

ANÁLISE DO NÍVEL DE MATURIDADE NA APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO MODULAR

Analysis of the level of maturity in the application of Lean Construction philosophy in a modular construction company

Andressa Lourenço dos Santos Cantú

Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville, SC | andressa_cantu@hotmail.com

Luciana Rosa Leite

Universidade do Estado de Santa Catarina | Joinville, SC | luciana.leite@udesc.br

Carla Roberta Pereira

The Open University Business School | Milton Keynes, UK | carla.pereira@open.ac.uk

RESUMO

O *Lean Construction* (LC) é uma filosofia proposta como forma de promover maior desenvolvimento da construção civil e tem como base o pensamento *Lean* advindo da manufatura. Desde então, o conceito vem se disseminando, porém enfrenta barreiras de cunho cultural, conceitual e organizacional. Sabe-se que a industrialização, a automação e o uso de tecnologias no setor da construção favorecem a implementação do LC, logo, o objetivo deste estudo é avaliar o nível de maturidade na aplicação do LC em uma empresa de construção modular. A pesquisa, de abordagem qualitativa, utiliza o método de estudo de caso e foi conduzida a partir de um questionário, entrevista e visita na empresa participante. Os resultados indicaram um nível mediano de maturidade (2) para o caso estudado. No entanto, para o contexto analisado, foram observadas discrepâncias entre os níveis de maturidade atribuído e a realidade empresarial observada. Embora específica deste estudo de caso, essa observação pode contribuir para reflexões futuras sobre o procedimento de cálculo do LCMM. Por fim, a pesquisa apresentou contribuição acadêmica, ao aplicar o LCMM em um estudo de caso real e, gerencial dado o potencial de auxiliar a empresa a atingir níveis de maturidade mais elevados.

Palavras-chave: Construção modular; Modelo de maturidade; LCMM; *Lean Construction*.

ABSTRACT

Lean Construction (LC) is a philosophy proposed to promote greater development in the construction sector and is based on *Lean thinking* arising from manufacturing. Since then, the concept has been spreading but faces cultural, conceptual and organizational barriers. It is known that industrialization, automation and the use of technologies in the construction sector favour the implementation of LC, therefore, the objective of this study is to evaluate the level of maturity in the application of LC in a modular construction company. This qualitative research uses the case study method to collect data through interviews and field visits. The results indicated a median level of maturity (2) for the case studied. However, for the context analysed, discrepancies were observed between the maturity levels assigned and the business reality observed. Although specific to this case study, this observation may contribute to future reflections on the LCMM calculation procedure. Finally, the research made an academic contribution by applying the LCMM to a real case study, and a managerial one given its potential to help the company achieve higher levels of maturity.

Keywords: Modular construction; Maturity model; LCMM; *Lean Construction*.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil se destaca pela sua notoriedade econômica e social, impulsionando diversas outras atividades devido à sua complexidade e à ampla demanda por insumos e mão de obra. Com isso, seu crescimento tem o potencial de estimular a economia e promover o desenvolvimento de diferentes setores (BNDES, 2010). Em 2021, a construção civil foi responsável pela criação de aproximadamente 8% dos empregos formais do país (CBIC, 2024) e, em 2022, representou 6,2% do PIB nacional (Statista, 2023). Logo aprimorar a construção civil significa impulsionar a economia como um todo. Neste sentido, a adoção de novas tecnologias e a aplicação do *Lean Construction* (LC) podem contribuir significativamente para a gestão (Lupinacci; Morini; Eulalia, 2015) e para o aumento da produtividade no setor (Lupinacci; Morini; Eulalia, 2015; Ribeiro *et al.*, 2021).

O LC tem origem no *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido por Taiichi Ohno para a indústria automobilística após a Segunda Guerra Mundial, dando origem ao conceito de *Lean Production* (Ohno, 1988). A introdução destes princípios na indústria da construção civil foi sugerida por Lauri Koskela, com o objetivo de aprimorar os processos e a qualidade dos produtos desenvolvidos no setor (Koskela, 1992).

