

# Produção Enxuta e Construção Enxuta: um paralelo entre técnicas

*Lean Manufacturing and Lean Construction: a parallel between techniques*

Vítor Felipe e Silva de Oliveira Nery<sup>1</sup>

Ricardo Mendes Junior<sup>2</sup>

Izabel Cristina Zattar<sup>3</sup>

## Resumo

O objetivo principal deste artigo é o de comparar os temas de Produção Enxuta e Construção Enxuta por meio de três técnicas distintas: kanbans; balanceamento de linha x linha de balanceamento e rede de fornecedores. Para tal foi realizado um levantamento bibliográfica baseado no modelo de ponderação proposto por Etges (2012). O principal resultado encontrado é o aumento de soluções e estratégias voltadas especificamente para o universo da Construção Enxuta, o que contribui para a consolidação desta como filosofia distinta da Produção Enxuta. Este artigo pode ser de interesse de empresas do setor de Construção e também de órgãos públicos e pesquisadores ligados ao setor.

**Palavras-chave:** Construção Enxuta. Produção Enxuta. *Lean*.

## Abstract

The main objective of this article is to compare Lean Production and Lean Construction by means of three techniques: the use of kanbans; Line Balancing X Line of Balance and supplier network. For this, a bibliographic survey was carried out based on the weighting model proposed by Etges (2012). The main result found is the increase of solutions and strategies aimed specifically at the Lean Construction universe, which contributes to the consolidation of this as a distinct philosophy of Lean Production. This article may be of interest to companies in the Construction sector and also to public agencies and researchers related to the sector.

**Keywords:** Lean Construction. Lean Manufacturing. *Lean*.

1 Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
vitorfelipenery@gmail.com

2 Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
ricardomendesjr@gmail.com

3 Universidade Federal do Paraná (UFPR)  
izabel.zattar@gmail.com

# 1 Introdução

A Construção Enxuta é uma aplicação da filosofia *lean* na construção e visa gerir os processos e aplicação dos recursos de maneira eficiente e eficaz. Ela foi proposta há pouco mais de duas décadas (Koskela, 1992) a partir dos conceitos da Produção Enxuta, no entanto apresenta consideráveis peculiaridades de aplicação em relação a esta.

Ainda não há consenso acadêmico nem mercadológico do que define precisamente a Construção Enxuta (Koskela, Dave, Framling & Kubler, 2016), embora cada vez mais tenham sido realizados estudos e discussões no intuito de delimitar de maneira cada vez mais exata esses conceitos (Dadhich, Genovese, Kumar, & Acquaye, 2015; Shukor, Mohammad, Mahbub, & Halil, 2016).

O presente artigo apresenta uma revisão bibliográfica da literatura fazendo um paralelo entre conceitos da Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*) e da Construção Enxuta (*Lean Construction*). Para tal, foi realizado um levantamento conceitual e histórico sobre os dois pensamentos, sendo escolhidos pontos a serem comparados entre ambos, sendo estas etapas apoiadas no trabalho de Etges (2012). Este autor (2012) revisou os anais dos eventos do *International Group for Lean Construction* entre 1993 e 2010 (IGLC); definindo fontes que o auxiliaram na avaliação do uso de cada categoria de prática, sendo que na sequência propôs e aplicou um modelo com fatores de ponderação tendo como base as opiniões de especialistas em Construção Enxuta. O problema de pesquisa que norteia este artigo é “É possível comparar a Produção Enxuta e a

Construção Enxuta por meio de técnicas comuns às duas filosofias?”.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Produção Enxuta

Empresas e países buscam adotar o Sistema de Produção Enxuta (SPE) como forma de sobreviver à competição global. O termo “Produção Enxuta” (*lean production* ou *lean manufacturing*) ganhou conhecimento no meio acadêmico e profissional, principalmente após a publicação do livro de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos: “*The machine that changed the world: the story of lean production*” em 1990. Os autores definem a Produção Enxuta como sendo ‘enxuta’ por utilizar quantidades minimamente necessárias de recursos em comparação com a produção em massa, resultando, inclusive, em um número significativamente menor de defeitos (Womack, Jones, & Roos, 2004).

O termo *lean thinking* (mentalidade enxuta) é apresentado em 1996 por Womack e Jones, ampliando o conceito da Produção Enxuta para a empresa como um todo. Os alicerces desta mentalidade enxuta são cinco princípios expostos no Quadro 1.

5 princípios do <i>lean thinking</i>	
Valor	(definido e especificado pelas necessidades dos clientes)
Fluxo de valor	(ação específica para se elevar o valor, removendo desperdícios)
Fluxo	(visão geral das etapas da produção, eliminar interrupções)
Puxar	(produção de acordo com solicitação do cliente)
Perfeição	(melhoria contínua do valor e eliminação de perdas)

**Quadro 1: 5 Princípios do Lean Thinking**

Fonte: Elaborado a partir de Mariz e Picchi (2013).

Em uma tentativa de explicar o que seria o Pensamento Enxuto (*lean thinking*), Liker e Meier (2007) propõem os 4 Ps (*Philosophy, Process, People and partners, Problem solving*) que vi-

riam a balizar os princípios da Produção Enxuta, os quais são descritos na sequência. Filosofia (*Philosophy*) é o alicerce para um pensamento de longo prazo é a filosofia enxuta, onde líderes concebem a empresa como um meio de agregar valor aos clientes, à sociedade, à comunidade e aos seus funcionários. Já o Processo (*Process*), trata da ideia é que processos corretos levam a resultados corretos. Pessoas e parceiros (*People and partners*): de acordo com esse princípio é essencial o desenvolvimento de longo prazo de pessoas e parceiros, para que se possa agregar valor aos clientes; uma ótima opção é desafiando e estimulando seus funcionários e parceiros a crescer. Por fim, a solução de problemas (*Problem solving*) em sua causa original (e não os seus efeitos apenas) conduz à aprendizagem organizacional e à melhoria contínua.

De acordo com Vivan e Paliari (2012) o *lean* também pode estar presente na elaboração do projeto, aplicando o chamado *Lean Design*, o qual leva em consideração as dimensões fluxo, valor e conversão para desenvolver o projeto de modo enxuto, levando em consideração o fluxo de informações, redução de desperdícios e levando sempre em conta o processo produtivo do produto.

O Sistema de Produção Enxuta está diretamente associado e muitas vezes confunde-se com o Sistema Toyota de Produção, também chamado de *just-in-time* (JIT) (Ohno, 1997). O *just-in-time* tem como fundamento a ideia de que nada deve ser produzido até que seja de fato necessário. O JIT surgiu na *Toyota Motor Company of Japan*, tendo sido concebido pelos engenheiros Eiigi Toyoda e Taiichi Ohno.

