

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Leonardo Soares Almeida Silva

Lean Construction: uma busca sistemática da literatura

Florianópolis

2019

Leonardo Soares Almeida Silva

Lean Construction: uma busca sistemática da literatura

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel/Licenciado em Engenharia Civil
Orientadora: Prof. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Leonardo Soares Almeida
Lean construction: uma busca sistemática da literatura
/ Leonardo Soares Almeida Silva ; orientador, Cristine do
Nascimento Mutti, .
P.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, .

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. lean construction. 3. construção
enxuta. 4. busca sistemática. 5. construção civil. I.
Mutti, Cristine do Nascimento. II. Universidade Federal de
Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Leonardo Soares Almeida Silva

Lean Construction: uma busca sistemática da literatura

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil

Florianópolis, 29 de novembro de 2019.

Prof.^a Luciana Rohde, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Luís Alberto Gómez, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng.^a Camila Isaton, Msc.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Stella Maris e Denilson, por toda a dedicação e suporte incondicional durante toda minha vida, por todo o amor e valores passados a mim ao longo da minha vida.

Às minhas irmãs, Heloísa, Ana Maria e Beatriz, que moldaram meu caráter e que me motivam a ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos meus amigos e colegas que contribuíram com sorrisos, músicas e apoio para que a trajetória ao longo destes anos fosse mais leve, em especial aos amigos feitos durante a Bartira, EPEC, CALEC e aos meus amigos musicais.

Ao meu querido e amado Diego, por estar ao meu lado durante todo esse processo, e ao meu amigo de patas, Ziggy, por ficar ao meu lado enquanto escrevia esse trabalho.

À minha orientadora, Cristine do Nascimento Mutti, por toda a ajuda e ensinamentos neste trabalho e na graduação.

À Universidade Federal de Santa Catarina, por me proporcionar um crescimento enorme e pela oportunidade de conhecer pessoas, realidades e ciências antes totalmente inimagináveis para mim.

RESUMO

Devido à importância econômica e social da construção civil no mundo e especialmente no Brasil, a indústria da construção busca hoje mais do que nunca se reinventar: reduzir desperdícios de materiais e tempo, diminuir os gastos e, ao mesmo tempo, entregar um produto de qualidade para o cliente final. Uma das vertentes que vem se destacando é a *Lean Construction*, a qual foi concebida com o objetivo de melhorar os processos da construção civil. O número de trabalhos a respeito da teoria citada vem aumentando nos últimos anos com propostas de novas ferramentas de implementação, vertentes a respeito da sustentabilidade, segurança, entre outros. A grande variedade de trabalhos, ao mesmo tempo que é positiva, também pode contribuir para que profissionais tenham dificuldade de encontrar um foco adequado para começarem a aplicar com a teoria. Esse trabalho tem o objetivo de revisar quais os trabalhos práticos têm sido feitos a respeito do *Lean Construction* no Brasil e no mundo nos últimos vinte anos. A contribuição foi no sentido de categorizar os trabalhos, para que profissionais e empresas possam visualizar as alternativas e escolherem os focos adequados aos seus problemas. Para isso, foi realizada uma busca sistemática de trabalhos na base *Web of Science*. Como busca complementar, foi usada a base *Scopus* para trabalhos brasileiros, e busca auxiliar por autor. Os resultados formam uma síntese dos trabalhos mais proeminentes, discussões e análises sobre os principais temas trabalhados a respeito da filosofia *lean* na construção.

Palavras-chave: Construção enxuta. Busca sistemática. Construção civil.

ABSTRACT

Due to the economic and social importance of construction in the world and especially in Brazil, the construction industry today is seeking more than ever to reinvent itself: reducing waste of materials and time, reducing cost while delivering a quality product to the final customer. One of the strands that has stood out is Lean Construction, which was conceived with a view to remedy the stigmata of construction. The number of works on the mentioned theme has been increasing exponentially in recent years with proposals for new implementation tools, aspects regarding sustainability, safety, among others. The large variety of work has made it difficult for professionals to find an adequate focus to start applying theory. This paper aims to review practical work that has been conducted on Lean Construction in Brazil and around the world over the last twenty years. The contribution would be to categorize the work, so that professionals and companies can visualize the alternatives and choose the appropriate focuses in order to solve their problems. For this, a systematic search of works in a reliable databases was performed. The results were a synthesis of the most prominent works, discussions and analysis on the main themes dealt with the lean philosophy in building.

Keywords: Lean Construction. Systematic search. construction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Relação conceitual entre <i>lean</i> e sustentabilidade	32
FIGURA 2 – Relação entre os sistemas com o <i>Lean Construction</i>	37
FIGURA 3 - Relações entre os sistemas com a implementação do 5S.....	38
FIGURA 4 - Relações entre os sistemas com a implementação da Gestão Visual....	38
FIGURA 5 - Relações entre os sistemas com a implementação do <i>Last PLanner System</i>	39
FIGURA 6 - Relações entre os sistemas com a implementação do <i>Just-in-Time</i>	39
FIGURA 7 - Relações entre os sistemas com a implementação da gestão por conferência.....	40
FIGURA 8 - Atividades do <i>SSF</i>	45
FIGURA 9 - Processo de pesquisa, inclusão e exclusão.....	51
FIGURA 10 - Distribuição dos trabalhos por país	53
FIGURA 11 - Distribuição dos trabalhos no decorrer do tempo	54

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Estruturação do Método <i>SSF</i>	45
QUADRO 2 - Disposição das informações dos trabalhos selecionados	50
QUADRO 3 - Trabalhos brasileiros com acesso aberto (Scopus)	63
QUADRO 4 - Trabalhos selecionados no Web of Science.....	64
QUADRO 5 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	65
QUADRO 6 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	66
QUADRO 7 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	67
QUADRO 8 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	68
QUADRO 9 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	69
QUADRO 10 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	70
QUADRO 11 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	71
QUADRO 12 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação).....	72
QUADRO 13 - Trabalhos selecionados do autor Luiz Fernando Mählmann Heineck	73
QUADRO 14 - Trabalhos selecionados do autor Luiz Fernando Mählmann Heineck (continuação)	74

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Catalogação dos temas principais.....	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LC *Lean Construction*

LPS *Last Planner System*

JIT *Just-in-Time*

LPDS *Lean Project Delivery System*

LBMS *Location-Based Management System*

RNC Razões para não Conclusão

PCP Porcentagem completa do Plano

LCI *Lean Construction Institute*

IGLC *International Group of lean Construction*

MFV Mapeamento do Fluxo de Valor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	justificativa	15
1.2	objetivos.....	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	limitações e delimitações.....	16
1.4	estrutura do trabalho	17
2	revisão bibliográfica	18
2.1	filosofia lean	18
2.2	lean construction: princípios e ferramentas	21
2.2.1	Princípios	21
2.2.2	Ferramentas de implementação	23
2.2.2.1	<i>Gestão 5S.....</i>	24
2.2.2.2	<i>Last Planner System</i>	25
2.2.2.3	<i>Takt Time</i>	27
2.2.2.4	<i>Variantes.....</i>	28
2.3	ferramentas para mensuração	29
2.4	sustentabilidade e segurança.....	30
2.4.1	Sustentabilidade.....	30
2.4.2	Segurança	36
2.5	discussão: perspectivas	41
3	metodologia	44
3.1	referencial metodológico	44

4	DESENVOLVIMENTO.....	48
4.1	QUESTÕES NORTEADORAS	48
4.2	critérios de inclusão e exclusão	48
4.3	SÍNTESE E avaliação.....	52
4.4	RESULTADOS	52
4.4.1	Resultados por país.....	52
4.4.2	Linha do tempo	53
4.4.3	Temas	54
4.5	DISCUSSÕES a respeito dos trabalhos brasileiros	56
5	considerações finais	58
5.1	CONCLUSÕES	58
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
	APÊNDICE A – Busca <i>Scopus</i>: trabalhos brasileiros com acesso aberto.	63
	APÊNDICE B – Quadros dos trabalhos selecionados no <i>Web of Science</i>	64
	APÊNDICE C – -Quadros dos trabalhos encontrados do autor Luiz Fernando Mählmann Heineck.....	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil é uma das que mais consome energia e recursos da economia global. Segundo Khodeir e Othman (2018), a indústria da construção consome cerca de 50% dos recursos naturais, advindos principalmente da mineração. Além dos recursos, uma quantidade grande de energia é necessária para as atuais condições da indústria. Isso aliado ao fato de que a construção civil é um dos setores com mais impacto na economia pelo potencial empregatício (TEIXEIRA; CARVALHO, 2005), especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

Porém a mesma indústria é caracterizada por peculiaridades que dificultam o controle em comparação às outras indústrias. Tais peculiaridades trazem grandes desperdícios de materiais, mão de obra, tempo e dinheiro. Obras geralmente atrasam, possuem gastos superiores ao estipulado no início do projeto e o produto muitas vezes é entregue com qualidade aquém da requerida pelo cliente. Isso, portanto, traz prejuízos significativos a economia e ao desenvolvimento de comunidades (KOSKELA, 1992).

A partir disso, diversos estudos foram feitos com o intuito de melhorar a gestão de obras, diminuir desperdícios e, ao mesmo tempo, seguir as tendências e tecnologias que o mercado traz (CRUZ AMORAS et al., 2017). A filosofia do *Lean Construction* foi uma das vertentes criadas nestes estudos, e uma das que mais ganhou notoriedade e reconhecimento no mercado da construção. O cunhador do termo, Koskela (1992), estipulou os princípios gerais que a construção deve seguir para que desperdícios sejam eliminados e que a qualidade aumente. Desde então, publicações a respeito da filosofia, suas ferramentas e impactos tiveram um crescimento exponencial (CRUZ AMORAS et al., 2017).

A quantidade de informações sobre o tema, no entanto, tem dificultado aos pesquisadores a encontrarem um ponto de partida que contenha os principais resultados e conquistas dos estudos (CRUZ AMORAS et al., 2017). Daniel et al. (2019) destacam ainda que muitos estudos focam em propor ferramentas e poucos analisam o impacto das que já estão disponíveis para os profissionais do mercado.

Com isso dito, este estudo propõe explorar os trabalhos acadêmicos que analisaram o impacto do *Lean Construction* de maneira prática, analisando quais áreas da construção estão empregando a teoria, seus obstáculos e perspectivas para estudos futuros. O estudo busca alcançar os objetivos propostos com uma busca sistemática da literatura para que se tenha um leque maior de trabalhos coletados.

A contribuição dos resultados para os profissionais do setor será no sentido de categorizar os trabalhos, para que tais profissionais e empresas possam visualizar as alternativas e escolherem os focos adequados aos seus problemas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as tendências em relação ao tema *lean construction* no Brasil e no mundo através de estudos acadêmicos nos últimos vinte anos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar e apresentar uma busca sistemática da literatura sobre o tema *lean construction*/construção enxuta;
- Identificar os principais focos, temas e preocupações dos estudos durante os últimos vinte anos;

1.3 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES

A principal base de dados para a busca foi a *Web of Science*. Essa base foi estabelecida no início do trabalho como a base a ser utilizada pela sua abrangência e por ter sido base do trabalho de He e Wang (2015), o qual foi a inspiração deste trabalho. Portanto, as bases nacionais não foram utilizadas. Entretanto, durante o andamento do trabalho decidiu-se realizar também buscas auxiliares na base *Scopus* e sobre o autor Heineck, em função de não se ter identificado trabalhos de autor conhecido sobre o tema na busca pela *Web of Science*. As buscas auxiliares, porém, não foram realizadas da mesma maneira que principal em função de já se ter autores específicos em mente. As línguas pesquisadas foram somente o português e o inglês. Foram levantados trabalhos dos últimos 20 anos não somente por se tratar dos mais recentes, mas também por conta do volume de trabalhos.

A busca realizada nesse trabalho é categorizada como busca sistemática, em vez de revisão sistemática. Isso porque não se seguiu aqui a diretriz de Farenhof e Fernandes (2016) para a revisão sistemática, de que mais de duas pessoas devem conduzir a tal revisão, em função de ser um trabalho individual.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com o objetivo de conduzir melhor a pesquisa e torná-la mais compreensível, o conteúdo deste trabalho foi dividido em cinco capítulos. As características de cada capítulo serão apresentadas a seguir.

O capítulo 1 tem como objetivo introduzir o tema ao leitor, deixando claro o que será trabalhado e quais objetivos o trabalho busca alcançar, além de deixar claro quais serão as limitações, delimitações e as justificativas para a realização da tese.

Posteriormente, o capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica mais aprofundada sobre os tópicos citados no capítulo 1, como o histórico do *lean construction*, os estudos pioneiros da filosofia e os principais assuntos abordados pelos trabalhos recentes do tema abordado.

O capítulo 3 explicita o método de pesquisa, trazendo a teoria da Revisão Sistemática e o método que foi utilizado neste trabalho. Logo em seguida, no mesmo capítulo, é exposto o desenvolvimento do trabalho seguindo a metodologia, apresentando os dados e informações levantadas em cada passo do método, além de uma discussão sobre o que está sendo feito no Brasil a respeito da teoria *lean construction* com base nos trabalhos encontrados.

O capítulo 4 tem como objetivo sintetizar o que foi trabalhado no capítulo 3 e tecer considerações finais. Por último, recomendações para futuros trabalhos serão apresentados no capítulo 5 e, posteriormente, as referências utilizadas são expostas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FILOSOFIA LEAN

Passada a segunda guerra mundial, o Japão se encontrava com grandes dificuldades em vários setores, sendo o setor industrial um dos mais afetados. A empresa automobilística Toyota, no final da década de 40, implementou um novo sistema de produção, chamado de *lean manufacturing*, que ficou reconhecido através de ferramentas, como o Controle de Qualidade Total (TQC), *just-in-time* (JIT), entre outros (OHNO,1988).

O sistema de produção foi amplamente exportado para outros países e para diferentes setores da indústria, como a alimentícia e para o setor de serviços. Isso se deu por mudanças econômicas e de consumo que levaram empresas a buscarem transformar sua produção mais eficiente. Para Shingo (1996) e Ohno (1988), idealizadores do sistema em questão, toda a produção deve ter sua quantidade igualada à quantidade da demanda do produto, além de prezarem pelo zero desperdício e melhoramento contínuo. Isso acarretou mudanças significativas em processos produtivos desde então.

Para implementar as técnicas da filosofia *lean production*, os autores analisaram quais tipos de desperdício ocorriam durante a produção e, após isso, estipularam princípios para o sistema. Os desperdícios observados por Ohno (1997) eram os seguintes:

- Desperdício de Superprodução: Shingo (1996) estipulou que existem dois tipos de desperdício de superprodução. Quando se produz mais do que o necessário é nomeado superprodução quantitativa. Já quando se produz com muita antecipação, chama-se de superprodução antecipada. O sistema considera que a superprodução pode demonstrar uma falta de aderência da produção à demanda, acarreta em gastos maiores com estoques e outros empecilhos que poderiam ser sanados produzindo somente o necessário no tempo necessário (CORRÊA; GIANESI, 2009).
- Desperdício de tempo de espera: a espera de materiais ou de processos é considerada um desperdício de tempo de espera. O sistema lean define que a produção deve buscar seguir um fluxo constante para diminuir o desperdício (CORRÊA; GIANESI, 2009).
- Desperdício de transporte: o sistema propõe que quando necessário o transporte, este deve ser feito com a menor distância possível. Isso pois o

transporte não influencia diretamente no valor agregado final do produto a ser entregue ao cliente final (BAJJOU; CHAFI, 2018).

- Desperdício de movimentações: para a teoria, movimentos executados tanto por pessoas quanto pelas máquinas deve ser o mínimo possível para não haver gastos com energia ou sobrecarregar fisicamente o funcionário. Por conta disso, a teoria estuda em métodos para o trabalho ter movimentos econômicos e consistentes (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).
- Desperdício por defeitos: por gerar desperdícios de tempo, materiais, disponibilidade de mão de obra, equipamentos, movimentações, armazenagem e inspeção, o desperdício por defeitos é o que mais deve se evitar. Uma maior atenção à qualidade deve ser necessária para sanar tal desperdício (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).
- Desperdício de processamento: durante o processamento do produto, certas fases ou itens podem não estar agregando valor ao produto. Para que se esclareça quais fases não agregam valor, o responsável pela produção deve se questionar quais os objetivos do subproduto da fase, podendo até chegar a conclusão que a fase seja ineficaz. Ao excluir tais fases, gera-se maior fluidez e limpeza do sistema (CORRÊA; GIANESI, 2009).
- Desperdício de estoque: o pensamento enxuto idealizado pela Toyota considera que estoques podem mascarar ou dificultar uma análise mais clara de desperdícios durante o processamento de lotes. Além disso o espaço necessário para estoques é considerado um desperdício de investimento para o produto. Materiais estocados podem trazer custos para estocagens, escassez de espaço e até a degradação do material (CORRÊA; GIANESI, 2009; BAJJOU; CHAFI, 2018).