Sobre a adoção de novas tecnologias, desde 2018, a industrialização da construção tem ganhado destaque, com foco em produção *offsite*, pré-fabricação e construção modular, frequentemente associadas à filosofia do LC (Costa *et al.*, 2023). Para Koskela (1992), o avanço tecnológico do setor está diretamente ligado à melhoria dos processos (p. 39), e a industrialização pode proporcionar vantagens competitivas (p. 52). Desta forma, a integração do LC com sistemas construtivos modernos pode trazer diversos benefícios, como redução de impactos ambientais (Horvath, 2004), diminuição de acidentes de trabalho (Bajjou *et al.*, 2017), redução de custos (Peiris *et al.*, 2023) e minimização de desperdícios (Awad; Guardiola; Fraíz, 2021). Além disso, pode otimizar tempos de ciclo, aumentar a produtividade, melhorar a eficiência dos processos (Goh; Goh, 2019), elevar a qualidade do produto (Peiris *et al.*, 2023) e contribuir para a sustentabilidade dos projetos (Awad; Guardiola; Fraíz, 2021). Assim, o interesse pela filosofia LC tem aumentado com o passar dos anos e diversos modelos de maturidade para avaliar essa aplicação têm sido desenvolvidos para a indústria da construção civil, uma vez que é essencial acompanhar a sua implementação para que seja atingido o seu potencial máximo (Koskela, 1992; Jayanetti *et al.*, 2023).

A construção civil abrange uma ampla variedade de técnicas, desde a produção artesanal realizada *onsite* até a fabricação industrializada *offsite*. No entanto, este trabalho tem como foco a construção modular, em que os módulos são gerados de maneira manufaturada e, em seguida, levados até o canteiro de obras. Para o início da montagem a fundação deve ter sido previamente executada (Zahradnik; Dörries, 2019) e os módulos vão sendo posicionados sequencialmente até que o todo esteja finalizado (Deng *et al.*, 2020). As seções podem ser de cômodos isolados ou do empreendimento como um todo (Gibb, 1999). A norma brasileira que regulamenta este sistema construtivo é a ABNT NBR 15873 e, as internacionais são ISO 1791, ISO 1006, ISO 2848, por exemplo.

A construção modular é tida como o sistema construtivo que possui “maior nível de pré-fabricação e de construção *offsite*” (Li *et al.*, 2020, p. 3) e a implementação do LC pode trazer vantagens econômicas em um setor altamente competitivo e desafiador (Stevens, 2014, p. 386). No entanto, ainda há uma lacuna significativa na pesquisa sobre a integração do LC com diferentes abordagens construtivas (Du *et al.*, 2023). Diante desse cenário, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o nível de maturidade na aplicação do LC em uma empresa que adota a construção modular.

Segundo Nesensohn (2014), a mensuração da implementação de um método pode ser realizada por meio de modelos de maturidade. A literatura apresenta alguns desses modelos voltados especificamente para o LC (Rodegheri; Serra, 2020; Jayanetti *et al.*, 2023), mas os próprios autores destacam a necessidade de revisões e aprimoramentos para garantir uma coleta de dados mais condizente com a realidade (Rodegheri; Serra, 2020; Du *et al.*, 2023; Jayanetti *et al.*, 2023). Diante disso, este estudo utilizou o modelo LCMM de Nesensohn (2014), adaptado com base nos critérios estabelecidos por Rodegheri e Serra (2020) e Jayanetti *et al.* (2023). Para tornar a avaliação mais adequada ao contexto da industrialização, foram incluídas questões específicas sobre o tema, além de exemplos para facilitar o entendimento dos respondentes. A escala de respostas original (*Likert* de 0 a 4) foi modificada com a inclusão da opção “Não sei responder”, o modelo adaptado passou por validação com especialistas e, posteriormente, foi aplicado em um estudo de caso piloto para refinamentos adicionais. Após esses ajustes, tornou-se a ferramenta de coleta de dados empíricos desta pesquisa.