O Sistema Toyota de Produção objetiva a produção de diversos modelos de automóvel, em pequenas quantidades, porém de modo lucrativo e eficiente. O *just-in-time* é então composto pelo fluxo contínuo e em lotes pequenos de peças para atender o cliente no momento exato, no local e

quantidade corretos. Para tal é necessário uma sincronia e equilíbrio entre processos, fornecedores e distribuidores. Para aperfeiçoar a relação entre os processos, foi criada uma ferramenta visual bastante simples denominada *kanban* (Shingo, 1996; Ohno, 1997). O *kanban* tem como especificidade o fato de, no curto prazo, “puxar” os lotes de peças dentro do processo produtivo (produção puxada), enquanto os tradicionais métodos de programação da produção “empurram” (produção empurrada) um conjunto de ordens de fabricação ou de compras (Tubino, Silva, & Poler, 2012).

Porém apesar do Sistema Toyota de Produção ser estudado e debatido desde a década de 50 do século passado, o conceito de *lean* ainda hoje não é algo cristalizado no meio acadêmico (Shah & Ward, 2007; Pettersen, 2009). Portanto, com a intenção de compreender melhor o que é realmente a filosofia *lean*, é preciso trazer algumas definições. Hopp e Spearman (2004) conceituam Produção Enxuta como um sistema integrado o qual desempenha a produção de produtos e serviços com quantidades mínimas de estoques e custos. Curiosamente, a filosofia *lean* possui uma trajetória similar com a da Gestão da Qualidade Total (TQM): ambos viajaram dos EUA para o Japão e então retornaram ao mundo ocidental (Dahlggaard-Park, Chen, Jang, & Dahlggaard, 2013).

Em termos sintéticos acerca da Produção Enxuta é interessante recorrer aos cinco princípios necessários a um sistema de produção enxuto proposto por Womack e Jones (1996). Os autores consideravam processos enxutos como sendo aqueles que apresentam um baixo número de perdas. Essas perdas estariam nas atividades do projeto, nas transformações físicas dos processos e na gestão da informação (Womack & Jones, 1996).

Os cinco princípios mencionados acima seriam: definir de maneira pormenorizada qual o valor de um produto parametrizando-se pelo cliente final, atendendo sempre às especificações espera-

das, aos aspectos de suas capacidades ao seu preço e ao tempo de produção; identificar toda a cadeia de valor de cada produto ou família de produtos e como eliminar perdas nesse fluxo; originar um fluxo de valor tendo como referência a cadeia de valor obtida; configurar o sistema produtivo de modo que a cadeia de valor seja ativada (ou *startada*) a partir do pedido do cliente: puxar a programação; melhorar continuamente a cadeia de valor através da redução de perdas (Womack & Jones, 1996).

A importância e os benefícios da adoção da filosofia *lean* como forma de aperfeiçoar o desempenho das organizações em um cenário de intensa competição em escala global são bastante discutidas e estudadas. Tem sido aplicada em áreas diversas como a Saúde (Eiro & Torres, 2013), Agricultura (Shiraishi, 2013) ou Educação (Radnor & Bucci, 2011). Também é adotada na construção civil, chamada Construção Enxuta (Koskela, 1992), que será abordada a seguir.

## 2.2 Construção Enxuta

A construção civil tem evoluído bastante em termos de métodos e técnicas gerenciais, em especial aquelas ligadas ao projeto do produto e planejamento e controle da produção (Salem, Solomon, Genaidy & Wankarah, 2006; Valente, Novaes, Mourão, & Barros, 2012). E, apesar de suas especificidades e características particulares, conceitos originalmente surgidos em ambientes fabris vêm sendo incorporados e adaptados para o universo da construção civil (Mariz & Picchi, 2013; Salem *et al.* 2006).

Uma das principais características que diferem entre ambientes fabris e construtivos, reside no tamanho das unidades produzidas, sendo que os produtos finais da primeira geralmente podem ser movidos e transportados, enquanto os da segunda – devido ao tamanho das unidades – usualmente não podem ser transportados (Salem *et al.* 2006).

Além disto, existem ainda três características da Construção que a diferem da indústria manufatureira: projetos feitos no local (não em fábricas cujo *layout* foi pensado e projetado para desenvolver produtos); projetos únicos, embora já exista uma tendência de pradronização; e complexidade (número de variáveis no projeto é muito maior) (Koskela 2000). Estas características da construção derivam de uma maneira mais geral, das características de projetos em contrapartida às da produção, a ideia de unicidade do produto final e de uma organização montada para desenvolvê-lo a qual só durará até a conclusão do projeto (Ballard, 2000). Porém, vale ressaltar que as diferenças entre essas características de produto e projeto estão se reduzindo dado o aumento das possibilidades de customização de um produto (o que aumenta as chances de unicidade) e fatores como o desmonte e deslocamento de plantas de fábricas (Ballard, 2000).

No ano de 1992, o finlandês Lauri Koskela publicou o trabalho *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, na Universidade de Stanford. O autor adaptou princípios do Sistema Toyota de Produção (*just-in-time*) para o universo da Construção Civil. O objetivo do trabalho era propor ao setor da construção civil um sistema de gestão de qualidade de sucesso como foi o Sistema Toyota de Produção para as linhas de produção da *Toyota Motor Company*.

Já em 2000 Koskela propõe que os processos da construção civil sejam compreendidos em dimensões Transformação-Fluxo-Valor (TFV). Koskela (2000) defende que explorando essas 3 dimensões (transformação, fluxo e valor) haveria um aumento da eficiência. Ele ainda utiliza conceitos da Produção Enxuta como a importância do valor percebido pelo cliente e que este determina o que produzir.

Se os princípios da Construção Enxuta apresentados por Koskela (1992) são similares aos da Produção Enxuta (Liker & Meier, 2007) as práticas nem tanto. A Produção Enxuta possui práticas padronizadas, como o sistema de produção puxada e o uso de *kanbans*. Na construção civil, por outro lado, ainda não há uma definição muito clara de quais seriam práticas típicas da Construção Enxuta. Apesar disto, muitas práticas e discussões já foram feitas sobre a Construção Enxuta (Aziz & Hafez, 2013; Badukale & Sabihuddin, 2014; Cabrera, Pulido & Díaz, 2015; Paez, Salem, Solomon & Genaidy 2005; Jørgensen & Emmitt, 2008; Koskela *et al.*, 2016; Salem *et al.*, 2006; Wu & Barnes, 2016). Jørgensen e Emmitt (2008) destacam que a implementação e aplicação são temas preponderantes das publicações recentes. No entanto, ainda não possui o mesmo volume de publicações e discussões mais amadurecidas como a Produção Enxuta. Jørgensen (2008) pontua também que na aplicação dos princípios *lean* do setor industrial para a construção ainda ocorrem desafios para se obter uma eficiência no segundo como a encontrada no primeiro. Aziz e Hafez (2013) pontuam que mesmo o uso de tecnologias mais modernas na construção civil como o CAD (*Computer Aided Design*) não garantiria por si uma evolução da gestão da construção, destacando a necessidade de uma filosofia de gestão como a Construção Enxuta.

Ballard (2000) propõe o sistema *Last Planner* como uma ferramenta de controle de processos produtivos para ser utilizado na construção civil. O sistema é um exemplo de aplicação da filosofia *lean*, utilizando princípios da Produção Enxuta e transpondo-os para a Construção Enxuta (Etges, 2012). O *Last Planner* demanda um maior esforço no planejamento de curto e médio prazo o que promove uma redução na variabilidade do processo, princípio este da filosofia *lean* (Locatelli, Mancini, Gastaldo & Mazza, 2013).

