

A RELAÇÃO ENTRE O LEAN CONSTRUCTION E A CERTIFICAÇÃO LEED: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

THE RELATIONSHIP BETWEEN LEAN CONSTRUCTION AND LEED CERTIFICATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Data de aceite: 04/07/2023 | Data de submissão: 22/06/2023

LEONARDO, do Nascimento Melo, mestrando em Engenharia Civil

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: leonardo.melo@edu.udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5256-7725>.

KALBUSCH, Andreza, doutora em Engenharia Civil

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: andreza.kalbusch@udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4770-1758>.

LEITE, Luciana Rosa, doutora em Engenharia de Produção

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: luciana.leite@udesc.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7240-9070>.

PEREIRA, Carla Roberta, doutora em Engenharia de Produção

UDESC, Joinville, Brasil, E-mail: carla.pereira@udesc.br

The Open University / Business School, Milton Keynes, Reino Unido, E-mail: carla.pereira@open.ac.uk

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-3671>.

RESUMO:

O aumento populacional possui uma relação direta no aumento na geração de resíduo e, conseqüentemente, no impacto ambiental. Diante desse cenário, surge a prática Lean-Green, ligando as práticas da construção enxuta com os conceitos sustentáveis, identificados em programas de certificação, como tentativa de implementar o uso eficiente dos recursos disponíveis. Em virtude disso, o presente trabalho tem como objetivo compreender a relação entre o Lean Construction (LC) e a certificação LEED. Foi realizada uma revisão sistemática de literatura nas bases EBSCO, Scopus e Web of Science. Foram identificados 30 artigos e, após a aplicação dos filtros, 12 artigos foram lidos integralmente para composição dos resultados apresentados. Como resultado, identificou-se relações existentes entre os princípios do sistema construtivo e as categorias da certificação, sendo esta a principal a sinergia entre as duas abordagens. Em relação aos benefícios, foram identificados: melhorias na gestão no canteiro de obras, e redução de custos e aperfeiçoamento na logística de materiais. Identificou-se ainda uma diferença no objetivo final de cada abordagem, tendo a certificação LEED foco em sustentabilidade, enquanto o LC, em redução de custos e desperdícios na execução da obra; tal diferença de objetivo é vista como uma barreira a conexão das abordagens.

PALAVRAS-CHAVE:

Lean-Green. Desperdício. Sustentabilidade. Meio ambiente. Revisão Sistemática de Literatura

ABSTRACT:

The growing population directly impacts waste generation and, consequently, the environment. In this context, Lean-Green practice emerges from the connection between lean construction practices and sustainable concepts in certification programs, aiming to implement the efficient use of available resources. Thus, this study aims to understand the relationship between Lean Construction (LC) and LEED certification. A systematic literature review was carried out on the EBSCO, Scopus, and Web of Science databases. Initially, 30 articles were identified, but only 12 were selected for critical reading and analysis. As a result, the main synergy between both approaches was identified as the existing relationship between the principles of the construction system and certification categories. Regarding benefits, we identified improvements in management at the construction site, cost reduction, and improvement in the logistics of materials. Differences were also found in the final objectives of each approach - LEED certification focuses on sustainability, while LC focuses on reducing costs and waste in the execution of the work. This difference is seen as a barrier to the connection between the studied approaches.

KEYWORDS:

Lean-Green. Waste. Sustainability. Environment. Systematic Literature Review.

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional, a expansão econômica, o crescente nível de urbanização e as inúmeras alterações de hábitos de consumo contribuem para um elevado índice de geração de resíduos (CUDJOE; ACQUAH, 2021). Segundo estes autores, estima-se que até o ano de 2050 serão produzidos, em âmbito global, quatro bilhões de toneladas de resíduos. Assim, devido ao limitado acesso aos recursos naturais causado pelo uso excessivo e pela concorrência característica do mercado construtor, torna-se importante a adoção de práticas sustentáveis no ramo da construção civil (ROQUE; PIERRI, 2019).

Neste sentido, o *Lean Construction* (LC), conceito proposto pelo finlandês Lauri Koskela, é definido como um sistema de otimização dos processos para melhorar a entrega final de um produto; no caso uma obra, eliminando desperdícios e agregando valor ao fluxo de entrega (KOSKELA, 1992). A construção enxuta vem tomando espaço no mercado sustentável, pois a mesma pode gerar benefícios como a redução na geração de resíduos, menor consumo de energia, garantido maior segurança ao trabalhador e com menor emissão de CO₂ (ALMEIDA; PICCHI, 2018).

