



# **ESTUDO E ANÁLISE DA METODOLOGIA *LEAN CONSTRUCTION***

Autor: Pedro Guilherme Ferreira Gonçalves  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Pedro Guilherme Ferreira Gonçalves

# **ESTUDO E ANÁLISE DA METODOLOGIA *LEAN CONSTRUCTION***

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da  
Escola de Engenharia UFMG

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2014

G635e

Gonçalves, Pedro Guilherme Ferreira.  
Estudo e análise da metodologia *Lean Construction* [manuscrito] /  
Pedro Guilherme Ferreira Gonçalves. - 2014.  
60 f., enc.: il.

Orientadora: Danielle Meireles de Oliveira.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Anexos: f. 59-60.  
Bibliografia: f. 57-58.

1. Construção civil. I. Oliveira, Danielle Meireles de. II. Universidade  
Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69

Dedico este presente trabalho aos  
meus amados

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus*, por permitir a minha evolução intelectual.

*Aos meus pais*, pela oportunidade de vida.

*A minha madrinha*, pela confiança.

*A minha namorada*, pelo amor.

*A Mariana Pereira*, por toda atenção e ajuda prestada na realização deste trabalho.

*A orientadora Danielle*, pela dedicação e exemplo de profissionalismo.

“A educação tem raízes amargas,  
mas os seus frutos são doces.”

# SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Justificativa .....	12
1.2 Objetivo Geral .....	12
1.3 Objetivo Específico .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 Era do artesanato à Era da produção em massa.....	13
2.2 Origem do Sistema Toyota de Produção – STP .....	14
2.3 Conceitos do Sistema Toyota de Produção .....	15
2.4 Pilares e ferramentas que compõem o STP .....	20
2.4.1 Just in Time (JIT) .....	22
2.4.2 Autonomiação ( <i>Jidoka</i> ).....	24
2.4.3 <i>Kanban</i> .....	25
2.4.4 <i>Poka Yoke</i> .....	26
2.4.5 <i>Kaizen</i> (melhoria contínua) .....	27
2.4.6 Ferramenta 5 s.....	29
2.4.7 Cinco “por quês” .....	30
3 <i>LEAN CONSTRUCTION</i> .....	32
3.1 Geração de valor e gerenciamento dos fluxos, segundo o conceito <i>Lean Construction</i> .....	33
3.1.1 Geração de valor .....	33
3.1.2 Gerenciamento dos fluxos .....	34
3.2 Princípios <i>Lean</i> .....	35
3.2.1 Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor .....	35
3.2.2 Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente.....	36
3.2.3 Reduzir a variabilidade .....	37
3.2.4 Reduzir o tempo de ciclo .....	38
3.2.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes .....	39
3.2.6 Aumentar a flexibilidade de saída.....	39
3.2.7 Aumentar a transparência do processo .....	40
3.2.8 Focar o controle no processo global.....	41
3.2.9 Estabelecer uma melhoria contínua no processo .....	41

3.2.10 Introduzir melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões.....	42
3.2.11 Fazer Benchmarking.....	42
3.2 Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil .....	43
3.3.1 <i>Last Planner</i> .....	44
4 ESTUDO DE CASO .....	45
4.1 A empresa.....	45
4.2 O empreendimento .....	45
4.3 Desenvolvimento do estudo.....	47
4.4 – Resultados do estudo aplicado .....	53
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Valor agregado na montagem de chassis de caminhão .....	16
Figura 2: Compreendendo a geração de valor e desperdícios .....	20
Figura 3: Estrutura do STP.....	21
Figura 4: Linha de produção utilizando a metodologia <i>Just in Time</i> .....	23
Figura 5: Kanban de produção. ....	26
Figura 6: Esteira com dispositivo <i>Poka yoke</i> .....	27
Figura 7: Programa 5 S.....	30
Figura 8: Modelo de processo <i>Lean Construction</i> .....	34
Figura 9: Limpeza e organização no canteiro.....	36
Figura 10: Padronização diminui os erros de processo .....	37
Figura 11: Dois planejamentos distintos em uma mesma obra.....	38
Figura 12: Transparência no processo .....	40
Figura 13: Melhoria contínua .....	42
Figura 14: Análise dos Processos .....	44
Figura 15: Execução da torre 4.....	46
Figura 16: Forma sobre medidas. ....	49
Figura 17: Montagem da forma .....	49
Figura 18: Montagem da forma, no segundo pavimento .....	50
Figura 19: Forma com identificação .....	50
Figura 20: Montagem das tubulações sobre medida .....	52
Figura 21: Estoque de tubulações.....	52
Figura 22: Kits de montagem .....	53