Dessa forma, este estudo busca preencher a lacuna apontada por Nesensohn (2014), que destaca que a estrutura proposta foi validada, porém sua habilidade em modelar a maturidade do LC não foi testada (aplicada em um cenário de caso real).

2 METODOLOGIA

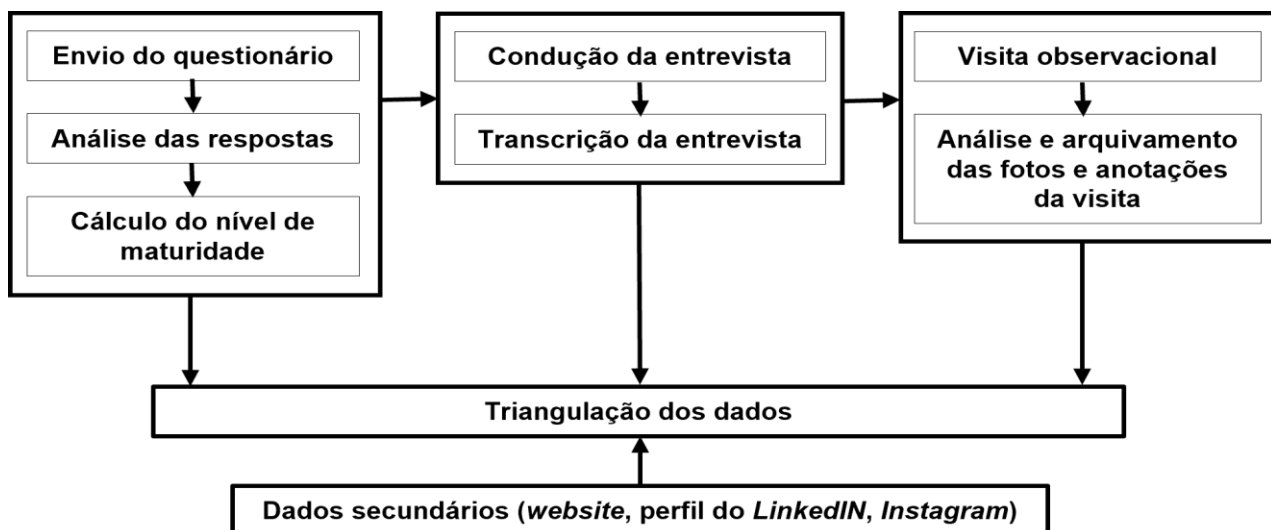
A pesquisa possui natureza qualitativa (Ramires; Pessôa, 2013) e o método aplicado foi estudo de caso com abordagem transversal (Yin, 2009) e finalidade exploratória (Lösch; Rambo; Ferreira, 2023). A escolha da empresa para o estudo de caso foi baseada em Mendonça (2014): empresa fundada há 4 anos ou mais a contar da data de aplicação do questionário; empresa que pratica o método construtivo em estudo há 4 anos ou mais a contar da data de aplicação do questionário; empresa que adota, pelo menos, uma ferramenta LC.

Inicialmente foi feita uma busca no *Google* por praticantes da construção modular, realizado o contato telefônico com o gestor de planejamento para exposição do projeto de pesquisa, dos critérios para participação e do escopo de coleta de dados. Após enquadramento nos parâmetros e aceite de participação, ainda com o gestor de planejamento, foi selecionado o indivíduo a ser respondente, com o único parâmetro de possuir conhecimento sobre o LC (Miguel, 2007). O diagrama geral está representado na Figura 1.

As técnicas de coleta de dados baseiam-se em Mendonça (2014) e foram: i) preenchimento do questionário do LCMM adaptado de maneira *online* pelo *Microsoft OneDrive Forms*; ii) entrevista semiestruturada gravada realizada presencialmente e; iii) visita com observação direta e arquivamento de fotografia (Yin, 2009) na fábrica da empresa estudada. Todas estas etapas buscam somar os conhecimentos do participante e do pesquisador (Coimbra; Martins, 2013).