Em contrapartida, a sustentabilidade, pode ser entendida como a capacidade da geração atual satisfazer suas necessidades sem que impeça que as gerações futuras supram também suas necessidades (BRUNDTLAND, 1987). A fim de avaliar o nível de sustentabilidade das edificações, diversas nações aderiram à utilização de certificações, como o selo Casa Azul + CAIXA no Brasil, o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) no Reino Unido, *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC) no Canadá e a certificação americana *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) (CARNEIRO et al., 2012).

Esta última certificação, LEED, foi criada pelo *United States Green Building Council* (USGBC) em 1993 e é compreendida como uma ferramenta que objetiva o incentivo pela mudança dos projetos, obras e operações dos edifícios, sempre focando em sustentabilidade (USGBC, 2009). A LEED pode ser considerada o principal programa

de avaliação de sustentabilidade quando comparado aos demais (CARNEIRO et al., 2012).

Levando em consideração as duas abordagens descritas anteriormente (*Lean Construction* e a certificação LEED), emergiu-se, nas últimas décadas, a prática *Lean-Green*, sistema que une conceitos da gestão enxuta com a verde, influenciando as técnicas de uso eficiente dos recursos naturais, apoiando-se na melhora do desempenho construtivo e permitindo com que as empresas se mantenham em uma posição competitiva frente ao atual cenário da indústria (BHATTACHARYA; NAND; CASTKA, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo compreender a relação entre o sistema de gestão LC e a certificação LEED. Para tal, este trabalho consiste em uma revisão sistemática de literatura dentro do período de 1993 e 2022 utilizando as bases *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*. O presente estudo contribui para difundir o conhecimento sobre a convergência da técnica de gestão *Lean Construction* e a certificação LEED, sendo este um dos poucos estudos focados na conexão de ambas as práticas dentro de um canteiro de obras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Lean Construction

A partir do relatório “*Application of the new production philosophy to Construction*”, Koskela (1992) adaptou princípios advindos do Sistema Toyota de Produção (TPS) para a indústria da construção civil, denominando a abordagem como *Lean Construction* (LC). Segundo este autor, LC pode ser definido como um conglomerado de princípios conectados que devem ser inclusos no método de gestão do setor construtor. Ainda, estes princípios devem ser utilizados para compreensão e respectiva entrega de valor segundo o cliente, através da redução de desperdícios, tempos de ciclo e atividades que não agreguem valor.

Ao longo do tempo, as pesquisas voltadas ao LC demonstraram diversas evoluções no sistema de gestão (LI et al., 2019). De acordo com os autores, a evolução é principalmente dividida em três períodos. O primeiro período é caracterizado pela adoção da abordagem e gestão de custos; o segundo, voltado para desempenho e confiabilidade nos projetos e o terceiro, pela conexão com a sustentabilidade, a pré-fabricação e com a metodologia BIM. O desenvolvimento do LC, além da busca pela alteração do sistema construtor, de empurrado para puxado, trouxe inúmeros benefícios à construção civil (AHMED; HOSSAIN; HAQ, 2021), conforme ilustrado no Quadro 1.

Entretanto, apesar de tais benefícios e de ter apresentado uma melhoria no quesito sustentabilidade, o mercado construtor ainda demonstra um baixo nível de implementação dos conceitos do LC atrelados à construção sustentável (PANDITHAWATTA; ZAINUDEEN.; PERERA, 2019). De acordo com estes autores, esse fato é justificado pelo conhecimento insuficiente do LC e das práticas de construção sustentável e também pela escassez de profissionais verdes e enxutos disponíveis no mercado.

2.2. Certificação LEED

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* tem sua origem em 1993 é uma ferramenta da construção verde caracterizado como um conjunto de normas e requisitos que busca apresentar o nível de sustentabilidade nas edificações, considerando projeto, construção, operação, manutenção e respectiva demolição (USGBC,2009). O selo entrega, por meio de um processo de validação estruturado, a análise de edificações ou comunidades, projetadas, construídas e/ou em operação dispõem de recursos estratégicos que permitam uma melhora no desempenho energético, captação e consumo eficiente de água, redução na emissão de gás carbônico (CO₂), qualidade interna do ambiente e gestão e controle dos seus impactos ambientais.

