

LEAN CONSTRUCTION NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

LEAN CONSTRUCTION IN THE BRAZILIAN CIVIL CONSTRUCTION INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW

André Alves Ribeiro¹ Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas² Flávia Maria da Silva de Souza Lima³ Leandro Temporal Villela⁴ 

Resumo: Tendo em vista a sua ampla e diversificada aplicabilidade, a mentalidade *lean* aplicada a construção civil, conhecida como *lean construction* ou construção enxuta, tem potencial para gerar impactos positivos nas empresas do ramo da construção civil. Este artigo descreve uma revisão da literatura, cujo objetivo foi identificar as principais práticas e ferramentas de *lean construction* adotadas na indústria da construção civil brasileira, analisando seus impactos, benefícios e lacunas de conhecimento sobre esse tema. Os resultados apontam o aumento de produtividade e eliminação de desperdícios como os maiores benefícios e possibilitam as empresas brasileiras de construção civil conhecerem as práticas e ferramentas de *lean construction* que estão sendo mais adotadas atualmente no mercado, com isso proporcionarem qualificação e aplicação nos seus projetos. Foi observado que as pesquisas nacionais utilizam o método de estudo de caso, com foco na fase de construção, necessitando expandir para as fases de pré e pós-obra. Constatou-se ausência de ações efetivas na eliminação de barreiras e práticas que envolvam questões humanas, um volume baixo de publicações sobre *lean construction* na indústria da construção civil brasileira, onde se encontram distribuídos de forma dispersa na literatura, o que torna difícil uma visão sistêmica do tema, trazendo a oportunidade para realização de pesquisas futuras na área.

Palavras-chave: Lean. Lean Construction. Construção Enxuta. Construção Civil.

¹ Mestre em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense (UFF) – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC), andreribeirobr@yahoo.com.br

² Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense (UFF) – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC), osvaldoquelhas@id.uff.br

³ Mestre em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense (UFF) – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC), flamarias@gmail.com

⁴ Mestre em Sistemas de Gestão, Universidade Federal Fluminense (UFF) – Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC), leandro.tvillela@gmail.com

Abstract: In view of its wide and diversified applicability, the lean thinking applied to civil construction, known as lean construction, has the potential to generate positive impacts on companies in the construction industry. This article describes a literature review, whose objective was to identify the main lean construction practices and tools adopted in the Brazilian construction industry, analyzing their impacts, benefits and knowledge gaps on this topic. The results point to increased productivity and waste elimination as the greatest benefits and enable Brazilian construction companies to learn about lean construction practices and tools that are currently being adopted in the market, thereby providing qualification and application in their projects. It was observed that national research uses the case study method, with a focus on the construction phase, needing to expand to the pre and post-construction phases. There was an absence of effective actions to eliminate barriers and practices involving human issues, a low volume of publications on lean construction in the Brazilian construction industry, where they are distributed in a dispersed way in the literature, which makes a systemic view difficult of the topic, bringing the opportunity for future research in the area.

Keywords: Lean. Lean Construction. Civil Construction.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem um papel de destaque na economia dos países, não sendo diferente no Brasil, onde é conhecida como uma área de baixa produtividade, baixa eficiência e eficácia, de caráter nômade, com alta rotatividade, baixa qualificação da mão de obra, sem padronização de processos e muito focado em menor preço, às vezes em detrimento da melhor técnica. Nos últimos anos que precederam os grandes eventos no Brasil, tais como Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas 2016, onde houve um grande avanço da economia do país, fazendo com que esses problemas não sobressaíssem aos grandes lucros dos diversos contratos realizados. Pós grandes eventos, houve uma recessão econômica do país, que fez com que as empresas diminuíssem os investimentos em projetos, demandassem inovações, diferenciações, redução de custos, aumento da qualidade, conseqüentemente tornando o mercado altamente competitivo. Esse cenário não suporta mais os grandes desperdícios até então subestimados.

Bloom e Reenen (2010) citam que, comparada com Estados Unidos e Europa, a produtividade do Brasil ainda é baixa, e uma das explicações está nas práticas de gestão, como a adoção da manufatura enxuta (*lean manufacturing*). Ibrahim *et al.* (2010) relata que apesar de sua grande importância, a indústria da construção regularmente demonstra níveis mais baixos de produtividade quando comparada com a indústria de transformação. Nos últimos 40 anos, a produtividade da indústria da construção por trabalhador caiu quase 25% (SULLIVAN, 2011). Isso é extremamente preocupante, especialmente quando se considera que o trabalhador médio da indústria aumentou sua produtividade em 125% (FREITAG, 2015).

Sendo assim, a construção civil vem fazendo adaptações para superar métodos tradicionais de gestão, seguindo assim a filosofia de *lean construction*. Através do finlandês Koskela, no ano de 1992, a *lean construction* surgiu da adaptação do conceito *lean* para a construção civil.

Diante do cenário descrito e das referências bibliográficas citadas tem-se

o pressuposto que há uma deficiência na pesquisa de implementação da construção enxuta nos canteiros de obras no Brasil.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as principais práticas e ferramentas de *lean construction* adotadas no Brasil, trazendo dessa forma o *modus operandi* do mercado e as lacunas a serem desenvolvidas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Toyota de Produção

Após a Segunda Guerra Mundial o Japão estava totalmente abalado economicamente. Segundo Womack *et al.* (2004), devido a essa crise, uma parcela considerável da mão de obra da empresa japonesa Toyota teria que ser demitida. Conseqüentemente a Toyota ficou com escassez de recursos para investir diante aos seus concorrentes internacionais.