Após observarem e delimitarem os desperdícios ocorridos durante os processos produtivos, os autores da teoria formularam os princípios a serem adotados pela organização que almeja implementar a teoria lean em seus processos. Os cinco princípios do sistema de produção enxuta são:

- Especificação do valor: o ponto de partida para qualquer empreendimento que queira seguir o pensamento enxuto é a especificação do valor. Para que o produto alcance o sucesso, o valor especificado deve ser coerente com as necessidades do cliente final. Para isso, empresas especificam a “persona” de seus clientes, ou seja, o perfil e as necessidades para que o resultado seja certo (WOMACK; JONES, 2004).
- Identificação da cadeia de valor: qualquer produto bem concebido e gerenciado passa pelas tarefas de solução de problemas (contempla a concepção até o lançamento do produto), gerenciamento da informação (abrange o recebimento do pedido do produto até a sua entrega) e a tarefa de transformação física (transformar a matéria prima no produto acabado). A identificação da cadeia de valor consiste em mapear todos os processos de uma destas tarefas gerenciais e identificar se geram valor; se não geram valor, mas são essenciais para a manutenção da produção e qualidade ou se não geram valor e devem ser eliminadas imediatamente (WOMACK; JONES, 2004).
- Fluxo de valor: após a definir o valor a ser entregue ao cliente e quais são as atividades que geram ou não valor (e eliminar as que não geram), a próxima etapa é fazer com que as atividades que agregam valor ao produto fluam de maneira constante, eliminando interrupções. Para isso, a mentalidade comum - com foco na organização ou equipamento - deve ser deixada para trás. Produzir lotes muito grandes e dividir as funções em diversos departamentos deve são ideias que não condizem com o pensamento enxuto. O foco deve estar no produto e suas necessidades (WOMACK; JONES, 2004).

- **Produção puxada:** após implementado fluxo de valor, os tempos de produção, fabricação e entrega tem seus tempos reduzidos drasticamente. A partir de então, o cliente é o responsável por “puxar o produto da empresa”. Como resultado, estoques não são mais necessários e a necessidade de inventários de matéria prima são eliminados. Ao contrário da produção empurrada, a produção puxada não considera que trabalhadores e máquinas devam trabalhar em ritmo máximo para não ficarem ociosos pois o produto entregue será o suficiente para uma produção limpa, que agrega valor ao produto, se sustente (WOMACK; JONES, 2004).
- **Busca pela perfeição:** após o valor a ser entregue ao cliente ser estabelecido, atividades que agregam valor serem identificadas e terem um fluxo constante de produção que seja puxada pelos clientes, novos problemas e desperdícios irão surgir com o tempo. O valor do produto pode ser aprimorado de acordo com as necessidades dos clientes, novas tecnologias serem viáveis, entre outros. Por isso o pensamento enxuto estabelece que a busca pela perfeição deve ser constante para que haja a melhora de seus processos (WOMACK; JONES, 2004).

Segundo um dos criadores do pensamento enxuto, o principal objetivo de sua filosofia de produção não é seguir um “manual” ou “cartilha” e sim ter criatividade diante da necessidade, não aceitar passivamente o que deu certo em outros locais e em outras circunstâncias. Deve-se entender porque tal prática deu certo, quais são os princípios e técnicas pertinentes e como eles podem servir para solucionar os problemas e necessidades em que a situação do fabricante está inserido (OHNO, 1988).

2.2 LEAN CONSTRUCTION: PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS

2.2.1 Princípios

Ao final da década de 1980 e início da década de 1990, a teoria lean estava amplamente disseminada em diversos setores da economia (ALARCÓN, 1997). Ao analisar a indústria de construção civil, Koskela (1992) observou que a mesma possuía um sistema produtivo antigo, com baixa produtividade e grandes desperdícios. A partir das constatações feitas por Koskela (1992), Womack, Jones e Roos (1990), um número grande de

pesquisadores e profissionais da construção civil procuraram adaptar a teoria lean para a indústria da construção civil (HE; WANG, 2015).

De acordo com Tatum e Nam (1988 apud Koskela,1992) e Warszawski (1990 apud Koskela, 1992), as grandes peculiaridades da indústria da construção em sua fase produtiva são a natureza única de cada obra; o local de produção (canteiro de obra); as múltiplas frentes de trabalho temporárias e intervenções reguladoras. Koskela (1992) transcreveu os princípios (especificação de valor, identificação de cadeia de valor, fluxo de valor, produção puxada, busca pela perfeição) e desperdícios (superprodução, tempo de espera, transporte, movimentações, defeitos, processamento, estoque) analisados pelos idealizadores do lean production para a construção civil levando em consideração as suas peculiaridades citadas anteriormente. A proposta de Koskela estabelece onze princípios para o *lean construction*, termo cunhado por ele em 1992. Os princípios são os seguintes:

- (1) Reduzir ao máximo atividades que não agregam valor ao produto: o desperdício de tempo, materiais e mão de obra não agregam valor ao produto. Outras atividades que não agregam valor ao cliente final, porém são essenciais e geram valor ao cliente interno (trabalhadores), como prevenção de acidentes, devem ser mantidas;
- (2) O valor do produto deve ser melhorado de acordo com as exigências do cliente: tanto os clientes finais como os internos (trabalhadores) devem ter suas exigências esclarecidas e cumpridas;
- (3) Reduzir a variabilidade: todas as atividades devem buscar a padronização para assegurar uma qualidade pré-estabelecida, de modo que atividades que não agregam valor sejam diminuídas;
- (4) Reduzir o tempo de ciclo: o tempo de ciclo na construção civil, de acordo com Koskela (1992), consiste no tempo total das atividades de processamento, inspeção, movimento e espera. Para diminuir o tempo de ciclo as atividades que não geram valor devem ser reduzidas ao máximo. No caso, as atividades de inspeção e espera são consideradas atividades que não geram valor ao produto;
- (5) Simplificar e minimizar processos: os processos e seus passos devem ser simples para que haja um fluxo mais contínuo e diminua a chance de erros, diminuindo também a necessidade de inspeção;

- (6) Melhorar a flexibilização de saída: com o objetivo de se reduzir grandes lotes, a necessidade de equipes polivalentes é mais requisitada;
- (7) Aumentar a transparência do processo: os processos e seus passos devem estar claros para que todos os responsáveis saibam o que estão fazendo. A falta de transparência aumenta a propensão a erros, reduz a visibilidade do processo e diminui a motivação para a melhoria;
- (8) Foco no controle sobre todo processo: para uma melhoria contínua os fluxos devem ter o mínimo de segmentações;
- (9) Busca pela perfeição: reduzir desperdícios e buscar sempre aumentar o valor do produto devem ser objetivos de toda a equipe envolvida na produção;
- (10) Balancear a melhoria do fluxo com melhoria de conversão: um fluxo melhor das atividades conseqüentemente requer menos capacidade de conversão. Isso abre a possibilidade de novas implementações tecnológicas sejam mais facilmente implantadas à produção, o que gera maior conversão e conseqüentemente, gera menos fluxo.
- (11) *Benchmark*: seguindo o princípio da busca por perfeição, a prática de avaliar os processos e ter uma comparação com concorrentes traz novas práticas que buscam agregar valor ao produto.

Após Koskela postular tais princípios para implementação do *lean construction*, estudos seguiram explorando ferramentas e abordagens para empregá-los. Com tais propostas, foi estabelecido o Internacional Group of Lean Construction (IGLC) e o Lean Construction Institute (LCI) com o intuito de centralizar e otimizar as pesquisas realizadas. Os países que mais tem se destacado no avanço teórico e prático do lean construction são os Estados Unidos, Reino Unido, Brasil, Irlanda, Dinamarca, Alemanha, Noruega, Austrália, Finlândia e Chile (HE; WANG, 2015).

2.2.2 Ferramentas de implementação

Após Koskela (1992) estipular os princípios da LC, diversos pesquisadores propuseram ferramentas modificadas de outras áreas ou criaram outras completamente específicas para a indústria da construção. A criação do IGLC e do LCI fomentaram, principalmente nas últimas duas décadas, a troca de conhecimentos e experimentações com

tais ferramentas. A seguir, as principais ferramentas encontradas na bibliografia são apresentadas.

2.2.2.1 Gestão 5S

A gestão pelo método 5S é uma das maneiras mais simples e, por conta disso, uma maneira de iniciar a implantação do LP em empresas pequenas e médias (BAE; KIM, 2008). Mesmo sendo simples, ela abrange a gestão de trabalhadores, materiais, máquinas e outros fatores da construção. Literalmente, o 5S se refere à primeira letra das cinco palavras japonesas: *seiri* (utilização), *seiton* (organização), *seiso* (limpeza), *seiketsu* (padronização) e *shitsuke* (disciplina) (WU et al., 2019).

Originalmente projetado para otimizar o layout com o intuito de melhorar a eficiência da produção e reduzir desperdícios. Os cinco “S” estão conectados e, caso sejam implementados de maneira correta, se complementam em um ciclo virtuoso (WU et al., 2019)

O ciclo se dá da seguinte maneira: primeiramente, deve-se pensar e eliminar o que não é usado ou necessário (*seiri*), após isso, organizar o material que é usado, assim como ambientes (*seiton*), manter o ambiente limpo (*seiso*), criar padrões de organização e de processos (*seiketsu*) e, por último, buscar que todos sigam as regras e padrões que foram criados (*shitsuke*) (BAE; KIM, 2008).

Segundo Bae e Kim (2008), a gestão 5S é capaz de tornar os processos claros através de ferramentas visuais que lembrem todos os participantes dos princípios de maneira simples. A gestão 5S traz às obras um ambiente de trabalho limpo, ordenado e padronizado, além de ter impactos positivos na segurança do trabalho. Alguns conselhos utilizaram em partes a filosofia do 5S para estabelecerem critérios de sustentabilidade, como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) por conta dos impactos do 5S ao trazer um canteiro de obras mais limpo, diminuir a poluição e melhorar a relação com a comunidade ao redor (BAE; KIM, 2008).

Lapinski et al. (2005), citados por Bae e Kim (2008), ainda ressaltam que outro fator deve ser levado em consideração na filosofia 5S para que o ciclo não pare: *kaizen*. Em japonês, *kaizen* significa um melhoramento contínuo, e é uma das principais características do LP e, conseqüentemente, da LC. O *kaizen* não foca somente em otimizar gastos, mas também o conforto e segurança do trabalhador, qualidade do produto, etc. *Kaizen* é uma das maneiras que baseiam outros métodos *lean*, desde métodos simples como o 5S até ferramentas mais

complexas. Após a análise do estado atual da obra, *Kaizen* é uma ferramenta útil para melhoramento contínuo pois utiliza um método de mapeamento de processos a serem entregues

2.2.2.2 *Last Planner System*

Com a criação do IGLC e do LCI abordagens e ferramentas para a implementação da LC obtiveram mais divulgação e maior propagação (HE; WANG, 2015). O *Lean Construction Institute* foi onde o *Last Planner System* (LPS) foi desenvolvido, sistema que tem como objetivo implementar o *lean construction*. Criado por Ballard e Howell (1994), o sistema foi amplamente utilizado por empresas da construção civil e possui exemplos de sucesso em países como Brasil, México, China, Finlândia, Nigéria, Nova Zelândia (HE; WANG, 2015).

O LPS tem como proposta elencar um profissional ou grupo responsável (chamado de *Last Planner*) pela unidade de controle da produção. Os profissionais então criam uma plataforma para os participantes do projeto e execução da construção possam se planejar em conjunto para diminuir as incertezas da obra e melhorar a qualidade da mesma. (EL; PASQUIRE; DICKENS, 2019).

O LPS é baseado em cinco elementos-chave:

- *Master Scheduling* (Plano Mestre)

O Plano Mestre tem como função mostrar todo o trabalho a ser realizado assim e a quantidade de tempo necessário para cada atividade ser completada. O Plano Mestre ainda realiza a projeção de gastos e desembolsos e tem como característica não possuir grandes detalhes devido às poucas informações sobre as entregas das atividades. Ele identifica os marcos do projeto para deixar claro quais são os principais objetivos do empreendimento. É nesta fase também que os principais processos de produção têm seus ritmos definidos através de ferramentas como diagramas de Gantt e linha de balanço e inicia os meios para alcançá-los. A fase também é essencial para se analisar os recursos que necessitam de um longo prazo de aquisição, como a contratação da mão de obra (BALLARD, et al., 1997).

- *Collaborative programming or phase planning* (Planejamento colaborativo ou planejamento da fase)

O Planejamento Colaborativo é o processo usado para um desenvolvimento programático da construção que seja confiável a partir do Plano Mestre. Nesta fase há um envolvimento direto de subcontratados, contratados, fornecedores, projetistas e outros participantes, inclusive o cliente (BALLARD, 2000).

- *Look-ahead planning* (Planejamento antecipado)

Classificado como um plano de médio prazo, o *Look-ahead* foca em tarefas a serem executadas em um período de quatro a seis semanas. Ballard (2000) define que o *Look-ahead* tem como função proteger a produção do planejamento de curto prazo, caracterizado por possuir grandes níveis de incerteza na construção. O *Look-ahead* protege a produção impedindo que atividades sejam liberadas sem os critérios básicos de qualidade, removendo as restrições para cada etapa como contratos, entrega de materiais e ajustes no projeto. Coelho (2003) ainda ressalta a importância do *Look-ahead* ajustar os ritmos de trabalho definidos no longo prazo que podem estar desatualizados (BALLARD, 2000).

- *Weekly Work Planning* (Planejamento Semanal do Trabalho)

O LPS propõe que ao final da semana tarefas para a próxima semana seja distribuída para os executores das atividades. Como explanado anteriormente, as possíveis restrições para as atividades devem ser solucionadas na fase *Look-ahead* para reduzir a influência de imprevistos e aumentar a confiança da produção (BALLARD, 2000).

- *Measurement and learning*

As principais métricas no LPS são: Porcentagem Completa do Plano (PCP), que mede a porcentagem do serviço realizado; e a Razões para a Não Conclusão (RNC), que registra as razões que prejudicaram o trabalho para evitar futuras ocorrências de problemas similares (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Após Koskela (1992) apresentar o conceito *lean construction*, o Sistema *Last Planner* foi o que mais conseguiu empregar os princípios do conceito (ARANTES, 2008 apud GUERRA, 2013). Estudos recentes indicam, porém, que a aplicação do LPS e seus princípios é fragmentada (DANIEL et al. 2019). Daniel et al. (2019) observaram que os elementos mais cruciais e complexos do LPS muitas vezes não são implementados em organizações do Reino

Unido (um dos países líderes da prática) e em outros países desenvolvidos e em desenvolvimento. Os elementos incluem o *look-ahead*, análise da causa raiz e o aprendizado.

Fatores que contribuem para o fracasso da implementação completa do LPS em organizações são, segundo Daniel et al. (2019), a inércia a mudança, atitude negativa diante a sistemas novos, a falta de suporte gerencial, falta de capital humano, uso de estratégias de compras e foco no custo incompatíveis com a filosofia *lean*, fraca integração de cadeia de suprimentos e subempreiteiros e problemas culturais na organização. Ao observar mais profundamente, Daniel et al. (2019) identificaram que fatores como contratos incompatíveis, cultura, termos comerciais, liderança, comportamento humano e fatores relacionados a relações de trabalho da indústria limitam a implementação do LPS.

Wu et al. (2019) exprimem que o sucesso do LPS se deve principalmente pelo fato de que as reuniões feitas, por envolverem todos os responsáveis inclusive os funcionários de base, incitam maior troca de conhecimentos de diversas áreas e passa uma sensação de pertencimento ao trabalho realizado, o que aumenta o compromisso e a qualidade da obra.

Dallasega, Rauch e Frosolini (2018) ressaltam que por mais que o LPS promova uma maior confiabilidade no cronograma devido ao PPC e um maior comprometimento da equipe por conta do RNC, a ferramenta foca principalmente na coordenação entre equipes e empresas e na realização de cronogramas confiáveis, o que não é o suficiente para fornecer informações para garantir um projeto bem-sucedido. O LPS possui ferramentas que expõem o número de tarefas completas em relação às planejadas, e não leva em consideração o uso dos recursos para realiza-las, como o número de homens por hora. Isso leva o LPS a não ser transparente em relação à sincronização da cadeia de suprimentos e ao monitoramento detalhado do progresso da construção. Dallasega, Rauch e Frosolini (2018) salientam que por conta dessa carência empresas têm aplicado o LPS juntamente com outras ferramentas como o *Takt-Time* e o LBMS, ambos explicitados a seguir.