Quadro 1: Benefícios da implementação da construção enxuta (continua).

Benefício	Pesquisadores
Redução no custo da construção	SALEM et al. (2005); ZIMINA et al. (2012); AZIZ e HAFEZ (2013); BAJJOU (2017); SARHAN et al. (2017)
Aumento na segurança da construção	IKUMA, NAHMENS e JAMES (2011); BAJJOU (2017a, b); BABALOLA et al. (2018), WU et al. (2019)
Melhoria na qualidade da construção	HOFACKER et al. (2008); OLATUNJI (2008); MARHANI et al. (2012); OAKLAND e MAROSSZEKY (2017); BAJJOU e CHAFI (2018)
Redução na duração total do projeto	SALEM et al. (2005); FORBES e AHMED (2010); HYATT (2011); BAJJOU E CHAFI (2018); SARHAN et al. (2018)
Redução dos impactos ambientais	DEGANI e CARDOSO (2002); AYARKWA et al. (2012); ROSENBAUM et al. (2012); BABALOLA et al. (2018); BAJJOU e CHAFI (2018)
Aprimora o desenvolvimento sustentável do projeto	NAHMENS e IKUMA (2012); MARHANI et al. (2012); DIXIT et al. (2017); SAIEG et al. (2018)
Aumento de produtividade e satisfação do cliente	FREIRE e ALARCÓN (2002); ERIK ERIKSSON (2010); NAHMENS e IKUMA (2011); OAKLAND e MAROSSZEKY (2017)

Fonte: Adaptado de Ahmed, Hossain e Haq (2021).

As certificações, principalmente a LEED, facilitaram a compreensão das informações voltadas às práticas sustentáveis, permitindo assim a maior difusão e atração da prática dentro do mercado construtor (LI; FANG; YANG, 2021). Edificações certificadas LEED apresentam maior satisfação no quesito conforto, em comparação a edifícios que não são certificados (VOSOUGHKHOSRAVI; DIXON-GRASSO; JAFARI, 2022). Entretanto, ainda segundo estes autores, as edificações que focaram em pontuar mais em algumas categorias específicas apresentaram um alto consumo de energia elétrica. Apesar do custo da edificação certificada, levando em consideração todo o seu ciclo de vida, ser menor, o custo inicial de construções que buscam a certificação é consideravelmente maior por conta de valores adicionais consequentes da compra de materiais sustentáveis, mudança em processos executivos e produtos tecnológicos avançados que são necessários para obtenção de créditos LEED (SEYIS, 2022).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de alcançar os objetivos definidos, o presente estudo desenvolveu uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) para identificar estudos publicados sobre a relação existente entre o método de construção LC e a certificação LEED. Segundo Galvão e Ricarte (2019), a RSL é compreendida como uma técnica de estudo estruturada por um protocolo bem definido com o objetivo de identificar, analisar e interpretar o estado da arte para uma questão de pesquisa previamente estabelecida e de maneira imparcial.

Por tanto, foi estabelecida a seguinte questão de revisão: *Qual a relação existente entre o Lean Construction e a Certificação LEED?*

Esta pesquisa envolveu estudos encontrados a partir da *string* de pesquisa “Lean Construct* AND LEED”. Foram estabelecidos como critérios de seleção: (a) artigos escritos em inglês ou português; (b) artigos revisados por pares e/ou publicados no *International Group for Lean Construction* (IGLC); (c) artigos originais que apresentassem a relação entre LC e LEED.

A pesquisa foi realizada nas bases eletrônicas de periódicos *EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science* no período de 29 anos (janeiro de 1993 a dezembro de 2022). A escolha do início do período baseou-se no ano em que a USGBC criou a certificação LEED.

A aplicação dos dois primeiros filtros foi realizada no programa *State of Art (StArt)* da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. A triagem inicial foi baseada na leitura do título, palavras-chave e resumos dos artigos. O segundo filtro apoiado na leitura da introdução e conclusão. O terceiro filtro foi aplicado no programa NVivo da QSR Internacional, compreendido pela leitura completa dos artigos para compreensão da relação e, por fim, uma nova leitura nos artigos aprovados para apresentação dos resultados, conforme Figura 1. Ao final, 12 artigos (de 30 iniciais) foram selecionados para leitura completa e análise de dados.

