



FACULDADE DE CIÊNCIAS GERENCIAIS DE MANHUAÇU

**APLICAÇÃO DE LEAN CONSTRUCTION PARA MELHORIA DO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS: UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

Melissa Franchini Feitosa

Manhuaçu

2017



MELISSA FRANCHINI FEITOSA

**APLICAÇÃO DE LEAN CONSTRUCTION PARA MELHORIA DO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS: UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no
Curso Superior de Engenharia Civil da Faculdade
de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, como
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Gerenciamento de Obras

Orientador: Marcelus Xavier Oliveira

Manhuaçu

2017



MELISSA FRANCHINI FEITOSA

**APLICAÇÃO DE LEAN CONSTRUCTION PARA MELHORIA DO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS: UMA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso Superior de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Gerenciamento de Obras

Orientador: Marcelus Xavier Oliveira

Banca Examinadora

Data de Aprovação:

Especialista Carlos Henrique Carvalho Júnior; FACIG

Doutor Gláucio Luciano Araújo; FACIG

Mestre Marcelus Xavier Oliveira, FACIG

Manhuaçu

2017

RESUMO

A construção civil é um segmento primordial para o desenvolvimento do país, logo é essencial buscar métodos para a sua melhoria contínua. Este trabalho visa apresentar um novo conceito de gestão de produção na construção civil, baseada no desenvolvimento de princípios e ferramentas da *Lean Construction* (Construção Enxuta). O estudo foi feito a partir de bibliografias já desenvolvidas, a fim de mostrar que a melhoria contínua nos empreendimentos de construção civil e um bom desempenho no que diz respeito a prazos e custos, podem ser alcançados através de uma produção mais eficiente, sem desperdícios e agregando valor ao cliente, pois estes tem papel fundamental no mercado. A construção enxuta é derivada da produção enxuta, assim, foram abordados os princípios dos conceitos *lean* para melhor entendimento da filosofia como um todo e exemplos de como aplicá-los na indústria da construção de modo a obter resultados satisfatórios. O trabalho é concluído apontando que o uso correto dessa ferramenta traz significativos benefícios tanto para empresas, quanto para clientes.

Palavras-chave: pensamento enxuto, construção enxuta, produção enxuta, desperdícios, construção civil.

ABSTRACT

Civil construction is a key segment for the development of many country, because of that, it's important to find new methods for this segment. This paper aims to present a new concept of production management in civil construction, based on the development of principles and tools of Lean Construction. The article was based on already developed bibliographies, in order to show that the continuous improvement in construction projects and a good performance with regard to deadlines and costs can be achieved through a more efficient production without waste and adding value to the customer, as these have a fundamental role in the market. Lean construction is derived from lean production, thus addressing the principles of lean concepts to better understand the philosophy as a whole and how to apply them in the construction industry in order to obtain satisfactory results. The work is concluded pointing out that the correct use of this tool brings significant benefits to both companies and customers.

Keywords: lean thinking, lean construction, lean production, waste, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Modelo de processo da <i>Lean Construction</i>	10
FIGURA 2 - Layout de canteiro para a fabricação de concreto	12
FIGURA 3 - Perda de material em alvenaria devido à variabilidade do material	14
FIGURA 4 - Minimização no número de passos na execução de alvenaria.....	15
FIGURA 5 - Flanelógrafo de aviso.....	16
FIGURA 6 - Os cinco sensos.....	18

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Comparação entre os princípios do <i>lean thinking</i> e os princípios da <i>lean construction</i>	17
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 <i>Lean production</i>	7
2.2 <i>Lean thinking</i>	9
2.3 <i>Lean construction</i>	9
2.3.1 <i>Lean construction</i> x práticas tradicionais	9
2.3.2 Princípios da <i>lean construction</i>	11
2.3.2.1 Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor.....	11
2.3.2.2 Aumentar o valor de produto através da consideração das necessidades dos clientes	12
2.3.2.3 Reduzir a variabilidade.....	13
2.3.2.4 Reduzir tempo de ciclo.....	14
2.3.2.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes	15
2.3.2.6 Aumentar a flexibilidade de saída	15
2.3.2.7 Aumentar transparência do processo.....	15
2.3.2.8 Focar no controle do processo global	16
2.3.2.9 Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões....	16
2.3.2.10 Fazer benchmarking	16
2.3.3 Ferramentas da <i>lean construction</i>	17
2.3.3.1 5S	17
2.3.3.2 Poka-yoke (a prova de erros).....	18
2.3.3.3 Célula de produção	19
2.3.3.4 Last Planner.....	19
2.3.3.5 Mapeamento do fluxo de valor	19
2.4 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	20
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
4. REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

A construção civil cresce cada vez mais no Brasil, gerando concorrências e, consequentemente, competitividade no mercado nacional. Com isso, as empresas e profissionais do ramo precisam buscar inovações para se adequarem cada vez mais a este mercado. Atualmente, uma das principais formas de se tornar competitivo no é reduzindo custos sem que se perca a qualidade do produto. Na filosofia *lean construction*, baseada na *lean production*, todo o tipo de desperdício é identificado e reduzido, tornando a construção planejada e enxuta.

O segmento da construção sempre foi alvo de críticas devido ao seu alto custo, desperdícios de materiais e baixa produtividade. Isso se deve, pois, até a década de 1980, haviam poucas exigências quanto à qualidade vinda dos clientes, o que permitiu com que as construtoras tivessem grandes lucros e pouca preocupação com os indicadores que não diziam respeito ao financeiro (LORENZON; MARTINS, 2006), como por exemplo, a satisfação dos clientes, a eficiência do processo produtivo e planejamento da obra.

Devido ao elevado crescimento competitivo entre as empresas, acrescidas à exigência cada vez mais ímpar por parte dos clientes e a escassez de recursos financeiros, o mercado da construção civil sofreu alterações ao longo dos anos. Segundo Lorenzon et al.(2006), tal fato tem feito com que as empresas e os profissionais da construção busquem melhores níveis de desempenho. Assim, a adoção dos conceitos de “Construção Enxuta” vem crescendo devido a essa necessidade de melhorar e gerenciar os processos produtivos das construções, trazendo benefícios para as empresas e para os clientes.