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Dados do empreendimento em construção.....	46
--	----

## RESUMO

O presente trabalho retrata um estudo voltado a eliminação de desperdícios, gerados em atividades rotineiras no setor da construção civil. Enxergar e compreender os impactos dos desperdícios são tarefas difíceis para aqueles que nunca estudaram a cadeia de valor agregado. Baseado no Sistema Toyota de Produção, o *Lean Construction* (Construção Enxuta), é uma metodologia focada para a eliminação de desperdícios, utilizando um novo conceito de gestão e fluxo produtivo. Portanto, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é analisar a importância dos conceitos *Lean* na gestão dos processos produtivos. Para isso utilizou-se uma pesquisa bibliográfica, estudando a metodologia enxuta empregada na indústria automobilística até a adequação desta metodologia para o setor da construção civil. Também foi realizado um estudo de caso em uma grande construtora, no qual foram verificados os efeitos positivos da aplicação do *Lean Construction*, resultando a eliminação dos desperdícios

## 1. INTRODUÇÃO

Antigamente para se colocar um valor no produto final construído, bastava planejar um lucro desejado mais o valor do custo de fabricação, essa pequena equação se alastrou por décadas e em vários setores do mercado. Até que surgiram fortes concorrências e a única saída para fidelizar o cliente seria disputar o valor do produto, para isso as empresas abriram mão de ganhos maiores. A redução dos custos de fabricação (execução) se tornou a saída mais prudente para aumentar os ganhos. Essa ideia já foi comprada pelos gestores e empresários da construção civil, porém, em sua maioria, não está sendo executada ou está sendo aplicada de forma incorreta, sem a implementação da qualidade nos processos, ou seja, reduz-se o custo de processo prejudicando a qualidade do projeto.

Ainda nos dias atuais, o setor da construção civil vem desenvolvendo suas atividades no modelo antigo de produção, sem nenhum tipo de inovação de metodologias. Sabe-se que este modelo, pode negligenciar alguns aspectos como produtividade e qualidade nas construções (BERNARDES,2010).

O setor industrial, por outro lado, vem aplicando metodologias de gestão da qualidade mais satisfatórias, principalmente aquelas que se espelham ao Sistema Toyota de Produção (STP). Esse sistema, também conhecido formalmente como *Lean Manufacturing*, vêm gerando resultados agradáveis, pois reduz o custo de processo e também aumenta a qualidade do produto final.

Visando o sucesso industrial, pensadores voltados para construção civil tentaram e ainda desenvolvem modelos baseados na produção *Lean*. O principal estudo voltado para a nova filosofia é o trabalho de Lauri Koskela "*Application of the new production philosophy in the construction*" publicado em meados de 1992, e que apresenta onze princípios da *Lean Construction* (ISATTO, 2000).

## **1.1 Justificativa**

A falta de consciência sobre o que realmente agrega valor na empresa permite a geração de desperdício, que ao passar dos tempos vai se acumulando e possibilitando perda tanto na qualidade quanto, principalmente, na produtividade. E a filosofia *Lean* vem justamente para abrir os olhos dos gestores, identificando de fato o que gera prejuízo.

## **1.2 Objetivo Geral**

Demonstrar por meio de pesquisas bibliográficas e comprovar em um estudo de caso que o *Lean Construction* é uma metodologia auxiliadora no combate aos desperdícios.

## **1.3 Objetivo Específico**

Estudar a história do Sistema Toyota de Produção, identificar seus benefícios, estudar a cadeia de valor agregado e os desperdícios gerados na produção, abordar o sistema *Lean* na construção, como aplicar, mostrar as ferramentas auxiliadoras, os princípios *Lean* específicos e através do estudo de caso analisar e apresentar os resultados obtidos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para entender a filosofia Lean Construction, é essencial saber de onde ela surgiu e quais estudos permitiram os seus princípios. Por isso nesta seção apresenta-se uma breve história do surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP), passando também pela era do artesanato, taylorismo, fordismo e posteriormente a criação do *Lean Construction*.

### 2.1 Era do artesanato à Era da produção em massa

Desde a sua origem o homem vem criando modos criativos de produção, seja por necessidade ou para seu bem estar. Os primeiros produtores realizavam atividade visando somente o uso pessoal ou familiar. Essas atividades foram se expandindo e logo se tornaram um meio de comércio, daí que surgem os chamados artesãos, pessoas habilidosas em um determinado fim, que usam seus dons ao produzir para terceiros, em troca de algo de valor ou moeda.