A análise dos dados foi realizada por meio da coleta de conteúdos (BARDIN, 2008), os códigos para cruzamento dos dados foram obtidos por meio da leitura e extração de semelhanças, barreiras e benefícios da relação do LC com a certificação LEED. Os códigos obtidos foram analisados com a utilização da técnica de análise de concorrência, método utilizado para salientar como um argumento conecta com outros (THOMÉ; SCAVARDA; SCAVARDA, 2016).

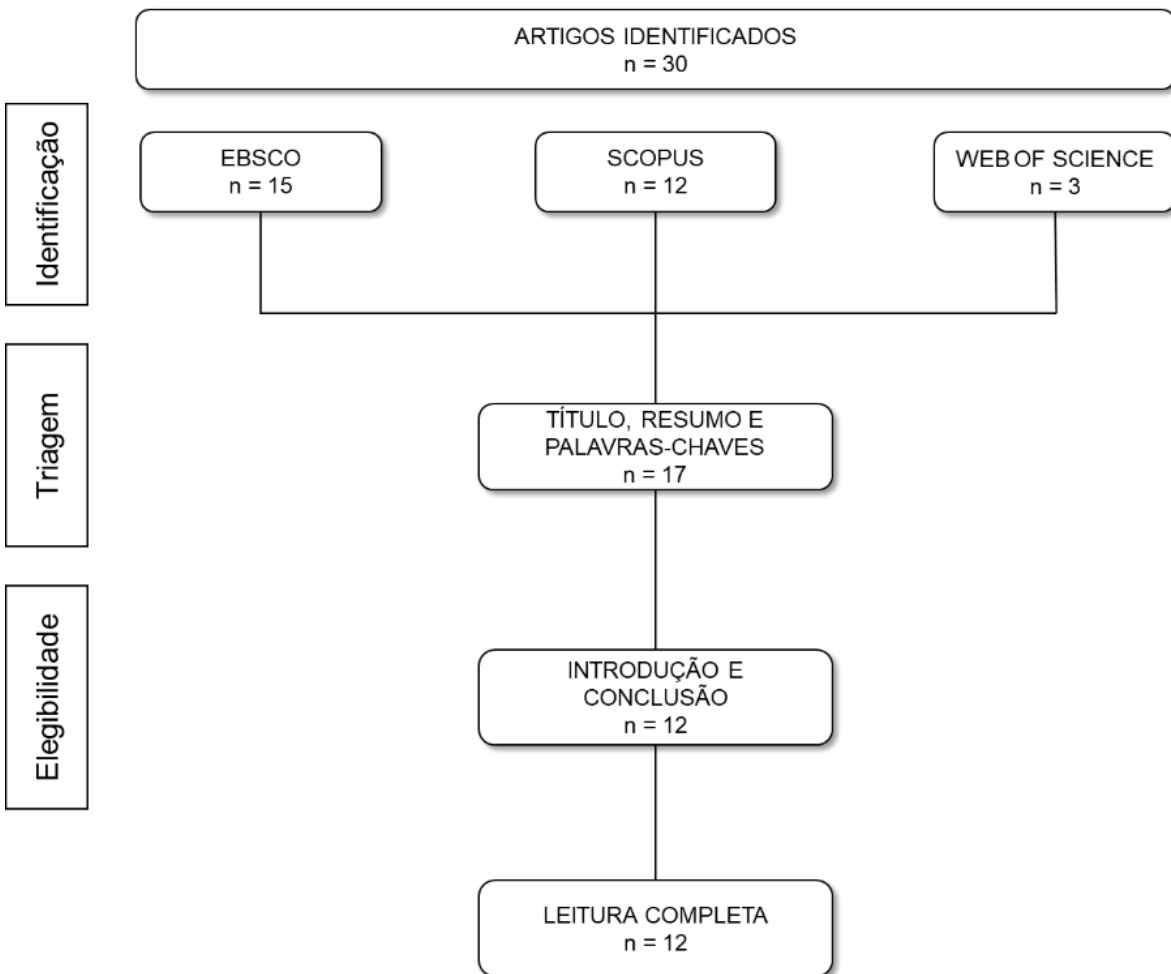
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos artigos apresenta um panorama geral sobre a relação apresentadas pelos autores entre a certificação LEED e o sistema de construção LC.