O sistema *Lean* surgiu nos anos 50, quando o Japão passava por um grande período de crise, reduzindo sua competitividade diante das grandes indústrias da época. A sua aplicação mais proeminente foi o Sistema Toyota de Produção, onde os engenheiros da empresa automobilística buscaram identificar os principais desperdícios e eliminá-los (CARMO, 2014). Sendo assim, a melhor forma de melhoria no ambiente produtivo é focar nos desperdícios, produzindo somente o necessário, com qualidade e que agregue de valor ao cliente. (COSTA, 2016).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um novo conceito de gestão de produção na construção civil, buscando melhorias no planejamento, redução de prazos e custos e aumento da qualidade e produtividade nas obras, baseada no conceito de desenvolvimento de princípios e ferramentas da *Lean Construction* (Construção Enxuta). É comum, mesmo diante de grande competitividade entre empresas, haver falta de planejamento e controle da obra, gerando baixa produtividade, alta rotatividade de mão-de-obra e desperdícios em geral. Sendo assim, esse trabalho visa mostrar a importância de planejar, buscando uma melhoria contínua nos empreendimentos de construção e um bom desempenho no que diz respeito a prazos e custos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Lean production*

Na década de 50, o Japão ainda se recuperava da II Guerra Mundial. O país passava por escassez financeira e a indústria japonesa passava por dificuldades, não podendo aplicar o sistema de produção tradicional, já que essa produzia em larga escala e era baseada em abundância e produção em massa. Diante da necessidade de desenvolver um novo estilo de produção para atender o mercado,

surgiu o *lean production* (produção enxuta), devido ao trabalho dos engenheiros da Toyota, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, que tinha como objetivo aumentar a eficiência da produção eliminando qualquer desperdício (ARANTES; COSTA, 2008).

Sendo assim, Carmo (2014) com base nas bibliografias de Koskela e Womack, citou em seu trabalho os principais desperdícios, que passam a ser entendidos como qualquer atividade que não agrega valor para o produto final e nem para o cliente.

I. Superprodução: produção para produtos que não possuem demanda, aumentando custos devido ao estoque excessivo.

II. Excesso de estoque (inventário): excesso de matéria prima ou produtos acabados, gerando problemas como produtos danificados, custo de transporte e armazenagem.

III. Defeitos: produção ou correção das peças defeituosas, gerando perda de tempo e esforço devido ao retrabalho, descarte e substituição.

IV. Espera: significa tempo sem trabalho, ou seja, aqueles funcionários que servem apenas de vigia de máquinas ou que estão desocupados devido à falta de estoque, atrasos e interrupções.

V. Movimento desnecessário: movimento de pessoas durante o trabalho que não agrega valor, como procurar, pegar ou empilhar peças.

VI. Superprocessamento ou processamento incorreto: atividades desnecessárias para a produção ou processo ineficiente, causando movimento e defeitos.

VII. Transporte desnecessário: transporte ineficiente ou movimentação de materiais, peças e produtos acabados.

A produção enxuta comparada à produção em massa utiliza menos esforço dos operários, menor espaço para fabricação, menor investimento, redução das horas de planejamento e desenvolvimento de novos produtos, além de menores estoques, bem menos defeitos e a produção de maiores variedades de produtos (WOMACK et al. 1992 apud LORENZON, 2008, p. 32).

Segundo Carmo (2014) a filosofia *Lean* pode ser melhor entendida através de três princípios base:

I. *Just in Time* (JIT), que significa “na hora certa”, ou seja, nada deve ser produzido ou transportado antes da hora, produzindo somente aquilo que o cliente solicitar, reduzindo estoques e custos.

II. *Jidoka*, que pode ser entendido como “qualidade na fonte”, fazendo com que erros e produtos defeituosos sejam detectados ainda nas máquinas, através de dispositivos inteligentes, tornando fácil sua detecção, correção e prevenção.

III. *Kaizen*, que significa mudança para melhor, ensinando a todos que fazem parte do processo produtivo a identificar e eliminar desperdícios, reduzindo o trabalho pesado e aumentando produtividade.

2.2 *Lean thinking*

Segundo Lorenzon (2008), Womack e Jones são os criadores do termo “Pensamento Enxuto” (*Lean Thinking*). Eles escreveram em seu livro “A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdícios e crie riquezas” que tal filosofia pode ser aplicada em qualquer empresa. Assim, foram definidos cinco princípios para a melhor compreensão da ideia de pensamento enxuto:

I. Especificar o valor: de acordo com esse primeiro princípio, o valor deve ser especificado pelo cliente. Depois de saber qual a necessidade do cliente, o valor é avaliado por ferramentas administrativas que propiciarão satisfação do cliente, e assim, aumentar lucros por meio da melhoria de processos, reduzir custos e melhorar qualidade.

II. Fluxo de valor ou Cadeia de valor: é uma identificação das etapas necessárias para a produção do produto, desde a matéria-prima até o produto final entregue nas mãos do cliente. Esse princípio visa identificar as etapas que criam valor, as etapas que não criam valor, mas são necessárias para o processo de produção e as etapas que não criam nenhum tipo de valor e devem ser eliminadas.

III. Fluxo Contínuo: uma produção ideal seria aquela em que o fluxo fosse contínuo, sem interrupções durante o processamento, eliminando tempo e falhas (ARANTES; COSTA, 2008).

IV. Produção puxada: é necessário identificar o momento que o cliente necessita do produto e fazer a sua entrega naquele momento. Esse princípio é o contrário da produção em massa, onde se produz mesmo sem necessidade do cliente, levando a uma superprodução.

V. Perfeição: há sempre uma maneira de melhorar qualquer atividade, tendo uma melhoria contínua (*Kaizen*), adaptando a empresa às novas exigências do mercado, afim de sempre buscar a perfeição (ARANTES; COSTA, 2008).

2.3 *Lean construction*

A *Lean Construction* (Construção Enxuta) surgiu da *Lean Production* (Produção Enxuta), tendo como marco principal o trabalho do finlandês Lauri Koskela “Application of the new production philosophy in the construction industry”, publicado em 1992 (LORENZON; MARTINS, 2006), ou seja, é o conceito *lean* aplicado à construção civil.