A análise de dados foi feita em três etapas iniciais: i) análise das respostas do questionário; ii) transcrição das entrevistas em busca da identificação de temas e relações entre eles de modo a interpretar os resultados e gerar *insights* com base no objetivo da presente pesquisa (Alves-Mazzoti; Gewandsznajder, 2004), e, por fim; iii) análise e arquivamento das fotos e anotações da visita técnica. Para a análise de conteúdo, foram compiladas as informações de todas as etapas da coleta de dados com base nos onze atributos chave presentes no LCMM, sendo eles: liderança *Lean*, foco no cliente, lógica de raciocínio, cultura e comportamento, competências, fatores de melhoria, processos e ferramentas, mudanças, ambiente de trabalho, resultados corporativos, aprendizado e competência de desenvolvimento. E, foi realizada a triangulação dos dados para escrita dos resultados.

Figura 1: Diagrama da metodologia



Fonte: Os autores (2024).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de caso foi realizado em uma construtora situada no estado do Rio Grande do Sul, a qual executa projetos próprios passíveis de personalização utilizando a construção modular. A produção dos módulos é representada na Figura 2.

Figura 2: Fases da produção dos módulos na empresa participante do estudo



Fonte: Os autores (2024).

A empresa está no mercado há 10 anos, possui “em torno de 20 funcionários” e o participante da pesquisa ocupa o cargo de Gestor. Este relatou ter despendido cerca de 15 a 20 minutos para responder o LCMM adaptado, afirmou que a maioria dos funcionários teria dificuldade em responder a pesquisa e que algumas afirmações do LCMM são parecidas com outras. O resultado de suas respostas conferiu, ao final da condução do procedimento de cálculo desenvolvido por Nesensohn (2014), um nível de maturidade dois, ou seja, despertando e a Figura 3 apresenta o gráfico de radar com os resultados por atributo chave.

Figura 3: Gráfico de radar dos resultados por atributo chave



Fonte: Desenvolvido pelos autores com base nas respostas do participante (2024).

Dessa forma, o nível de maturidade final calculado (2) com base nas respostas do participante diverge de sua consideração durante a entrevista (3). Segundo ele, a nota três seria devido a padronização da produção, otimização do tempo, dos materiais e planejamento assertivo. E, não poderia ser maior (4) por estarem “sempre evoluindo”. Desde a sua fundação, a empresa tem investido em mais padronização dos projetos, processos e materiais. Segundo o respondente: “hoje o cliente abre um catálogo e ele consegue olhar, ah, esse aqui eu gostei. E já tem tudo pronto, (...) é uma receita de bolo”. E, considera que a contínua evolução depende de treinamentos e automatização dos processos.

Iniciando as análises pelo atributo **liderança Lean**, o respondente acredita que a empresa possui maturidade mediana (2), pois o gerente de produção e demais *heads* atuam diariamente muito próximos aos funcionários, sempre os incentivando a contribuírem com suas ideias para melhoria dos processos. Por sua vez, os líderes buscam ser exemplos, tomam decisões pensando no sucesso futuro, mas ainda, não conduzem tanto seus dias de forma padronizada ou investem tantos recursos em mecanização dos processos. Os estudos de Nahmens e Mullens (2011), Barreto e Heineck (2012), Gallardo, Granja e Picchi (2013) confirmam que a

presença ativa da liderança é necessária para a implementação do LC, logo, a empresa apresenta um cenário promissor para avançar nesse aspecto.

No atributo chave **foco no cliente**, o nível de maturidade foi mediano (2) e o respondente afirmou que eles buscam entregar a obra o mais completa possível minimizando preocupações para o cliente externo na entrega do imóvel. Apenas alguns detalhes, como ar-condicionado instalado, não são incluídos, mas a infraestrutura é preparada para que um profissional habilitado realize as conexões de acordo com o equipamento adquirido pelo cliente. A empresa se mantém disponível para esclarecer dúvidas, mas seu serviço também é estruturado para facilitar o trabalho do cliente interno, garantindo que o instalador encontre um processo simples e intuitivo. Por fim, há um esforço contínuo para compreender o que o cliente realmente valoriza, a fim de reduzir desperdícios, alinhando-se às diretrizes de Court *et al.* (2009).