Segundo Albornoz (2000) no modelo artesanal de produção, o artesão realiza todo o processo de montagem sozinho ou com alguns ajudantes, conhece todas as fases de produção e tem o domínio do processo até o produto final.

Após a criação da máquina a vapor de James Watt, nascem idéias revolucionárias de padronização das técnicas dos artesãos, e assim chega-se a era da Revolução Industrial. Onde a qualidade dos processos e dos produtos diminuem bastante, porém o custo também diminui.

De acordo com Pereira (2012), pelo contexto das mudanças devido a nova era da revolução industrial, nasce a teoria de Frederick Taylor, conhecida como Taylorismo. Surgem mudanças na produção, como a padronização de processos e a divisão do trabalho bem definida. Além disso, nota-se a caracterização do colaborador, através da organização e divisão de tarefas, maximizando o rendimento e eficiência com o mínimo de tempo e atividade.

Baseado na ideia de Taylor, anos mais tarde, no início do século XX, surge Henry Ford, com o propósito em criar a produção em massa, conhecida como Fordismo.

O principal objetivo de Ford era reduzir ao máximo os custos de fabricação, com isso poderia reduzir o preço do produto final, consequentemente aumentaria o número de vendas. A desvantagem deste processo, dá-se pelo fato que o trabalhador é especialista em uma função, somente aquela, perdendo o prazer pelo trabalho desgastante e com excessivos movimentos repetitivos (ALBARNOZ, 2000).

## **2.2 Origem do Sistema Toyota de Produção – STP**

Após a derrota do Japão na Segunda Guerra Mundial, em meados de 1945, surgiu uma importante mudança na empresa Toyota:

[...] Toyoda kiichirō, então presidente da Toyota Motor company, disse, “Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística do Japão não sobreviverá.” Para realizar essa missão, tínhamos que conhecer os Estados Unidos e aprender os métodos americanos (OHNO,1997,p.25).

A empresa Toyota, a partir da necessidade urgente de mudança, optou a conhecer os conceitos de Henry Ford, que até então, dominava o mercado automobilístico com sua produção em massa. Porém observaram que a filosofia implementada nos Estados unidos, era totalmente inadequada para o padrão japonês. Womack *et al. apud* Pereira (2012) afirma que as características singulares da indústria japonesa, naquela época exigiam:

- alta variedade de produtos, devido às limitações do mercado no Japão;
- falta de mão de obra especializada e com baixo custo. Normas trabalhistas ainda eram presentes, participação dos empregados nos lucros das empresas, direitos e compensações;
- depois da guerra a economia do Japão estava fraca e era praticamente impossível importar tecnologias do outro lado do mundo;
- o mercado no Japão representava fonte de interesse de produtores de veículos em todo o mundo, que estavam dispostos a defender os mercados já dominados.

A partir desse cenário, os japoneses criaram mecanismos de gerenciamento de custo moderado, para tentar entrar em concorrência ao mercado americano.

Segundo Womack et al. *apud* Pereira (2012) foi preciso mais de vinte anos para que empresa Toyota implantasse o conjunto completo de idéias dentro do STP. O resultado obteve melhorias significativas na produtividade, qualidade e na capacidade de resposta a mudanças do mercado.

### **2.3 Conceitos do Sistema Toyota de Produção**

Conhecida formalmente como *Lean Manufacturing*, o *Toyota Production System* é um sistema japonês desenvolvido por Taiichi Ohno. Integra metodologias como *Kanban*, *Just in time*, *Autonomação*, *Kaizen*, *Poka Yoke*, entre outros. Seu foco é eliminação de desperdícios e tarefas que não agregam valor.

Para o entendimento da filosofia, é necessário a compreensão do que agrega valor, do que não agrega valor mas é necessário e o que é desperdício.

- Agrega valor

Ohno (1997) define valor agregado a algum tipo de processamento, ou seja, mudar a forma do material ou as características de um produto ou montagem. A palavra processar está relacionada com agregar valor. Matérias primas ou itens durante seu processamento geram valor.

Deve-se considerar que os processamentos de retrabalho não são considerados agregação de valor.