2.3.1 *Lean construction* x práticas tradicionais

O modelo dominante na construção civil define a produção como uma transformação dos insumos em produtos intermediários como alvenaria, estrutura e revestimento, chamado de modelo de conversão, onde os processos são divididos em subprocessos (a execução da estrutura, por exemplo, pode ser subdividida em execução de formas, cortes, dobragens, montagem da armadura e concretagem). Diante disso, Formoso (2000) escreveu sobre as principais deficiências do modelo de conversão:

I. Existe uma parcela de atividades, como o fluxo de materiais e mão-de-obra, entre as atividades de conversão, que não são consideradas. Ao contrário das atividades de conversão, estas atividades não agregam valor, mas em processos complexos como a construção de edifícios, a maior parte dos custos é originada dessas atividades. Por exemplo, estima-se que 67% do tempo gasto pelos operários na obra, estão nas atividades que não agregam valor, como transporte, espera por

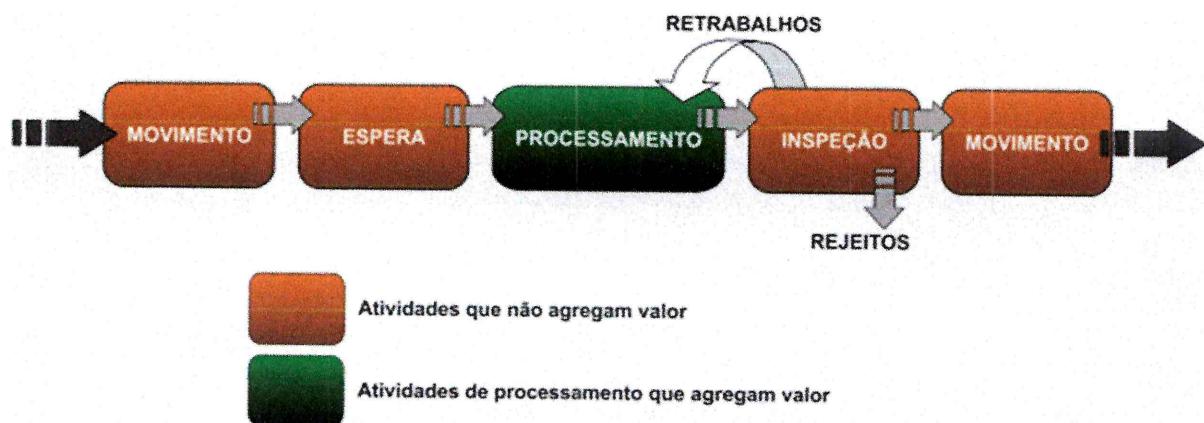
material e retrabalhos. Nos orçamentos e planejamentos convencionais existem essas atividades de fluxo, porém não são explicitadas, dificultando sua percepção.

II. O esforço por melhorias é focado no sistema de produção como um todo, mas deveria ser focado nos subprocessos. Por exemplo, a introdução de inovações tecnológicas pode aumentar a produtividade, mas pode ter um impacto pequeno na melhoria do processo como um todo se não reduzir o tempo gasto com atividade que não agregam valor.

III. A não consideração das especificações do cliente pode resultar em grande eficiência na produção, porém se tornam produtos inadequados. Por exemplo, pode-se construir um edifício de apartamentos com grande eficiência, mas sem valor de mercado por não atender aos requisitos dos compradores.

O modelo de processo da construção enxuta, por sua vez, define que o processo consiste num fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, sendo constituído por atividades de conversão ou processamento (que agregam valor) e atividades de espera, transporte e inspeção (que não agregam valor). Essas atividades que não agregam valor ao produto final são chamadas de atividades de fluxo (KOSKELA, 1992 apud ARANTES; COSTA, 2008, p. 5).

FIGURA 1- Modelo de processo da *Lean Construction*



Fonte: Koskela (1992)

Nem toda atividade de conversão agrupa valor ao produto final, pois quando as especificações não são atendidas na inspeção, existe a necessidade de retrabalho. Na construção enxuta, o valor está diretamente ligado à satisfação do cliente, ou seja, um processo só gera valor quando as atividades de conversão transformam matéria-prima em produtos que fazem a diferença para o cliente (FORMOSO, 2000).

Segundo Formoso (2000), o modelo de processo da figura 1, além de ser aplicado nos processos de produção, pode ser aplicado também nos processos gerenciais, como planejamento, controle e projeto. Sendo assim, ocorre o transporte, espera, processamento e inspeção de informações (fluxo de informação), ao invés de materiais. No caso do processo de projeto, as principais informações são relacionadas às necessidades dos clientes e característica do terreno, e assim, são transformadas no produto final, como o projeto arquitetônico, estrutural ou hidráulico, por exemplo.

Outra comparação feita por Arantes e Costa (2008), é o planejamento dominante no mercado da construção civil ser feito de modo que as atividades são

consideradas simples e sequenciais, quando na verdade é muito mais complexa, cheia de incertezas. Além disso, existe a preocupação de melhoria somente em cada atividade, separadamente, sem haver uma preocupação com o impacto que possa ter no restante do processo ou no processo global.

Um conceito chave da *Lean Construction* na fase de execução é o de que uma tarefa só deve ser iniciada – ou colocada no planejamento semanal/execução – caso tudo o que é necessário para completar com sucesso esteja resolvido previamente. No caso de uma tarefa não ser realizada, o sistema recebe rapidamente feedback. Logo, a causa pode ser identificada e ser seguido o rastro até a raiz do problema. É uma gestão proativa ao invés de uma tradicionalmente reativa (ARANTES; COSTA, 2008, p.7).

2.3.2 Princípios da *lean construction*

Os princípios da *Lean Construction* consideram a redução da parcela de atividades que não agregam valor, melhoria contínua e as necessidades dos clientes, fatores primordiais para as construtoras que almejam aplicar a filosofia citada (TONIN; SCHAEFER, 2013).

Com base no trabalho de Koskela e Isatto, Formoso (2000) apresentou um conjunto de princípios da Construção Enxuta, que serão abordados a seguir.