Com o passar dos anos o uso de ferramentas *lean* como o *kanban* foi estudado por diversos autores e profissionais (Koskela *et al.*, 2016). Foram estudados também os resultados destas no universo da construção civil e propostas técnicas como o *kanBIM* voltadas mais especificamente para a Construção Enxuta (Koskela *et al.*, 2016).

### 3 Procedimentos metodológicos

Este estudo teve por base os elementos tomados como importantes por Etges (2012). O pesquisador utilizou em seu estudo uma metodologia dividida em quatro fases para avaliar práticas da Construção Enxuta. A primeira foi uma revisão bibliográfica utilizando referências clássicas da Produção Enxuta e da Construção Enxuta para uma identificação inicial de categorias de práticas que pudessem ser aplicadas à Construção Enxuta (Etges, 2012).

A segunda etapa do trabalho de Etges se constituiu em analisar palavras-chaves presentes em artigos publicados no *International Group for Lean Construction* entre 1993, ano de sua fundação, e 2010. Foram avaliados nessa etapa 736 trabalhos, dos quais 672 continham palavras-chave, priorizando os que envolvessem aplicação prática de conceito de Produção Enxuta e Construção Enxuta em processos construtivos. Etges então analisou diversos tópicos como: o uso de *kanbans*, segurança no trabalho, gestão de recursos financeiros e humanos, processos produtivos, os princípios da Produção Enxuta de Womack e Jones (1996). Assim, foram definidas práticas a serem analisadas. Em seguida foi montada uma base de dados compilando informações sobre cada trabalho. Feitos os agrupamentos de palavras-chave presentes nos trabalhos em categorias foram definidos 84 grupos de categorias (Etges, 2012).



Na terceira etapa foi feita uma associação entre os grupos de palavras-chave e categorias de práticas no intuito de quantificar quantas palavras-chave estavam associadas a cada prática. A quarta e última etapa se constituiu na análise de resultados, discutindo as categorias tidas como mais importantes pelo *International Group for Lean Construction* (Etges, 2012).

Baseado nesse levantamento, ele concluiu que as 5 práticas mais presentes na literatura são:

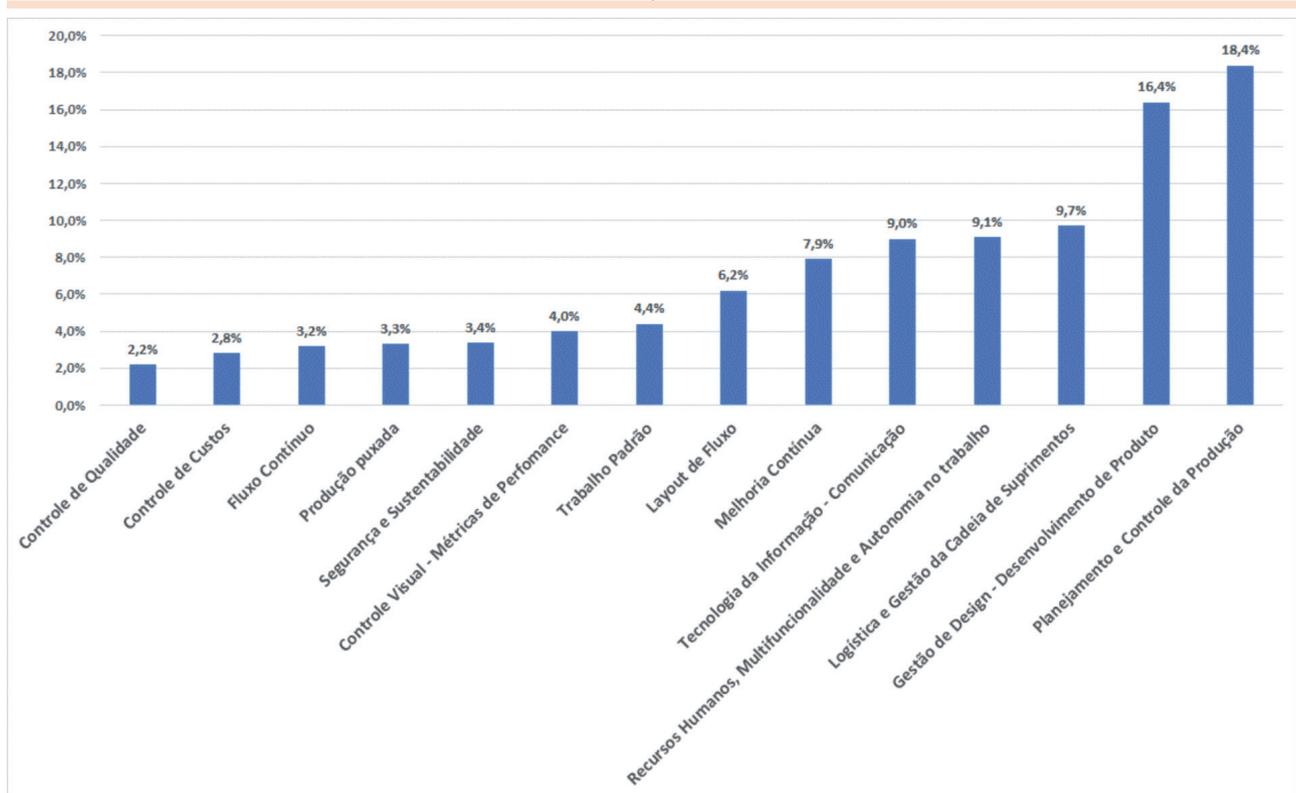
- Planejamento e Controle da Produção;
- Gestão do Projeto e Desenvolvimento do Produto;
- Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística;
- Recursos Humanos, Multifuncionalidades e Autonomia do Trabalho;
- Tecnologia da Informação e Comunicação.

Na Figura 1 encontram-se os resultados de Etges (em inglês).