Liker (2005) relaciona agregação de valor com o interesse do cliente ao processo. O autor cita um exemplo de uma operação de montagem manual de chassis de caminhão. Nessa operação, o operário realiza diversas atividades, mas apenas três são as que importam para o cliente, ou seja, agregam valor: posicionar o componente no chassi, colocar os parafusos no componente e apertar os

parafusos no chassi usando a ferramenta mecânica. Todo o restante da operação não agrega valor. Na figura 1 está ilustrado o exemplo de Liker.

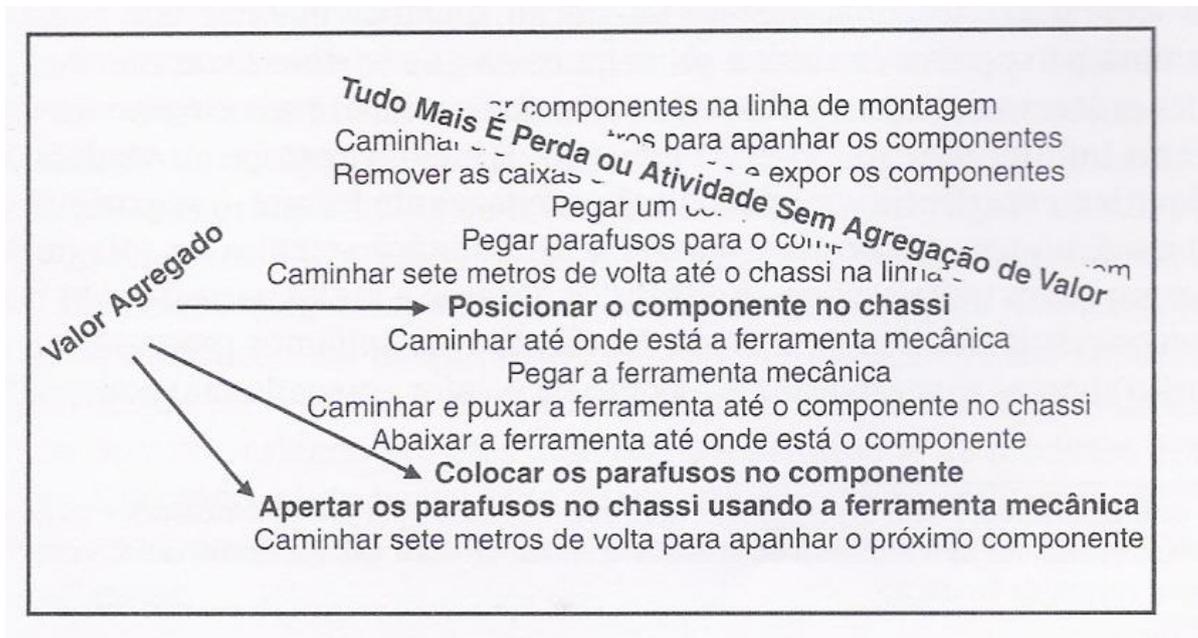


Figura 1: Valor agregado na montagem de chassis de caminhão (LIKER, 2005).

- Não agrega valor, mas é necessário.

Segundo Ohno (1997) é um trabalho sem valor agregado, que poderia ser evitado, mas pelas condições atuais na linha de produção ele se torna necessário.

Deslocamento para pegar peças, colocar matéria prima na prensa, apertar botões da máquina, são exemplos de situações que ocorrem devido às necessidades atuais da fábrica. Pela figura 1 pode identificar, também, alguns exemplos, como pegar a ferramenta mecânica e abaixa-la até onde está o componente.

De acordo com Ohno (1997) o STP é um método focado em acabar com o desperdício e aumentar a produtividade. Desperdício na produção se refere a tudo que aumentam os custos sem agregar valor. De acordo com o mesmo autor, pode-se identificar os desperdícios como:

1- Superprodução: Produção de produtos desenfreada para os quais não há demanda, ocasiona desperdícios com excesso de mão de obra, de estoque e com custos de transporte consequente ao estoque excessivo (LIKER, 2005).

Para Shingo (1996) existem dois tipos de superprodução, a primeira é Quantitativa, diz que a produção dos itens é efetuada além do que é necessário, e a segunda é a Antecipada, sua produção ocorre antes da necessidade.

Na ótica da Produção Enxuta é importante reduzir custos, portanto máquinas não precisam produzir o tempo todo se não houver demanda. Os trabalhadores devem ser multiquificados e poder operar mais máquinas. A produção deve ser programada de forma a atender à demanda, sendo balanceada para tal, com produção exatamente do número de produtos que serão imediatamente consumidos, evitando produzir em excesso, seja para clientes internos ou externos (SARCINELLI, 2008, p.19).