2.2.2.3 *Takt Time*

A ferramenta *Takt-Time* vem do alemão *Taktzeit* (tempo ritmado) e faz do uso de um cronograma cronometrado com sequências de trabalho harmonizadas e atividades devidamente coordenadas. A ferramenta define que a produção não deve produzir menos nem mais do que o planejado. Tal planejamento é feito com estruturações dos projetos construtivos em “zonas takt”: identificações dos elementos construtivos que são repetitivos e dos que não

são. Após identificar tais elementos e ter em mãos os prazos necessários, pacotes de trabalhos (ou o ritmo) são definidos (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Tal ferramenta é amplamente utilizada para tarefas repetitivas e com altas taxas de recorrência. No entanto, a abordagem também pode ser interessante para atividades não repetitivas quando há o esforço de esmiuçá-las em tarefas menores que se repetem, contornando a lacuna destas atividades (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Ao padronizar os lotes de trabalho com suas respectivas atividades, número de trabalhadores necessários, ferramentas e tempo necessário para cumpri-las, o *Takt-Time* pode complementar a Ferramenta LPS (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

2.2.2.4 Variantes

As ferramentas para a implementação da LC variam de acordo com a natureza da construção e de seus participantes (empreiteiras, fornecedores). No entanto, todas focam no planejamento e controle da produção com o mínimo de desperdício possível (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018). A gestão destas ferramentas segue um padrão de serem simples e de fácil entendimento por parte da equipe, portanto há em certos casos um apelo maior ao visual (figuras, explicações, avisos), outros por meio da comunicação entre funcionários (reuniões, conferências) (HE; WANG, 2015).

Costella et al. (2018) por exemplo, construíram uma metodologia simples de nove passos baseados nos princípios da LC propostos por Koskela (1992). A construção desta metodologia foi feita em conjunto com pesquisadores da área, trabalhadores e líderes de uma empresa de construção. A pesquisa foi realizada e validada, com resultados promissores (23,5% de redução do tempo de produção geral). Os autores destacam ainda a cooperação e engajamento da equipe para o projeto, o que facilita a implementação da teoria da LC e ajuda em uma futura agregação da LC à cultura da organização.

Outras ferramentas que são interessantes e possuem uma adesão relevante na indústria da construção que adota a filosofia *lean* são: *Location-Based Management System (LBMS)*, *Lean Project Delivery System (LPDS)*, *Six-Sigma*, *Just-in-Time*, *Kanban*, entre inúmeras outras (HE; WANG, 2015). He e Wang destacam que é uma prática comum a combinação entre essas ferramentas por parte de empreiteiras por conta da singularidade de cada ferramenta e de cada obra.

2.3 FERRAMENTAS PARA MENSURAÇÃO

Após a implementação das ferramentas de LC em obras, equipes responsáveis por mensurar os impactos da implementação do LC para validar o método para obras seguintes e também para analisar possíveis erros de implementação são essenciais para um processo de aprendizado e melhoramento contínuo (LUCENA; DE MORI, 2018).

Para isso se tornar possível, diversos métodos de mensuração foram desenvolvidos, como: LCR, de Carvalho, de Pereira, de Kurek, de Tonin e Schaefer e o método de Souza e Cabette. Criar e aprimorar métodos para mensuração da LC em projetos é essencial segundo Lucena e De Mori (2018) pois há ainda na indústria um ceticismo grande em relação à eficácia da LC em deixar claro o valor para os clientes e, conseqüentemente, estabelecer os processos produtivos.

Das ferramentas citadas anteriormente, não há ainda uma que seja inquestionavelmente aceita pelos estudiosos. As ferramentas buscam ser de fácil usabilidade e geralmente são estruturadas em questionários, entrevistas e formulários a respeito dos princípios da LC estabelecidos por Koskela (1992). As ferramentas buscam também terem como produto gráficos para explicitarem à equipe em quais pontos há falta de empenho.

O método LCR, por exemplo, consiste num formulário de trinta questões subdivididas em seis categorias, feito durante visitas à obra. O processo dura cerca de uma hora e para cada pergunta o pesquisador dá uma nota de 0 a 6, sendo 0 a pior possível e a 6 a melhor. Após a coleta, o resultado será em forma de porcentagens de performance de cada categoria, o que resultará em um gráfico radar (LUCENA; DE MORI, 2018).

Lucena e De Mori (2018) analisaram as principais ferramentas de mensuração brasileiras para buscar a mais efetiva. O estudo chegou à conclusão de que o Método de Pereira (2012) apresenta o procedimento mais coerente, ao mesmo simples em sua execução. Já o Método Souza e Cabette (2014) apresenta inconsistências em sua formulação, principalmente em relação a certa inutilidade de seus resultados.

O método de Pereira (2012) é aplicado aos engenheiros que trabalham diretamente no local da obra. O método consiste em um formulário de 40 questões objetivas subdivididas em 12 categoria. A análise se dá com uma faixa de pontuação (1 a 3) para pré-definida para as opções de resposta. Para cada alternativa é identificado a porcentagem de pessoas que selecionaram a nota e então é multiplicado pela faixa de pontuação que foi previamente determinada. Uma média aritmética é obtida resultando num nível de classificação da questão.

Após a análise individual de cada questão, outra média aritmética é calculada, baseada no resultado final de todas as questões relacionadas a cada categoria, obtendo-se assim o nível de aplicação de cada categoria, identificando o grau de aplicação da LC na companhia (LUCENA; DE MORI, 2018).

Lucena e De Mori (2018) chegaram à conclusão de que todas as ferramentas analisadas apresentam muitas vantagens, mas que, mesmo assim, nenhuma delas são incontestáveis ou não possuem ambiguidades. Por conta disso, os autores recomendam que a mensuração seja realizada pela ferramenta que melhor condiz com a realidade e cultura da empresa, mas que mesmo assim tenha um profissional qualificado na filosofia LC para que se possa ter uma avaliação mais específica. A necessidade de mais estudos e criação de ferramentas para mensurar os impactos da LC ainda são escassos para que a indústria da construção esteja confiante em utilizar as metodologias sugeridas.

2.4 SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA

2.4.1 Sustentabilidade

Em 1987, ocorreu a Comissão de Brundtland, organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU). Um dos produtos desta comissão foi o relatório intitulado “*Our Common Future*”, um marco para o tema do desenvolvimento sustentável. O relatório definiu que o desenvolvimento sustentável seria “o desenvolvimento que alcança os objetivos do presente sem comprometer a habilidade de futuras gerações de alcançarem seus objetivos”. Tal documento expressa que o desenvolvimento sustentável não diz somente a respeito do meio ambiente, mas também dos temas econômicos e sociais (BAE; KIM, 2008; KHODEIR; OTHMAN, 2018).

A indústria da construção civil possui uma parcela da economia muito considerável, além de gerar diversas vagas de emprego e ser um fator crucial para o crescimento de uma nação. No entanto, segundo Horvarth (2004 apud Bae e Kim, 2008), uma das características desta indústria é o alto índice de poluição atmosférica, sonora e da água, além de um desperdício grande de energia, trabalho e materiais. Há então, na indústria da construção, um potencial grande para ter um impacto positivo no desenvolvimento sustentável. Estima-se que até 2025 a indústria terá 13,5% da economia global. A partir destes dados, a produção com

padrões sustentáveis vem como o principal foco para a próxima adaptação da indústria (HE; WANG, 2015).

Com tal demanda para uma produção mais sustentável, a LC vem como um dos principais focos para tornar a construção. Bae e Kim (2008) salientam que a LC pode vir a ser uma abordagem para alcançar um grau de sustentabilidade satisfatório ao introduzir questões ambientais e sociais como novos valores à teoria.

Estudos a respeito da eficácia da LC a respeito da sustentabilidade ainda geram discussões. Muitos pesquisadores sustentam a diminuição do desperdício gerada pela LC aumenta os benefícios ambientais e, com isso, agrega valor para os clientes e conseqüentemente auxiliam a respeito das questões sociais (BAE; KIM, 2008). Há, porém, estudos que discordam ao manifestarem que por ter como premissa agregar valor ao cliente a LC pode não assegurar um efeito positivo para o meio ambiente caso o cliente não tenha a sustentabilidade como um valor (BAE; KIM, 2008).

Khodeir e Othman (2018) defendem que a sustentabilidade é dada como um elemento passivo em estudos que buscam relacionar a LC a ela. A sustentabilidade é um “detalhe” da construção, e não uma premissa para se construir. Por conta disso, Khoder e Othman (2018) defendem que esforços para tornar a construção mais sustentável, como o *Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology* (BREEAM); *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC) e o *Leadership in Energy and Environmental Design System* (LEED) focam em implantar novos materiais e técnicas construtivas e não possuem uma estrutura de planejamento bem definida, enquanto as ferramentas de LC ainda não absorveram a sustentabilidade como base do planejamento de uma obra. Ou seja, a LC e a sustentabilidade são compreendidas como duas áreas distintas e sem grandes interações, o que acaba gerando choques de agenda, desentendimento entre projetistas e equipes.

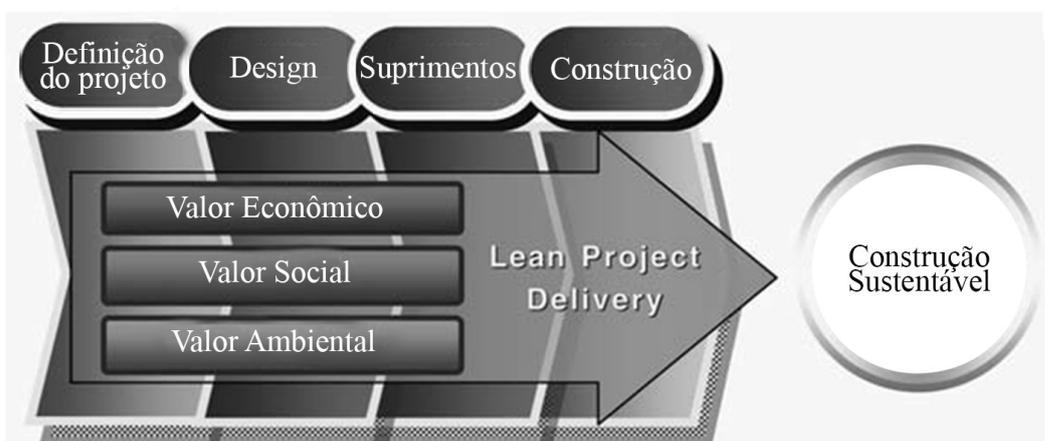
Khodeir e Othman (2018) realizaram uma matriz de correlação entre os princípios da LC e da sustentabilidade, chegando a uma porcentagem de 13,5% de interação entre as duas áreas. Porém os autores salientam que a análise foi feita em relação a interações simples e diretas, e que por conta disso a relação entre LC e sustentabilidade pode ter um potencial superior devido a agenda em comum das duas áreas: o melhoramento de processos e a qualidade de vida dos participantes de todo o processo construtivo, até mesmo dos clientes. Portanto, é necessário que a avaliação da combinação da LC e dos princípios da

sustentabilidade deva considerar todas as interações e benefícios ao mesmo tempo com uma aplicação corriqueira dos princípios sustentáveis e do *Lean Construction*.

A relação favorável entre o *lean* e a sustentabilidade é defendida por Huovila e Koskela (1998 apud Bae e Kim, 2008). Segundo os autores, a LC vai de encontro com a sustentabilidade ao eliminar o desperdício de materiais (minimizando o esgotamento de recursos e poluição) e adicionar valor ao cliente (alcançando excelência do negócio). Há de se atentar, no entanto, que a maioria das pesquisas e aplicações da LC está ostensivamente concentrada nos fatores econômicos e que, apesar dos clientes estarem mais cientes a respeito dos valores sociais e ambientais, suas principais preocupações são como os benefícios sociais e ambientais podem ser alcançados sem custos iniciais adicionais.

Bae e Kim (2008) relatam que um dos fatores que levam as empresas a conceberem a LC e sustentabilidade como questões isoladas entre é cultural. É corriqueiro que a sustentabilidade seja concebida como responsabilidade dos projetistas e que o LC seja responsabilidade dos gestores da obra. Porém, devido à complexidade cada vez maior de projetos e o tamanho da equipe por traz deles, a filosofia *lean* traz cada vez mais o conceito do LC para as fases de concepção do projeto. A LC pode ser, então, implementado juntamente com a sustentabilidade desde o início. Horman et al. (2004, apud Bae e Kim ,2008) sugerem que ferramentas *lean*, como o Mapeamento de Fluxo de Valor e o *Lean Project Delivery System* (LPDS) podem ser utilizados da concepção do projeto até o estágio da construção. A figura 1 ilustra a relação conceitual entre *lean* e sustentabilidade.

FIGURA 1 – Relação conceitual entre *lean* e sustentabilidade



Fonte: Bae e Kim (2008).

A primeira fase consiste na definição do projeto. De acordo com Ohno (1988), Shingo (1996) e posteriormente Koskela (1992) estabeleceram, um projeto *lean* deve estabelecer o valor a ser entregue ao cliente e que o desperdício é crítico. Recentemente, mais estudos defendem que o ambiente seja uma “dimensão de valor” adicional para instalações sustentáveis. Tais estudos incluem como valores ambientais o impacto mínimo da construção, eficiência máxima do sistema da construção, eficiência energética, desperdício reduzido e um ambiente saudável e produtivo para os ocupantes da construção (HORMAN et al., 2004; LAPINSKI et al, 2005).

Bae e Kim (2008) sustentam que haja uma equipe multidisciplinar de arquitetos, sociólogos, engenheiros, fornecedores, membros da comunidade, empreiteiros e, principalmente, clientes. Essa equipe deve conceber o projeto já com os ideais de sustentabilidade e de LC.

A partir deste ponto mudanças estruturais de relacionamento entre os participantes da obra já devem ser feitas. Por conta de maior complexidade e materiais específicos por parte da sustentabilidade e de uma dinâmica de construção e planejamento por parte da LC, contratos e relações de trabalho tendem a ser diferentes do usual (HORMAN et al., 2004). Por conta disso, Horman et al. (2004) propuseram o PBC (*Performance-based Contracting*) e o IPD (*Integrated Project Delivery*).

O PBC define todos os aspectos de uma aquisição a respeito do propósito e performance requerida das instalações. Instalações sustentáveis normalmente necessitam de técnicas inventivas e materiais os quais são difíceis de serem adotados por arquitetos e engenheiros inexperientes. Portanto, essas informações sobre técnicas e materiais deverão ser fornecidas por empreiteiros e fornecedores especializados na fase do projeto da construção. Esse método ajuda os empreiteiros e fornecedores especializados a darem ideias inovadoras nas fases iniciais do projeto da construção para performances sustentáveis que os proprietários buscam. Essas ideias podem ajudar o time de projetistas em melhorar a efetividade das despesas, performance técnica e a construtibilidade de um edifício ao mesmo tempo que o materiais, energia e desperdícios são reduzidos ao tentar maximizar a performance da construção.

Já o *Integrated Project Delivery* (IPD) é ao mesmo tempo o nome do método contratual e de empresas que implementam o método. O IPD é um método de contrato relacional que emprega dois princípios para organizar a relação da equipe, maximizando a colaboração entre os acionistas. Primeiramente, todos os membros da equipe primária

(*Primary Team Members – PTMs*) são responsáveis pelas cláusulas do contrato principal com o cliente enquanto o contrato único vincula a equipe de IPD como uma entidade para o cliente. Após isso, todos os PTMs dividem os riscos e lucros da performance do projeto. Com o contrato de IPD, o objetivo de “um por todos e todos pelo projeto” parece ser viável (NGUYEN; AKHAVIAN, 2019).

O IPD pode ajudar coletivamente os acionistas a melhorarem em termos de qualidade e eficiência. Quando o valor da sustentabilidade é um fator importante durante a construção, o formato contratual de IPD é o formato que ajuda a equipe a encontrar indicadores sustentáveis e melhorar certos fatores durante o projeto (NGUYEN; AKHAVIAN, 2019).

Após os contratos e relacionamentos com a cadeia de suprimentos, Bae e Kim (2008) elucidam que o processo de projetar a construção é essencial para o relacionamento entre sustentabilidade e a LC. A partir disso, os autores elucidam métodos *lean* que podem ser implementados nesta fase para minimizar o consumo energético e o impacto ambiental, como o *Integrated Design*, *Target Costing* e o *Set-based Design*.

Tais métodos sustentam que ao apresentar os diversos materiais e tecnologias sustentáveis logo nas fases iniciais dos projetos para os acionistas, pode-se alcançar sinergias e um impacto mais expressivo em relação a impactos ambientais, sociais e econômicos. Bae e Kim (2008) chamam atenção que já existem ferramentas com um potencial muito grande para a sustentabilidade da obra, mas que, por razões culturais, ainda não a incorporaram.