O Lean Construction (uma aplicação de metodologias da produção enxuta baseada no Sistema Toyota de Produção e aplicado no setor de construção civil) tem como objetivo melhorar a atuação dos processos construtivos por meio da redução de desperdícios, seguindo 11 princípios (KOSKELA, 1992):

- P(1) – Reduzir de atividades que não agregam valor;
- P(2) – Aumentar o valor agregado a partir das considerações do cliente;
- P(3) – Reduzir a variabilidade;
- P(4) – Reduzir o tempo de ciclo de cada atividade;
- P(5) – Simplificar processos reduzindo o número de etapas;
- P(6) – Aumentar flexibilidade no processo construtivo;
- P(7) – Aumentar transparência dos processos;
- P(8) – Focar no controle do processo como um todo;
- P(9) – Implantar a melhoria contínua nos processos;
- P(10) – Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão;
- P(11) – Benchmark.

Figura 1 - Fluxograma da seleção de artigos incluídos na revisão sobre *Lean Construction* e LEED.



Fonte: Autores.

Por outro lado, a certificação LEED é um programa da construção sustentável criado nos Estados Unidos e compreendido como um sistema de classificação Scorecard (KORANDA et al., 2012). A certificação é dividida pelas seguintes categorias (USGBC, 2023):

- C(a) – Espaços sustentáveis;
- C(b) – Eficiência do uso da água;
- C(c) – Energia e atmosfera;
- C(d) – Materiais e recursos;
- C(e) – Qualidade no ambiente interno;
- C(f) – Inovação e processos;
- C(g) – Prioridade regional;
- C(h) – Localização e transporte;

A relação identificada entre os princípios do LC e as categorias da certificação LEED é apresentada no Quadro 2 e discutida a seguir.

Quadro 2: Relação entre os princípios do LC e as categorias do LEED.

Lean\LEED	C(a)	C(b)	C(c)	C(d)	C(e)	C(f)	C(g)	C(h)
P(1)								
P(2)	x	x	x	x	x	x	x	
P(3)			x	x	x	X		
P(4)				x				
P(5)				x				
P(6)								
P(7)								
P(8)								
P(9)		x	x	x	x	x	X	
P(10)								
P(11)								

Fonte: Autores.

Os princípios “reduzir de atividades que não agregam valor”, “aumentar flexibilidade no processo construtivo”, “aumentar transparência dos processos”, “focar no controle do processo como um todo”, “equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão” e “*benchmark*” não apresentam relação com as categorias da certificação, pois o LEED não foca na redução de variabilidade ou em flexibilidade do processo (SADIKOGLU; DEMIRKESEN; ZHANG, 2022). Ao contrário, o mesmo atua como uma avaliação das características sustentáveis da edificação (VALENTE; MOURÃO; BARROS, 2013).

Os princípios do *Lean Construction* que mostraram relação mais próxima com a certificação LEED são: “aumentar o valor agregado a partir das considerações do cliente”, o que se deve ao fato de que os critérios estabelecidos pelo selo focam diretamente na melhora da qualidade de vida do usuário (CARNEIRO et al., 2012); “reduzir a variabilidade” se encaixa com algumas categorias do selo, pois o mesmo engloba critérios que permitem uma padronização do projeto como, por exemplo, o gerenciamento de resíduos (FORBES, 2013); e “implantar a melhoria contínua nos processos”, visto que a própria certificação LEED é um processo de melhoria contínua (PARRISH, 2012).

Além disso, observou-se que algumas características da certificação LEED se assemelham a algumas ferramentas do sistema construtivo *Lean Construction*. O ciclo de melhoria contínua PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), por exemplo, é composto por quatro etapas: planejar; fazer; checar e agir. A etapa checar é a própria aplicação da certificação LEED, pois consiste em uma verificação do cumprimento de critérios que podem ser corrigidos (RAMKRISHNAN; ROPER; CASTRO-LACOUTURE, 2007). Adicionalmente, a *Kaizen* (abordagem focada em buscar a melhoria contínua nos processos construtivos) é outra ferramenta bastante semelhante à certificação, uma vez que ela é representada pelo líder *Kaizen* e o selo possui créditos para projetos que possuam um LEED AP, profissional credenciado especialista em LEED (CARNEIRO et al, 2012).