2- Espera (tempo sem trabalho): Colaboradores que são utilizados para vigiar máquina automática ou que permanecem esperando pela próxima tarefa no processamento, ferramenta, peça, etc., ou que simplesmente não existe trabalho atual para realizar de imediato, consequência de uma falta de matéria prima, atrasos no processo, interrupção do funcionamento de equipamentos e gargalos de capacidade (LIKER, 2005).

Esse desperdício para Ohno (1997), naturalmente, gera vários erros dos gestores, pois ao perceberem este tempo de espera, inventam trabalho desnecessário que, por sua vez, aumenta o uso de outros insumos, como energia e de materiais. O autor considera isso como um desperdício secundário.

3- Transporte ou movimentação desnecessária: Desperdício causado por movimentação de estoque em processo por longas distâncias, criação de transporte ineficiente ou deslocamento de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou fora do estoque ou entre processos (LIKER, 2005).

As melhorias mais significativas em termos de redução das perdas por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de alterações de layouts que dispensem ou eliminem as movimentações de material. Somente depois de

esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, melhorias nas operações de transporte são introduzidas (SARCINELLI, 2008, p.20).

4- Processamento incorreto ou superprocessamento: Relaciona-se com passos desnecessários para produzir as peças. Processamento inadequado devido a uma ferramenta ou ao projeto de baixa qualidade do produto, causando desperdícios, através de movimentos sem necessidade e produção defeituosa. Geram-se perdas diretas quando se oferecem produtos com qualidade superior a demandada (LIKER, 2005).

Para Shingo (1996) melhorias voltadas à Engenharia de Valor e à Análise de Valor devem executadas primeiramente, ao invés de tentar fazer com que aumentos da velocidade de corte sejam mais eficientes. O mesmo autor sugere que os engenheiros sejam autocríticos, ao fazerem determinado produto e utilizarem determinado método de processamento, ou seja, qual o motivo de produzir aquele produto e a necessidade de utilizar aquele método?

5- Excesso de estoque: Envolve excesso de matéria-prima, de estoque em processo ou de produtos finais, gerando *lead times* (tempo de ciclo do produto) mais longos, obsolescência, produtos defeituosos, custos de atrasos, custos de armazenagem e custos de transporte. Além disso, o estoque excessivo esconde os problemas, como por exemplo, o desbalanceamento de produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos em geral e longo tempo de *setup* (LIKER 2005).

Conforme Sarcinelli (2008) a implementação do STP tem como uma de suas consequências a eliminação de estoques, através do balanceamento da produção que é programada tendo por ponto inicial de raciocínio o antigo ponto final, ou seja, o cliente, mais especificamente a quantidade demandada.

A filosofia *Lean*, ao contrário da produção tradicional, enxerga a necessidade do cliente, como o ponto mais importante do processo. Baseado na demanda que é feita o balanceamento da produção. Deste modo o estoque vira mínimo, às vezes, zero.

6- Movimentação desnecessária: Qualquer movimento inútil que os colaboradores realizam durante uma operação ou processo, entre eles, procurar ferramentas, matéria prima, pegar ou empilhar peças (LIKER, 2005).

Shingo (1996) relaciona esse desperdício como falta de um bom planejamento, o estudo do *layout* é o fator primordial, afeta diretamente nos movimentos dos operários.

Onho (1997) relata que é possível separar os movimentos dos trabalhadores em desperdício e em agregação de valor. Diz ainda que os colaboradores estarem se movendo o tempo todo não significa que estão trabalhando.

O trabalho sem valor adicionado são os movimentos que devem ser feitos para possibilitar que o trabalho que agrega valor seja feito. São atividades como buscar algum elemento, acionar uma máquina etc. Essa forma de trabalho acontece devido às condições existentes no processo para que seja possível a produção. O objetivo do STP é evoluir os processos de forma que não seja necessário realizar esse tipo de trabalho, evitando que o operário precise executar movimentos que o compõem (SARCINELLI, 2008, p.23).

7- Elaboração de produtos defeituosos, retrabalho: Trata-se de produção de produtos defeituosos. A qualidade no processo e no produto é essencial para evitar este tipo de desperdícios. Consertar ou retrabalhar, descartar ou substituir a produção e inspecionar, gera aumento de custo, de tempo e esforço (LIKER, 2005).