Com a necessidade de as empresas japonesas continuarem ativas no mercado automobilístico, a *Toyota Motor Company* desenvolveu um sistema de produção que superasse a máquina de fazer carros que eram os Estados Unidos. Enquanto que em treze anos de funcionamento, a Toyota teria produzido um total de 2.685 automóveis em todo o período, as montadoras americanas de automóveis produziam diariamente 7.000 unidades (WOMACK *et al.*, 2004)

Neste cenário, os engenheiros mecânicos Eiji Toyoda e Taiichi Ohno defenderam uma mudança nos conceitos da época, a partir da valorização do trabalhador, da diminuição dos lotes e da produção baseada na eliminação de processos ou etapas que não geram valor com um aumento de qualidade e, para isso, entenderam que o planejamento deveria andar de mãos dadas com a produção (VALENTE *et al.* 2017).

Segundo Koskela (2004), o Sistema Toyota de Produção oferecia alto grau de competitividade, pois com a análise de todas as etapas envolvidas no

processo, eram identificadas as diferenças entre valor e desperdício, a partir da visão dos clientes.

Após todos os esforços para alcançar essas mudanças surge então o pensamento enxuto. O principal objetivo do Sistema Toyota era aumentar a eficiência da produção pela eliminação consciente e completa de desperdícios. Esse novo conceito de sistemas de produção é também conhecido como *lean production* (produção enxuta).

2.2 Produção enxuta na construção civil

A produção enxuta na construção civil traduz-se na aplicação da filosofia *lean* ao setor da construção. Os principais problemas do setor da construção civil são: a baixa produtividade, a falta de colaboração e interação entre os vários intervenientes no processo, falta de qualidade, falta de segurança e más condições de trabalho (CLEMENTE, 2012). Desde o seu aparecimento, a *lean construction* tem evoluído como uma entidade própria, seguindo um rumo particular, não tendo, no entanto, uma implementação como a desejada. O seu objetivo principal é tal como se verificou noutras indústrias, obter uma melhoria de produtividade e bons resultados económicos, resultando no aumento de valor para o cliente e lucro para a empresa (HOWELL, 1999).

2.3 Princípios de *lean construction*

Koskela (1992) definiu *lean construction* como um conjunto proposto de onze princípios adaptados dos princípios do Sistema Toyota de Produção para a construção civil, que são: redução das parcelas de atividades que não agregam valor; aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente; reduzir a variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificação de processos; aumentar a flexibilidade de saídas; aumentar a transparência dos processos; foco no planeamento e controle de todo o

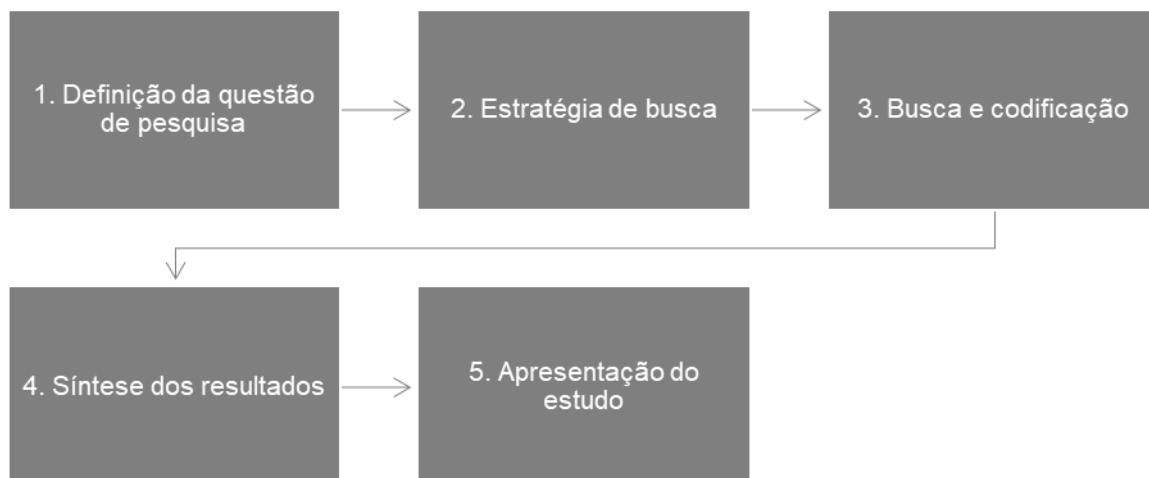
processo; promover a melhoria contínua ao processo; equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão e *benchmarking*.

3 MÉTODO

Existem vários métodos de revisão da literatura que podem ser encontrados na literatura científica. Almeida e Picchi (2018) citam que a estrutura de revisão sistemática da literatura de Morandi e Camargo (2015) consegue compilar alguns métodos de forma consistente e abrangente, todos ao redor de um núcleo comum.

Segundo Morandi e Camargo (2015), a revisão sistemática da literatura é uma etapa fundamental da condução de pesquisas científicas, especialmente de pesquisas realizadas sob o paradigma da *Design Science*. Também citam que a revisão sistemática da literatura serve para mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes sobre uma questão ou tópico específico, bem como identificar lacunas a serem preenchidas, resultando em um relatório coerente ou em uma síntese. A figura 1 apresenta o método adaptado de Morandi e Camargo (2015) em cinco etapas.