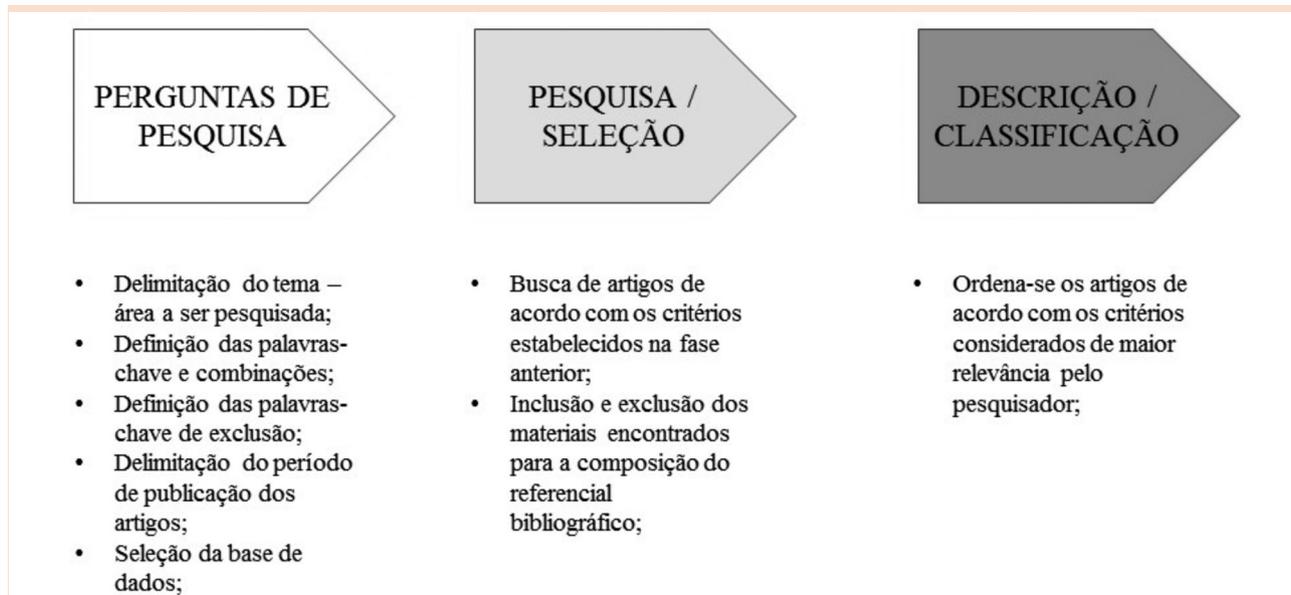
Assim, foram selecionados, seguindo a metodologia adotada por Etges (2012) e pela relevância evidenciada na literatura, os seguintes tópicos:

- 1 – Uso de Kanbans
- 2 – Balanceamento de Linha x Linha de balanço
- 3 – Rede de fornecedores

Selecionados os três tópicos descritos acima, foram levantadas novas fontes para este trabalho e feita à comparação teórica acerca das especificidades conceituais que caberiam à Produção Enxuta e à Construção Enxuta. Este levantamento inspirou-se no modelo de Revisão Sistemática da Literatura em Pesquisas de Engenharia de Produção de Gohr, Santos, Goncalves e Pinto (2013), Figura 2.



**Figura 1: Resultados de Etges**  
Fonte: Etges (2012).



**Figura 2: Método de Revisão Sistemática de Gohr, Santos, Gonçalves e Pinto (2013)**

Fonte: Gohr, Santos, Gonçalves e Pinto (2013).

Foram usadas as bases de dados SCOPUS, Scielo e o portal de periódicos CAPES. Os termos utilizados foram: *kanban and lean manufacturing*; *kanban and lean construction*; *line balancing lean manufacturing*; *line of balance and lean construction*; *supply chain lean manufacturing* e *supply chain lean construction*. O período de publicação dos trabalhos publicados compreendeu entre 2004 e 2016. Além desses resultados foram incorporadas também às referências publicações consagradas na área como, por exemplo, às de Koskela (1992, 2000 e 2016).

## 4 Discussão

A seguir, é feita a exposição do levantamento bibliográfico dos tópicos escolhidos para traçar o paralelo. Esse paralelo não objetiva uma análise profunda ou a abordagem de cada um dos temas em sua finitude, mas sim de um panorama histórico-conceitual que possa ser utilizado em pesquisas futuras ou em estudos e pesquisas acadêmicos.

### 4.1 Uso de Kanbans

O *kanban*, palavra japonesa, pode ser traduzido como “cartão” (Hou & Hu, 2011). Ele é uma das técnicas utilizadas na gestão de um sistema enxuto (Arslankaya & Atay, 2015). É uma ferramenta de controle visual bastante utilizada em sistemas enxutos de produção, um sistema que permite programar e acompanhar a produção (Tubino, 2012). Ele “puxa” atividade ao autorizar a realização de determinadas atividades e processos (Narusawa & Shock, 2009). É usado como elemento de gestão visual de estoques, finalizados ou intermediários (Liker & Meier, 2007) e pode ser utilizado em diversas áreas como em projetos de desenvolvimento de software (Lei, Ganjeizadeh, Jayachandran, & Ozcan, 2017). Para ser implementado o *kanban* requer uma redução dos tempos de setup e uma produção nivelada ou harmonizada (Millstein & Martinich, 2014). Ciptomulyono e Hartini (2015) apontam o *kanbam* como uma ferramenta utilizada para garantir Sustentabilidade nos processos, servindo para adequar os processos aos padrões ISO.

Na produção industrial, o *kanban* já é amplamente difundido como uma forma de ordenação logística, passando da produção até a entrega do item ou conjunto de itens necessários à manufatura (Liker & Meier, 2007). Os cartões *kanban* puxam os materiais na construção e podem ser associados à programação do *Last Planner* (Paez *et al.*, 2005). A Figura 3 exemplifica uma possibilidade de cartões *kanban*.

#### Exemplo de Cartões Kanban

	Pedido		Pedido		Pedido
Nome peça		Nome peça		Nome peça	
N° peça		N° peça		N° peça	
Família		Família		Família	

**Figura 3: Exemplo de Cartões Kanban**

Fonte: Os Autores. Adaptado de Turner e Lane (2013).

Na literatura são apresentados casos de uso do *kanban* na construção civil na etapa de alvenaria, em específico no controle de tijolos, cimento, areia, materiais de almoxarifado e na produção de argamassa (Arantes, 2008). Sua utilização em obras tem aumentado bastantes na década atual, sobretudo com a tentativa de conscientização e capacitação dos operários de obras (Barbosa, Andrade, Biotto, & Mota, 2013).

Ferramentas específicas da Construção Enxuta foram propostas desde sua criação, um exemplo seria o *KanBIM* (Koskela *et al.*, 2016). A ferramenta *KanBIM* é uma aplicação do *kanban* combinado a características do BIM (*Building Information Modeling*) para se adequar melhor às peculiaridades da construção civil (Gurevich & Sacks, 2014).

O sistema *kanban* propicia à gestão do consumo de materiais na obra e do fluxo de atividades (Zhang & Chen, 2016). Esta gestão ajuda na redução de desperdícios na obra, aumento da pro-

dutividade e não extrapolação das restrições orçamentárias (Zhang & Chen, 2016).

## 4.2 Balanceamento de linha x Linha de balanço

Apesar da aparente semelhança entre os nomes, as peculiaridades entre os conceitos de Balanceamento de Linha e Linha de Balanço (*Line of Balance*) estão além da ordem de palavras. Ambas surgem no ambiente da produção fabril, porém a segunda passou a ser incorporada muito mais na Construção Civil (Mendes, 1999) e, além disso, é adotada no Brasil há consideravelmente menos tempo que a primeira. Vale ressaltar que a tradução mais apropriada para *line of balance* seria fila ou linha de balanceamento, mas como

Linha de Balanço – apesar de ser uma tradução errônea – é mais utilizado em publicações ele será mantido seguindo a mesma utilização feita por Mendes (1999).