Um dos maiores problemas da indústria da construção é o gasto energético e a poluição gerada pelo transporte necessário para os suprimentos da construção. A LC possui ferramentas, como o *Just-in-Time*, que tornam o suprimento muito mais dinâmico e acaba diminuindo a necessidade de estoques. No entanto, Rothenberg et al. (2001), citados por Bae e Kim (2008), chamam a atenção que o transporte frequente de materiais característico do *JIT* pode causar um aumento de emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs) e de gás carbônico. Rothenberg et al. (2001) salienta que diversos empreendimentos notaram o aumento destas emissões, mas também se atentaram à mitigação destes poluentes em outros processos construtivos através de processos *lean*, tendo como o melhor resultado a diminuição de materiais desperdiçados, os quais requerem quantidades energéticas relevantes para serem produzidos.

Outras características da construção, como técnicas construtivas, também foram levadas em consideração por Bae e Kim (2008). Uma técnica que facilita a implementação

lean é o uso de peças pré-fabricadas. O uso desta tecnologia facilita a cadeia de suprimentos, melhora a segurança dos trabalhadores, facilita a reciclagem e limpeza do canteiro de obras, entre outros benefícios. Porém o uso da mesma técnica pode trazer infortúnios como uma mão de obra com uma qualificação superior e mais enxuta, o que pode, em certos casos, impactar negativamente o impacto econômico da comunidade em que a obra está inserida. Isso por conta da menor oferta de empregos para os locais, o que pode não beneficiar a economia local.

Bae e Kim (2008) citam que o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é um atributo interessante para se inserir o aspecto da sustentabilidade em empreendimentos. Tradicionalmente, o MFV tem sido utilizado para avaliar durações dos processos e níveis do estoque para definir o valor e desperdícios, já que são fatores-chave para finalidades econômicas. O objetivo do MFV é melhorar o processo de produção trabalhando em eliminar o desperdício de verbas. Ao identificar o valor, desperdícios e fluxo do material e informação, o MFV pode fazer com que os processos da construção sejam mais transparentes e previsíveis. Essa característica do MFV pode diminuir o risco do investimento e melhorar a gestão ao ajudar os acionistas a terem um entendimento dos processos do empreendimento.

Esse método *lean*, no entanto, pode ser usado não apenas para propósitos econômicos, mas também para ambientais ao adicionar dados ambientais no mapa de fluxo. Além do tempo e estoque, o desperdício de recursos, geração de poluição, consumo de recursos, segurança e interação com a comunidade podem ser mapeados.

É necessário pontuar que a junção da LC com a sustentabilidade ainda necessita de estudos e aplicações mais profundas. O conceito de sustentabilidade passa por revisões constantes e a sua mensuração ainda é incerta, enquanto as práticas da LC ainda não são devidamente aplicadas e também são caracterizados por mudanças constantes, o que dificulta a implementação das empresas (BAE; KIM, 2008).

No entanto, apesar das dificuldades de quantificação, mensuração e validação da sustentabilidade, esforços têm sido empregados em estabelecer sistemas de mensuração da sustentabilidade. Nos EUA, o LEED é utilizado; no Reino Unido, o *Building Establishment's Environmental Assessment Method* (BREEAM) é utilizado.

Atualmente, o BREEAM é o método de avaliação da sustentabilidade mais utilizado no mundo. Seu objetivo é mitigar os impactos da construção, prover reconhecimento no mercado, e promover com que as melhores práticas sejam empregadas nos edifícios. Uma certificação de acordo com os padrões do BREEAM é baseada na chamada “lista de créditos”:

caso a construção consiga seguir os requerimentos técnicos da normativa, pontos são dados à ela. Os pontos podem variar de acordo com diferentes tipos de edificações, e o total de pontos obtidos irão definir a classe de certificação do projeto (NESTEBY; AARRESTAD; LOHNE; BOHNE, 2016).

Juntamente com esse programa de avaliação, a ferramenta LPS é uma das que mais teve êxito em empregar os princípios da LC com a sustentabilidade. Nesteby et al. (2016) chamam a atenção de que o uso do LPS com uma liderança ruim pode, no entanto, dificultar mais o processo e tanto a sustentabilidade quanto a produtividade podem não tomar mais a atenção dos participantes da obra.

Devido à grande complexidade de novas técnicas e materiais exigidos por programas como o BREEAM e a exigência da qualidade exigida pelo LPS e outras ferramentas da LC, há uma rejeição a ambos por parte dos trabalhadores que possuíam um nível de escolaridade menor. Nesteby et al. (2016) reiteram que uma liderança atenta e solícita é necessária, além de uma educação a respeito das novas maneiras de trabalho na construção.

Um dos fatores da LC que mais motiva a indústria de materiais novos e sustentáveis é o fato do trabalho colaborativo que o sistema proporciona, o que é essencial neste setor devido à alta complexidade dos novos sistemas e do número maior de profissionais envolvidos (PULAKKA; VARES; NYKANEN; SAARI; HAKKINEN, 2016).

2.4.2 Segurança

Por conta da natureza e, principalmente, da cultura da indústria da construção civil, as taxas de acidentes são grandes quando comparadas a outras indústrias. Muitas vezes há falta de atenção por parte dos engenheiros responsáveis pela obra ao desenvolverem e implementarem projetos de maneira incorreta, ignorar perigos do canteiro de obras ou permitirem que as condições do serviço ultrapassem a capacidade de estruturas. Os perigos surgem de ações perigosas (uso incorreto de ferramentas, operações de equipamento não autorizadas, não uso de EPIs, desobediência a normas de segurança, etc.) e condições perigosas (equipamentos impróprios, má iluminação, má ventilação, substâncias perigosas, etc.), as quais podem ser evitadas pelo supervisor da obra (USMEN; VILNITIS, 2015).

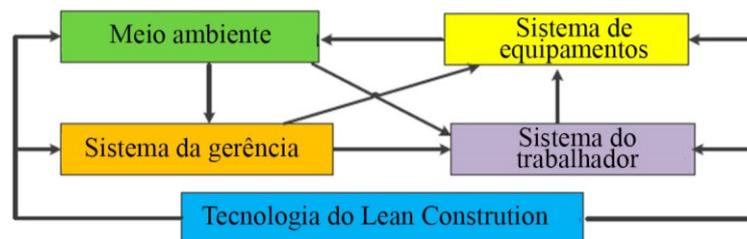
Para que ocorra uma construção com custos menores, maior qualidade e menor tempo, o compromisso com a segurança deve ser multiplicado. E todos os planos construtivos devem incluir considerações de segurança (MAHFUTH; LOULIZI; HALLAQ, TAYEH, 2019). Por conta da tendência atual dessa maior rapidez, orçamentos apertados e necessidade

de uma alta qualidade, os funcionários tendem a ignorar a segurança com o pensamento de que sem ela serão mais produtivos. Há, porém, uma sinergia grande entre produtividade, qualidade e segurança (USMEN; VILNITIS, 2015).

A partir desta necessidade de produtividade, qualidade e segurança, métodos de gerenciamento que busquem integra-la têm sido estudados e aplicados em diversos países. Os estudos dos métodos da LC aplicados a segurança, apesar de ainda estarem em sua infância, estão demonstrando um potencial e entusiasmo entre especialistas (WU et al., 2019).

Para analisar o resultado das abordagens da LC a respeito da segurança no trabalho, deve-se primeiramente sistematizar os sistemas que participam de uma construção e suas relações. Wu et al. (2019) distinguem quatro sistemas: o gerencial, o do trabalhador, o ambiental e o do equipamento. Destes, o sistema gerencial é o mais relevante por possuir responsabilidades de formular e implementar medidas de segurança e de realizar correções de perigos e inspeções de segurança. O sistema do trabalhador inclui a participação do trabalhador e a conformidade com a segurança. Os sistemas ambiental e de equipamentos são periféricos: enquanto o de equipamentos consiste na segurança e taxa de qualificação dos equipamentos e ferramentas, o ambiental corresponde ao ambiente natural (tempo) e social (relações de trabalho) da obra. Ao aplicar a LC com o intuito de gerar, além de qualidade e produtividade, uma maior segurança, as relações entre os sistemas (agentes passivos e ativos) fica conforme a figura 2.

FIGURA 2 – Relação entre os sistemas com o *Lean Construction*

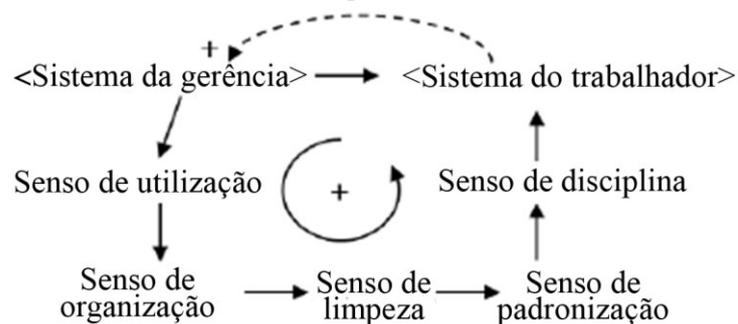


Fonte: Wu et al. (2019).

Wu et al. (2019) analisaram alguns métodos de LC e seu impacto na segurança através de revisões da literatura e entrevistas. A análise separou quatro sistemas que juntos compõem a construção: sistema da gerência, do trabalhador, do ambiente e de equipamentos. As relações entre eles são diretamente afetadas pelos métodos analisados (5S, Gestão Visual, *Last Planner System*, *Just-in-Time* e Gestão por Conferência).

A respeito do método 5S, Thomassen et al. (2003 apud Wu et al., 2019), demonstraram que a aplicação do 5S reduz efetivamente o número de acidentes relacionados ao trabalho causados pela gestão desordenada, como escorregamentos, quedas e colisões. O principal fator que faz acidentes decrescerem é a organização do canteiro de obras proporcionada pelo 5S. Abaixo, a figura 3 demonstra as relações entre os sistemas com a implementação do 5S.

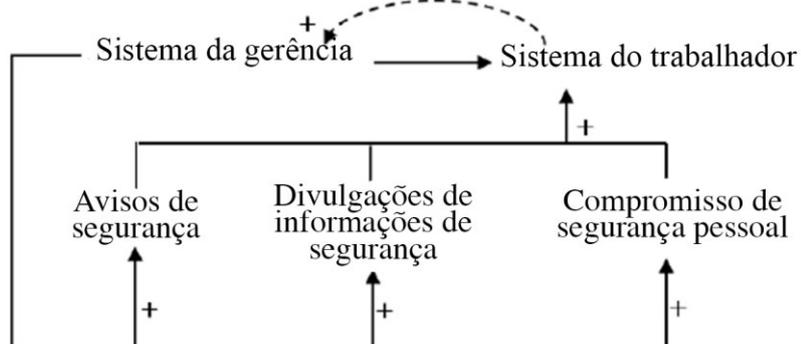
FIGURA 3 - Relações entre os sistemas com a implementação do 5S.



Fonte: Wu et al. (2019).

A Gestão Visual vinculada à segurança apela a avisos de segurança, divulgação de informações de segurança, responsabilidades dos trabalhadores de maneira visual e didática, com placas chamativas e simples. Com isso é esperado que os trabalhadores que tenham falta de conhecimento sobre o assunto ou sejam acostumados a não seguirem as normas de segurança não tenham como escapar das informações (WU et al., 2019). A figura 4 demonstra as relações entre os sistemas com a implementação da Gestão Visual.

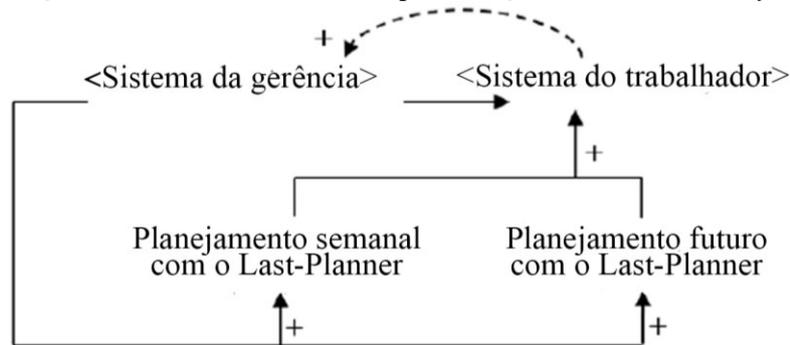
FIGURA 4 - Relações entre os sistemas com a implementação da Gestão Visual.



Fonte: Wu et al. (2019).

A respeito do *Last Planner System*, por ser um sistema mais complexo, poucas pesquisas a respeito de seu impacto na segurança estão disponíveis. O aspecto mais interessante de sua aplicação em conjunto com a segurança é a participação ativa da equipe de trabalho na formulação do planejamento semanal, o que traz vantagens por conta da familiaridade que os trabalhadores possuem com os perigos, muitas vezes despercebidos pelos gestores (WU et al., 2019). A figura 5 demonstra as relações entre os sistemas com a implementação do *Last Planner System*.

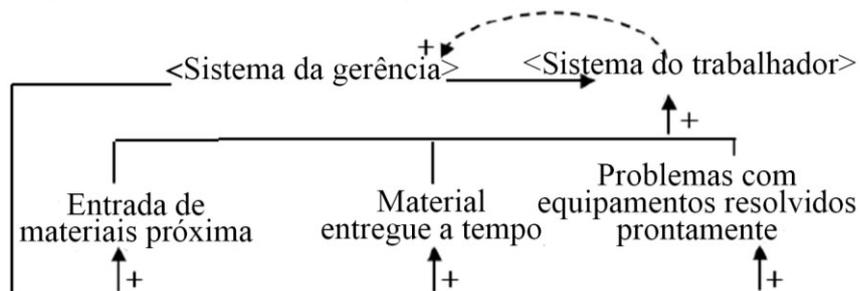
FIGURA 5 - Relações entre os sistemas com a implementação do *Last Planner System*.



Fonte: Wu et al. (2019).

O método *Just-in-Time* é empregado na área da segurança com tratamentos fundamentais em falhas de equipamentos e a eliminação de períodos ociosos. Tais períodos, comuns na indústria da construção, geram o “comportamento ocioso”: o trabalhador ocioso tende a perambular na obra, o que os torna mais propensos a se acidentarem. Assim, o JIT reduz os perigos e ao mesmo tempo melhora a produtividade. (WU et al., 2019). A figura 6 demonstra as relações entre os sistemas com a implementação do *Just-in-Time*.

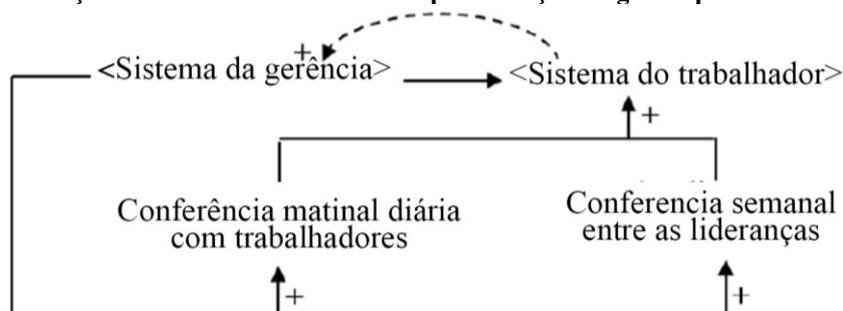
FIGURA 6 - Relações entre os sistemas com a implementação do *Just-in-Time*.



Fonte: Wu et al. (2019).

A gestão por conferência é relatada pelos profissionais da construção como a maneira mais eficaz de transmitir os objetivos da segurança para os trabalhadores. O superior da equipe (geralmente o mestre de obras) se reúne com os trabalhadores pela manhã para discutir o trabalho do dia anterior e organizar as tarefas do dia seguinte acrescentando questões a respeito da segurança. Uma conferência semanal entre o mestre de obras e o gerente do projeto para discutirem os problemas ocorridos (WU et al., 2019). A figura 7 demonstra as relações entre os sistemas com a implementação da gestão por conferência.

FIGURA 7 - Relações entre os sistemas com a implementação da gestão por conferência.



Fonte: Wu et al. (2019).

Wu et al. (2019) chegaram à conclusão de que o nível de maturidade da implementação das ferramentas de LC está diretamente ligado a segurança da construção. Os autores também acrescentam que cada ferramenta analisada possui diferentes impactos para cada sistema proposto: a gestão 5S foca em melhorar o sistema de equipamento e tem um papel importante em melhorar o sistema do ambiente; a gestão JIT e gestão Visual possuem um efeito importante em aperfeiçoar os sistemas gerenciais e de equipamento; o LPS e a gestão por conferência melhoram os sistemas da gerência e do trabalhador. Isso explicita que o gerente responsável pela segurança da construção deve analisar a situação dos sistemas para assim escolher o melhor método.