Figura 1 – Estrutura de revisão sistemática de literatura



Fonte: Adaptado de Morandi e Camargo (2015)

3.1 Definição da questão de pesquisa

Foi adotado o método caracterizado por um estudo exploratório, onde o objetivo da pesquisa é familiarizar-se com o universo de práticas e ferramentas de *lean construction*. Além disso, teve uma abordagem qualitativa, onde o objetivo é coletar dados, analisá-los e descrevê-los. Com esse enfoque, a questão de pesquisa foi definida como: “quais as práticas e ferramentas de *lean construction* que estão sendo adotadas no Brasil?” Para essa questão de pesquisa ser respondida de uma forma mais detalhada, é necessário responder questão mais específicas, como: “qual o estado da arte da *lean construction*?” e “como a *lean construction* está sendo implementada no Brasil?”.

3.2 Estratégia de busca

Para responder as questões de pesquisa, Almeida e Picchi (2018) citam os trabalhos de Keele (2007) e Melo, Granja e Ballard (2013) para elaborar a estratégia de busca do Quadro 1.

Quadro 1 – Estratégia de busca

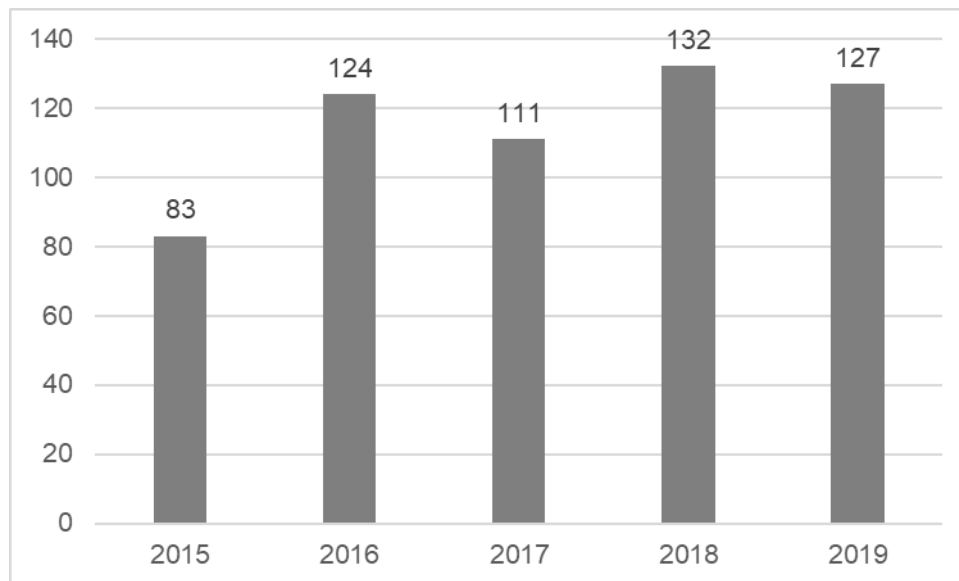
Estratégia de busca	Decisões de pesquisa
Definição dos termos de busca	Termo: “ <i>lean construction</i> ”. Somente o termo <i>lean</i> tornaria o resultado da pesquisa muito abrangente. O foco é em artigos de <i>lean</i> aplicados na construção civil.
Seleção de bases de dados	Bases: <i>Web of Science</i> , <i>Scopus</i> e Anais das Conferências do <i>International Group for Lean Construction</i> . O <i>International Group for Lean Construction</i> é uma rede internacional de pesquisadores em arquitetura, engenharia e construção (AEC), fundada em 1993, coordenado por Howell e Ballard, que anualmente se reúne para discutir os avanços desse novo paradigma para o sistema de Gestão da Produção na indústria da Construção Civil. Condições: Publicações dos últimos 5 (cinco) anos (2015-2019), tratando-se apenas de artigos, área de Engenharia, publicados sobre casos no Brasil.
Definição do <i>string</i> de busca	<i>Lean AND Construction</i> . No <i>International Group for Lean Construction</i> todas as publicações tratam de <i>lean construction</i> , não sendo necessária a utilização do <i>string</i> nessa base de dados, somente nas bases <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> .
Critérios de seleção dos artigos	Exclusão das duplicidades, aderência do título, resumo e leitura completa do artigo.
Amostragem em “bola de neve”	Busca por outros trabalhos relevantes a partir das referências dos artigos selecionados, mesmo sendo anteriores ao ano de 2015.

Fonte: Adaptado de Almeida e Picchi (2018)

3.3 Busca e codificação

Como no *International Group for Lean Construction* todas as publicações tratam de *lean construction*, para essa base de dados a busca começou num universo de 577 artigos, conforme figura 2. A partir de 2016 nota-se uma evolução na ordem de 50% do número de publicações sobre o tema.

Figura 2 – Total de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir do termo de busca e das condições de contorno nas bases citadas na estratégia de busca, obteve-se inicialmente 50 artigos. Com a aplicação dos critérios de seleção de artigos, reduziu-se aos aderentes do tema da pesquisa, resultando em 18 artigos.

Na sequência realizou-se a obtenção dos seguintes indicadores bibliométricos:

- a) Ano de publicação: para análise da evolução do tema ao longo dos últimos anos;
- b) Estado: para análise da distribuição de publicações por Estado brasileiro;
- c) Meios de publicação: para identificação dos meios de publicação mais relevantes na área;
- d) Autores: para análise dos autores que mais contribuem para discussão do tema.