O Balanceamento de Linha é algo muito importante e comum da mentalidade *lean* e prática comum na Gestão da Produção (Nguyen & Do, 2016). Uma linha balanceada é aquela em que há a distribuição mais uniforme possível entre as atividades e os postos de trabalho evitando assim gargalos e perdas nos níveis de produtividade (Martins & Laugeni, 2001). O ato de balancear a linha de produção se caracteriza por definir o conjunto de atividades as quais virão a ser executadas de modo a garantir um tempo de processamento aproximadamente igual entre os postos de trabalho (Schafanski & Tubino, 2013). No intuito de minimizar a ocorrência de desperdícios, é necessário aprimorar a sincronia entre as exigências de produção e a capacidade da linha, nivelando a produção com a demanda (Lam, Toi, Tuyen, &

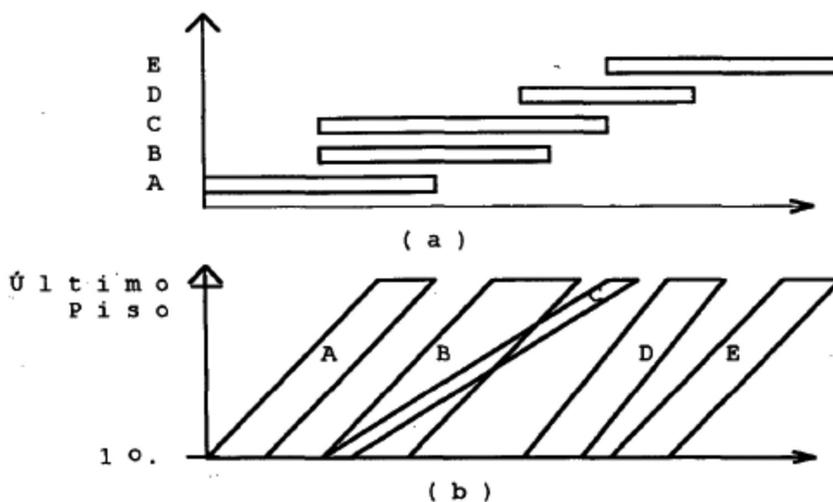
Hien, 2016). Assim, na proporção em que a demanda aumenta, ou retrai, deve ser feito o ajuste do tempo de ciclo da linha e alterado o ritmo de produção, pela inclusão ou corte de recursos e (ou) redistribuição de atividades entre os operadores (Silva & Porto, 2008).

Realizar este processo de distribuição é o chamado balanceamento e para fazê-lo são empregados alguns métodos como a Teoria das Restrições, uma importante metodologia utilizada na gestão *lean* (Nguyen & Do, 2016). Nesta metodologia são empregados cálculos a fim de determinar as principais restrições de um sistema produtivo e atuar mais intensivamente nelas, o que ampliaria a eficácia destas ações (Goldratt, 2010; Kucukkoc & Zhang, 2014; Susilawati, Tan, Bell, & Sarwar, 2015; Sternatz, 2015).

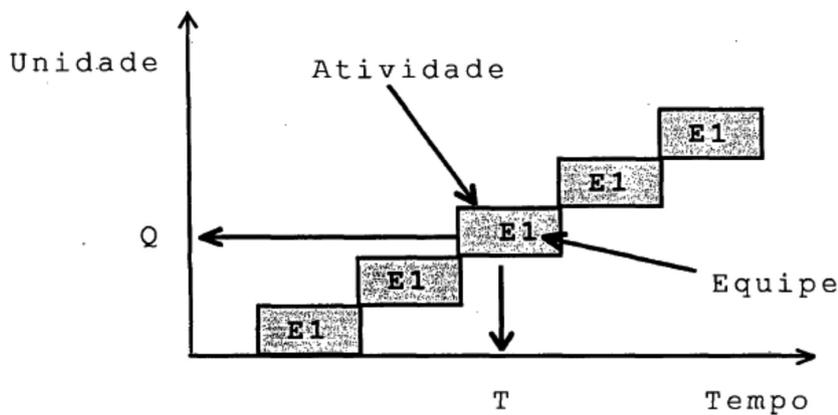
A técnica de Linha de Balanço foi concebida pela empresa estadunidense Goodyear na década de 40 do século passado para, em um segundo momento, ser desenvolvida pela Marinha estadunidense durante a Segunda Guerra Mundial, na programação e controle de projetos repetitivos e não repetitivos. As suas primeiras aplicações ocorreram na indústria de manufaturados na programação do fluxo de produção. A sua utilização na construção civil foi mais difundida na Europa, no período do Plano Marshall, em obras com serviços bastante repetitivos, como pontes e estradas (Ichihara, 1997). É a técnica mais adequada à programação de projetos repetitivos da Construção Civil. No entanto, sua utilização requer cuidados com algumas influências tayloristas, que podem vir a causar problemas com a mão-de-obra; é necessário um bom desempenho da gerência e do controle para evitar excessos relativos ao

cumprimento das metas de produtividade e ritmo (Ichihara, 1997).

A programação de atividades na construção de edifícios altos é bastante simplificada com o uso da técnica de Linha de Balanço (LOB). Esta técnica faz uso da repetitividade das atividades ao longo do projeto, no caso dos edifícios, ao longo dos pavimentos, parte destes ou das fachadas (Sarraj 1990 apud Mendes & Heineck, 1997). O seu uso permite a simulação de várias alternativas de estratégia de obra e ritmos de produção dos diversos serviços (Badukale & Sabihuddin, 2014). O objetivo principal destas simulações geralmente será o atendimento ao prazo da obra ou ao cronograma financeiro estabelecido. O problema da programação da construção de edifícios com a LOB consiste primordialmente na alocação das equipes para uma determinada atividade nos sucessivos pavimentos resolvendo qualquer conflito de precedências com as atividades já programadas (Badukale & Sabihuddin, 2014). Os usos da LOB e seus ganhos têm sido estudados assim como tentativas de melhorias e otimizações da ferramenta utilizando técnicas como a simulação (Cabrera *et al.*, 2015). A técnica pode ser compreendida nas Figuras 4 e 5.

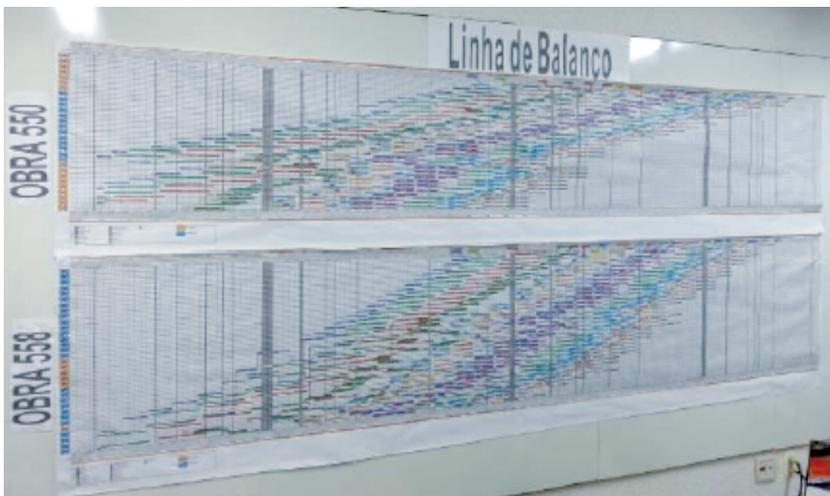


**Figura 4: Diagrama de Gantt x Linha de Balanço**  
Fonte: Mendes (1999).



**Figura 5: Informações do Diagrama da Linha de Balanço**  
Fonte: Mendes (1999).

A figura 6 é um exemplo de uma aplicação da Linha de Balanço em estudo de caso em uma obra feita por Barbosa *et al.* (2013).