No atributo **lógica de raciocínio**, a empresa foi avaliada com nível de maturidade dois. Isso se deve ao fato de que as atividades ainda não estão totalmente alinhadas, havendo oportunidades de melhoria para atender às diretrizes de Barreto e Heineck (2012) e Yu *et al.* (2013). Por outro lado, a empresa busca constantemente a melhoria contínua, investindo na mecanização dos processos e no planejamento de longo prazo. Além disso, conta com uma equipe composta por profissionais que pensam de forma inovadora e buscam soluções criativas para os desafios do setor.

No atributo **cultura e comportamento**, a empresa foi avaliada com nível de maturidade dois. O respondente destacou que os princípios do LC estão presentes no dia a dia da fábrica e na visão da empresa, evidenciado pela afirmação: “faça chuva, faça sol, a gente está produzindo”. Essa continuidade na produção manufatureira é apontada por Gallardo, Granja e Picchi (2013) como um facilitador para a adoção do LC demonstrando sua compatibilidade com a construção modular (Viana; Tommelein; Formoso, 2017).

Já no atributo **competências**, a empresa recebeu um nível de maturidade três. Destaca-se a liberdade dos funcionários para contribuir com ideias e soluções no dia a dia, aspecto alinhado com Gallardo, Granja e Picchi (2013). No entanto, o respondente observou que “com o nome LC (...) os funcionários não conhecem”, o que sugere que a maturidade real poderia ser dois em vez de três, conforme identificado por Pan e Pan (2023). Para elevar esse nível, investimentos em treinamentos e na aplicação de novas ferramentas do LC seriam estratégias eficazes, de acordo com Barreto e Heineck (2012) e Yu *et al.* (2013).

No atributo **fatores de melhoria**, a empresa foi avaliada com nível de maturidade dois. A respondente destacou que acompanhar as inovações do mercado, especialmente no que diz respeito a novos materiais e tecnologias, pode contribuir para aprimorar a aplicação do LC. Segundo ela, essa prática já é comum, resultando na evolução e simplificação de diversos processos, como o de pintura: “antigamente a gente trabalhava com pintura, hoje a gente não quer mais trabalhar com pintura. Por quê? Pinta, lixa, muito tempo envolvido, muito trabalho. A gente quer revestimentos mais tecnológicos”. Para elevar esse nível de maturidade, uma das estratégias seria envolver a cadeia de suprimentos, reduzindo desperdícios relacionados a estoques excessivos e tempos de espera, conforme sugerido por Barreto e Heineck (2012), Melo, Lima e Melo (2017) e Castillo *et al.* (2023).

No atributo **processos e ferramentas**, a empresa foi avaliada com nível de maturidade dois. O respondente afirmou que a padronização é uma prática consolidada, descrevendo as construções como uma verdadeira “receita de bolo”. Além disso, destacou o uso da pré-fabricação e do *kaizen* como parte da rotina operacional. Durante a visita observacional, também foram identificadas outras práticas alinhadas ao LC, como a aplicação do 5S no almoxarifado e a gestão visual do cronograma de cada módulo. Além disso, a fábrica conta com equipamentos e sistemas próprios para o transporte de materiais e módulos, incluindo paletes e suportes com rodízios. Segundo Li *et al.* (2020), a mecanização desses processos pode gerar resultados positivos, contribuindo para maior eficiência produtiva.

Para o atributo **mudanças**, o nível de maturidade final foi dois, o que está alinhado com a nota do atributo fatores de melhoria. O respondente destacou que a empresa trabalha com estoques para garantir segurança no fornecimento da cadeia de suprimentos, o que representa uma barreira para a implementação da ferramenta *Just in Time* (JIT) e, conseqüentemente, do LC. Essa pontuação também foi influenciada pela baixa nota atribuída à afirmação sobre a existência de um *software* integrado com a cadeia de suprimentos. O desenvolvimento ou a aquisição de um sistema desse tipo poderia aumentar a confiança da empresa e reduzir a dependência do estoque. Conforme Yu *et al.* (2013) e Nahmens e Mullens (2011), a adoção do LC exige mudanças tanto na mentalidade quanto na estrutura organizacional. Além disso, os líderes desempenham um papel essencial nesse processo, atuando como incentivadores (Barreto; Heineck, 2012).