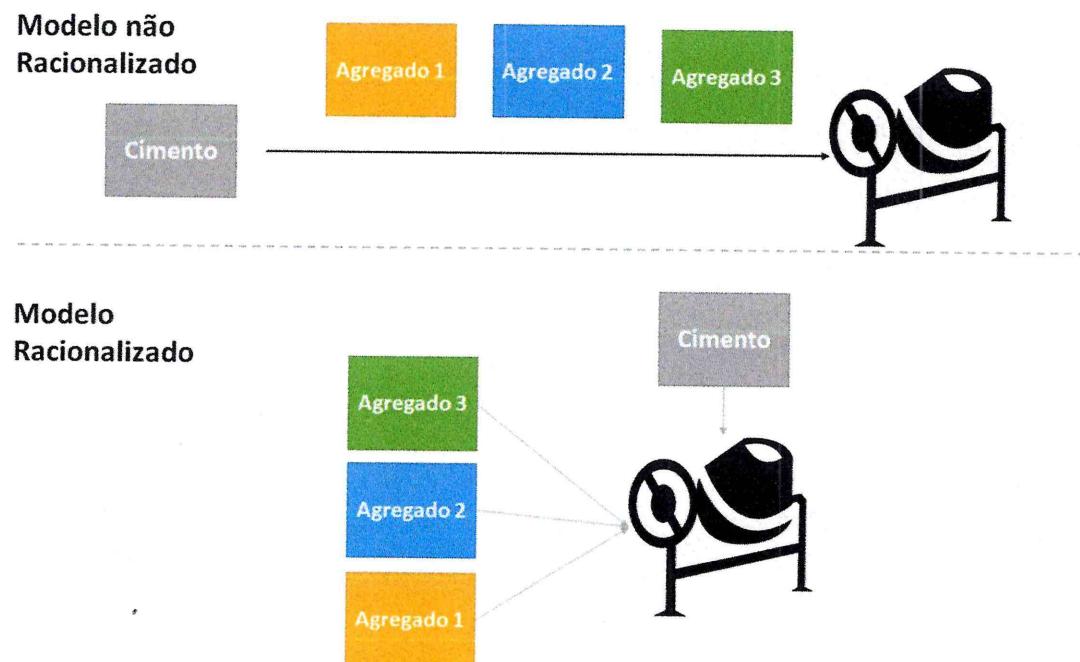
2.3.2.1 Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

Segundo esse princípio, a eficiência dos processos pode ser obtida não só pela melhoria de eficiência do processo de conversão e fluxo, mas principalmente através da eliminação de algumas atividades de fluxo (que não agregam valor), como espera e transporte. Esse corte das atividades de fluxo não deve ser levado ao extremo, pois muitas dessas atividades não agregam valor ao cliente, mas são essenciais para a eficiência dos processos, como o treinamento de mão-de-obra e instalação de dispositivos de segurança (FORMOSO, 2000).

Segundo Formo (2000), para aplicar esse princípio é necessário explicitar as atividades de fluxo, assim, essas atividades podem ser controladas e eliminadas, quando possível.

Um exemplo, de acordo com o trabalho de Arantes e Costa (2008), é a elaboração de um *layout* do canteiro de obra que reduza a distância física entre os locais de descarga de materiais e o seu local de aplicação, e assim, diminuirá a parcela de atividades de movimentação.

FIGURA 2 - Layout de canteiro para a fabricação de concreto



Fonte: Autor

2.3.2.2 Aumentar o valor de produto através da consideração das necessidades dos clientes

Este princípio, segundo Formoso (2000), está relacionado ao processo como gerador de valor, isto é, estabelece que todas as necessidades do cliente sejam identificadas e levadas em consideração. No caso de clientes externos (clientes que contratam o serviço), é necessário que se faça um mapeamento dos processos a fim de identificar os requisitos em cada etapa. No caso de clientes internos (equipes de trabalho), é necessário identificar suas necessidades para melhor execução das etapas.

Durante a elaboração e planejamento do projeto de um edifício, com intuito de realizar as vendas dos apartamentos, por exemplo, os responsáveis pela concepção do projeto, devem coletar dados sobre os requisitos e preferências dos clientes em potencial. Estes podem ser obtidos através de pesquisas de mercados ou avaliação dos mesmos pós-ocupação dos apartamentos já entregues (ARANTES, 2008).

No processo de produção, este princípio pode também ser aplicado, se as equipes de trabalho subsequentes de um processo forem consideradas como clientes internos do mesmo. Por exemplo, a equipe que executa a estrutura de concreto armado deve levar em conta no seu trabalho as tolerâncias dimensionais necessárias para que os processos de execução de alvenaria e revestimentos não sejam dificultados. Neste sentido, é importante que os requisitos das equipes de alvenaria e revestimento sejam explicitamente identificados e comunicados à equipe de estrutura (FORMOSO, 2000, p.7).

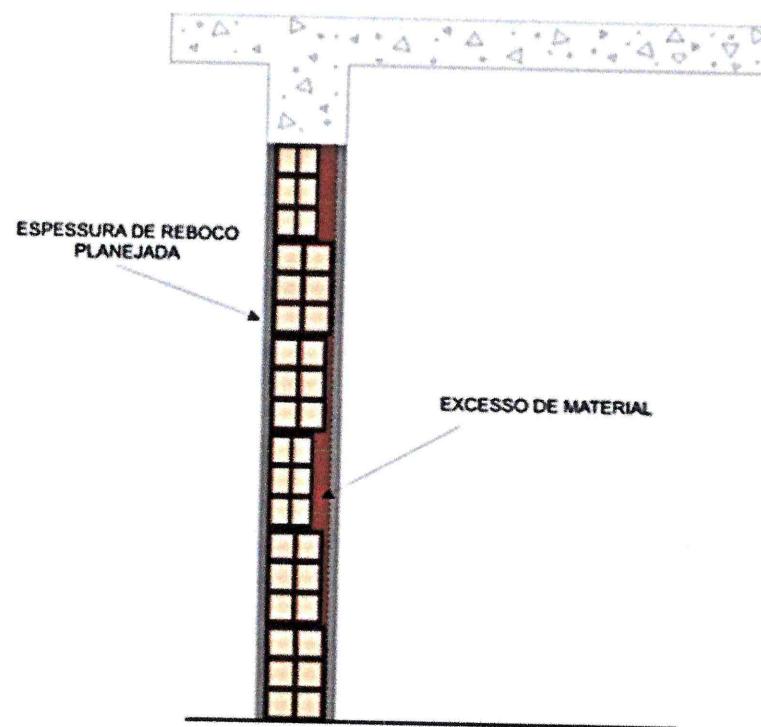
2.3.2.3 Reduzir a variabilidade

Existem diversos tipos de variabilidade em um processo de produção, tais como o tempo de duração da execução de determinada atividade, demanda (solicitação de mudanças no projeto) e dimensões de materiais. Assim, a melhor forma de reduzir variabilidade é padronizar procedimentos (ISATTO, 2000 apud ARANTES; COSTA, 2008, p.6).

Segundo Formoso (2000), existem duas razões para a redução de variabilidade. Reduzindo variabilidade obtém-se uniformidade de produtos, gerando menores desperdícios de materiais e maior satisfação de clientes externos e internos, como por exemplo, a equipe de alvenaria que tem seu trabalho facilitado quando os blocos possuem poucas variações de dimensão. Além disso, a variabilidade aumenta a parcela de atividades que não agregam valor, principalmente por interrupção de fluxos de trabalho (equipe parada ou deslocada para outro trabalho devido atrasos) e não aceitação de produtos fora da especificação de cliente (gerando retrabalhos).