**Figura 6: Exemplo de Aplicação da Linha de Balanço**  
Fonte: Barbosa *et al.* (2013).

Vários trabalhos assinalam a o uso da Linha de Balanço apenas como uma ferramenta de planejamento na implantação da Construção Enxuta, mas há autores que exploraram a técnica como uma ferramenta que detém várias características *lean* (Moura & Heineck, 2014). Moura e Heineck (2014) citam como exemplos as seguintes características da construção enxuta que apresentariam os conceitos lean: visão do ciclo

no tempo e no espaço, simplificação das operações pela externalização ou pela pacotização do trabalho, redução da variabilidade, visão do fluxo de execução, redução do lead time através do balanceamento das atividades ou pelo efeito aprendizagem, assim como integração de curto, médio e longo prazo. Estas características estão expostas e sintetizadas no Quadro 2.

### 4.3 Rede de fornecedores

Com a Produção Enxuta, surge, dentre diversas técnicas de produção e de desenvolvimento de novos produtos, a necessidade de um maior envolvimento dos fornecedores no projeto dos componentes por eles fabricados (Womack & Jones, 2004). A competição se dá de modo cada vez mais intenso entre cadeias produtivas, e não apenas entre empresas isoladas (Roh, Hong, & Min 2014). Por isso, clientes e fornecedores devem adotar estratégias direcionadas à formação de parcerias e troca de informações, que possibilitem o crescimento e beneficiamento mútuo (Chopra & Meindl, 2007). Em outras pa-

lavras, o conceito de melhoria contínua, *kaizen*, deve ser levado a toda a cadeia de fornecedores (Li & Found, 2016). Frohlich e Westbrook (2001) comprovam, por meio de dados resultantes de uma pesquisa internacional com 322 empresas pertencentes ao setor metal-mecânico, que há uma correlação positiva entre o grau de integração e o desempenho da cadeia de suprimentos. Vale ainda ressaltar que, no início dos anos 90,

Características	Descrição	Construção
Ciclo no tempo e espaço	Repetição de atividade no tempo	Repetição de atividade no tempo e espaço
Simplificação das operações	Redução de componentes de um produto, número de partes ou estágios num fluxo de materiais ou informações	—
Redução da variabilidade	Tipos de variabilidade: variabilidade nos processos anteriores (relacionada com os fornecedores do processo), variabilidade no próprio processo (relacionada à execução do processo) e variabilidade na demanda (relacionada aos desejos dos clientes do processo)	—
Visão do fluxo de execução	Fluxo: movimento contínuo, caracterizado pelo ritmo de ataque às unidades de repetição que na construção enxuta é utilizado como <i>takt time</i> da atividade.	Vantagem da visualização do fluxo na LOB: transparência no processo, facilitando a detecção de erros, diminuindo a necessidade de inspeção dos produtos ao final da linha de produção
Redução do <i>lead time</i>	<i>Lead time</i> : tempo necessário para que todas as atividades ocorram em uma unidade de repetição.	—
Integração de curto, médio e longo prazo	Atividades de preparação podem ser inseridas na programação por linha de balanço, tais como melhoria da capacidade de produção através de fornecimento de materiais e ferramentas ou treinamento, que fazem parte do planejamento de médio prazo, onde são removidas as restrições.	—

#### Quadro 2: Características Lean na Construção Enxuta

Fonte: Elaborado a partir de Moura e Heineck (2014) e Womack (2013).

as maiores empresas do setor automobilístico decidiram adotar a estratégia de relacionamento com fornecedores da Toyota a qual era pioneira no uso da filosofia *lean* (Liker & Meier, 2007). A gestão da rede de fornecedores é um dos principais diferenciais competitivos para corporações do ramo alimentício (Folinas, Aidonis, Triantafillou, & Malindretos, 2013). Estudos mensuram quantitativamente os fluxos de materiais em uma cadeia produtiva e utilizam indicadores quantitativos para mensurar a eficiência desse fluxo (Júnior, Siluk, & Nara, 2015).

No universo da construção é sabido que ainda não ocorre uma integração total e muito harmônica entre a rede de fornecedores e a obra como a mesma que se dá na produção industrial (Rosenblum, Azevedo, Borges, & Tavares, 2007). Baseado nesses fatos, o planejamento visa mini-

mizar os efeitos causados, realizando o balanceamento das atividades, reduzindo esperas e garantindo o fluxo (Pero, Stöblein, & Cigolini, 2015). Porém, o fluxo será interrompido em algum momento. Assim, se esta situação de interrupção de fluxo não for prevista durante o planejamento, é necessário que se replanejem as atividades e não apenas que se as redistribua como ocorre no processo habitual (Rosenblum *et al.*, 2007). A realização de uma construção envolve diversas equipes de trabalho interdependentes, tais como projetistas, fornecedores e empresas prestadoras de serviço. Logo, deve ser feito o gerenciamento deste processo de modo integral (Shukor *et al.*, 2016). Santos (2006) utilizando a função de compras como perspectiva de análise aponta que maioria das construtoras apresenta, geralmente, problemas nas relações com a cadeia de suprimento e

seus fornecedores como: falta de controle, centralização das compras, relacionamento conflitante entre a obra e o escritório, falta de tempo para negociações e desconhecimento do planejamento estratégico da empresa. A relação com fornecedores deveria se dar de maneira organizada, com desenvolvimento destes e pensa-los como parceiros, levando essas informações sempre em consideração (e com seriedade) nas tomadas de decisão da gestão da produção (Santos, 2006). Mais especificamente sobre o processo de compras, Santos (2006) propõe que seja feita a compra proativa e propõe um modelo que chama de Procompras ao falar dos satisfatórios resultados de sua aplicação em alguns estudos de caso.

É interessante que exista a figura de um responsável por essa atividade, não apenas dentro da organização, mas conectando toda a cadeia produtiva (Júnior *et al.*, 2015). Uma relação de proximidade com os fornecedores garante uma maior confiabilidade nos prazos e na qualidade tanto dos serviços quanto dos materiais providos (Júnior *et al.*, 2015). Para tal é preciso que se haja um esforço em desenvolver e capacitar fornecedores, o que melhoraria o andamento dos processos internos da empresa (Etges, 2012).