Mahfuth, Loulizi, Hallaq e Tayeh (2019) em sua pesquisa com empresas da construção ranquearam 24 fatores de segurança e seus efeitos positivos em reduzir o desperdício, um dos principais objetivos da LC. Observaram uma relação muito próxima entre o comprometimento com a segurança e a minimização do desperdício, sendo os sete principais fatores a serem considerados para minimizar o desperdício e acidentes no trabalho: o manuseamento de ferramentas; gerenciamento; fatores ambientais; trabalhadores; compras; condições do campo e andaimes apropriados para segurança.

Usmen e Vilnitis (2015) chegaram à conclusão de que segurança e produtividade são positivamente correlatas em vários casos, o que significa que investimentos em programas de segurança não possuem impactos negativos na produtividade, e como os princípios *lean* são aplicados tanto em segurança quanto na qualidade da construção, e estas são fatores determinantes em aumentar a produtividade, há uma sinergia entre estas três facetas da construção.

2.5 DISCUSSÃO: PERSPECTIVAS

O início da LC tendeu às práticas da indústria manufatureira. Porém, devido às grandes peculiaridades da indústria da construção e da complexidade única de cada projeto, a LC foi cada vez mais abrangendo teorias multidisciplinares da arquitetura, administração, ecologia, entre outros. Nota-se uma busca acelerada sobre o tema devido aos reveses que a indústria da construção passou nas últimas décadas, como a crise de 2008, e pelas mudanças no mercado, fatores que trouxeram orçamentos apertados, prazos curtos e busca de uma maior qualidade (HE; WANG, 2015).

He e Wang (2015) coletaram dados a respeito de pesquisas de LC em todo o mundo, e chegaram à conclusão de que após o ano de 2004 pesquisas a respeito da LC tiveram um desenvolvimento robusto, alcançando o auge em 2012. Segundo os autores, a LC está gradualmente se tornando um tema mundialmente estudado. Os países com mais publicações a respeito da LC são, em ordem decrescente, os EUA, Reino Unido, China, Brasil e Chile. Os autores chamam a atenção à falta de troca de conhecimentos entre países por parte da China, um dos países com as maiores indústrias da construção do mundo, e alertam que cooperações internacionais precisam evoluir no país.

Ainda segundo He e Wang (2015), as pesquisas sobre LC focam principalmente nos seguintes temas: *Last Planner System* (LPS), Teoria do Controle da Produção, melhoramento e avaliação da produtividade e, por último, o valor gerado pela LC. Os autores ainda apontam três direções para pesquisas que eram tendências em 2015, ou seja, estavam ganhando grande notoriedade e volume de publicações. As tendências eram a respeito da sustentabilidade da LC, o funcionamento do BIM (*Building Information Modeling*) com a LC em construções e, por último, a gestão da segurança com aplicações de LC.

A respeito do BIM, estudos recentes citam a LC como um grande aliado em projetos realizados com softwares BIM pois consegue reforçar a união do time e facilita o surgimento de melhores resultados de projetos e resultados finais (HE; WANG, 2015). Em um estudo

realizado por Sanchez et al. (2017) a junção do BIM com ferramentas da LC possibilita um processo de planejamento de pontes de concreto otimizado devido a possibilidade de gerenciar as informações do projeto com o BIM para obter dados de entrada precisos que podem ser benéficos para a aplicação dos princípios da LC. Entre os benefícios estão uma economia de 4,8% no projeto e um maior controle sobre as incertezas da obra.

Mesmo que uma grande parcela do setor da construção tenha seus atributos tecnológicos e gerenciais aquém do nível de outros setores da economia, as próximas mudanças tecnológicas podem ter um impacto profundo no setor. É amplamente discutido hoje a Indústria 4.0, caracterizada pelos chamados sistemas físico-cibernéticos (CPS). A maneira do mercado e, conseqüentemente, do trabalho operarem será por meio de computadores e redes incorporados à internet das coisas (IoT), operada em tempo real com a colaboração entre sistemas e pessoas. O próprio BIM é um indício de que a indústria da construção está se digitalizando, possuindo maior volume de informações disponíveis e abrindo o espaço para trabalhos entre equipes multidisciplinares conectadas via internet (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Pesquisas como a de Zhao et al. (2019) que rastreiam os trabalhadores por meio de tecnologias *wireless* para se obter dados de produtividade para tomadas de decisão estão se tornando mais comuns. Apesar de parecer uma proposta ousada para as atuais condições da indústria, tais estudos apresentam resultados promissores ao unirem filosofias da LC e tecnologias BIM.

Para que a indústria da construção esteja preparada para tais transformações é necessário um esforço grande em desenvolvimento de tecnologias de informação (TI) que consigam implementar sistemas de gestão, como a LC, à softwares e dados da construção, como o BIM (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018). Nguyen e Akhavian (2019) demonstraram que a tendência de algumas construtoras americanas em utilizar softwares BIM, princípios da LC e práticas do IPD trazem resultados significativos no custo das obras, no planejamento e qualidade. Os autores ainda destacam que essa junção, conhecida como ILB, possui grande potencial para agregar temas como sustentabilidade e novas tecnologias.

As tecnologias disponíveis e a necessidade do mercado também moldam diferentes ramos para a indústria. As empresas de construção ETO (Engenharia sob encomenda) são caracterizadas por terem o projeto, produção de componentes e a montagem final serem feitos a partir de decisões do cliente, sem a possibilidade de estoques. Empresas desta natureza tem a necessidade de terem uma segurança grande a respeito de todos os processos. A LC mostrou

resultados promissores ao ser implementado nestas empresas (DALLASEGA; RAUCH; FROSOLINI, 2018).

Há ainda o surgimento no mercado empresas com propostas de customização em massa. Devido às demandas de produtos (construções) personalizadas, mas com restrições de custos e prazos, empresas estão aprimorando suas abordagens para se firmarem no mercado, buscando um equilíbrio de custos similares aos atuais. Há nessa fatia da indústria uma receptividade à LC grande devido a sua filosofia em agregar valor ao produto final respeitando a necessidade do cliente. Ferramentas da LC proporcionaram canais de comunicação entre empresas e clientes promissores e produtividade maior em relação às técnicas habituais, mas ainda não são o suficiente, necessitando de atributos tecnológicos (ANDUJAR; GILART; MONTOYO; MARCOS, 2015).

He e Wang (2015) citam que um dos principais empecilhos para a implementação da LC e as tecnologias que a filosofia consegue assimilar bem requer uma mudança cultural por parte da equipe gerencial grande. Os autores citam que há uma cultura de desconfiança e inércia por parte da equipe que mais possui conhecimento na obra.

3 METODOLOGIA

3.1 REFERENCIAL METODOLÓGICO

A revisão da literatura é o início para que o autor se familiarize e identifique o conhecimento científico, buscando a partir disso elucidar lacunas ainda não exploradas nos mais diversos assuntos. Existem três principais formas de revisão da literatura: a narrativa, sistemática e integrativa (FARENHOF; FERNANDES, 2016).

A revisão narrativa baseia-se na não definição de critérios explícitos e a seleção de artigos é feita de maneira arbitrária, ou seja, é a forma exploratória e tradicional da revisão. O viés do autor, portanto, pode influenciar na revisão de acordo com os documentos escolhidos pelo mesmo (FARENHOF; FERNANDES, 2016).

O diferencial da revisão sistemática em relação à anterior é possuir processos mais estruturados e transparentes. Tais processos têm o intuito de identificar, selecionar, coletar dados, analisar e descrever atributos importantes para a pesquisa. De acordo com Farenhof e Fernandes (2016) a revisão sistemática busca limitar vieses do autor e erros aleatórios.

Por fim, a revisão integrativa tem como preceito reunir e sintetizar de maneira abrangente, porém não menos rigorosa e sistemática, resultados acerca de um tema ou questão com o objetivo de aprofundamento do conhecimento do tema (FARENHOF; FERNANDES, 2016).

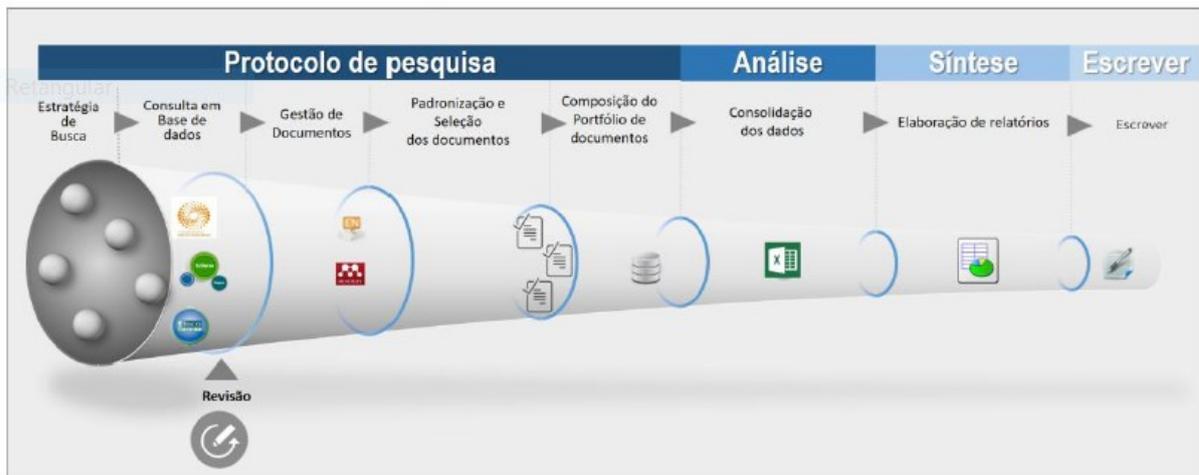
Para realizar a revisão neste trabalho o método escolhido baseou-se no trabalho desenvolvido pelos autores Ferenhof e Fernandes (2016). Nomeado como *Systematic Search Flow (SSF)* pelos autores, o método tem como objetivo desenvolver uma revisão sistemática para deixar o processo de busca mais claro e sistêmico, evitando o viés do pesquisador, muitas vezes presente em outros tipos de revisões. Conforme mencionado nas delimitações desse trabalho (capítulo 1), o presente trabalho, porém, não segue a diretriz de Farenhof e Fernandes (2016) de que mais de duas pessoas devem conduzir a revisão sistemática, em função de ser um trabalho individual. O quadro 1 abaixo expõe a estruturação do *SSF*.

QUADRO 1 – Estruturação do Método *SSF*

Estruturação do método <i>SSF</i>
Mapeamento do campo mediante uma revisão de escopo
Pesquisa exaustiva
Avaliação da qualidade, que compreende a leitura e seleção dos trabalhos
Extração de dados, que se refere à coleta e captura de dados relevantes em uma planilha de pré-concebida
Síntese, que compreende na síntese dos dados extraídos para mostrar o que é conhecido e fornece a base para estabelecer o desconhecido
Escrever

Fonte: Farenhof, Fernandes (2016).

O método *SSF* é composto por 4 fases e 8 atividades. A figura 8 abaixo mostra as fases e suas atividades.

FIGURA 8 - Atividades do *SSF*.

Fonte: Farenhof, Fernandes (2016).

O presente trabalho seguiu os passos apresentados na figura 1, explanados a seguir:

I. Protocolo de Pesquisa

O protocolo de pesquisa tem como início estabelecer a estratégia de pesquisa, ou seja, definir quais serão os procedimentos que definem os mecanismos de pesquisa e de recuperação de informações online

Posteriormente, a segunda atividade será a de consultar as bases de dados com a estratégia de pesquisa já completa. A consulta será realizada em bases de dados previamente selecionadas, as quais, preferencialmente, não sejam familiarizadas pelo pesquisador. O pesquisador nesta fase define o tema principal da pesquisa (*query*), período de tempo das publicações, tipo de documento, língua e outros detalhes disponíveis na busca de cada base de dados.

Posteriormente há a organização dos resultados da pesquisa. A organização é essencial para automatizar e agilizar o processo de procura. A escolha do organizador de referências é do encargo do pesquisador.

A quarta atividade é o início da filtragem dos artigos já organizados. É nesta fase que há a leitura de todos os títulos, resumos (*abstracts*) e palavras-chave. Com isso, busca-se excluir os documentos que destoam do tema principal da pesquisa e selecionar os artigos que mais vão de encontro com o tema proposto. Essa atividade traz ao pesquisador um leque maior de temas a serem estudados e busca diminuir o viés do autor.

A última atividade da primeira fase é realizar o portfólio de artigos, que consiste em ler todos os artigos selecionados na atividade 4 na íntegra, podendo assim selecionar com mais minuciosidade artigos com relevância maior para a pesquisa.

II. Análise

A segunda fase do método *Systematic Search Flow* tem como objetivo fortalecer os dados obtidos na fase anterior. É nesta fase que dados serão aglutinados para se obter um conhecimento mais sólido sobre o tema. Informações relevantes como principais *journals* e autores sobre o tema, anos com mais publicações e pontos fracos e fortes sobre o objeto de estudo serão elaboradas pelo pesquisador com o auxílio de planilhas eletrônicas.

É nesta fase que o pesquisador terá como principal ferramenta a interpretação do que já foi selecionado e estudado, podendo assim identificar padrões, lacunas, tendências e assim sugerir temas para futuros estudos.

III. Síntese

A terceira fase tem como meta as inferências sobre o tema estudado a partir de condensações de relatórios dos artigos selecionados. A atividade nesta fase é a de organizar o que foi estudado pelo pesquisador, como os resumos de cada artigo e dados levantados na segunda fase.

IV. Escrever

A última fase consiste em uma escrita científica sobre o tema estudado tendo como base os resultados das fases anteriores. É nesta fase que o pesquisador expõe com clareza a pesquisa e suas deduções, sempre obedecendo as normas de escrita e se atentando ao destinatário final.

4 DESENVOLVIMENTO

O presente capítulo tem como objetivo seguir os passos expressos no capítulo anterior para a busca a respeito do *lean construction*, mostrando em cada passo os resultados encontrados.

4.1 QUESTÕES NORTEADORAS

Para que a pesquisa fluísse de maneira coerente, estipulou-se, primeiramente, as principais questões e motivações para a busca. Essa prática é essencial para que o autor não entre em algum viés ou mude a direção da pesquisa durante a mesma.

O grande volume de informações produzido atualmente pode fazer com que pesquisadores e profissionais tenham um ponto de partida confiável para iniciar seus trabalhos (CRUZ AMORAS et al., 2017). De acordo com He e Wang (2015) há um grande volume de trabalhos de temática teórica sobre a LC, e os estudos com exemplos práticos de ferramentas e impactos são dispersos.

Cruz Amoras et al. (2017) e He e Wang (2015) expuseram revisões sistemáticas quantitativas sobre as vertentes que a LC tomou nas últimas décadas, tornando evidentes o crescimento exponencial da filosofia no meio acadêmico e industrial.

Portanto, o que norteia o presente trabalho é a busca por trabalhos que tenham se dedicado a pesquisar ferramentas e impactos de maneira prática (estudos de caso, entrevistas, aplicações, etc.) sobre a LC nos últimos 20 anos, período em que, segundo He e Wang (2015), houve a maior produção de trabalhos a respeito do tema.

4.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

A primeira fase do método *SSF* para este trabalho foi estabelecer o protocolo de pesquisa. Nesta fase, de acordo com Farenhof e Fernandes (2016), a primeira atividade é construir uma estratégia de busca, a qual, para esta pesquisa, limitou-se a pesquisar sobre o tópico “*lean construction*” por ter como objetivo analisar estudos e aplicações da filosofia *lean* na construção civil no Brasil e no mundo.

A segunda tarefa do protocolo de pesquisa foi escolher uma base de dados não familiar ao pesquisador. A base de dados escolhida foi a *Web of Science*, e buscou-se nela, como estabelecido na primeira atividade, o tópico *lean construction*.

A busca limitou-se para documentos redigidos em inglês ou português e que foram publicados nos últimos vinte anos, ou seja, de 1999 até 2019. Os tipos de documentos para esta pesquisa foram artigos científicos e publicações científicas, totalizando 346 documentos.

Além dos limitantes citados anteriormente, outro fator que reduziu o número de documentos foi a procura de apenas documentos abertos para visualização. A data limite para atualização de novos documentos postados nas bases de dados para esta pesquisa foi dia dez de outubro de 2019.

Ao todo, 85 documentos foram encontrados. Para a terceira tarefa – organização das bibliografias – foi utilizada a ferramenta *EndNote*, a qual identificava os autores e *journals* de cada documento, além de ser um filtro rápido para pesquisas menores. O alerta para novas publicações em cada base de dados foi utilizado.

A quarta tarefa da primeira fase foi a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, com o objetivo de filtrar os 85 documentos, selecionando os mais relevantes e excluindo os que destoavam do tema principal. Para a realização desta atividade, todas as principais informações dos documentos foram transferidas para uma planilha eletrônica por conta da praticidade em anotar e de visualizar os documentos.