Como uma revisão configurativa, onde visa explorar o tema de modo mais abrangente, o objetivo é extrair de estudos primários, dados qualitativos que serão explorados e interpretados, gerando uma conclusão teórica coerente

(MORANDI e CAMARGO, 2015). Sendo assim, a categorização dos artigos foi realizada durante o processo de análise qualitativa.

3.4 Síntese dos resultados

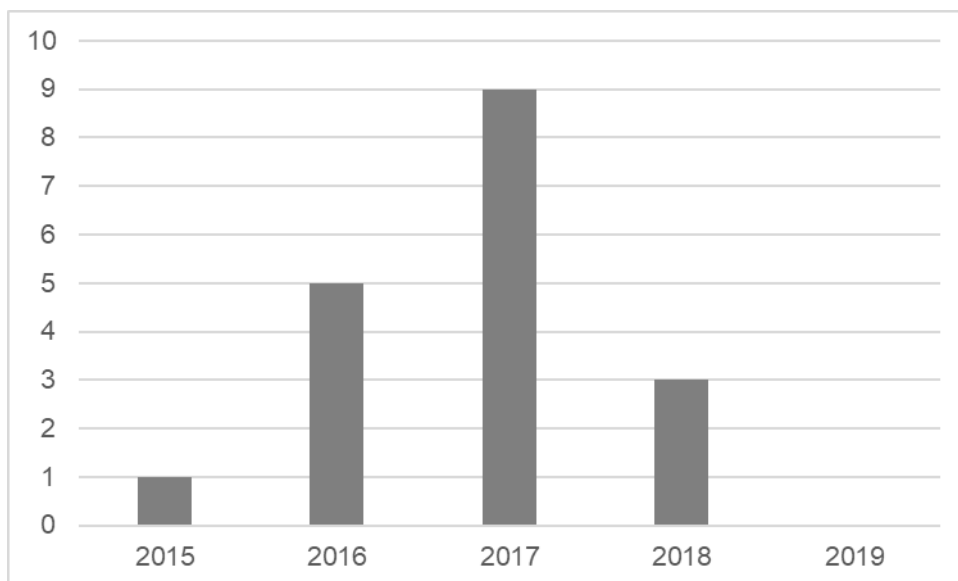
A bibliometria se concentra em examinar a produção de artigos em um determinado campo de saber, mapear as comunidades acadêmicas e identificar as redes de pesquisadores e suas motivações. Seguindo o modelo de Almeida e Picchi (2018), na etapa de síntese e apresentação dos resultados, análise bibliométrica dos artigos foi feita para mensurar a contribuição do conhecimento científico derivado das publicações e foi realizada com o processamento dos dados e a apresentação em formato de gráficos, quadros e tabelas. Na análise do conteúdo, as práticas e ferramentas adotadas de *lean construction* e seus benefícios foram identificados e categorizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise bibliométrica

Da mesma forma que as publicações internacionais nos Anais das Conferências do *International Group for Lean Construction* (Figura 2), nota-se na Figura 3 um aumento nas publicações nacionais a partir de 2016, tendo seu pico em 2017, que pode ter relação com a recessão econômica no Brasil e um mercado altamente competitivo.

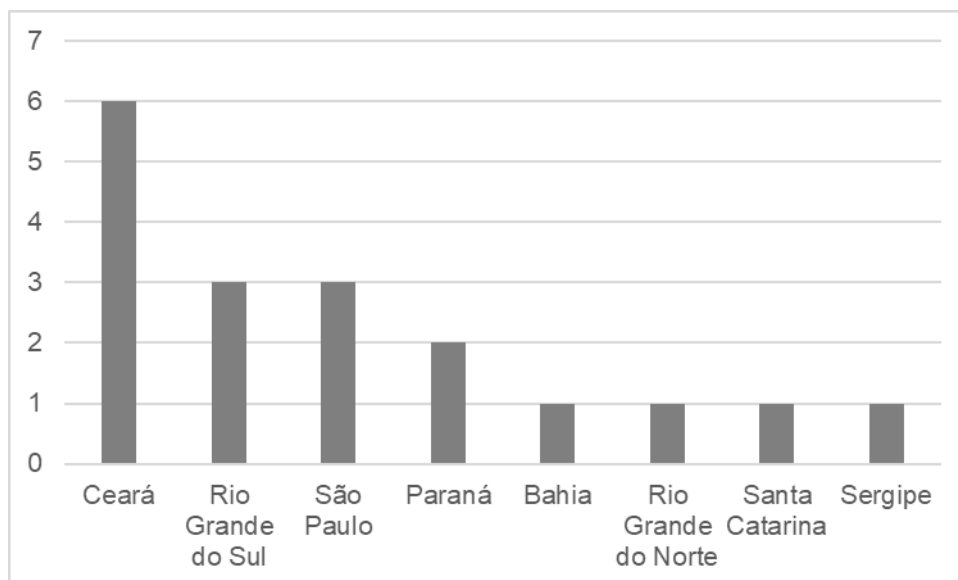
Figura 3 – Publicações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores.

A figura 4 apresenta a distribuição de publicações pelos Estados brasileiros. Com 9 artigos, 50% do total, a região Nordeste é a que tem mais publicações nos últimos cinco anos, acompanhada pela região Sul com 33% e Sudeste com 17%.

Figura 4 – Publicações por Estado



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme Tabela 1, entre os meios de publicação utilizados, destacam-se as conferências do *International Group for Lean Construction*, que são eventos de discussões específicas sobre o tema *lean construction*.