Outros resultados extraídos deste estudo são referentes aos principais benefícios da relação *Lean Construction* e certificação LEED, os quais são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Benefícios da relação LEED x *Lean Construction*.

Item	Benefício	Autores
Canteiro de obras	Melhora na disposição e transporte dos materiais, qualidade das instalações provisórias existentes e na segurança do canteiro de obras.	CUNHA; LIMA (2017), ORSI et al. (2021)
Custos	Custos adicionais em virtude dos requisitos da certificação LEED são compensados com a economia resultante da aplicação do <i>Lean Construction</i> .	CUNHA; LIMA (2017)
Gestão de resíduos	Projetos apresentam cerca de 80% de reciclagem dos resíduos gerados na obra e com maior espaço para armazenamento e seleção dos mesmos, reduzindo, em média, 20% da geração de desperdícios.	KORANDA et al. (2012), SAGGIN et al. (2015)
Materiais	Os créditos por material legalizado exigem armazenamento adequado e processo de instalação específico, requisitos cumpridos com a aplicação de ferramentas do LC.	CUNHA; LIMA (2017)

Fonte: Autores.

Dos 12 artigos selecionados, 5 apresentaram barreiras que podem dificultar a implementação da certificação LEED em canteiros de obras enxutos, como requisitos da certificação e cultura da gestão enxuta, lacuna no conhecimento sobre a conexão entre as frentes e iniciativas sobre a adoção de ambas (Quadro 4).

Quadro 4: Barreiras da aplicação LEED x *Lean Construction*.

Item	Barreira	Autores
Ferramenta x Crédito	Alinhar alguns requisitos estabelecidos pela certificação com ferramentas do LC. Ex: <i>Just-in-time</i> (JIT) com o prazo de entrega da madeira certificada.	KORANDA et al. (2012)
Conhecimento	Apesar da difusão do conhecimento sobre a certificação LEED, bem como sobre o LC, existe uma escassez de estudos que liguem as duas abordagens em um canteiro de obras.	HOLLOWAY; PARRISH (2013)
Foco	A certificação LEED atua no foco sustentável, contemplando todo o ciclo de vida da edificação, e o LC foca na eliminação de resíduos, economia e criação de valor, especificamente na construção da edificação.	PARRISH (2012), SAGGIN et al. (2015)
Iniciativa	O LC é um processo comportamental voltado para prática de atuação da construtora, enquanto que o selo LEED é uma opção de implementação que, comumente, é uma opção do proprietário e/ou cliente.	MARIS; PARRISH (2016)

Fonte: Autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo se estrutura a partir de uma análise sistemática de literatura para melhor entender a relação entre dois constructos atualmente explorados de maneira individual. Como resultado, observou-se que os princípios do LC que mais se relacionam com as categorias da certificação são o aumento do valor agregado a partir das considerações do cliente, a redução de variabilidade e a implantação da melhoria contínua nos processos, uma vez que a certificação foca na melhoria da qualidade de vida do usuário, permitindo a padronização na execução do projeto e, conseqüentemente, um processo de melhoria contínua. Algumas ferramentas do sistema construtivo se assemelham a características da certificação, como o ciclo PDCA, pois o próprio certificado é uma maneira de checar os processos de construção.

A relação do LC com a certificação pode gerar alguns benefícios, como melhora na logística no canteiro de obra, segurança dos trabalhadores, economia nos custos de execução da obra e redução nos desperdícios. Apesar dos benefícios, essa relação apresenta ainda barreiras, tais como: alinhar algumas ferramentas do LC aos critérios estabelecidos pelo selo, a falta de estudos sobre a relação entre as abordagens incluídas no canteiro de obras; e as iniciativas da aplicação, que podem ter enfoques distintos, já que o LC parte de ações da construtora enquanto que a certificação, na maioria das vezes, depende do interesse do cliente/proprietário.

Este estudo limitou-se em uma análise de artigos disponíveis em três bases de dados escolhidas (*EBSCO*, *Scopus* e *Web of Science*). Desta forma, como oportunidades de estudos futuros recomenda-se que seja realizado uma meta-análise nas bases que não foram incluídas neste artigo, como Springer ou SciELO, além de validar tais resultados teóricos a partir de estudos empíricos.