Em trabalhos mais recentes (Li & Found, 2016; Martínez-Jurado & Moyano-Fuentes, 2014) já se fala em análise da sustentabilidade da rede de fornecedores de uma obra em construção civil. Existe, inclusive, mensuração de emissões de gases poluentes e de seu impacto (Dadhich *et al.*, 2015) e já se fala na importância da escolha de parceiros sustentáveis para se montar cadeias verdes (*green supply chain*) (Wu & Barnes, 2016). Outra forma de aperfeiçoar a relação com a rede de fornecedores é a tentativa de integração do BIM com GIS (*Geographic Information Systems*) encontrada no estudo de Irizarry, Karan e Jalaei (2013). Existem também esforços para realizar uma produção modular na construção civil se pensando e gerindo de

modo *lean* a relação com a rede de fornecedores, uma tentativa de aumentar o grau de industrialização das atividades da construção civil (Pero *et al.*, 2015).

## 5 Considerações Finais

A filosofia de Construção Enxuta e a Produção Enxuta se assemelham bastante, mas ao se observar de modo mais aprofundado as peculiaridades entre esses dois conceitos podem ser percebidas. E é dessa constatação que decorrem as principais reflexões e ponderações acerca dos temas explorados. O uso das ferramentas e conceitos *lean* em obras é recente, ainda não há a mesma consistência conceitual e metodológica, o que é natural dado o pouco tempo desse uso. Porém estudos e tentativas estão sendo feitos no intuito de se delimitar mais especificamente a Construção Enxuta.

A própria variação do balanceamento de linha convencional das linhas de produção fabris para a, mais apropriada, técnica da Linha de Balanço é um dos indícios de que a Construção Enxuta está em fase de maturação, de uma definição mais clara. Mas já há um esforço, como no uso de *kanbans* ou na relação com fornecedores inspirada na Produção Enxuta, para se consolidar em termos práticos (os quais estão também sendo estudados pelos pensadores e entusiastas da área).

Resultados concretos de como solucionar os problemas da aplicação da filosofia *lean* em um contexto peculiar como a construção civil já podem ser encontrados (Shukor *et al.*, 2016). Há exemplos como os resultados do uso do *kanBIM* (Koskela *et al.*, 2016), a produção modular na construção enxuta (Pero *et al.*, 2015), a integração entre BIM e GIS (Irizarry *et al.*, 2013), a tentativa de aperfeiçoar o uso da técnica de LOB (Cabrera

*et al.*, 2015), a preocupação com a sustentabilidade nas relações com as redes de fornecedores (Li & Found, 2016) e o aumento de estudos de caso aplicando princípios da Construção Enxuta em obras como o de Barbosa *et al.* (2013).

A Construção Enxuta já apresenta uma atuante comunidade científica de pesquisadores e suas aplicações práticas se ampliam cada vez mais tanto no Brasil quanto no mundo. Pelo volume de publicações, o crescente interesse em pesquisar e utilizar esta filosofia (dadas as suas diversas possibilidades de melhorias e aumentos na lucratividade) é certo que ela se consolidará cada vez mais no meio acadêmico e empresarial.

Este trabalho averiguou a presença real da Construção Enxuta como relevante universo de pesquisa, suas potencialidades futuras e resultados de soluções para problemas da aplicação do *lean* na construção civil. Foi percebida uma tendência em aplicação real de técnicas e cada vez de modo mais pormenorizado, as quais tendem a consolidar cada vez mais a Construção Enxuta. O objetivo inicial de empreender uma revisão bibliográfica terminou por encontrar resultados de avanços em práticas e técnicas cada vez mais específicas da Construção Enxuta. Por fim, este trabalho também suscita provocações para futuras pesquisas e publicações devido a gama de possíveis problemáticas e descobertas no universo do *lean thinking*.

## Referências

Arantes, C. F. G. A. (2008). *Lean Construction – Filosofias e Metodologia*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

Aziz, R.F., & Hafez; S.H. (2013). Applying lean thinking in construction and performance Improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679-695.

Badukale, P. A., & Sabihuddin, S. (2014). Line of Balance. *International Journal Of Modern Engineering Research*, 4, 45-47.

Ballard, G. (2000). *The last planner™ system of production control*. Ph.D Thesis, School of Civil Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, England.

Barbosa, G., Andrade, F., Biotto, C., & Mota, B. (2013, novembro). Implementação de Construção Enxuta em um ano em um projeto de construção. *Anais do Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade*, Salvador, BA, Brasil, 8.

Cabrera, A. G., Pulido, N. Q., & Díaz, J.O.A. (2015). Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio. *Ingeniería y Ciencia*, 11(21), 157-175.

Ciptomulyono, U., & Hartini, S. (2015). The relationship between lean and sustainable manufacturing on performance: literature review. *Procedia Manufacturing*, 4, 38-45.

Chopra, S., & Meindel, P. (2007). *Supply Chain Management: strategy, planning and operation* (3a ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Dahlgard-Park, S.M., Chen, C.K., Jang, J.Y., & Dahlgard, J.J. (2013). Diagnosing and prognosticating the quality movement – A review on the 25 years quality literature (1987 – 2011). *Total Quality Management and Business Excellence*, 24(1 – 2), 1 – 18.

Dadhich, P., Genovese, A., Kumar, N., & Acquaye, A. (2015). Developing sustainable supply chains in the UK construction industry: A case study. *Int. J. Production Economics*, 164, 271-284.

Eiro, N.Y., & Torres Jr., A. S. (2013, agosto). Comparação entre modelos da qualidade total e Lean Production aplicados à área da saúde – Estudo de caso em serviço de medicina diagnóstica. *Anais do Simpósio da Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais*, São Paulo, SP, Brasil, 16.

Etges, B. (2012). *Protocolo de Auditoria do uso de práticas da construção enxuta*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Folinas, D., Aidonis, D., Triantafillou, D., & Malindretos, G. (2013). Exploring the greening of the food supply chain with lean thinking techniques. *Procedia Technology*, 8, 416-424.

Frohlich, M.T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of integration: an international study of supply chain strategies. *Journal of Operations Management*, 19(2), 185-200.

Gohr, C. F., Santos, L. C., Gonçalves, A. M. C., & Pinto, N. O. (2013, outubro). Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Salvador, BA, Brasil, 33.

Goldratt, E.M. (2010). *Theory of constraints handbook*. New York: McGraw-Hill.