Portanto, dos 85 documentos resultantes, 43 correspondiam a pesquisas com o tema principal ou secundário o “*lean construction*”. A última atividade desta fase foi a leitura de todos os documentos restantes dos filtros utilizados na atividade anterior. Ao todo, 43 documentos foram selecionados para a leitura. Após uma leitura dinâmica, por não terem um foco em aplicações práticas da LC (entrevistas, análises de obras, comparações entre obras, etc.) ou não possuírem relevância significativa para este trabalho, 25 trabalhos foram selecionados e lidos na íntegra para a construção da revisão.

O registro dos trabalhos selecionados foi feito através de quadros, sintetizando os objetivos, metodologias e resultados. Foram dados códigos aos trabalhos para melhor visualização dos quadros e identificação dos resultados. Os autores, periódicos e os anos das publicações também estarão presentes nos quadros. O quadro 2 demonstra como os quadros são estruturados.

QUADRO 2 - Disposição das informações dos trabalhos selecionados

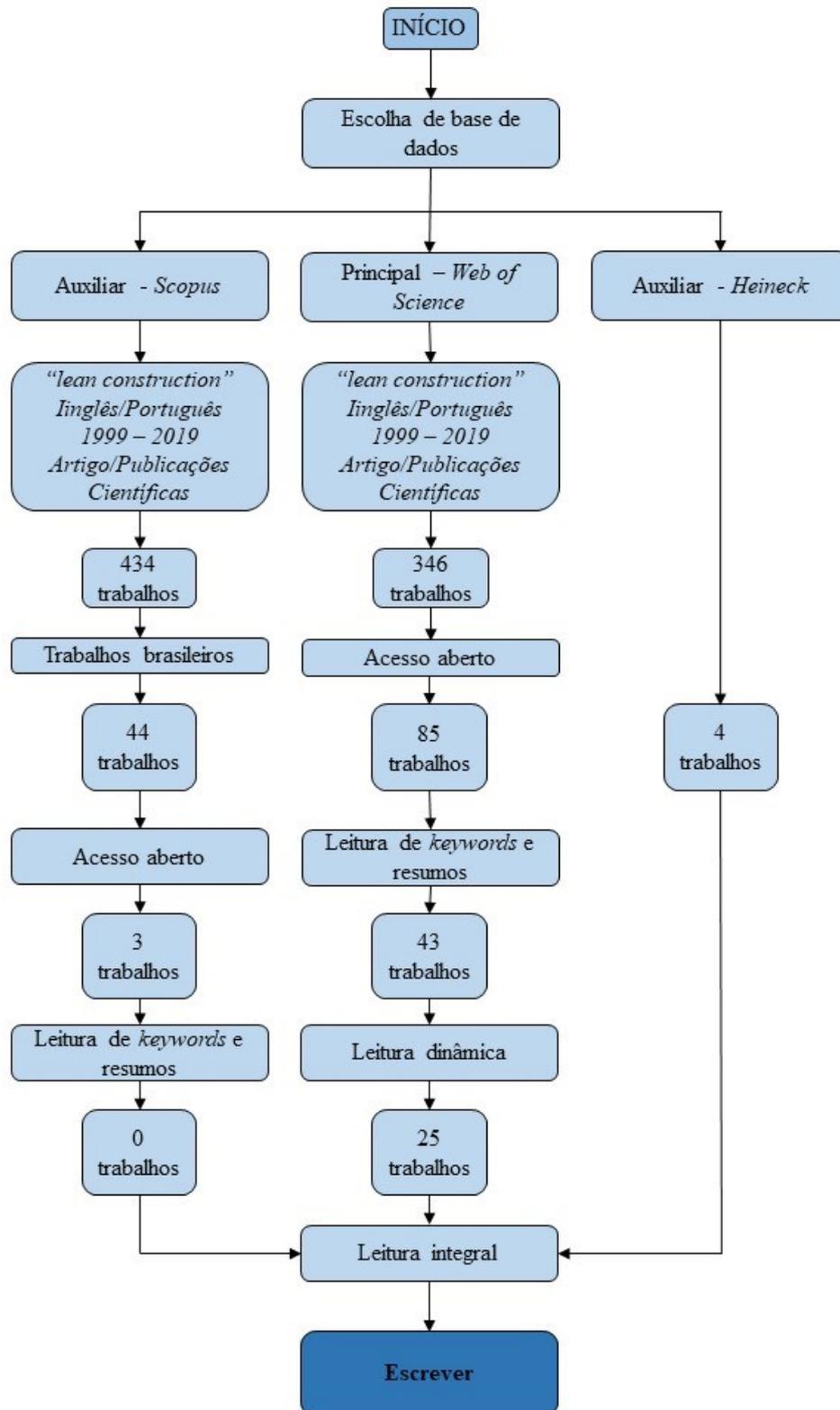
Código	Autor	Título	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART1	Nome dos autores	Título do trabalho	Ano de publicação do trabalho	Nome do periódico em que o trabalho foi publicado	Nacionalidade do trabalho	Tipo do veículo de publicação	Objetivo do trabalho	Metodologia do trabalho	Resultados do trabalho	Limitações identificadas pelos autores nos trabalhos e observações pertinentes
:
ARTn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: autor (2019).

A busca na base de dados *Web of Science* resultou em poucos trabalhos de origem brasileira. Isso se deu pelo fato da maioria dos trabalhos terem o acesso restrito. Portanto, foi realizada uma busca com os mesmos parâmetros para a base de dados *Scopus* para somente trabalhos brasileiros e outra busca auxiliar por trabalhos de autor conhecido por trabalhar no tema, Luiz Fernando Mählmann Heineck, reconhecido como grande autoridade sobre a LC no Brasil.

As buscas auxiliares resultaram em quatro trabalhos com autoria de Luiz Fernando Mählmann Heineck. A busca na base *Scopus* para trabalhos brasileiros resultou em três trabalhos de acesso aberto, sendo que dois não iam de encontro com o objetivo deste trabalho por não terem como tema central a LC ou alguma ferramenta da LC. O único da base *Scopus* com acesso aberto que focava na LC já estava presente na base *Web of Science*. A busca inicial com todos os documentos encontrados no *Scopus* resultou em 434 documentos, sendo destes 44 brasileiros. Dos 44 trabalhos brasileiros, apenas três eram de acesso aberto, presentes no apêndice A. Somando os trabalhos encontrados na base de dados principal *Web of Science* (25) com os trabalhos encontrados na base e os de autoria de Heineck (4), chega-se ao número de 29 trabalhos analisados para a revisão. A figura 9 ilustra como ocorreu o processo de pesquisa e os mecanismos de inclusão e exclusão.

FIGURA 9 - Processo de pesquisa, inclusão e exclusão



Fonte: autor (2019).

4.3 SÍNTESE E AVALIAÇÃO

A leitura integral dos documentos foi acompanhada pelo registro de resumos e tomadas de notas a respeito dos temas mais proeminentes de cada documento. Cada um dos resumos, por conterem questões multidisciplinares, tiveram trechos classificados em temas como sustentabilidade, segurança no trabalho, tecnologias aplicadas à LC, princípios da LC, ferramentas da LC e ferramentas para mensuração da LC.

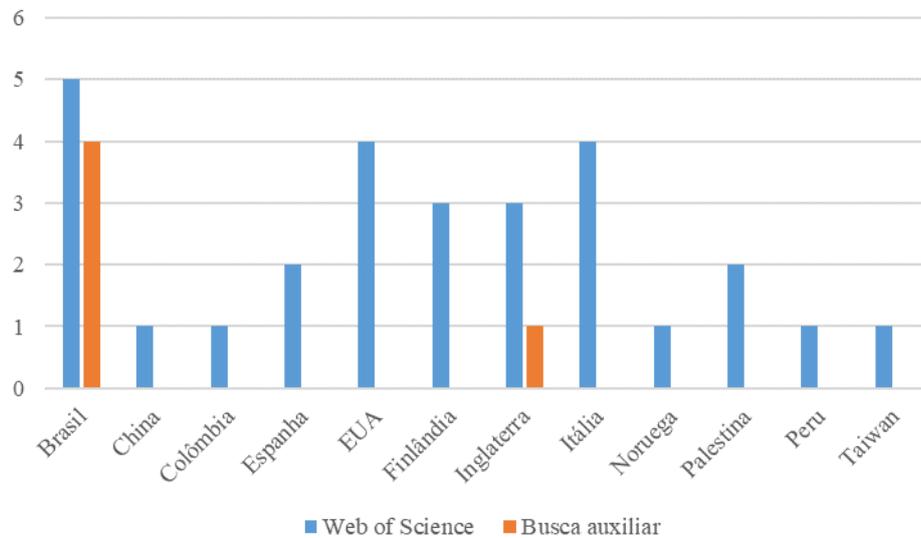
Posteriormente houve a síntese dos temas citados com as questões que mais se repetiam ou possuíam relevância. Vale apontar que a relevância citada anteriormente tem valor subjetivo por ter partido da interpretação do autor.

4.4 RESULTADOS

Os resultados das buscas estão separados pelas pesquisas realizadas (*Web of Science*, Heineck, *Scopus*). Os quadros do *Web of Science* estão presentes no apêndice B, os quadros dos trabalhos do autor Heineck estão presentes no apêndice C.

4.4.1 Resultados por país

Os países que apresentaram maior número de trabalhos realizados na base de dados *Web of Science* foram o Brasil, EUA, Itália, Finlândia e Inglaterra. A figura 10 ilustra a distribuição de trabalhos por país.

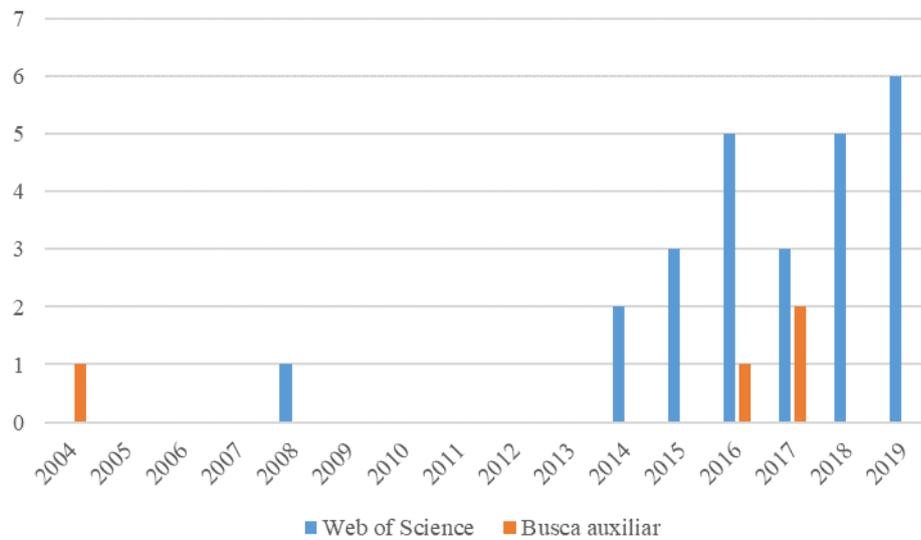
FIGURA 10 - Distribuição dos trabalhos por país

Fonte: autor (2019).

As barras em azul representam os trabalhos coletados na *Web of Science* e os em laranja, os trabalhos coletados da busca auxiliar. É interessante ressaltar que os países com o maior número de trabalhos coletados aqui, são também citados por He e Wang (2015) e Cruz Amoras et al. (2017) como os mais ativos em trabalhos a respeito da LC.

4.4.2 Linha do tempo

Os trabalhos obtidos, especialmente os da base *Web of Science*, possuem uma distribuição mais concentrada nos últimos dez anos, período no qual, segundo He e Wang (2015), trabalhos a respeito da LC aumentaram exponencialmente em todo o mundo. É interessante ressaltar que o volume de trabalhos com acesso aberto está concentrado nos últimos anos. Portanto grande parte dos trabalhos da primeira década dos anos 2000 não estiveram presentes neste trabalho devido ao acesso restrito. A figura 11 ilustra a concentração dos trabalhos ao decorrer do tempo.

FIGURA 11 - Distribuição dos trabalhos no decorrer do tempo

Fonte: autor (2019).

O gráfico exposto expressa em barras azuis os trabalhos da *Web of Science* e em barras laranjas, os trabalhos da busca auxiliar (Heineck). É interessante notar que uma grande quantidade de trabalhos está concentrada no período de 2014 até 2019. He e Wang (2015) e Cruz Amoras et al. (2017) demonstraram que o mesmo período trouxe a maior quantidade de trabalhos sobre o LC nas bases *Web of Science* e *Scopus* já registrada, o que pode ter influenciado no resultado no gráfico exposto. Deve-se lembrar que o presente trabalho, porém, não computou os trabalhos com acesso fechado. Os anos sem trabalhos identificados no gráfico, portanto, não necessariamente indicam a inexistência de trabalhos.

4.4.3 Temas

Com o objetivo de agrupar os trabalhos em temas similares, os mesmos foram catalogados pelo autor com o principal assunto abordado, de maneira genérica. Trabalhos que empregaram ferramentas da LC para analisarem certo tipo de construção tiveram o tema principal catalogado como “Aplicação de ferramenta/princípios da LC”, os que destacavam a sustentabilidade em junção com a LC foram catalogados com “Sustentabilidade”. Trabalhos que focavam em segurança e tecnologia foram catalogados como “Segurança” e “Tecnologias aplicadas à LC”, respectivamente. Anotações pertinentes como a ferramenta utilizada, tecnologias estudadas e peculiaridades dos estudos foram realizadas, como ilustra a tabela 1.

TABELA 1 – Catalogação dos temas principais.

Ano	Código	Origem	Tema principal
2004	ART28	Brasil	Aplicação de ferramentas/princípios da LC
2008	ART21	EUA	Sustentabilidade
2014	ART3	Taiwan	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para cadeia de suprimentos
2014	ART23	Itália	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para empresas ETO
2015	ART1	Espanha	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para customização em massa
2015	ART11	EUA	Segurança
2015	ART22	Itália	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para empresas ETO
2016	ART7	Peru/Espanha	Aplicação de ferramentas/princípios da LC (LPS/LBMS/PTPPR)
2016	ART15	Noruega	Aplicação de ferramentas/princípios da LC (LPS)/Sustentabilidade
2016	ART16	Finlândia	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para novos materiais de construção
2016	ART17	Itália	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para novos materiais de construção
2016	ART18	Brasil	Tecnologias aplicadas à LC (Automação)
2016	ART26	Brasil	Aplicação de ferramentas/princípios da LC
2017	ART5	Inglaterra	Aplicação de ferramentas/princípios da LC durante a construção
2017	ART6	Colômbia	Tecnologias aplicadas à LC (BIM)
2017	ART25	Inglaterra/EUA	Aplicação de ferramentas/princípios da LC (LPS)
2017	ART27	Brasil	Sustentabilidade
2017	ART29	Brasil/Inglaterra	Aplicação de ferramentas/princípios da LC
2018	ART2	Itália	Tecnologias aplicadas à LC para empresas ETO
2018	ART4	Brasil	Aplicação de ferramentas/princípios da LC durante a construção
2018	ART8	Brasil	Ferramentas de mensuração
2018	ART12	Palestina	Sustentabilidade
2018	ART19	Brasil	Aplicação de ferramentas/princípios da LC
2019	ART9	Inglaterra	Aplicação de ferramentas/princípios da LC para cadeia de suprimentos
2019	ART10	Finlândia	Aplicação de ferramentas/princípios da LC (Gestão Visual)
2019	ART13	China	Segurança
2019	ART14	Palestina	Segurança
2019	ART20	Brasil/Finlândia	Tecnologias aplicadas à LC (rastreamento em tempo real)
2019	ART24	EUA	Aplicação de ferramentas/princípios da LC (Suprimentos)/ Tecnologias aplicadas à LC (BIM)

Fonte: autor (2019).

Nota-se que a maioria dos trabalhos possuem como foco a aplicação de ferramentas ou princípios da LC em obras, sendo o LPS a ferramenta mais empregada nos estudos com significativo sucesso. É recorrente também, nos trabalhos com enfoque em tecnologias, o uso de softwares BIM. Tais trabalhos apontam uma sintonia entre a LC e os softwares grande e com grande potencial para o futuro próximo da construção civil por conta do BIM fornecer insumos pertinentes à LC.

É interessante citar também os trabalhos que tenham a segurança no trabalho como foco principal. Tais trabalhos apresentaram resultados prósperos ao unirem os valores e práticas da segurança e da LC ao realizarem análises e mensurações claras sobre os estudos de caso. O mesmo não ocorre em estudos a respeito da sustentabilidade devido à dificuldade dos profissionais em conceberem os dois temas como possíveis complementares ou da falta de conhecimento de questões a respeito da sustentabilidade.