Já, para o atributo **ambiente de trabalho** a maturidade final foi dois, com base na afirmação do respondente sobre a existência de um bom planejamento para garantir um ambiente seguro e organizado na produção. Durante a visita observacional constatou-se um elevado nível de ordem na fábrica, o que sugere que a maturidade para esse atributo poderia ser três. Segundo Li *et al.* (2013), a construção *offsite*, por si só, já reduz os riscos para os trabalhadores. Além disso, o respondente destacou que “os funcionários são todos

(...) da cidade (...) justamente para conseguir almoçar em casa, com a família”, e que a fábrica está localizada em uma área rural, proporcionando contato com a natureza — fatores que contribuem para um ambiente de trabalho mais saudável.

No caso do atributo **resultados corporativos**, o nível de maturidade final foi zero devido à ausência do uso de contratos relacionais e de um sistema estruturado para medir benefícios ao cliente. No entanto, considera-se que a nota deveria ser dois, pois a empresa demonstra manter boas relações com os clientes e entregar o valor esperado, evidenciado pela média próxima a nota máxima nas avaliações do *Google*. Além disso, diversos estudos sobre esse sistema construtivo apontam benefícios na adoção do LC (Court *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2013; Innella; Arashpour; Bai, 2019; Li *et al.*, 2020; Sutantio *et al.*, 2022; Peiris *et al.*, 2023; Fang *et al.*, 2023; Pan; Pan, 2023).

Para o atributo **aprendizado e competência de desenvolvimento**, o nível de maturidade final foi dois, refletindo uma gestão ainda superficial do conhecimento. O respondente descreveu a produção como “uma linha de montagem, então tem a equipe que faz a estrutura, aí tem a equipe que faz as paredes, tem a equipe que faz elétrico, hidráulico”, indicando que a empresa não adota um modelo de equipes multitarefas. Para elevar esse índice, a implementação da ferramenta *cross-training* poderia ser uma alternativa eficaz.

Diante do exposto, observa-se que o LCMM, em algumas situações, atribuiu uma nota mais baixa ao considerar a menor pontuação entre as afirmações de cada atributo chave. No entanto, no atributo competências, a avaliação foi superior ao que foi constatado por meio da observação direta da pesquisadora. Destaca-se ainda que a análise desses resultados é específica para este caso estudado, não podendo ser generalizada para outras situações.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível de maturidade na aplicação do LC em uma empresa de construção modular, sistema construtivo considerado um dos mais industrializados do setor. Neste sentido, buscou-se sanar a lacuna apontada por Nesensohn (2014), de aplicar o modelo LCMM em um cenário de caso real.

O modelo de maturidade adaptado LCMM (Nesensohn, 2014) mostrou ser adequado ao evidenciar um nível de maturidade para o estudo de caso analisado. Porém, observou-se que, para o contexto específico da empresa estudada, o procedimento de cálculo definido por Nesensohn (2014) pode ter gerado discrepâncias entre o atribuído e o observado. Ainda assim, é importante destacar que as interpretações apresentadas devem ser compreendidas como específicas ao contexto analisado, sem pretensão de extrapolação para outros cenários. Portanto, sugere-se que futuras pesquisas realizem aplicações do LCMM em estudos de múltiplos casos a fim de verificar as tendências observadas neste estudo.

Por fim, a pesquisa apresentou contribuição acadêmica ao sanar uma lacuna de pesquisa com a aplicação do LCMM em um estudo de caso real. E, a nível gerencial, a pesquisa tem o potencial de auxiliar a empresa a atingir níveis mais altos de maturidade mediante seu entendimento atual.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2 ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

AWAD, T.; GUARDIOLA, J.; FRAÍZ, D. Sustainable construction: Improving productivity through lean construction. **Sustainability**, v. 13, n. 24, 1 dez. 2021. DOI: <<https://doi.org/10.3390/su132413877>>. Acesso em: 07 jul. 2024.