Estudos realizados em Formoso (2000) mostram que na construção civil essa variabilidade é considerada elevada, sendo ocasionadas pelas mais diversas incertezas, pois cada obra é única e possui características singulares. Uma dessas incertezas está ligada à falta de controle por parte das construtoras no gerenciamento de seus processos, que também gera variabilidades. Porém, parte dela, pode ser reduzida através de procedimentos de padronização, como por exemplo, a execução de instalações hidro sanitárias, que reduzirão vazamentos eliminando assim os retrabalhos. A padronização envolve treinamento e a empresa deve definir padrões, planejando e controlando a execução. (FORMOSO, 2000)

FIGURA 3 - Perda de material em alvenaria devido à variabilidade do material



Fonte: Ferreira (2012)

2.3.2.4 Reduzir tempo de ciclo

Segundo Formoso (2000), o princípio da redução de tempo de ciclo tem origem no *Just in Time* (na hora certa) e se define como o somatório de todos os ciclos necessários para produzir um produto, ou seja, todas as atividades do processo (transporte, espera, processamento e inspeção). Assim, é possível identificar mais facilmente as atividades que não são produtivas (como a “espera”), e promover sua redução ou eliminação, possibilitando a compressão do tempo da atividade (LORENZON, 2008).

A diminuição desse tempo, além de eliminar algumas atividades de fluxo, traz algumas vantagens (FORMOSO, 2000):

I. Conclusão da obra em um prazo mais curto: ao invés de se fazer várias atividades ao mesmo tempo, as equipes precisam se concentrar em terminar pequenos conjuntos de atividades e não se espalharem pelo canteiro de obras. Assim, além de reduzir o prazo de entrega, também reduz o custo do empreendimento. Em algumas obras, o prazo de entregar é um fator muito importante, como por exemplo, shoppings, faculdades e hospitais.

II. Controle da produção torna-se mais fácil: o volume de atividades inacabadas torna-se menor.

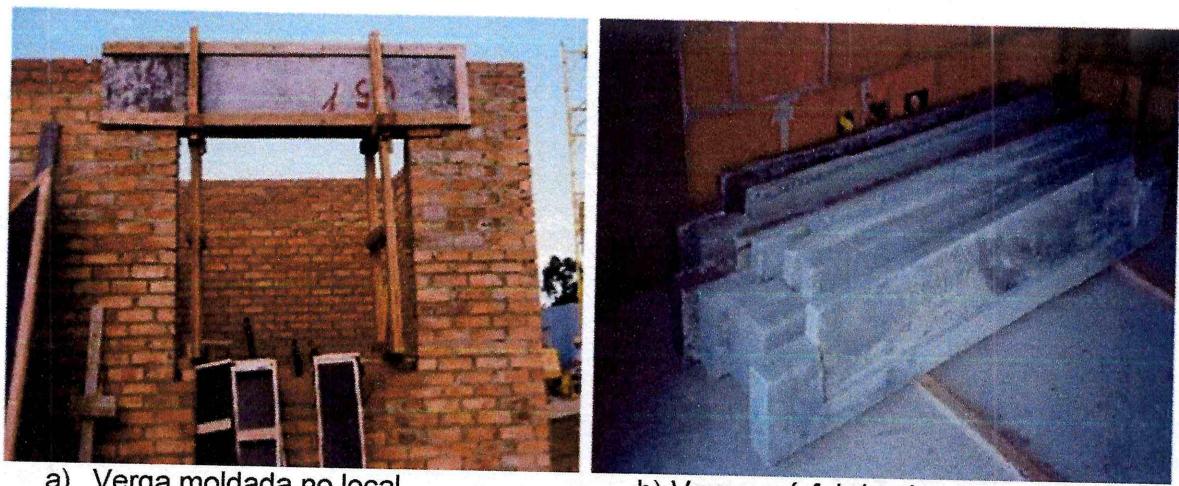
III. Aprendizagem tende a aumentar: os erros aparecem mais nítidos, podendo ser identificado e corrigido, assim, o aprendizado pode ser aproveitado para melhoria na execução de outras atividades.

IV. As mudanças de demanda tornam-se menos vulneráveis: as alterações do produto, de acordo com a demanda, podem ser implementadas sem grandes aumentos de custos.

2.3.2.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes

Cada etapa ou passos do processo necessita de tarefas auxiliares, como por exemplo, montagem de andaimes, limpeza e inspeção final. Quanto maior o número de etapas, maior será o número de atividades que não agregam valor. Segundo Formoso (2000), uma forma de diminuir os passos é a utilização de elementos pré-fabricados, como telas, treliças e colunas já cortadas e dobradas para a confecção da armação de vigas ou pilares, por exemplo. Na figura 4, pode-se observar duas alternativas para a execução de vergas, uma pré-moldada e outra moldada no local. Na pré-moldada existe uma redução no número de passos, pois, além de chegar pronta na obra, o próprio pedreiro pode posicioná-la. Já a moldada no local, a execução da alvenaria precisa ser interrompida, gerando atividades que não agregam valor.

FIGURA 4 - Minimização no número de passos na execução de alvenaria



Fonte: Formoso (2000)

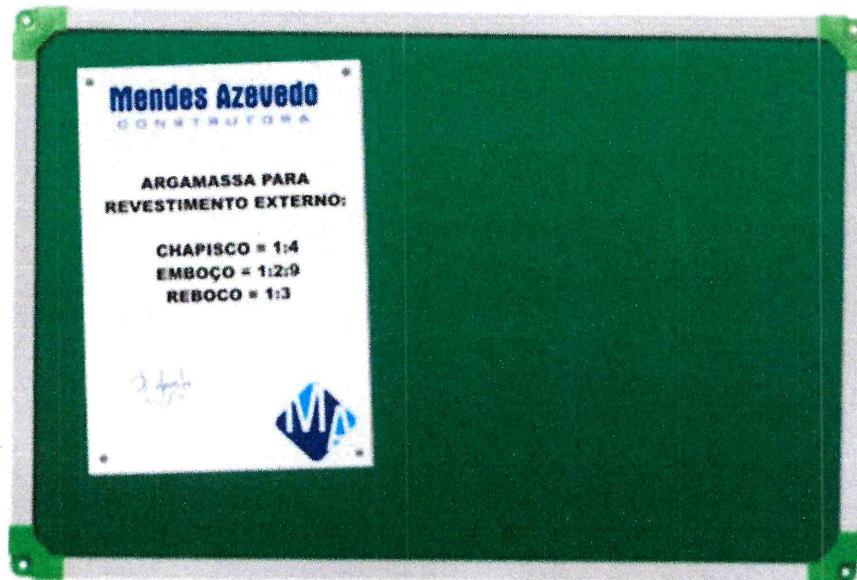
2.3.2.6 Aumentar a flexibilidade de saída

Esse princípio refere-se a alterar as características do produto, sem elevadas mudanças nos custos. Isso pode ser obtido, através de mão-de-obra versátil e customização do produto no tempo mais tarde. Em algumas empresas, por exemplo, adia-se, dentro do limite, a execução das divisórias internas de gesso, isso permite que a flexibilidade aumente, sem comprometer o sistema de produção (FORMOSO, 2000).