- Gurevich, U., & Sacks, R. (2014). Examination of the effects of a KanBIM production control system on subcontractors' task selections in interior works. *Autom. Constr.*, 37, 81-87.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133-148.
- Hou, T., & Hu, W.C. (2011). An integrated MOGA approach to determine the Pareto-optimal kanban number and size for a JIT system. *Expert System with Applications*, 38, 5912-5918.
- Ichihara, J. A. (1997, outubro). A Base Filosófica da Linha de Balanço. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP*, Gramado, RS, Brasil, 17.
- Irizarry, J., Karan, E.P., & Jalaei, F. (2013). Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management. *Automation in Construction*, 31, 241-254.
- Jørgensen, B., & Emmitt, S. (2008). Lost in transition: The transfer of lean manufacturing to Construction Engineering. *Construction and Architectural Management*, 15(4), 383 - 398.
- Júnior, A.L.N., Siluk, J.C.M., & Nara, E.O.B. (2015). Estudo de um fluxo interno de materiais baseado na filosofia *Lean Manufacturing*. *Production*, 25, 691-700.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Palo Alto, California, USA, Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Doctor of Technology Thesis, Technical Research Center of Finland, Helsinki, Finland.
- Koskela, L., Dave, B., Framling, K., & Kubler, S. (2016). Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. *Automation in Construction*, 61, 87-96.
- Kucukkok, I., & Zhang, D.Z. (2014). Mathematical model and agent based solution approach for the simultaneous balancing and sequencing of mixed-model parallel two-sided assembly lines. *Int. J. Production Economics*, 158, 314-333.
- Lam, N.T., Toi, L.M., Tuyen, V.T.T., & Hien, D.N. (2016). Lean line balancing for an electronics assembly line. *Procedia CIRP*, 40, 437-442.
- Lei, H., Ganjeizadeh, F., Jayachandran, P. K., & Ozcan, P. (2017). A statistical analysis of the effects of Scrum and Kanban on software development projects. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 43, 59-67.
- Li, A.Q., & Found, P. (2016). Lean and Green Supply Chain for the Product-Services System (PSS): The literature review and a conceptual framework. *Procedia CIRP*, 47, 162-167.
- Liker, J. & Meier, D. (2007). *Modelo Toyota – manual de aplicação: um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota*. Porto Alegre: Bookman.
- Locatelli, G., Mancini, M., Gastaldo, G., & Mazza, F. (2013). Improving projects performance with lean construction: State of the art, applicability and impacts. *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 5(Special), 775-783.
- Mariz, R. N., & Picchi, F. A. (2013). Método para aplicação do trabalho padronizado. *Ambiente Construído*, 13(3), 7-27.
- Martínez-Jurado, P.J., & Moyano-Fuentes, J. (2014). Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production*, 85, 134-150.
- Martins, P. G., & Laugeni, F. P. (2001) *Administração da produção* (5a ed.). São Paulo: Saraiva.
- Mendes, R., Jr., & Heineck, L. F. M. (1997, outubro). Roteiro para programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP*, Gramado, RS, Brasil, 17.
- Mendes, R., Jr. (1999). *Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Millstein, M. A., & Martinich, J. S. (2014). Takt Time Grouping: implementing kanban-flow manufacturing in an unbalanced, high variation cycle-time process with moving constraints. *International Journal of Production Research*, 52(23), 6863-6877.
- Moura, R., & Heineck, L. (2014, novembro). Linha de balanço – síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. *Anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, Maceió, AL, Brasil, 15.
- Narusawa, T., & Shook, J. (2009). *Kaizen Express: fundamentos para sua jornada Lean*. Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Nguyen, M.N., & Do, N.H. (2016). Re-engineering assembly line with lean techniques. *Procedia. CIRP*, 40, 590-595.
- Ohno, Taiichi. (1997). *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Paez, O., Salem, S., Solomon, J., & Genaidy, A. (2005). Moving from lean manufacturing to lean construction: Toward a common sociotechnological framework. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries*, 15(2), 233-245.
- Pero, M., Stößlein, M., & Cigolini, R. (2015). Linking product modularity to supply chain integration in the construction and shipbuilding industries. *Int. J. Production Economics*, 170, 602-615.

- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127-142.
- Radnor, Z., & Bucci, G. (2011). *Analysis of Lean Implementation in UK Business Schools and Universities*. London: Association of Business Schools.
- Roh, J., Hong, P., & Min, H. (2014). Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. *Int. J. Production Economics*, 147, 198-210.
- Rosenblum, A., Azevedo, V. S., Borges, C., Jr., & Tavares, M. E. (2007, outubro). Avaliação da Mentalidade Enxuta (Lean Thinking) na Construção Civil – uma visão estratégica de implantação. *Anais do Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, Resende, RJ, Brasil, 4.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Wankarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. ASCE, *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168-175.
- Santos, A. P. L. (2006). *Modelo procompras: formulação, implantação e avaliação da compra pró-ativa na construção de edifícios*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.
- Schafrański, L. E., & Tubino, D. F. (2013). *Simulação empresarial em gestão da produção*. São Paulo: Editora Atlas S.A.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of Lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
- Shingo, Shigeo. (1996). *Sistemas de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas*. Porto Alegre: Bookman.
- Shiraishi, Marcelo Riyudi. (2013). *Levantamento de oportunidades da aplicação das ferramentas lean em agricultura de precisão: propostas dentro do setor sucroalcooleiro*. Trabalho de Conclusão de Curso, Fundação de Ensino “Eurípedes Soares da Rocha” Centro Universitário Eurípedes de Marília, Marília, SP, Brasil.
- Shukor, A.S.A., Mohammad, M.F., Mahbub, R., & Halil, F. (2016). Towards Improving Integration of Supply Chain in IBSConstruction Project Environment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 222, 36-45.
- Silva, L., & Porto, E. (2008, outubro). O balanceamento do fluxo produtivo à luz da toc: caso prático no processo de montagem de calçados autoclavados. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 28.
- Sternatz, J. (2015). The joint line balancing and material supply problem. *Int. J. Production Economics*, 159, 304-318.
- Susilawati, A., Tan, J., Bell, D., & Sarwar, M. (2015). Fuzzy logic based method to measure degree of lean activity in manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Systems*, 34, 1-11.
- Tubino, D. F., & Silva, G. G. M. P., & da Poler, R. (2012). Lean manufacturing implementation: An exploratory study of Brazilian companies. *Proceedings of the Production and operations management society Annual Conference*, Chicago, Illinois, USA, 23.
- Turner, R., & Lane, J.A. (2013). Goal-Question-Kanban: applying lean concepts to coordinate multi-level systems engineering in large enterprises. *Procedia Computer Science*, 16, 512-521.
- Valente, C., Novaes, W., Mourão, C. A., & Barros, J. P., Neto (2012). Lean monitoring and evaluation in a construction site: a proposal of lean audits. *Proceedings of the Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, San Diego, USA, 20.
- Vivan, A. L., & Paliari, J. C. (2012). Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame. *Ambiente Construído*, 12(4), 101-115.
- Womack, J.P., & Jones, D.T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo* (7a ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Womack, J.P. (2013). *Gemba Walks* (2a ed.). Cambridge, Massachusetts: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Wu, C., & Barnes, D. (2016). An integrated model for green partner selection and supply chain construction. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2114-2132.
- Zhang, L., & Chen, X. (2016). Role of lean tools in supporting knowledge creation and performance in lean construction. *Procedia Engineering*, 145, 1267-1274.

Recebido em 3 abr. 2017 / aprovado em 19 jun. 2017

**Para referenciar este texto**

Nery, V. F. S. O., Mendes Junior, R., & Zattar, I. C. Produção Enxuta e Construção Enxuta: um paralelo entre técnicas. *Exacta*, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 1-15, 2018.