REFERÊNCIAS

AHMED, Shakil; HOSSAIN, Md Mehrab; HAQ, Iffat. Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits and challenges. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 39, n. 2, p. 368-406, 2021.

ALMEIDA, Eduardo Lavocat Galvão de; PICCHI, Flávio Augusto. The relationship between lean construction and sustainability. **Ambiente Construído**, v. 18, p. 91-109, 2018.

AYARKWA, J. et al. Perspectives for the implementation of lean construction in the Ghanaian construction industry. **Journal of Construction Project Management and Innovation**, v. 2, n. 2, p. 345-359, 2012.

AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria engineering journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013.

BABALOLA, Oluwatosin; IBEM, Eziyi O.; EZEMA, Isidore C. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and environment**, v. 148, p. 34-43, 2018.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. A comparative study between lean construction and the traditional production system. In: **International Journal of Engineering Research in Africa**. Trans Tech Publications Ltd, 2017a. p. 118-132.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas. Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. **Journal of Engineering, Design and Technology**, 2018.

BAJJOU, Mohamed Saad; CHAFI, Anas; EN-NADI, Abdelali. The potential effectiveness of lean construction tools in promoting safety on construction sites. In: **International Journal of Engineering Research in Africa**. Trans Tech Publications Ltd, 2017b. p. 179-193.

BARDIN, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

BHATTACHARYA, Ananya; NAND, Alka; CASTKA, Pavel. Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 236, p. 117697, 2019.

CARNEIRO, Sarah Bastos de Macedo, et al. "Lean and green: a relationship matrix." **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 2012.

CUDJOE, Dan; ACQUAH, Patience Mensah. Environmental impact analysis of municipal solid waste incineration in African countries. **Chemosphere**, v. 265, p. 129186, 2021.

CUNHA, Thaís; LIMA, Mariana MX. Analysis of the influence of Lean Construction and LEED Certification on the quality of construction sites. In: **25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction**. 2017.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. Environmental Performance and Lean Construction Concepts: can we talk about a 'clean construction'. In: **Proceedings IGLC**. 2002. p. 2002.

DIXIT, S. et al. Area of linkage between lean construction and sustainability in Indian construction industry. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 8, 2017.

ERIK ERIKSSON, Per. Improving construction supply chain collaboration and performance: a lean construction pilot project. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 15, n. 5, p. 394-403, 2010.

FREIRE, Javier; ALARCÓN, Luis F. Achieving lean design process: Improvement methodology. **Journal of Construction Engineering and management**, v. 128, n. 3, p. 248-256, 2002.

FORBES, Lincoln H. Does Lean Construction Render Commissioning Obsolete? A Preliminary Study and Dialogue. In: **An. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction**. 2013.

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.

HOFACKER, A. et al. Rapid lean construction-quality rating model (LCR). In: **16th International Group for Lean Construction Conference (IGLC16)**. 2008. p. 1-11.

HOLLOWAY, Skyler; PARRISH, Kristen. The contractor's self-perceived role in sustainable construction: survey results. In: **21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013**. The International Group for Lean Construction, 2013. p. 865-874.

IKUMA, Laura H.; NAHMENS, Isabelina; JAMES, Joel. Use of safety and lean integrated kaizen to improve performance in modular homebuilding. **Journal of construction engineering and management**, v. 137, n. 7, p. 551-560, 2011.

KHASHE, S. et al. Influence of LEED branding on building occupants' pro-environmental behavior. **Building and Environment**, v. 94, p. 477-488, 2015.

KORANDA, C. et al. An investigation of the applicability of sustainability and lean concepts to small construction projects. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 16, n. 5, p. 699-707, 2012.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Stanford university, 1992.

LI, L. et al. A review of global lean construction during the past two decades: analysis and visualization. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2019.

LI, Weilin; FANG, Guanyu; YANG, Liu. The effect of LEED certification on office rental values in China. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 45, p. 101182, 2021.

MARHANI, Mohd Arif; JAAPAR, Aini; BARI, Nor Azmi Ahmad. Lean Construction: Towards enhancing sustainable construction in Malaysia. **Procedia-social and behavioral sciences**, v. 68, p. 87-98, 2012.