2.3.2.7 Aumentar transparência do processo

Segundo Formoso (2000), a transparência do processo, além de tornar mais fácil a identificação de erros, aumenta a disponibilidade de informações para execução de determinada atividade, facilitando o trabalho. A transparência do processo pode ser obtida através da remoção de obstáculos visuais (divisórias ou tapumes), utilização de dispositivos visuais (cartazes e sinalização luminosa) e melhoria na organização e limpeza.

FIGURA 5 - Flanelógrafo de aviso



Fonte: Ferreira (2012)

2.3.2.8 Focar no controle do processo global

O controle de todo o processo possibilita a identificação e correção de erros que venham interferir no prazo de entrega da obra. Segundo Arantes e Costa (2008), é necessária uma mudança de postura dos envolvidos na produção (projetistas, empreiteiros, fornecedores), pois eles precisam entender o processo em conjunto, como um todo.

2.3.2.9 Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Segundo Lorenzon (2008), as atividades de fluxo e de conversão, possuem potenciais diferentes de melhoria. A tecnologia tem maior impacto nas atividades de conversão (aqueles que agregam valor). As atividades de fluxo (que não agregam valor) podem ser melhoradas com pequenos investimentos, mas exigem um tempo mais longo para a se obter a melhoria.

Quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto de melhorias e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo, mais proveitosos os benefícios nas melhorias de fluxos, em comparação com melhorias de conversão (ARANTES; COSTA, 2008).

Um exemplo aplicado à construção civil seria a utilização de carrinhos e pallets para transportar materiais, pois, além de organizar os materiais de forma correta, evita danos e possibilita maior agilidade no transporte (FERREIRA, 2012).

2.3.2.10 Fazer benchmarking

Benchmarking (avaliação comparativa) é o estabelecimento de metas e ações a partir de práticas realizadas em outras empresas consideradas líderes no segmento, verificando os resultados de seus empreendimentos e analisando seus pontos fortes e fracos. Mas para a adoção desse princípio, é necessário que se faça

ajustes, adaptações e aprimoramentos, de acordo com cada empresa. (LORENZON, 2008).

Em resumo, os princípios “Reducir a parcela de atividades que não agregam valor”, “Reducir tempo de ciclo” e “Simplificar através da redução do número de passos ou partes”, buscam identificar, reduzir ou eliminar atividades que geram desperdícios, ou seja, que geram atividades que não agregam valor. O princípio “Reducir a variabilidade” considera os aspectos de qualidade. O princípio “Reducir tempo de ciclo” favorece o gerenciamento de prazos. Os princípios “Aumentar o valor de produto através da consideração das necessidades dos clientes” e “Aumentar a flexibilidade de saída” visam atender as necessidades dos clientes (LORENZON, 2008).

Em Picchi (2003) é apresentado uma comparação entre os cinco princípios de Womack e Jones (*Lean Thinking*) e os princípios de Koskela (*Lean Construction*). No quadro os princípios da *lean construction* são divididos em nível 1 (geral) e nível 2 (operacional).

QUADRO 1 - Comparação entre os princípios do *lean thinking* e os princípios da *lean construction*

PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING (WOMACK E JONES)	PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION (KOSKELA)	
	NÍVEL 1	NÍVEL 2
Valor	Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes. Reducir tempo de ciclo.	
Fluxo de Valor	Reducir a parcela de atividades que não agregam valor.	Simplificar através da redução de passos ou partes. Focar no controle do processo global.
Fluxo		Reducir a variabilidade. Aumentar a transparência do processo.
Puxar	Aumentar a flexibilidade de saída.	
Perfeição	Manter um equilíbrio entre as melhorias de fluxos e nas conversões.	Fazer benchmarking.

Fonte: Adaptado de Picchi, 2003, p. 13

2.3.3 Ferramentas da *lean construction*

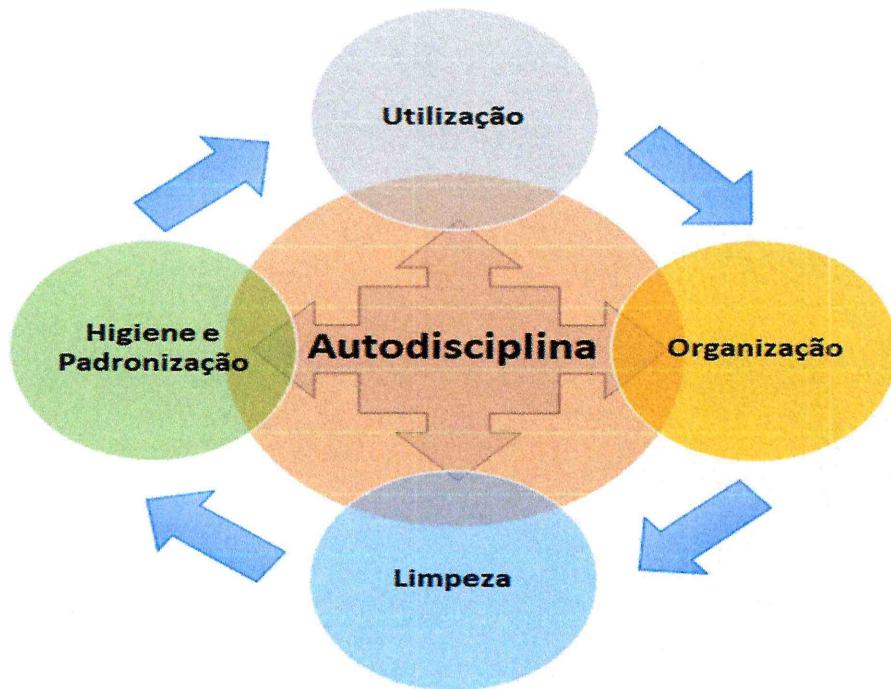
2.3.3.1 5S

O 5S é uma ferramenta baseada em cinco palavras japonesas, descritas a seguir (SANTOS et.al., 2006 apud LORENZON, 2008, p. 51):

- I. *Seiri* (senso de utilização): separar o material necessário do desnecessário, ou separar os materiais de maior utilização daqueles que são usados em menor escala.
- II. *Seiton* (senso de organização): organizar o ambiente de trabalho para que qualquer pessoa possa localizar insumos facilmente.
- III. *Seiso* (sendo de limpeza): manter o ambiente limpo.
- IV. *Seiketsu* (sendo de higiene e padronização): manter o ambiente de trabalho salubre, favorável a saúde e higiene.
- V. *Shitsuke* (autodisciplina): fazer dessas atitudes citadas acima um hábito.