A inspeção neste desperdício se torna importante, porém não no objetivo de encontrar defeitos e sim, justamente de não encontrá-los. Como afirma Shingo (1996), para o autor as inspeções devem eliminar defeitos mais do que descobri-los. As inspeções 100% são mais efetivas que por amostragem. O mesmo autor relata que o controle na fonte, inspeções pelos próprios operários e controles sucessivos são importantes nesse caso, assim como dispositivos *Poka-yoke* (sistema à prova de erros).

Há ainda outro desperdício considerado pelo autor Liker (2005):

**8 - Desperdício da criatividade dos funcionários:** Refere-se a “perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários” (LIKER, 2005).

Eliminar todos os desperdícios é uma tarefa árdua e demorada. É preciso quebra de paradigmas e mudança de cultura. Segundo alguns autores como Shingo (1996), Liker (2005) e Ohno (1997) há mais desperdícios em um processo do que agregação de valor, a figura 2 demonstra exatamente isso. O desperdício pode chegar ate 60% da operação, enquanto a agregação de valor apenas 10%, o restante são operações que não agregam, mas são necessárias.

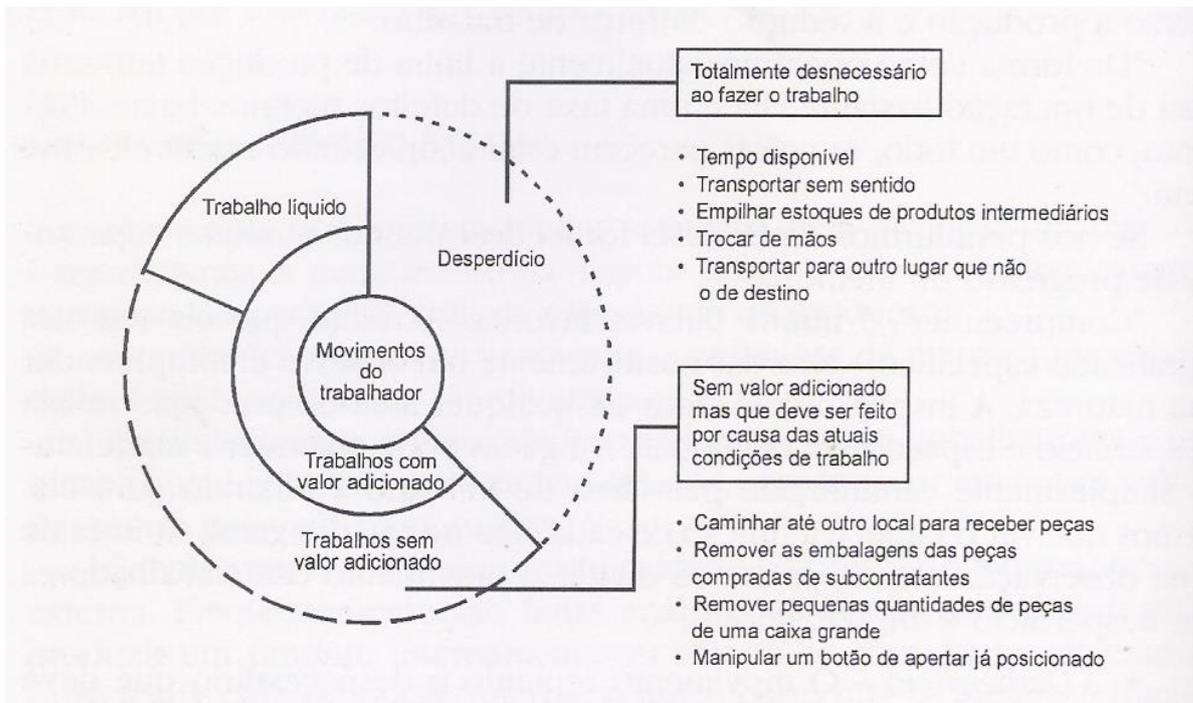


Figura 2: Compreendendo a geração de valor e desperdícios (OHNO,1997).

## 2.4 Pilares e ferramentas que compõem o STP

Na própria Toyota o processo de implementação do *Lean* (STP) demorou alguns anos até ser aplicado em sua totalidade. Algumas técnicas de gerenciamento foram desenvolvidas para eliminar e evitar estes desperdícios.

Algumas técnicas de gestão como o *Just-in-time* é confundido erroneamente com o STP. O sucesso da filosofia *Lean* é todo um conjunto de técnicas elaboradas em sua maioria pelos japoneses mas combinadas com outras de países ocidentais.