MARIS, Kelsey; PARRISH, Kristen. The confluence of lean and green construction practices in the commercial buildings market. In: **ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION**. 2016.

NAHMENS, Isabelina; IKUMA, Laura H. Effects of lean construction on sustainability of modular homebuilding. **Journal of architectural engineering**, v. 18, n. 2, p. 155-163, 2012.

OAKLAND, John S.; MAROSSZEKY, Marton. **Total construction management: Lean quality in construction project delivery**. Taylor & Francis, 2017.

OLATUNJI, J. Lean-in-Nigerian construction: State, barriers, strategies and “go-to-gemba” approach.”. In: **Proceedings of the 16th annual conference of the international group for lean construction, Manchester, UK**. 2008. p. 16-18.

ORSI, Alessandro et al. Improving Green Building Project Management Processes through the Lean Approach. **Lean Construction Journal**, p. 156-179, 2021.

PANDITHAWATTA, TPWSI; ZAINUDEEN, N.; PERERA, C. S. R. An integrated approach of Lean-Green construction: Sri Lankan perspective. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 10, n. 2, p. 200-214, 2020.

PARRISH, Kristen. Lean and Green Construction: lessons learned from design and construction of a modular LEED® gold building. In: **20th Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 2012**. 2012.

RAMKRISHNAN, Karthik; ROPER, Kathy; CASTRO-LACOUTURE, Daniel. Green Building rating and Delivery Systems in Building Construction: toward aec+ p+ f integration. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 2007.

ROQUE, Rodrigo Alexander Lombardi; PIERRI, Alexandre Coan. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. **Research, society and development**, v. 8, n. 2, p. e3482703-e3482703, 2019.

ROSENBAUM, Sergio; TOLEDO, Mauricio; GONZALEZ, Vicente. Green-lean approach for assessing environmental and production waste in construction.

In: **Proceedings of the 20th Annual Conference of the IGLC, San Diego, CA, USA**. 2012. p. 18-20.

SADIKOGLU, Emel; DEMIRKESEN, Sevilay; ZHANG, Chengyi. Identifying the Commonalities between Lean Construction and LEED Requirements. In: **Construction Research Congress 2022**. p. 269-277.

SAGGIN, A.B. et al. Comparing investments in sustainability with cost reduction from waste due to lean construction. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. 2015. p. 223-232.

SAIEG, P. et al. Interactions of building information modeling, lean and sustainability on the architectural, engineering and construction industry: a systematic review. **Journal of cleaner production**, v. 174, p. 788-806, 2018.

SALEM, O. et al. Lean construction: From theory to implementation. **Journal of management in engineering**, v. 22, n. 4, p. 168-175, 2006.

SARHAN, J. G. et al. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. **Construction economics and building**, v. 17, n. 1, p. 46-69, 2017.

SEYIS, Senem. Case study for comparative analysis of BIM-based LEED building and nonLEED building. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, v. 28, n. 3, p. 418-426, 2022.

THOMÉ, Antônio Márcio Tavares; SCAVARDA, Luiz Felipe; SCAVARDA, Annibal José. Conducting systematic literature review in operations management. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 5, p. 408-420, 2016.

USGBC, LEED. LEED 2009 for new construction and major renovations. **Washington, DC: USGBC**, 2009.

USGBC. LEED v4.1 operations and maintenance. **Washington, DC: USGBC**, 2023.

VALENTE, Caroline P.; MOURÃO, C. A. M. A.; BARROS NETO, J. D. P. Lean and green: how both philosophies can interact on strategic, tactical and operational levels of a company. In: **Proceedings of the 20th Annual Conference of IGLC**. Fortaleza: IGLC, 2013. p. 925-934.

VOSOUGHKHOSRAVI, Sorena; DIXON-GRASSO, Lesheena; JAFARI, Amirhosein. The impact of LEED certification on energy performance and occupant satisfaction: A case study of residential college buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 59, p. 105097, 2022.

WU, X. et al. Impacts of lean construction on safety systems: A system dynamics approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 2, p. 221, 2019.



ZIMINA, Daria; BALLARD, Glenn; PASQUIRE, Christine. Target value design: using collaboration and a lean approach to reduce construction cost. **Construction management and economics**, v. 30, n. 5, p. 383-398, 2012.