Tabela 1 – Meios de publicação utilizados

Meio de publicação	Tipo	Artigos
<i>Annual Conference of the International Group for Lean Construction</i>	Conferência	15
Ambiente Construído	Periódico	2
<i>International Symposium Occupational Safety and Hygiene</i>	Simpósio	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela 2 comprova que um pequeno grupo de pesquisadores é responsável pela maior parte das publicações, sendo a autora Caroline P. Valente com o maior número delas. Dos dez autores com o maior número de citações, destaca-se que a metade, ou seja, cinco autores são mulheres. Foram desconsiderados os autores com menos de duas publicações.

Tabela 2 – Autores pesquisados

Autores	Autoria e coautoria de artigos
Caroline P. Valente	4
Carlos Torres Formoso	3
Angela de Bortoli Saggin	3
Felipe Loiola Brito	3
Carlos Alexandre M. Amaral Mourão	3
Fernanda MP Brandalise	2
Daniela D. Viana	2
Luis Felipe Cândido	2
José de Paula Barros Neto	2

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Levantamento dos impactos da implementação de *lean construction*

Os 18 artigos selecionados foram apresentados na Quadro 2 com seus principais achados em relação aos impactos que a *lean construction* traz para as empresas, contribuindo como base para a coleta das práticas e ferramentas adotadas.

Quadro 2 – Impactos e benefícios da implementação de *lean construction*

AUTORES	IMPACTOS E BENEFÍCIOS
Fernandes <i>et al.</i> (2015)	Realização de trabalho padronizado, melhora na produtividade, nas condições de trabalho e aumento na precisão na execução dos serviços.
Pérez <i>et al.</i> (2016)	Aumento de informações para a gestão das perdas na construção, fornecendo um conjunto de dados, tanto qualitativo como quantitativo, o que dá suporte à identificação das perdas de transporte no processo construtivo estudado com impactos no sistema de produção visando a sua redução ou eliminação. Explicitação e refinamento de um conjunto de conceitos e classificações que possibilitam o entendimento das perdas por transporte de uma perspectiva sistêmica.
Franco e Picchi (2016)	Foco no valor, formação de equipe especialista, melhora no planejamento, controle e nivelamento da carga de trabalho. Transferência de conhecimento entre projetos, desenvolvimento de projeto colaborativo, integração com fornecedores e execução de prototipagem e simulações.
Peñaloza <i>et al.</i> (2016)	Entendimento dos componentes de construção e o andamento do cronograma. Integração do planejamento e controle em um ambiente complexo de engenharia sob encomenda. Flexibilidade para atender às necessidades do canteiro e ainda com um bom aproveitamento da capacidade, além de diminuir o tempo que os componentes esperavam no pátio da fábrica antes de ir ao canteiro. Configuração de um horizonte de antecipação para os planos de carregamento.
Fernandes <i>et al.</i> (2016)	Melhora na aplicação dos princípios <i>lean</i> nos canteiros de obras.
Rossiti <i>et al.</i> (2016)	Diminuição do tempo de ciclo e <i>lead time</i> , aumento no valor agregado.
Santos e Santos (2017)	Identificação dos motivos para a existência do trabalho inacabado.
Cunha e Lima	Redução de desperdícios e custos e melhoria da produtividade. Influência

(2017)	direta no arranjo e transporte de materiais. Melhora na qualidade de instalações temporárias para melhor atender ao processo produtivo. Aumento da segurança do canteiro de obras, como proteção aos recursos humanos evitando custos extras por acidentes de trabalho. Produção mais eficiente, influenciando diretamente satisfação dos clientes.
Cândido e Neto (2017)	Concentração não apenas nos indicadores de desempenho financeiro tradicional, mas também na melhoria de processos e na criação de valor.
Carneiro <i>et al.</i> (2017)	Aumento da competitividade da empresa, reduzindo custos operacionais e aumentando a confiança nos dados coletados. Indicadores sendo calculados automaticamente em tempo real, facilidade na transparência nos resultados dos projetos. Padronização de processos. Melhora no fluxo de informações.
Carvalho e Scheer (2017)	Diagnóstico do estado atual de uma empresa em relação ao nível de implantação dos conceitos de <i>lean construction</i> .
Germano <i>et al.</i> (2017)	Identificação dos tipos de desperdícios. Diminuição do tempo de ciclo e <i>lead time</i> .
Saggin <i>et al.</i> (2017)	Redução do tempo não produtivo das equipes. Aumento da produtividade. Redução de desperdícios. Padronização das atividades. Redução da variabilidade do trabalho.
Valente, C. <i>et al.</i> (2017)	Comunicação em reuniões colaborativas. <i>Feedbacks</i> rápidos. Incentivo ao processamento conjunto de informações. Considera os modelos mentais dos usuários. Contribuição para uma mudança cultural. Atenua problemas relacionados à complexidade do sistema, compartilhando as informações certas na hora certa e removendo as barreiras de informação no ambiente de trabalho.
Zanotti <i>et al.</i> (2017)	Aumento na taxa de produtividade do trabalho. Aumento na taxa média de produção por dia.
Brandalise <i>et al.</i> (2018)	Transparência nos processos. Uso integrado com vários dispositivos visuais. Dinamismo. Apoio a tomada de decisão. Processo colaborativo. Integração com rotinas gerenciais.
Mano <i>et al.</i> (2018)	Liderança comprometida e capaz de liderar o processo de implementação de <i>lean construction</i> .
Reis <i>et al.</i> (2018)	Aumento na segurança do trabalho. Aumento na produtividade.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diminuição de desperdícios e aumento na produtividade são os

principais impactos positivos citados. Todos os impactos citados se completam e comprovam o atingimento dos princípios de Koskela (1992).