Na figura 3, pode se observar, os dois pilares que sustentam a filosofia Lean. Dando jus ao nome pilar, são essas técnicas que sustentam a famosa casa da Toyota, porém, são necessárias outras ferramentas importantíssimas para a complementação dessa casa, kaizen (melhoria contínua), poka yoke, são exemplos. Ferramentas como 5s e 5 por quês não estão a vista, mas integral o STP em sua totalidade, assim como o *Kanban*, auxiliador no método JIT (*Just-in-time*).

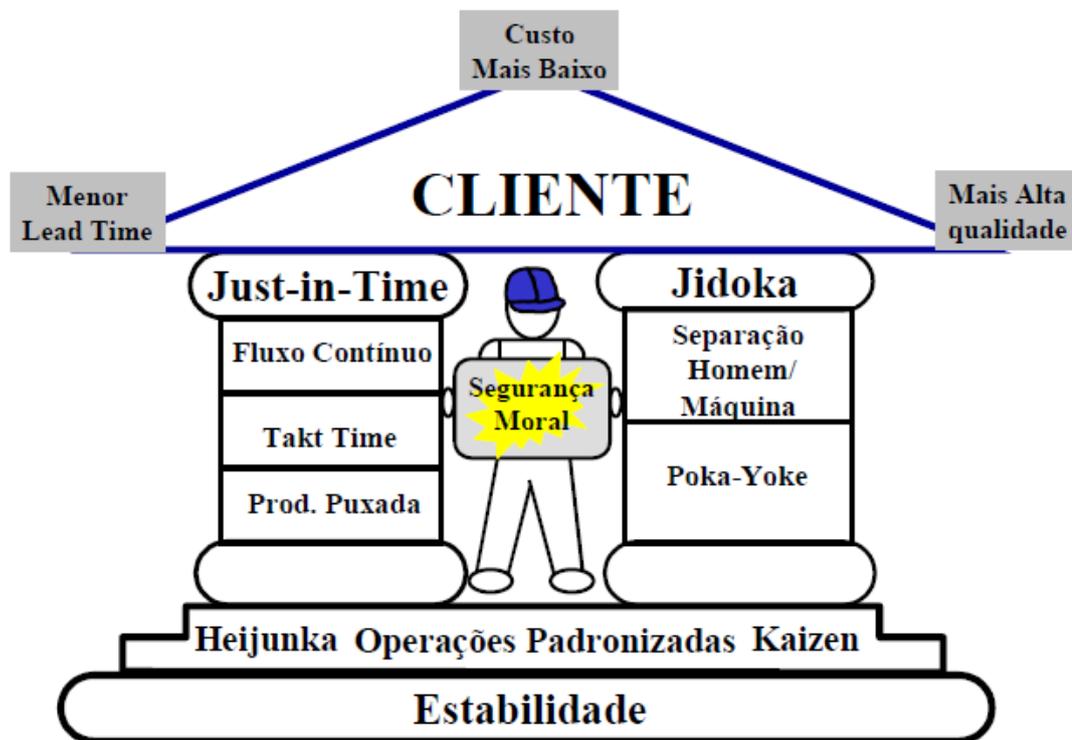


Figura 3: Estrutura do STP (Sarcinelli, 2008).

Serão estudados a seguir os dois pilares ou base do STP: O Just-in-Time (JIT) e a Automação. E posteriormente ferramentas como *Kanban*, *Poka yoke*, *Kaizen*, 5s e os 5 por quês que ajudam a complementar o sistema com eficiência.

### 2.4.1 Just in Time (JIT)

O termo *Just in Time* significa que, em uma cadeia produtiva, os insumos alcancem a linha de montagem no momento certo, ou seja, no momento que são necessitados e somente na quantidade necessária (OHNO, 1997).

A expressão em inglês “Just In Time” foi adotada pelos japoneses, mas não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada. Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras. Portanto, já seria um termo conhecido e amplamente utilizado nas indústrias antes das publicações que notabilizaram o JIT como um desenvolvimento da Toyota Motor Co. No entanto, Ohno afirma que o conceito JIT surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização (SARCINELLI, 2008, p. 26).

Para Pereira (2012) a produção JIT é focada em atingir a melhoria contínua num sistema de produção. Para isso, utiliza ferramentas que permitem o estoque zero ou sem estoque. Deste modo, os processos precisam de abastecimento com as partes (recursos) necessárias, no momento necessário, em quantidade necessária, ou seja, *Just in Time* (CORREA; GIANESI, 1993 *apud* PEREIRA, 2012; SHINGO, 1996).