BAJJOU, M. S. *et al.* The practical relationships between lean construction tools and sustainable development: A literature review. **Journal of Engineering Science and Technology Review**, v. 10, n. 4, p. 170–177, 2017. DOI: <10.25103/jestr.104.20>. Acesso em: 07 out. 2024.

BARRETO, A. M.; Heineck, L. F. M. **Learning structural masonry technology and lean construction: a case study in a small building site**. In: IGLC-20, 2012, USA. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/751>>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. Perspectivas e desafios para inovar na construção civil. **BNDES Setorial – Construção Civil**, v. 31, p. 353-410, 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4522>. Acesso em: 07 out. 2024.

CASTILLO, T. *et al.* Losses in precast concrete: a case study in Ecuador. **Civil Engineering and Architecture**, v. 15, n. 5, p. 2263-2278, 2023. DOI: <10.13189/cea.2023.110501>. Acesso em: 07 out.2024.

- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **PIB Brasil e Construção Civil**. Banco de Dados CBIC, 2024. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 07 out. 2024.
- COIMBRA, M. N. C. T.; MARTINS, A. M. O. O estudo de caso como abordagem metodológica no ensino superior. **Nuances: estudos sobre educação**. Presidente Prudente, v. 24, n. 3, p. 31-46, 2013. DOI: <<https://doi.org/10.14572/nuances.v24i3.2696>>. Acesso em: 25 out. 2024.
- COSTA, S. *et al.* A Systematic Literature Review and Conceptual Framework of Construction Industrialization. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 149, n. 2, fev. 2023. DOI: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002410](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002410)>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- COURT, P. F. *et al.* Modular assembly with postponement to improve health, safety and productivity in modular construction. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 14, n. 2, 1 maio 2009. DOI: <[10.1061/\(ASCE\)1084-0680\(2009\)14:2\(81\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0680(2009)14:2(81))>. Acesso em: 30 set. 2024.
- DENG, E. F. *et al.* Seismic performance of mid-to-high rise modular steel construction - A critical review. **Thin-Walled Structures**, v. 155, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106924>>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- FANG, Y. *et al.* BIM and lean construction in prefabricated housing construction in China. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 14, n. 7, p. 1329–1353, 7 nov. 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2022-0059>>. Acesso em: 10 out. 2024.
- GALLARDO, C. A. S.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. Productivity gains in a line flow precast concrete process after a basic stability effort. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 4, 2013. DOI: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000728](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000728)>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- GIBB, A. G. F. **Off-site fabrication: prefabrication, pre-assembly, modularisation**. 1a ed. Reino Unido: Whittles Publishign, 1999.
- GOH, M.; GOH, Y. M. Lean production theory-based simulation of modular construction processes. **Automation in Construction**, v. 101, p. 227–244, 1 maio 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.017>>. Acesso em: 30 set. 2024.
- INNELLA, F.; ARASHPOUR, M.; BAI, Y. Lean Methodologies and Techniques for Modular Construction: Chronological and Critical Review. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 12, dez. 2019. DOI: <[10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001712](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001712)>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- JAYANETTI, J. K. D. D. T. *et al.* Critical Analysis of Lean Construction Maturity Models: A Systematic Literature Review. **Buildings**, v. 13, n. 6, 1 jun. 2023. DOI: <<https://doi.org/10.3390/buildings13061508>>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- KOSKELA, L. J. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Finlândia: Stanford University, 1992. Disponível em: <<https://stacks.stanford.edu/file/druid:kh328xt3298/TR072.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2023.
- LI, L. *et al.* A new framework of industrialized construction in China: Towards on-site industrialization. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, 20 jan. 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118469>>. Acesso em: 30 mar. 2024.
- LÖSCH, S.; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. L. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 0, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.21723/riaee.v18i00.17958>>. Acesso em: 11 out. 2024.
- LUPINACCI, D. M.; MORINI, C.; EULALIA, L. A. S. O comércio internacional de serviços de construção civil: uma análise comparativa entre o Brasil e a União Europeia. **Revista Administração em Diálogo**, v. 17, n. 2, p. 81-103, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.20946/rad.v17i2.16595>>. Acesso em: 25 jul. 2024.
- MELO, L. A. P.; LIMA, V. F. C.; MELO, S. S. **Value stream mapping: a case study in structural masonry**. In: IGLC-25, 2017, Grécia. DOI: <[10.24928/2017/0167](https://doi.org/10.24928/2017/0167)>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- MENDONÇA, A. W. **Metodologia para estudo de caso**. Palhoça: UnisulVirtual, 2014.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>>. Acesso em: 20 mai. 2024.
- NAHMENS, I.; MULLENS, M. A. Lean homebuilding: lessons learned from a precast concrete panelizer. **Journal of Architectural Engineering**, p. 155-161, 2011. DOI: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000037](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000037)>. Acesso em: 07 jul. 2024.
- NESENHORN, C. **An innovative framework for assessing lean construction maturity**. 2014. Tese (Doutorado) - Liverpool John Moores University, Liverpool, fev. 2014. Disponível em: <<https://researchonline.ljmu.ac.uk/id/eprint/4320/>>. Acesso em: 30 out. 2023.
- OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. 1. ed. Nova York: [s.n.], 1988. DOI: <<https://doi.org/10.4324/9780429273018>>. Acesso em: 30 ago. 2023.