Carmo (2014) cita algumas vantagens para as empresas que fizerem uma boa implementação dessa ferramenta, como redução de desperdícios (materiais, humanos, tempo e custo), aumento da qualidade do serviço e produto, facilita detecção de erros, ajuda na prevenção de acidentes, melhora o ambiente de trabalho e a qualidade de vida.

FIGURA 6 - Os cinco sensos



Fonte: Autor

2.3.3.2 Poka-yoke (a prova de erros)

A *poka-yoke* é uma ferramenta pouco conhecida na construção civil e consequentemente, é a menos aplicada, ao contrário da ferramenta 5S (LORENZON, 2008).

Um exemplo de aplicação na construção civil seria a respeito da montagem de terças para coberturas pré-fabricadas. Muitas vezes essa peça vira no caminhão de transporte ou no descarregamento no canteiro de obras, assim, o operário corre o risco de não conseguir identificar a posição correta da peça. Logo, a implementação dessa ferramenta, pode ser feita por meio de um controle visual através da pintura na face superior das terças (vigas que sustentam os caibros do telhado), indicando o seu correto posicionamento (SANTOS, 2003 apud LORENZON, 2008, p.54).

2.3.3.3 Célula de produção

Para cada tarefa existe um grupo de operários que trabalham em conjunto e estão ligados nos termos de tempo, espaço e informação. Logo, essa mesma equipe deve ser responsável por executar a tarefa do inicio ao fim, não existindo problemas de transmissão de informação ou de transferência de responsabilidade para outro grupo de trabalho (ARANTES; COSTA, 2008). Assim, é possível organizar pessoas, materiais, máquinas a fim de obter um fluxo contínuo na produção.

2.3.3.4 Last Planner

De acordo com Arantes (2008), em um empreendimento de construção civil existem várias etapas que são desenvolvidas e organizadas por responsáveis diferentes. Quando o empreendimento está próximo de ser executado, cabe a alguém tomar decisões de como e quando será executado o trabalho e essa pessoa pode ser considerado o *last planner* (último planejador), que aborda as operações de planejamento e controle em curto prazo e tem a missão de assegurar que todos os pré-requisitos estão resolvidos antes de iniciar uma atividade, assim, a tarefa é executada sem imprevistos e concluída de acordo com o prazo.

Geralmente, as reuniões para analisar as atividades a serem executadas são realizadas quinzenalmente, não obtendo um planejamento satisfatório. Esta ferramenta propõe tais reuniões semanalmente, para que seja feito uma comparação das atividades planejadas com as atividades que realmente foram executadas, e assim, chegar à causa da não execução da atividade planejada, prevenindo que erros aconteçam no futuro (ARANTES; COSTA, 2008). Outra vantagem, é que ao se realizar as reuniões semanalmente, é possível obter um planejamento com menos incertezas.

2.3.3.5 Mapeamento do fluxo de valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor tem como objetivo contribuir para uma melhor visualização do estado atual, futuro e do estado ideal dos processos produtivos por meio de uma representação visual, enxergando o caminho da produção de um produto do início ao fim (LORENZON, 2008).

Segundo Arantes (2008), essa ferramenta é de fácil aplicabilidade e está associada ao conjunto de procedimentos que levam a produção de algo e assim, conseguir que esse fluxo não tenha desperdícios. É necessário que o fluxo de produção tenha um mapeamento englobando todas as etapas pelas quais o produto vai passar até chegar ao consumidor, permitindo uma visão geral dos processos e a identificação de possíveis desperdícios e interrupções.

O mapeamento divide-se em quatro etapas (ARANTES, 2008):

- I. Escolher uma família de produtos: separar produtos em que os processos de produção são semelhantes, levando em conta também a importância e valor do produto para o cliente.
- II. Desenhar o estado atual: esse desenho segue o caminho de um produto desde o pedido até a entrega, determinando as condições atuais.
- III. Desenhar estado futuro: identifica-se as oportunidades de melhoria através da eliminação de desperdícios encontrados no estado atual.
- IV. Escrever o plano de trabalho ideal: definir objetivos, metas e datas para se atingir o estado pretendido nos tópicos anteriores.

2.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa é de caráter qualitativo e exploratório, sendo feita a partir do levantamento de estudos já realizados, buscando conhecer o sistema *Lean Construction* e com base em seus princípios e ferramentas obter melhor desempenho em empreendimentos da construção civil.

Com o objetivo de coletar informações atualizadas, confiáveis e precisas sobre o tema, foram explorados artigos científicos, publicações, dissertações e materiais disponíveis em sites na internet como, Scielo, Google Acadêmico e Biblioteca Brasileira de Teses e Dissertações.

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (GIL, 2002, p. 45).

Foram usados as seguintes palavras-chave: lean construction, lean production e construção civil.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A indústria da construção é diferente da manufatura, sendo assim a implementação dos princípios *lean* mais complexa. A primeira diferença é quanto ao volume de produção, pois a construção trabalha com um único produto e a manufatura com vários. Outra diferença é que as construções estão sujeitas às condições naturais, pois o trabalho é realizado ao ar livre, e também, a alta rotatividade da mão-de-obra que variam de obra para obra (COSTA, 2016). Porém, Picchi (2003) diz que apesar da diferença da indústria da manufatura e da indústria da construção existir, é possível obter grandes aplicabilidades dessa filosofia no setor.

Pode-se observar que a maioria dos problemas a serem corrigidos vem da origem interna (81%), como categorias de trabalho, materiais, equipamentos, desperdícios e falta de planejamento. A parcela de problemas da origem externa (19%) é bem menor, como interferência do cliente, problemas climáticos e fornecedores. Assim, existe um grande potencial para a melhoria do planejamento e do controle de obras, uma vez que as maiorias dos problemas estão relacionados à organização da empresa (FORMOSO, 2009 apud PEREIRA, 2012, p.29).