Não houve menção aos impactos gerados com relação às questões humanas e sociais, talvez pelo fato de as aplicações focarem principalmente nas questões técnicas ou pela maior facilidade em se medir resultados explícitos.

Somente Reis *et al.* (2018) citou o aspecto de segurança do trabalho, comprovando a pouca observância aos aspectos de segurança, saúde e meio ambiente integrados com *lean construction*.

Importante registrar a aplicação de *lean construction* enquanto mudança da cultura e comportamento organizacional citado por Valente *et al.* (2017), que faz parte dos princípios da mentalidade *lean*.

4.3 Práticas e ferramentas de *lean construction* identificadas na literatura

Após análise dos artigos selecionados, a Tabela 3 apresenta a síntese das práticas e ferramentas de *lean construction* que foram mais citadas nos estudos de casos. Para esta tabela foram desconsideradas as práticas e ferramentas com menos de duas citações.

Tabela 3 – Práticas e ferramentas de *lean construction* identificadas na literatura

PRÁTICAS E FERRAMENTAS	CITAÇÕES	AUTORES
Treinamentos/ <i>Workshop</i> /Palestras	3	Franco e Picchi (2016), Zanotti <i>et al.</i> (2017), Mano <i>et al.</i> (2018)
5S	3	Fernandes <i>et al.</i> (2016), Cunha e Lima (2017), Reis <i>et al.</i> (2018)
<i>Kaizen</i> (melhoria contínua)	3	Rossiti <i>et al.</i> (2016), Saggin <i>et al.</i> (2017), Zanotti <i>et al.</i> (2017)
Sistema de gestão visual	3	Valente, C. <i>et al.</i> (2017), Brandalise <i>et al.</i> (2018),

		Reis <i>et al.</i> (2018)
Trabalho padronizado	2	Fernandes <i>et al.</i> (2015), Saggin <i>et al.</i> (2017)
Manual de processos	2	Pérez <i>et al.</i> (2016), Fernandes <i>et al.</i> (2016)
Estabelecer métricas	2	Franco e Picchi (2016), Reis <i>et al.</i> (2018)
Criar indicadores	2	Franco e Picchi (2016), Santos e Santos (2017)
<i>Building Information Modeling</i> (BIM)	2	Franco e Picchi (2016), Peñaloza <i>et al.</i> (2016)
Auditorias	2	Fernandes <i>et al.</i> (2016), Cunha e Lima (2017)
Mapeamento do fluxo de valor	2	Rossiti <i>et al.</i> (2016), Germano <i>et al.</i> (2017)
<i>Checklists</i>	2	Santos e Santos (2017), Cunha e Lima (2017)
<i>Last Planner System</i> (LPS)	2	Santos e Santos (2017), Reis <i>et al.</i> (2018)
Sistema de medição de desempenho	2	Cândido e Neto (2017), Carneiro <i>et al.</i> (2017)

Fonte: Adaptado de Freitas e Costa (2017).

Com apenas uma citação, se tem: *takt-time*; estoque padrão; planilha com registro fotográfico; identificar valor, requisitos e opções para o cliente; planejamento financeiro; estudo de viabilidade econômica; *gemba*; oficinas de design; briefing; definir liderança; trabalha com especialistas; equipes multidisciplinares; envolver todos os *stakeholders* desde a concepção; profissionais flexíveis; compartilhar profissionais; medição de horas gastas; tecnologia para o trabalho remoto; planejamento puxado pelo cliente; lições aprendidas; bando de dados; *Integrated Project Delivey* (IPD); planejamento e controle da produção (PCP); kanbans (dispositivo sinalizador); *jidoka* (autonomação); reuniões com funcionários ligados ao nível tático e operacional; aplicação da ferramenta DOLC (*Degree of Lean Construction*); *heijunka*

(nivelamento da produção); técnica A3; *kaikaku* (mudança radical); controle de qualidade rígido.

A variedade de práticas e ferramentas comprova a especificidade de cada estudo de caso, onde mesmo sendo todos aplicados a etapa de construção, cada um tem o foco num determinado processo ou etapa construtiva. Essa variedade demonstra que há a necessidade de se avaliar individualmente cada projeto para definir na sequência quais práticas e ferramentas são aplicáveis. Entretanto uma maior utilização de *benchmarking* poderia ajudar para entender os casos de sucesso de outras empresas, criar integração e potencializar os impactos positivos de *lean construction*.

A citação de Franco e Picchi (2016), Zanotti *et al.* (2017) e Mano *et al.* (2018) sobre investimento em qualificação através de treinamentos, *workshops* e palestras é um ponto positivo a destacar, já que a qualificação da mão de obra pode ajudar a multiplicar as ações de *lean construction* nas empresas.

O Quadro 3 apresenta a categorização das práticas e ferramentas identificadas de acordo com os 11 princípios de *lean construction*.