Outra questão essencial para o sucesso de alguns trabalhos foi o engajamento dos participantes da obra, em especial a da liderança.

4.5 DISCUSSÕES A RESPEITO DOS TRABALHOS BRASILEIROS

Tanto com a pesquisa na base *Web of Science* quanto a pesquisa a respeito dos trabalhos de Heineck observou-se que os trabalhos brasileiros possuíam temáticas abrangentes e não possuíam um padrão entre si, a não ser por procurarem seguir os princípios da LC.

Os trabalhos de Heineck possuem os estudos de caso localizados no Brasil, e nestes trabalhos observa-se as mesmas dificuldades observadas em grande parte dos trabalhos internacionais: resistência à mudança por parte da gerência, alto nível de desperdício em atividades que não agregam valor, falta de mensurações e controle em obras a respeito da qualidade, prazos e sustentabilidade.

No entanto, observou-se nestes trabalhos que a LC possibilita resultados propícios para que tais problemas da indústria citados neste trabalho sejam minimizados ou até sanados. Heineck (2017) validam a avaliação de sustentabilidade em três estudos de caso que vão de encontro com a proposta citada por Bae e Kim (2008) neste trabalho (sustentabilidade ambiental, econômica e social).

Heineck (2016) também ressalta a importância que a LC possui em proporcionar maior transparência à processos e a possibilidade da teoria LC ser flexível para cada obra, podendo ser combinada ou não com diferentes vertentes de pensamento de gestão.

Os trabalhos encontrados na *Web of Science* focam em tecnologias aplicadas à LC (Zhao et al., 2019; Nascimento et al., 2016). O trabalho realizado por Zhao et al. (2009) busca validar o rastreamento dos trabalhadores em tempo real para coletar informações a respeito da produtividade para que, a partir disso, iniciativas a respeito do *layout* do canteiro de obras possam ser levantadas pela gerência, por exemplo. Nascimento et al. (2016) exploram a automação baseada em princípios da LC para a construção de refinarias de petróleo.

Os trabalhos restantes (Costella et al., 2018; Lucena e De Mori, 2018; Sposito, Perdigao, Barbosa e Galvao, 2018) se concentram em implementar e validar ferramentas e princípios da LC em obras residenciais. Lucena e De Mori (2018), especificamente, avaliam as atuais ferramentas de mensuração das práticas da LC propostas por autores brasileiros e ressaltam a importância de desenvolver tais ferramentas e disseminá-las ao mercado da

construção para aumentar a confiabilidade da LC para os gestores que ainda não possuem segurança a respeito da filosofia *lean*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

No presente trabalho realizou-se uma busca sistemática de trabalhos que focassem na LC nos últimos 20 anos, além de uma busca auxiliar de trabalhos brasileiros. O resultado final foi a realização de quadros dos 29 trabalhos selecionados que tratassem de maneira prática as atribuições da LC.

Pode-se, a partir dos trabalhos encontrados, verificar uma recorrência a respeito de trabalhos com o intuito de estudar impactos de ferramentas do LC, principalmente os brasileiros, sendo a ferramenta *Last Planner System* a que mais apresentou resultados promissores.

Nota-se que o tema da sustentabilidade aplicado ao LC foi abordado em alguns estudos, sendo que a maioria apresentou lacunas nos estudos por conta de certo pioneirismo no tema. Tais estudos ainda descrevem o valor crescente que a indústria da construção está dando para a sustentabilidade nas construções. Pode-se inferir, portanto, que tal tema ainda requer mais trabalhos e possui grande potencial para futuros estudos e trabalhos.

Não há em tais estudos uma consistência nas atuais ferramentas do LC para fins de sustentabilidade, seja por conta de que as ferramentas não seguem os princípios da sustentabilidade ou por causa dos próprios princípios da sustentabilidade não estarem ainda claros para os profissionais da área.

O sucesso em trabalhos que buscaram analisar os impactos da LC à sistemas de segurança foi concordante a todos, mostrando dados e resultados promissores. Observou-se também na busca a sinergia entre as práticas da LC e tecnologias BIM, sendo essa talvez o principal diferencial para empresas da indústria da construção.

Considera-se assim, o objetivo geral de identificar o que tem sido feito no Brasil e no mundo a respeito da LC como cumprido, pois identificou-se trabalhos recentes com aplicações práticas de relevância considerável por terem resultados proeminentes. Os objetivos específicos também foram atendidos conforme acima exposto.

As limitações deste trabalho foram o acesso a somente trabalhos abertos a visualização nas bases de dados. Sendo o tamanho da amostra coletada neste trabalho muito inferior ao tamanho dos trabalhos não disponíveis para a visualização disponíveis nas bases de dados, trabalhos significativos podem não ter sido abordados. Contudo, o teor dos trabalhos presentes neste trabalho ainda possui valor significativo, dada aos seus resultados e o potencial impacto destes nas atuais condições da construção civil no Brasil e no mundo.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se que para trabalhos futuros seja realizada uma meta-análise a respeito dos trabalhos presentes tanto na base *Web of Science* quanto na base *Scopus*. Recomenda-se também que sejam realizados filtros mais específicos acerca dos temas da construção e os impactos da LC nas mesmas. Trabalhos futuros do mesmo formato em outras bases de dados também são interessantes para que haja comparações entre os trabalhos. Estudos a respeito da aceitação da LC por parte das lideranças são pertinentes, assim como o impacto da LC na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. **Lean Construction**, 1997.
- ANDUJAR-MONTOYA, M.D.; GILART-IGLESIAS, V; MONTOYO, A; MARCOS-JORQUERA, D. **A construction management framework for mass customisation in traditional construction**, 2015.
- BAE, J.W.; KIM, Y.W. **Sustainable value on construction projects and lean construction**, 2008.
- BALLARD, HG. **The last planner system of production control**, 2000.
- CÂNDIDO, LUIS FELIPE; CARNEIRO, JULIANA QUINDERÉ; HEINECK, LUIZ FERNANDO MÄHLMANN. **Análise da aplicação da técnica de gerenciamento do valor agregado (EVM) em projetos de construção enxuta**. 2016
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just-in-time, MRP II e OPT - Uma abordagem Estratégica**. 2009.
- COSTELLA, M.F.; BUGNOTTO, G; PINZON, M; LOPES, P.E.; DALCANTON, F. **Proposal and evaluation of a method to implement the lean construction principles**, 2018.
- CRUZ AMORAS, R; MELO MARIANO, A; TEREZA M. CARVALHO, M; NEUMANN, C. **Lean construction: 21 anos de revisão da literatura por meio do enfoque meta-analítico**, 2017.
- DALLASEGA, P; RAUCH, E; FROSOLINI, M. **A lean approach for real-time planning and monitoring in engineer-to-order construction projects**, 2018.
- DANIEL, E.I.; PASQUIRE, C; DICKENS, G. **Development of approach to support construction stakeholders in implementation of the last planner system**, 2019.
- DANIEL, E.I.; PASQUIRE, C; DICKENS, G; BALLARD, H.G. **The relationship between the last planner (r) system and collaborative planning practice in uk construction**, 2017.
- DANTAS, JOAO B. P. D.; LIMA, MARIANA M. X. D.; HEINECK, LUIZ F. M.; TZORTZOPOULOS, PATRICIA; NETO, JOSE D. P. B. **Waiting times in design process: a case study**, 2017.
- HE, Q.H.; WANG, G. **Hotspots evolution and frontier analysis of lean construction research-integrated scientometric analysis using the web of science and scopus databases**, 2015.

- KHODEIR, L.M.; OTHMAN, R. **Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of aec industry**, 2018.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**, 1992.
- LUCENA, A.F.E.; DE MORI, L.M. **Critical analysis of lean construction measuring tools**, 2018.
- MAHFUTH, K; LOULIZI, A; AL HALLAQ, K; TAYEH, B.A. **Implementation phase safety system for minimising construction project waste**, 2019.
- MAJAVA, J; HAAPASALO, H; AALTONEN, K. **Elaborating factors affecting visual control in a big room**, 2019.
- MALACARNE, G; MONIZZA, G.P.; RATAJCZAK, J; KRAUSE, D; BENEDETTI, C; MATT, D.T. **Prefabricated timber facade for the energy refurbishment of the italian building stock: the ri.fa.re. Project**, 2016.
- MATT, D.T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. **Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in eto companies**, 2014.
- NASCIMENTO, D.L.D.; MOREIRA, R.M.; LORDELO, S.A.V.; CAIADO, R.G.G.; DE FARIAS, J.R.; POLONIA, F.M.; RODRIGUES, L.T. **Project automation application with lean philosophy at the construction of oil refining unit**, 2016.
- NESTEBY, A.I.; AARRESTAD, M.E.; LOHNE, J; BOHNE, R.A. **Integration of breem-nor in construction projects: utilizing the last planner system**, 2016.
- NGUYEN, P; AKHAVIAN, R. **Synergistic effect of integrated project delivery, lean construction, and building information modeling on project performance measures: a quantitative and qualitative analysis**, 2019.
- OHNO, T. **O Sistema de Produção Toyota: Além da Produção em Larga Escala**, 1988.
- ORIHUELA, P; ORIHUELA, J. **Needs, values and post-occupancy evaluation of housing project customers: a pragmatic view**, 2014.
- PULAKKA, S; VARES, S; NYKANEN, E; SAARI, M; HAKKINEN, T. **Lean production of cost optimal wooden nzeb**, 2016.
- RAUCH, E; DALLASEGA, P; MATT, DT. **Synchronization of engineering, manufacturing and on-site installation in lean eto-enterprises**, 2015.
- SANCHEZ-RIVERA, OG; GALVIS-GUERRA, JA; PORRAS-DIAZ, H; ARDILA-CHACON, YD; MARTINEZ-MARTINEZ, CA. **Brim 5d models and lean construction for planning work activities in reinforced concrete bridges**, 2017.

SANTOS, DÉBORA DE GOIS; HEINECK, LUIZ FERNANDO M.. **Metodologia para identificação ou incorporação de atividades facilitadoras para continuidade dos processos de produção, utilizando-se de ferramentas gerenciais visuais: estudos de caso na construção civil**, 2004.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**, 1996.

SPOSITO, JPS; PERDIGAO, VD; BARBOSA, RV; GALVAO, PR. **Analysis of lean construction practices in a residential enterprise**, 2018.

TEIXEIRA, L.P.; CARVALHO, F.M. A. **A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira**, 2005.

USMEN, MA; VILNITIS, M. **Evaluation of safety, quality and productivity in construction**, 2015.

VASCONCELOS, I.A.; CÂNDIDO, L.F.; HEINECK, LUIZ F.M. **Avaliação de canteiros de obras sustentáveis: uma abordagem lean, green e well-being**. 2017

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.**, 2004.

WU, XY; YUAN, HP; WANG, G; LI, SQ; WU, GD. **Impacts of lean construction on safety systems: a system dynamics approach**, 2019.

ZHAO, J; SEPPÄNEN, O; PELTOKORPI, A; BADIHI, B; OLIVIERI, H. **Real-time resource tracking for analyzing value-adding time in construction**, 2019.

APÊNDICE A – Busca *Scopus*: trabalhos brasileiros com acesso aberto.

QUADRO 3 - Trabalhos brasileiros com acesso aberto (Scopus)

No	Título	Autores	Journal	Ano
1	Real-time resource tracking for analyzing value-adding time in construction	Zhao J., Seppänen O., Peltokorpi A., Badihi B., Olivieri H.	Automation in Construction	2019
2	Using modularity to reduce complexity of industrialized building systems for mass customization	Viana D.D., Tommelein I.D., Formoso C.T.	Energies	2017
3	A multicriteria model for ranking of improvement approaches in construction companies based on the PROMETHÉE II method	De Melo R.M., De Medeiros D.D., De Almeida A.T.	Producao	2015

APÊNDICE B – Quadros dos trabalhos selecionados no *Web of Science*

QUADRO 4 - Trabalhos selecionados no Web of Science

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART1	A Construction Management Framework for Mass Customisation in Traditional Construction	Andujar-Montoya, MD; Gilart-Iglesias, V; Montoyo, A; Marcos-Jorquera, D	2015	Sustainability	Espanha	Periódico	Executar um modelo teórico para gerenciamento de customizações em massa na construção civil com teorias do LPS.	Construir uma estrutura de gerenciamento que consiga abranger construções customizadas em larga escala. Testar a abordagem em campo.	O modelo proposto foi uma junção de duas teorias de gerenciamento: o BPM e o LPS. O BPM nunca havia sido utilizado na construção. O protótipo foi concebido como um software, agregando o conceito do IoT (internet das coisas) para facilitar a futura automação da construção.	O estudo pode ser considerado como o primeiro passo para desenvolver um modelo global que integre toda a cadeia de valor para a construção, desde a fase de projetos até a entrega do produto final.
ART2	A Lean Approach for Real-Time Planning and Monitoring in Engineer-to-Order Construction Projects	Dallasega, P; Rauch, E; Frossolini, M	2018	Buildings	Itália	Periódico	Propor uma abordagem de planejamento rápido para empresas ETO com uma estrutura digital.	Estudo das características das empresas e sobre o LC. Design da plataforma de acordo com os princípios do LC. Teste da plataforma com um caso de estudo.	O protótipo demonstrou um potencial promissor em reduzir gastos e desperdícios. Futuros softwares ainda são necessários.	-
ART3	An improved approach to the subcontracting procurement process in a lean construction setting	Yin, SYL; Tserng, HP; Toong, SN; Ngo, TL	2014	JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT	Taiwan	Periódico	Propor um processo de subcontratação construído a partir da teoria LC.	A estrutura do contrato foi baseada nos possíveis desperdícios que podem ocorrer caso haja falha do contratante ou do contratado. Os princípios definem as especificações necessárias para que os envolvidos tenham uma relação ganha-ganha, ou seja, nenhuma das partes sai prejudicada. O contrato, após estruturado por estudos teóricos, foi utilizado em estudos de caso.	Os resultados foram promissores por proporcionar um meio de comunicação mais transparente entre contratantes e contratados ao aplicar o LSPP. O contrato (LSPP) possibilitou que os contratados entendessem melhor as necessidades do contratante e as características da obra, o que deu espaço aos contratantes a se atentarem a novas oportunidades, aplicações e melhorar a inovação na obra.	Os resultados se basearam em poucas obras com características parecidas (grandes e repetitivas). A necessidade de um conhecimento prévio dos contratantes a respeito do produto do trabalho feito é necessário para que tenham confiança nos resultados.

QUADRO 5 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART4	Analysis of Lean Construction Practices in a residential enterprise	Sposito, JPS; Perdigão, VD; Barbosa, RV; Galvão, PR	2018	Revista Gestao & Tecnologia-Journal of Management and Technology	Brasil	Periódico	Explorar os resultados da implementação do LC em uma construtora brasileira.	Realização de uma pesquisa exploratória qualitativa e quantitativa. Análises de comparações para validar o estudo de caso.	A implementação do LC trouxe resultados positivos como o aumento da produtividade, redução de desperdícios, redução no prazo total de entrega do produto, redução da mão de obra, melhor organização e maior satisfação dos envolvidos.	As práticas do LC foram aplicadas isoladamente e não fazem parte da cultura organizacional.
ART5	Benefits of visual management in construction: cases from the transportation sector in England	Tezel, A; Aziz, Z	2017	CONSTRUCTION INNOVATION-ENGLAND	Inglaterra	Periódico	Explorar os benefícios de sistemas que utilizam a Gestão Visual em projetos de transporte na Inglaterra.	Após o estudo bibliográfico, questões a serem analisadas foram estruturadas para serem analisadas em dois estudos de caso.	A Gestão Visual promoveu uma melhor coordenação da equipe de trabalho, planejamentos mais consistentes, controle facilitado de gerenciamento e melhores condições no canteiro de obras. Houve melhora do engajamento da equipe após as técnicas serem implementadas.	Os autores ressaltam que a Gestão Visual não deve ser superestimada e que o controle dos sistemas produtivos e de monitoramento não devem ser deixados em segundo plano.
ART6	BIM 5D models and Lean Construction for planning work activities in reinforced concrete bridges	Sanchez-Rivera, OG; Galvis-Guerra, JA; Porras-Diaz, H; Ardilla-Chacon, YD; Martinez-Martinez, CA	2017	Revista Facultad de Ingenieria, Universidad Pedagogica y Tecnologica de Colombia	Colombia	Periódico	Validar a efetividade da junção da tecnologia BIM e da filosofia do LC com um estudo de caso de uma ponte.	Comparação através do planejamento usando apenas do BIM 3D e do planejamento usando o BIM 5D e a filosofia LC.	-	-

QUADRO 6 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART7	Comparing Point-to-point Precedence Relations and Location-Based Management System in Last Planner System: A housing project of highly repetitive processes case study	Brioso, X; Humero, A; Calampa, S	2016	5TH CREATIVE CONSTRUCTION CONFERENCE (CCC 2016)	Peru/Espanha	Livro em série	Analisar e comparar o uso das ferramentas LBMS e PTPPR em projetos repetitivos de moradias no Peru	Realização de um caso de estudo localizado no Peru através de dados coletados através de observações da obra e análises de documentos que descrevem a estrutura de trabalho, planejamento e controle. Após coletados os dados, a aplicação é realizada e a partir dela se coletou dados e comparações entre as ferramentas foram realizadas.	Ambas as ferramentas são eficientes nos casos estudados, porém cada uma possui pontos fortes e fracos quando comparadas. O método do caminho crítico, quando usado no planejamento principal, pode trazer complicações na implementação do LPS.	O comportamento dos gerenciadores pode interferir no resultado do trabalho.
ART8	CRITICAL ANALYSIS OF LEAN CONSTRUCTION MEASURING TOOLS	Lucena, AFE; De Mori, LM	2018	Brazilian Journal of Operations & Production Management	Brasil	Periódico	Avaliar os métodos de mensuração da implementação do LC em construtoras.	Análise crítica através do estudo da literatura, dos questionários e formulários propostos pelos métodos.	O trabalho considerou o Método de Pereira (2012) como o mais coeso e coerente com as teorias do LC. Nenhum dos métodos excluem a necessidade de um profissional em LC na obra.	O trabalho analisou somente métodos de mensuração brasileiros.
ART9	Development of Approach to Support Construction Stakeholders in Implementation of the Last Planner System	Daniel, E; Pasquire, C; Dickens, G	2019	Journal of Management in Engineering	Inglaterra	Periódico	Desenvolver uma abordagem para auxiliar os participantes da obra a implementarem o LPS	Trinta entrevistas semiestruturadas e três casos de estudo foram conduzidos com os participantes da obra	Categorização da natureza do suporte necessário para uma implementação rápida do LPS. Esclarecimento das práticas atuais do LPS. Identificação de três níveis de suporte (organizacional, projetos e facilitadores externos).	Os resultados podem variar por conta de que o estudo foi realizado somente em empresas no Reino Unido. O estudo ressalta a importância da alta liderança da corporação em disseminar o LC na cultura da empresa.