Tonin e Schaefer (2013) apud Conte e Gransberg afirmam, baseado em suas experiências, que a aplicação correta do *lean construction* reduz média de 20% a 30% do prazo inicialmente previsto e ainda reduz de 5% a 12% de custos de produção.

No trabalho de Arantes (2008), os resultados da aplicação de *lean construction* foram satisfatórios tanto em termos qualitativos, quanto em quantitativos. No que diz respeito aos resultados quantitativos, a empresa teve um ganho de 6,2% em redução de custos de matérias e mão-de-obra. No que diz respeito aos resultados qualitativos, a empresa teve melhorias nos quesitos:

- Social – Melhora do ambiente de trabalho no canteiro de obras
- Técnico – Melhoria nos processos de conversões e busca
- Produtivo – Fluxo contínuo, aumento dos índices de produtividade e qualidade.
- Financeiro – Redução dos custos e foco nos ganhos.
- Mercado lógico – Própria obra como estratégia de marketing.

Lorenzon (2008), ressaltou sobre as dificuldades encontradas para a implementação da filosofia, segundo ele, muitas empresas fazem aplicação de

somente partes dos conceitos *lean*, além da resistência cultural, trabalhadores desqualificados e descomprometidos, alta rotatividade de mão-de-obra e falta de treinamento.

Carmo (2014) aplicou a ferramenta 5S no almoxarifado da obra. Primeiramente houve um treinamento de todo o pessoal envolvido que em seguida fizeram as devidas alterações. Verificou-se uma redução de 50% do almoxarifado, já que os materiais estavam organizados, possibilitando mais agilidade e visibilidade. Além disso, nas obras futuras, não serão adquiridos grandes estoques de materiais (pois geram custos e desperdícios), obedecendo aos princípios propostos pela filosofia *lean*. Houve também um gerenciamento mais eficiente da mão-de-obra, reduzindo os dias trabalhados, por meio de célula de produção.

Após associar técnicas, ferramentas e métodos da *lean construction*, Costa (2016) considerou que os resultados da empresa melhoraram, verificando que perdas, desperdícios e custos foram minimizados e os processos na execução das atividades da obra melhoraram.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A filosofia *lean* resume-se na criação de valor através da eliminação de todo o tipo de desperdício, ou seja, eliminação de tudo que não agrega valor ao produto final, atendendo as necessidades dos clientes. A partir do momento que se entrega a obra dentro do prazo e sem estourar o orçamento, eliminando desperdícios e atendendo todas as necessidades do cliente, a empresa consegue atingir um nível de fidelidade dos mesmos e ainda consegue aumentar o lucro. No pensamento tradicional é comum que se aumente os preços (devido ao grande desperdício) para obter maiores lucros, porém, no pensamento enxuto, os custos são reduzidos e assim o preço não aumenta, tornando-se, consequentemente, mais competitivo. Sendo assim, a satisfação do cliente e a minimização de desperdícios tornam-se fatores importantes a serem alcançados e isso ocorre através da utilização de princípios e ferramentas *lean*.

Arantes e Costa (2008) concluíram em seu trabalho, que a aplicação da construção enxuta é um incremento para a eficiência dos processos por meio de redução de desperdícios, como custos, tempo e recursos e consequentemente a empresa terá aumento de lucro e produtividade. Assim, uma empresa que lucra transmitirá segurança para os clientes e motivação dos colaboradores.

Dentre os fatores que prejudicam a realização da filosofia *lean*, destacam-se a falta do hábito das empresas de controlar e gerenciar os processos de produção, coletar e analisar dados e treinar funcionários, pois não adianta inovar e deixar de investir no entendimento dos funcionários ou treiná-los de forma incorreta. Falta também um maior comprometimento, quanto observar as necessidades de cada obra e de cada cliente, aplicando de forma correta os princípios da construção enxuta para se chegar ao sucesso de sua implementação. Pode-se dizer que isso ocorre devido a uma resistência cultural, juntamente com a pouca clareza, tanto dos profissionais, clientes e funcionários, sobre os benefícios que o planejamento pode trazer à obra.

Conclui-se que para a implementação da *lean construction* ser disseminada nas empresas, é necessário vencer muitos obstáculos e assim, se usada de forma correta, torna-se uma forte ferramenta para reduzir todos os tipos de desperdícios, que são visíveis nos canteiros de obras, gerando então, uma maior eficiência no processo de produção e maior competitividade entre as empresas.

4. REFERÊNCIAS

ARANTES, P. F. **Lean Construction – filosofia e metodologias**. 2008. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ARANTES, P. F.; COSTA, J. M. da. **Lean Construction**. Porto: GESCON, 2008. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/70263/2/65990.pdf>>. Acesso em: 10 Agosto 2017

CARMO, B. S. M. do. **Lean Construction: Estudo de caso sobre a aplicação de ferramentas para redução de desperdícios em empreendimento de construção civil.** Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/handle/10869/5340>>. Acesso em: 1 agosto 2017

COSTA, J. D. da. Aplicação na construção civil de técnicas e ferramentas de planejamento e controle, baseados no conceito da construção enxuta. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopolio10018407.pdf>>. Acesso em: 2 agosto 2017

FERREIRA, K. R. S. Estudo sobre a filosofia da construção enxuta aplicada as construções de pequeno porte. Universidade Regional do Cariri – URCA, 2012. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/104013573/Construcao-Enxuta-Lean-Construction>>. Acesso em: 10 novembro 2017

FORMOSO, C. T. (2000) - **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos.**
NORIE/UFRGS.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisas**. 4^a. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. California: Stanford University, California. 1992. Disponível em: <<https://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf>>. Acesso em: 5 setembro 2017

LORENZON, I. A. A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3339/2144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> . Acesso em: 7 agosto 2017

LORENZON, I. A.; MARTINS R. A. Discussão sobre a medição de desempenho na *lean construction*. Bauru: XIII SIMPEP, 2006. Disponível em: <http://www.simpeptestemigracao.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf>. Acesso em: 3 agosto 2017

PEREIRA, J. P. N. Aplicação do Lean Construction no controlo e gestão em processo de produção. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na Área de Especialização em Edificações) – Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012

PICCHI, F. A. **Oportunidade da aplicação do Lean Thinking na construção.** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/arqs/20090520035423-T5-lean_construcao.PDF>. Acesso em: 13 agosto 2017

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da *lean construction* em construtora.** Salvador: XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_177_013_21856.pdf>. Acesso em: 12 agosto 2017