Quadro 3 – Categorização baseada nos princípios de *lean construction*

PRINCÍPIOS (KOSKELA, 1992)	PRÁTICAS E FERRAMENTAS
1. Redução das parcelas de atividades que não agregam valor	Mapeamento do fluxo de valor 5S Aplicação da ferramenta DOLC (<i>Degree of Lean Construction</i>)
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente	Identificar valor, requisitos e opções para o cliente Envolver todos os <i>stakeholders</i> desde a

	<p>concepção</p> <p>Reuniões com funcionários ligados ao nível tático e operacional</p> <p><i>Gemba</i></p>
3. Reduzir a variabilidade	<p>Trabalho padronizado</p> <p><i>Checklists</i></p> <p>Estoque padrão</p> <p>Controle de qualidade rígido</p> <p>Treinamentos/<i>Workshop</i>/Palestras</p> <p>Planejamento e Controle da Produção (PCP)</p> <p>Trabalhar com especialistas</p> <p><i>Kaikaku</i> (mudança radical)</p> <p>Banco de dados</p>
4. Reduzir o tempo de ciclo	<p><i>Takt-time</i></p> <p>Medição de horas gastas</p> <p>Planejamento puxado pelo cliente</p> <p><i>Kaikaku</i> (mudança radical)</p>
5. Simplificação de Processos	<p>Manual de processos</p> <p>Técnica A3</p>
6. Aumentar a flexibilidade de saídas	<p>Profissionais flexíveis</p> <p>Compartilhar profissionais</p> <p>Equipes multidisciplinares</p>
7. Aumentar a transparência dos processos	<p>Sistema de gestão visual</p> <p><i>Kanbans</i> (dispositivo sinalizador)</p> <p>Planilha com registro fotográfico</p> <p>Estabelecer métricas</p> <p>Sistema de medição de desempenho</p> <p>Tecnologia para trabalho remoto</p>

	<i>Jidoka</i> (autonomação)
8. Foco no planejamento e controle de todo o processo	Definir liderança <i>Last Planner System</i> (LPS) Planejamento financeiro Criar indicadores Estudo de viabilidade econômica <i>Building Information Modeling</i> (BIM) Oficinas de <i>design</i> <i>Integrated Project Delivery</i> (IPD)
9. Promover a melhoria contínua ao processo	<i>Kaizen</i> (melhoria contínua) <i>Briefing</i>
10. Equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão	<i>Heijunka</i> (Nivelamento da produção)
11. <i>Benchmarking</i>	Auditorias Lições aprendidas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cada prática ou ferramenta pode ter origem vinculada a um determinado princípio de *lean construction*, mas também gerar impacto em outro. A categorização apresentada no Quadro 3 teve o critério de seguir o principal princípio identificado nos artigos, porém dependendo do projeto ou obra, a mesma prática e ferramenta poderá ter uma categorização distinta.

Reduzir a variabilidade, foco no planejamento e controle de todo o processo e aumentar a transparência dos processos foram os três princípios com o maior número de práticas e ferramentas associadas.

5 CONCLUSÕES

Em relação ao levantamento bibliográfico realizado, foi possível entender

Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão. Paranaguá, PR, v.6, n.2, p. 339-01, 339-24, 2021.

DOI: 10.21575/25254782rmetg2021vol6n21504

melhor a base de conhecimento sobre o tema *lean construction*, destacando-se o baixo número de publicações no Brasil nos últimos anos, principalmente num cenário de recessão econômica. Com relação ao método de pesquisa, tem-se 100% dos artigos se referindo a estudos de casos, o que traz um viés prático e aplicado, ao mesmo tempo pode estar relacionada a necessidade de mudanças nos canteiros de obras brasileiras.

Nesse estudo foram identificadas 44 práticas e ferramentas de *lean construction* através da realização de uma revisão da literatura, com o objetivo de identificar o que vem sendo praticado nos últimos anos na indústria da construção civil brasileira. Nota-se um aumento significativo de publicações entre os anos 2016 e 2017.

Treinamentos, Programa 5S, *Kaizen* e Sistema de Gestão Visual foram as práticas e ferramentas mais adotadas pelas empresas que implementaram com sucesso o *lean construction*. Franco e Picchi (2016) foram os autores que identificaram o maior número de práticas e ferramentas em seu trabalho.

Os impactos e benefícios identificados ajudam a comprovar a eficácia e eficiência do *lean construction* para melhorar o desempenho corporativo. A diminuição dos desperdícios e aumento da produtividade foram os impactos mais citados pelos autores.

Foi possível identificar a ausência de ações efetivas que visam eliminar barreiras de implantação de *lean construction*, assim como práticas que trabalhem as questões humanas e sociais nas empresas. Com apenas uma citação, a mudança de cultura e comportamento organizacional também convergem para essas questões, pois o pensamento enxuto passa diretamente pelas pessoas envolvidas.

A aplicação e avaliação na fase de Construção, dentro do ciclo de vida, de todos os artigos selecionados, mostra a necessidade em se estudar as implicações nas fases de pré e pós-obra.

Como limitações identificou-se o baixo volume de produção científica nacional e o curto período de pesquisa, últimos cinco anos. Mesmo com essas

limitações, entende-se que esse estudo pode contribuir para que mais empresas possam adotar a *lean construction*.

Como sugestão de pesquisas futuras, entende-se que é importante trazer contribuições de uma revisão com artigos internacionais, ampliar o período de pesquisa, realizar validações através de entrevistas, questionários ou grupos focais com especialistas em *lean construction* para elaborar métodos práticos de implementação. Essa pesquisa também pode originar treinamentos para qualificação da mão de obras do setor da construção civil brasileira, que foi uma das práticas de sucesso identificadas nesse estudo.

REFERÊNCIAS

BLOOM, N.; RENNEN, J. V. *Why do management practices differ across firms and countries? Journal of Economics Perspectives*. Vol. 24. N. 1, P. 203-224, 2010.