QUADRO 7 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART10	Elaborating factors affecting visual control in a big room	Majava, J; Haapasalo, H; Aaltonen, K	2019	Construction Innovation England	Finlândia	Periódico	Analisar como a gestão visual auxilia no gerenciamento do projeto em uma "big room" e quais são os fatores que facilitam um bom controle visual.	Estudo de caso de uma empresa grande de construção.	A comunicação e o trabalho em equipe são os fatores chave para um bom controle nas reuniões. O estudo aponta a necessidade de uma abordagem holística em desenvolver estratégias de gerenciamento visuais para construções mais complexas.	-
ART11	Evaluation of Safety, Quality and Productivity in Construction	Usmen, MA; Vilitis, M	2015	2nd International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies	EUA	Livro em série	Analisar as relações entre qualidade, segurança e produtividade na construção.	Estudos sobre os resultados observados na prática sobre cada fator (segurança, qualidade e produtividade) e análise do impacto entre eles.	O foco na segurança pode proporcionar uma qualidade e produtividade maiores.	O estudo não possui um estudo de caso.
ART12	Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry	Khodeir, LM; Othman, R	2018	Ain Shams Engineering Journal	Paestina	Periódico	Examinar a interação entre os princípios do LC e da sustentabilidade no gerenciamento da fase de projetos e de construções.	Realização de uma matriz de relação entre os dois temas através de estudos da literatura que trazem dados de construtoras e informações teóricas sobre os temas.	Houve uma interação de 13,5% entre os princípios LC e indicadores de sustentabilidade, porém a pesquisa mostra um potencial grande entre os dois temas.	Falta de clareza sobre o LC e sustentabilidade por parte de organizações.

QUADRO 8 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART13	Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach	Wu, XY; Yuan, HP; Wang, G; Li, SQ; Wu, GD	2019	International Journal of Environmental Research and Public Health	China	Periódico	Identificar quais são os impactos do LC em sistemas de segurança.	Coleta de dados em 448 projetos chineses. Simulações foram conduzidas para determinar as correlações entre cinco tipos de ferramentas do LC.	Todas as ferramentas analisadas (5S, Gestão Visual, JIT e LPS) possuem grande correlação com sistemas de segurança. Cada ferramenta possui características únicas que afetam em certos aspectos da segurança.	O estudo foi realizado somente com empresas chinesas. Em outras localidades a cultura da indústria pode ter implicações consideráveis. Vários gerenciadores encontram dificuldades em superar os obstáculos culturais de implementação do LC. Cultura organizacional foi uma barreira identificada para a implementação do LC.
ART14	Implementation Phase Safety System for Minimising Construction Project Waste	Mahliuth, K; Louliz, A; Al Hallaq, K; Tayeh, BA	2019	Buildings	Palestina	Periódico	Procurar relações entre os sistemas de segurança e a minimização de desperdícios através teoria do LC.	Informações e dados foram coletados através de pesquisas literárias e entrevistas de 111 empresas aleatórias. As respostas foram avaliadas por ferramentas estatísticas.	O trabalho identificou e ranqueou 24 fatores importantes da segurança que são beneficiados com a diminuição de desperdício.	-
ART15	Integration of BREEAM-NOR in construction projects: Utilizing the Last Planner System	Nestey, AI; Aarrestad, ME; Lohne, J; Bohne, RA	2016	Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference Sbe 16 Build Green and Renovate Deep	Noruega	Livro em série	Apresentar mudanças no planejamento para ajustar a mentalidade de produção unindo a ferramenta LPS aos processos de certificação BREEAM-NOR.	Estudo da literatura e pesquisa conduzida como um caso de estudo com uma empresa da construção.	Verificou-se que o LPS e o BREEAM são concebidos de maneira separada pela empresa. A gerência da empresa entrega a mentalidade de produção "empurrada", o que dificulta a implementação do LPS e do BREEAM.	-

QUADRO 9 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART16	Lean production of cost optimal wooden nZEB	Pulakka, S; Vares, S; Nykanen, E; Saari, M; Hakkinen, T	2016	Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference Sbe16 Build Green and Renovate Deep	Finlândia	Livro em série	Avaliar a construção de apartamentos de madeira nZEB com práticas <i>lean</i> .	Pesquisa na literatura sobre o LC, entrevistas e dois casos de estudos.	O LC colaborou para a construção dos apartamentos por se tratar de uma ferramenta colaborativa, essencial para projetos compostos por diversos profissionais.	-
ART17	Prefabricated timber façade for the energy refurbishment of the Italian building stock the Pi.Fa.Re. project	Malacarne, G; Monizza, GP; Ratajczak, J; Krause, D; Benedetti, C; Matt, DT	2016	Sustainable Built Environment Tallinn and Helsinki Conference Sbe16 Build Green and Renovate Deep	Itália	Livro em série	Avaliar a construção de fachadas de madeira, comparar com reformas comuns e verificar as práticas do LC presentes na produção.	Primeiramente, foi pensado na solução para a instalação do material com análises do mercado italiano, análises para oportunidades tecnológicas e a coleta de parâmetros para customização em massa. Após, o	O produto final obteve resultados bons no quesito energético e possui um potencial de produção a ser explorado futuramente.	O trabalho foca na parte tecnológica do material e não muito a respeito da produção.
ART18	PROJECT AUTOMATION WITH LEAN PHILOSOPHY AT THE CONSTRUCTION OF OIL REFINING UNIT	Nascimento, DLD; Moreira, RM; Lordeo, SAV; Catado, RGG; de Farias, JR; Polonia, FM; Rodrigues, LT	2016	Brazilian Journal of Operations & Production Management	Brasil	Periódico	Analisar o papel de ferramentas de automação vinculadas à teoria LC e propor barreiras e benefícios identificados para a indústria de construção industrial.	Estudos bibliográficos e análises experimentais do caso de estudo.	Identificou-se a importância da gestão visual. A automação gerou otimização dos custos e prazos.	Apenas itens com peso elevado foram montados.

QUADRO 10 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART19	PROPOSAL AND EVALUATION OF A METHOD TO IMPLEMENT THE LEAN CONSTRUCTION PRINCIPLES	Costella, MF; Bugnoito, G; Pinzon, M; Lopes, PE; Dalcanton, F	2018	Brazilian Journal of Operations & Production Management	Brasil	Periódico	Formular um método de implementação do LC de maneira prática em uma empresa do setor de peças de concreto pré-fabricadas.	Realização de reuniões entre pesquisadores e membros da empresa para estudarem o LC, proporem ideias e formularem o método. Validação do método.	O método foi formulado em 3 fases, cada uma com 3 passos. O método se mostrou eficaz e trouxe uma melhora no ciclo produtivo de 23,5%.	Houve cooperação entre a equipe de pesquisadores e da empresa, o que, segundo os autores, foi peça-chave para o sucesso do método.
ART20	Real-time resource tracking for analyzing value-adding time in construction	Zhao, JY; Seppanen, O; Peltokehti, A; Badihi, B; Olivieri, H	2019	Automation in Construction	Brasil/Finlândia	Periódico	Testar tecnologias de rastreamento de movimentos e de tempo dos funcionários por meio de aparelhos da tecnologia BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) para maior controle da produtividade seguindo a teoria do LC.	Teste da tecnologia BLE em três diferentes obras, comparação de vários equipamentos com a tecnologia BLE e análise dos dados.	A baixa precisão e cobertura foi identificada e a proposta de aplicação dos dados pode sanar o problema. Pode-se concluir que a tecnologia de rastreamento em tempo real está pronta para	-
ART21	Sustainable Value on construction projects and lean construction	Bae, JW; Kim, YW	2008	Journal of Green Building	EUA	Periódico	Examinar se a sustentabilidade é factível ao utilizar o LC com a sustentabilidade como valor agregado. Examinar como as ferramentas atuais do LC impactam na construção de projetos sustentáveis.	Entrevistas com profissionais do LC e estudo sobre os temas.	O LC provê uma base sólida não apenas para a sustentabilidade econômica, mas também para a social e ambiental. A dificuldade em entender e quantificar os impactos do LC é talvez a razão pela qual os acionistas hesitam em introduzirem os métodos LC.	Análise de diversas ferramentas e seus respectivos impactos econômicos, ambientais e sociais.

QUADRO 11 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART22	Synchronization of Engineering, Manufacturing and on-site Installation in Lean ETO-Enterprises	Rauch, E; Dallasega, P; Matt, DT	2015	Cirpe 2015 - Understanding The Life Cycle Implications of Manufacturing	Italia	Livro em série	Descrever a abordagem de uma empresa ETO para evitar o desperdício em todo o processo produtivo ao sincronizar todas as atividades.	Análise dos métodos de uma empresa ETO de acordo com os princípios do LC.	Identificou-se que há falta de métodos e instrumentos de sincronização entre as fases na cadeia de valor de empresas ETO.	-
ART23	Synchronization of the Manufacturing Process and On-Site Installation in ETO Companies	Matt, DT; Dallasega, P; Rauch, E	2014	Variety Management in Manufacturing: Proceedings of The 47th Cirp Conference on Manufacturing Systems	Italia	Livro em série	Analisar e melhorar a cadeia de valor para possibilitar um sistema produtivo sustentável, focando na junção de processos manufatureiros e de instalações no campo de obras para se obter uma cadeia de valor coordenada.	Entrevistas e estudos com empresas do setor; implementação da teoria com um estudo de caso.	O estudo chegou à conclusão de que o trabalho em progresso deve possuir um nível mais baixo para que se evite operações que não agregam valor. No entanto, atrasos podem comprometer outras tarefas devido à característica de multi-	O estudo focou em tarefas pequenas e não abordou a junção de várias tarefas em conjunto.
ART24	Synergistic Effect of Integrated Project Delivery, Lean Construction, and Building Information Modeling on Project Performance Measures: A Quantitative and Qualitative Analysis	Nguyen, P.; Akhavian, R	2019	Advances in Civil Engineering	EUA	Periódico	Validar a efetividade em relação à custos e produtividade das três tendências da construção: BIM, LC e IPD.	Coleta de dados qualitativos e quantitativos de 72 construções verticais com análises estatísticas.	Seis características necessárias para uma coordenação efetiva do IPD, LC e BIM foram identificadas. A efetividade no planejamento da obra foi significativa, e a efetividade no custo não foi muito significativa	O estudo foi realizado em edificações verticais. Diferentes tipos de obras devem ser analisadas.

QUADRO 12 - Trabalhos selecionados no Web of Science (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART25	The relationship between the last planner (R) system and collaborative planning practice in UK construction	Daniel, El; Pasquire, C; Dickens, G; Ballard, HG	2017	Engineering Construction and Architectural Management	Inglaterra/EUA	Periódico	Identificar como a prática "Collaborative Planning" emergente no Reino Unido se alinha aos princípios do LPS.	Realização de entrevistas, análises de documentos e observações estruturadas com a participação de profissionais da área, clientes, empreiteiras e subcontratados.	O CP se alinha parcialmente ao LPS.	-

**APÊNDICE C – -Quadros dos trabalhos encontrados do autor Luiz Fernando
Mählmann Heineck**

QUADRO 13 - Trabalhos selecionados do autor Luiz Fernando Mählmann Heineck

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART26	Análise da aplicação da técnica de gerenciamento do valor agregado (EVM) em projetos de construção enxuta	CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando M.	2016	Revista Produção Online	Brasil	Periódico	Analisar o uso da técnica do EVM em um projeto de construção sob a ótica do LC.	Estudo de caso de uma obra com coleta de dados quantitativos.	O uso do EVM como uma técnica de medição de desempenho pode ser inadequado para um projeto típico de construção, principalmente quando os conceitos do LC são aplicados. O EVM é limitado à avaliação financeira.	-
ART27	Avaliação de canteiros de obras sustentáveis: uma abordagem <i>Lean</i> , <i>Green</i> e <i>Well-being</i>	VASCONCELOS, Iuri Aragão de; CÂNDIDO, Luis Felipe; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann.	2017	SIBRAGEC	Brasil	Periódico	Apresentar um método de avaliação de canteiro de obras sustentáveis com a integração das abordagens LC, Construção Verde e <i>Well-being</i> .	"O modelo de avaliação foi desenvolvido com o uso dos princípios em Data Science (DS) para que fosse possível criar uma solução de um problema de ordem prática ao invés de focar na investigação de leis naturais ou teorias comportamentais."	O modelo proposto obteve boa performance em desenvolver os canteiros de obras, aproximando-os dos conceitos do LC e sustentabilidade ambiental e social.	-

QUADRO 14 - Trabalhos selecionados do autor Luiz Fernando Mählmann Heineck (continuação)

Código	Título	Autor	Ano	Journal	Nacionalidade	Veículo de publicação	Objetivos do trabalho	Metodologia	Resultados	Lacunas identificadas e observações
ART28	Metodologia para identificação ou incorporação de atividades facilitadoras para continuidade dos processos de produção, utilizando-se de ferramentas gerenciais visuais: estudos de caso na construção civil	SANTOS, Débora de Gois; HEINECK, Luiz Fernando M.	2004	ABEPRO	Brasil	Periódico	"Estruturar e aplicar uma metodologia para incorporação ou identificação de atividades facilitadoras no processo construtivo que contribua para a estabilização do fluxo de trabalho."	Para a coleta de dados a metodologia de Gerenciamento de Processos foi utilizada para mapear os processos, os quais foram descritos posteriormente.	A identificação de atividades facilitadoras é necessária para evitar descondições no processo de produção. As ferramentas gerenciais adotadas foram eficientes para o propósito de representar, identificar e/ou incorporar atividades facilitadoras nos processos de produção de edificações.	-
ART29	Waiting times in design process: a case study	Dantas, Joao B. P. D.; Lima, Mariana M. X. D.; Heineck, Luiz F. M.; Tzortzopoulos, Patricia; Neto, Jose D. P. B.	2017	Proceedings IGLC	Brasil/ Inglaterra	Periódico	Propor recomendações para reduzir o desperdício de tempo ao identificar tempo de espera no processo de design por meio do mapeamento da cadeia de valor.	Estudo de caso a respeito de dados ocorridos. Os dados foram colhidos através de entrevistas e documentos da empresa. Após a coleta, uma análise da linha do tempo de cada processo do design identificou oportunidades de melhoria. Depois, o mapeamento da cadeia de valor foi apresentada à equipe. Por fim, uma proposta para um novo mapeamento de cadeia de valor foi proposta.	O mapeamento se mostrou uma ferramenta viável para o melhoramento do processo de design ao demonstrar quase 50% do tempo do processo como não agregador de valor.	As modificações propostas não foram implementadas em empresas de projeto.