançadas conclusões sobre as pesquisas existentes no tema em questão. Inicialmente, a RSL identificou 180 artigos na base de dados Web os Science, dos quais 15 foram selecionados para análise mais aprofundada. Foram conduzidas classificações abordando os autores com maior produção, os países mais proeminentes, destacando a China (Hong Kong) com mais de 40% dos artigos, e a distribuição de publicações ao longo do tempo, com ênfase nos anos de 2021 e 2023. A apresentação visual dessas informações foi realizada por meio de quadros, tabelas e figuras.

Para complementar a análise, os 15 artigos foram classificados em cinco categorias relacionadas ao tema da construção modular e seus processos de suprimentos e logística. A Tabela 4 sintetiza os tópicos mais explorados, ressaltando os estudos do panorama geral da cadeia de suprimentos da construção modular (5 artigos), as análises das incertezas e dos riscos relacionados aos processos de suprimentos e logística (3 artigos) e também os estudos de integração de tecnologias baseadas em blockchain para o gerenciamento da cadeia de suprimentos da construção modular (3 artigos). A seleção criteriosa desses artigos visou atender às questões de pesquisa estabelecidas.

A RSL conduzida neste estudo oferece contribuições significativas para o entendimento da cadeia produtiva da construção modular e seus processos logísticos. Primeiramente, a revisão revela a crescente atenção acadêmica direcionada ao tema, com um aumento de publicações nos últimos anos, especialmente em países como China, Austrália e Estados Unidos. O trabalho classifica e organiza conhecimentos existentes, destacando os principais elos da cadeia produtiva, desafios enfrentados e soluções emergentes, como a adoção de tecnologias avançadas como BIM, IoT e blockchain. Além disso, a análise aprofundada dos artigos selecionados identifica lacunas de pesquisa e oferece uma base sólida para futuros estudos, promovendo o desenvolvimento de diretrizes práticas e inovadoras para enfrentar as complexidades logísticas da construção modular. Portanto, esta revisão não só enriquece o cenário científico, mas também proporciona insights valiosos para pesquisadores, profissionais e stakeholders interessados em otimizar a eficiência e a sustentabilidade dos projetos de construção modular.

REFERÊNCIAS

[1] ABDELMAGEED, Sherif; ZAYED, Tarek. A study of literature in modular integrated construction-Critical review and future directions. Journal of Cleaner Production, v. 277, p. 124044, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124044

[2] WANG, Zhaojing et al. Precast supply chain management in off-site construction: A critical literature review. Journal of Cleaner Production, v. 232, p. 1204-1217, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.229

[3] ZHAI, Yue et al. An Internet of Things-enabled BIM platform for modular integrated construction: A case study in Hong Kong. Advanced engineering informatics, v. 42, p. 100997, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100997

[4] Conheça o estudo sobre evolução das construtechs no Brasil. SECOVI-SP, 04 dez. 2023. Disponível em: https://secovi.com.br/conheca-o-estudo-sobre-evolucao-das-construtechs-no-brasil/. Acesso em: 05 jan. 2024

[5] CHRISTOPHER, Martin. Logistics and Supply Chain Management: Logistics & Supply Chain Management. Pearson UK, 2016.

[6] HOFMANN, Erik. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation, S. Chopra, P. Meindl. 2013.

[7] MENTZER, John T. et al. Defining supply chain management. Journal of Business logistics, v. 22, n. 2, p. 1-25, 2001.

[8] GOULDING, J. S.; ARIF, M. Research road map report: offsite production and manufacturing. CIB General Secretariat, Rotterdam, 2013.

[9] BLISMAS, Nick; WAKEFIELD, Ron. Drivers, constraints and the future of offsite manufacture in Australia. Construction innovation, v. 9, n. 1, p. 72-83, 2009.

[10] RUSHTON, Alan; CROUCHER, Phil; BAKER, Peter. The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain. Kogan Page Publishers, 2022.

[11] HSU, Pei-Yuan; AURISICCHIO, Marco; ANGELOUDIS, Panagiotis. Risk-averse supply chain for modular construction projects. Automation in Construction, v. 106, p. 102898, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102898

[12] KITCHENHAM, Barbara. Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

[13] GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. Logeion: Filosofia da informação, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019. DOI: https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73

[14] KITCHENHAM, Barbara et al. Systematic literature reviews in software engineering–a systematic literature review. Information and software technology, v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009. DOI: https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009

[15] DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015. DOI: 10.13140/2.1.2264.2885.

[16] LI, Xiao et al. Blockchain-enabled IoT-BIM platform for supply chain management in modular construction. Journal of construction engineering and management, v. 148, n. 2, p. 04021195, 2022. DOI: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002229

[17] WU, Liupengfei et al. A blockchain-based model with an incentive mechanism for cross-border logistics supervision and data sharing in modular construction. Journal of Cleaner Production, v. 375, p. 133460, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133460

[18] TENNAKOON, Tennakoon Mudiyanselage Maheshi Pabasara et al. Uncertainties affecting the offsite construction supply chain resilience: a systematic literature review. Construction Innovation, 2023. DOI: https://doi.org/10.1108/CI-04-2023-0075

[19] LEE, Dongmin; LEE, SangHyun. Digital twin for supply chain coordination in modular construction. Applied Sciences, v. 11, n. 13, p. 5909, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/app11135909

[20] LIU, Xuefeng et al. Supply chain management for modular construction using building information modeling. PCI Journal, 2023.