BRANDALISE, F. M. P; VALENTE, C.P; VIANA, D.D; FORMOSO, C. T. *Understanding the Effectiveness of Visual Management Best Practices in Construction Sites*. 26th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2018.

CÂNDIDO, L. F; BARROS NETO, J. P. *Features, Roles and Processes of Performance Measurement in Lean Construction*. 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

CARNEIRO, J. Q; CARNEIRO, A. Q; MACHADO, V.A; CÂNDIDO, L. F; BARROS NETO, J. P. *Lean Metric System: Proposal for a Performance Measurement System for Construction*. 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

CARVALHO, B. S; SCHEER, S. *Analysis and Assessment for Lean Construction Adoption: The DOLC Tool*. 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2017.

CLEMENTE, J; *Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização: um caso de estudo.* Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

CUNHA, T; LIMA, M. M. X. *Analysis of the influence of Lean Construction and LEED Certification on the quality of construction sites.* 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

FERNANDES, N. B. L. S; VALENTE, C. P; SAGGIN, A. B; BRITO, F. L; MOURÃO, C. A. M. A; *The Standardized work tool applied to the waterproofing process with acrylic membrane.* 23th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2015.

FERNANDES, N. B. L. S; VALENTE, C. P; SAGGIN, A. B; BRITO, F. L; MOURÃO, C. A. M. A; ELIAS, S. J. B. *Proposal for the structure of a standardization manual for lean tools and processes in a construction site.* 24th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2016.

FRANCO, J. V; PICCHI, F. A. *Lean Design in Building Projects: Guiding Principles and Exploratory Collection of Good Practices.* 24th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2016.

FREITAG, A. E. B. *Fatores críticos de sucesso para adoção da gestão “enxuta” pela indústria da construção civil do Estado do Rio de Janeiro.* Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

FREITAS, J. G; COSTA H. G. *Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A systematic literature review on Scopus base.* International Journal of Lean Six Sigma, Vol. 8 Issue: 1, pp.89-108, doi: 10.1108/IJLSS-10-2015-0039. 2017.

GERMANO, A. V. C; FONSÊCA, N. J. M; MELO, R. S. S; MOURA, A. *Value Stream Mapping: Case Study in Columns Concreting.* 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

- HOWELL, G.** *What is Lean Construction*. IGLC-7, Califórnia, EUA, 1999.
- IBRAHIM, A. R. B; ROY, M. H; AHMED, Z. U; IMTIAZ, G.** *Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, present and future*. Benchmarking: An International Journal, v.17, n.2, pp.232-252; 2010.
- KEELE, S.** *Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*. EBSE, Technical report, Ver. 2.3, 2007.
- KOSKELA, L.** *Application of the new production philosophy to construction*. CIFE Technical Report. No. 72. Stanford University. Stanford. CA., 1992.
- KOSKELA, L.** *Moving on beyond Lean Thinking*. *Lean Construction*. Journal, Louisville: v. 1, Issue 1, p. 24-37, 2004.
- MANO, A. P; DE LIMA, E. P; DA COSTA, S. E. G; PEREIRA; R. B. G; CORTEZ, W.S.** *Identification of pre-existing barriers to Lean Implementation a case study at a construction firm*. IISE Annual Conference, 2018.
- MELO, R. S.; GRANJA, A. D.; BALLARD, G.** *Collaboration to Extend Target Costing to Non-Multi-Party Contracted Projects: evidence from literature*. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21., Fortaleza, 2013. Proceedings. Fortaleza, 2013.
- MORANDI, M.; CAMARGO, L.** Revisão Sistemática da Literatura. In: MORANDI, M.; CAMARGO, L. *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- PEÑALOZA, G. A; VIANA, D. D; BATAGLIN, F. S; FORMOSO, C. T; BULHÕES, I. R.** *Guidelines for integrated production control in engineer-to-order prefabricated concrete building systems: preliminary results*. 24th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2016.
- PÉREZ, C. T; COSTA, D. B; GONÇALVES, J. P.** *Identificação, mensuração e caracterização das perdas por transporte em processos construtivos*. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1,p. 243-263, 2016.
- REIS, A.M; ZEGLIN, B.V; VERGARA, L.L.G.** *Lean construction and safety*. Occupational Safety and Hygiene IV. 2018.

ROSSITI, I. S. M; SERRA, S. M. B; LORENZON, I. A. *Impacts of lean office application in the supply sector of a construction company.* 24th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2016.

SAGGIN, A. B; MOTA, T. R; BRITO, F. L; MOURÃO, C. A. M. A. *Standardized Work: Practical Examples in a Brazilian Construction Company.* 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

SANTOS, P. R. R; SANTOS, D. G. *Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos.* Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39-52, 2017.

SARCINELLI, W T. *Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos.* Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SULLIVAN, K. T. *Quality Management Programs in the Construction Industry: Best Value Compared with Other Methodologies.* J. Manage. Eng., 2011. 27(4): 210-219.

VALENTE, C; BRANDALISE, F; PIVATTO, M; FORMOSO, C. *Guidelines for Devising and Assessing Visual Management Systems in Construction Sites.* 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

WOMACK, J. P; JONES, D. T; ROSS, D. *A máquina que mudou o mundo.* 13ª Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ZANOTTI, N. L; MARANHÃO, F. L; ALY, V. L. C. *Bottom-up Strategy for Lean Construction on Site Implementation.* 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

Enviado em: 05 jan. 2021

Aceito em: 06 jul. 2021

Editores responsáveis: Bianca Neves Machado / Mateus das Neves Gomes