PAN, W.; PAN, M. Rethinking lean synergistically in practice for construction industry improvements. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 30, n. 7, p. 2667-2690, 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0346>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

PEIRIS, A. *et al.* Digitalising modular construction: Enhancement of off-site manufacturing productivity via a manufacturing execution & control (MEC) system. **Computers and Industrial Engineering**, v. 178, 1 abr. 2023. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109117>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

RAMIRES, J. C. L.; PESSÔA, V. L. S. **Pesquisas qualitativas: conceitos básicos**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2013, p. 22-35. DOI: <<https://doi.org/10.7476/9788575114438.0003>>. Acesso em: 11 out. 2024.

RIBEIRO, A. A. Lean Construction na indústria da construção civil brasileira: uma revisão de literatura. **Revista Mundi: Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá (PR), v. 6, n. 2, p. 339-363, 2021. DOI: <[10.21575/25254782rmetg2021vol6n21504](https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2021vol6n21504)>. Acesso em: 30 set. 2024.

RODEGHERI, P. M.; SERRA, S. M. B. Maturity models to evaluate lean construction in Brazilian projects. **Brazilian Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 2, 1 jun. 2020. DOI: <<https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.016>>. Acesso em: 30 set. 2023.

STATISTA. **Construction sector's share of GDP in Brazil 2013-2022. 2023**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1132926/construction-sector-share-gdp-brazil/>. Acesso em: 01 jun. 2024.

STEVENS, M. **Increasing Adoption of Lean Construction by Contractors**. In: IGLC-22, jun. 2014, Oslo. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/262733202>.

SUTANTIO, A. *et al.* Developing a model of sustainable construction for condominium projects in developing countries: case of Indonesia. **International Journal of GEOMATE**, v. 23, n. 96, p. 85-94, 2022. Disponível em: <<https://geomatejournal.com/geomate/article/view/3319>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

VIANA, D. D.; TOMMELEIN, I. D.; FORMOSO, C. T. Using modularity to reduce complexity of industrialized building systems for mass customization. **Energies**, v. 10, 2017. DOI: <<https://doi.org/10.3390/en10101622>>. Acesso em: 24 fev. 2024.

YIN, R. K. **Estudo de caso – planejamento e método**. 2ª ed. São Paulo: Bookman, 2009.

YU, H. *et al.* Lean transformation in a modular building company: a case for implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n. 1, p. 103-111, 2013. DOI: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000115](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000115)>. Acesso em: 30 abr. 2024.

ZAHRADNIK, S.; DÖRRIES, C. **Container and Modular Buildings**. 3a ed. Berlim: DOM Publishers, 2019.