O JIT é composto por três metodologias: o sistema puxado, o tempo *takt* e o fluxo contínuo (PEREIRA 2012).

O fluxo contínuo, para fazer jus ao seu nome, é abastecido no tempo certo e de acordo com sua necessidade, resultando um *lead time* mais curto.

Para Sarcinelli (2008) a implementação desse fluxo contínuo normalmente requer um estudo de um novo *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais para células de manufaturas compostas dos vários tipos de processos necessários à produção de determinada característica de produtos.

Observa-se na figura 4 a linha de montagem da Toyota onde o fluxo é contínuo, organizado e sem estoques intermediários.



Figura 4: Linha de produção utilizando a metodologia *Just in Time*.  
Fonte: <http://www.manufacturingdigital.com/lean>.

Além do fluxo contínuo outro fator importante no sistema JIT é o *takt time*. Tempo *takt* é o tempo ideal para fabricar um produto ou parte dele, de acordo com a demanda.

O *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas. Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. Como a lógica é produzir ao ritmo da demanda, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao *takt time*. Portanto ao invés de termos dois operadores com tempos de ciclo de 30 segundos, procuramos alocar todas as operações a um único operador para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (*kaizen*), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com *takt time* de 50 segundos (SARCINELLI, 2008).

Outro sistema composto na metodologia JIT é a produção puxada. A lógica é produzir somente o que for vendido, evitando a superprodução, um dos desperdícios estudados. A programação da produção é simplificada e auto

regulável, estudos sobre reavaliações das necessidades de produção não precisam ser realizados e as interferências das instruções verbais, características da produção empurrada (SARCINELLI, 2008).

#### **2.4.2 Automação (*Jidoka*)**

Sarcinelli (2008) afirma que em meados da década de 20 quando a família Toyoda ainda trabalhava na área têxtil, Sakichi Toyoda criou um mecanismo que parava automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse atingida ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Desta maneira, o seu operador não ficava o tempo todo vigiando a máquina, criando assim, supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação foi revolucionária para época.

Não deve ser confundida com automação, que por si só, tem outro significado. Automação (também conhecida como *Jidoka*) é o conjunto da própria automação com um toque humano.

Conforme Ohno (1997) o conceito é aplicado às máquinas como também na linha de fabricação e aos operários. Durante um eventual problema, exige que um operário pare a linha. A automação impossibilita a produção de produtos defeituosos, elimina desperdícios, como a superprodução, e para automaticamente em caso de anormalidades na linha possibilitando que a situação seja investigada.

Para Pereira (2012) devido a automação, o equipamento possuía certa autonomia e a vigilância constante do colaborador na máquina era dispensada, possibilitando uma supervisão mais ampliada do processo. Ou seja, o colaborador poderia atuar em diversos equipamentos, ao longo da cadeia, permitindo maior eficiência individualizada.

De acordo com Scarnelli (2008) quando o engenheiro Ohno iniciou os testes com a automação, as linhas de fabricação paravam a todo instante, mas com o tempo e a experiência de identificar e analisar os erros, o número de problemas

começou a diminuir vertiginosamente. Atualmente, nas fábricas da Toyota, as linhas de produção dificilmente param, pois o rendimento das linhas se aproxima dos 100%.

### 2.4.3 *Kanban*

Simão apud Junqueira (2006) relata que na empresa Toyota o sistema de *kanban* foi desenvolvido para controlar o *Just in Time*. *Kanban* exige um bom nivelamento, tanto de volume quanto de mix de produtos. Com o nivelamento proporcionará uma boa redução no lead time (tempo de ciclo) de produção. Pode ser obtido reduzindo o tamanho dos lotes de produção até a unidade e utilizando-se de correias transportadoras ajustadas conforme o *takt* time. O nivelamento também é favorecido pelo *setup* rápido e por trabalhadores multi-funcionais.

Taiichi Ohno, criador do sistema, fala sobre a relação do *kanban* dentro do JIT:

Um *Kanban* (“etiqueta”) é um instrumento para o manuseio e garantia da produção Just-in-time, o primeiro pilar do Sistema Toyota de Produção. Basicamente um *kanban* é uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um *kanban* é um pequeno pedaço de papel inserido em um envelope retangular de vinil. Neste pedaço de papel está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas peças têm de ser montadas (OHNO, 1997,p. 131).

Na linha de produção os processos dependentes devem se interagir de forma que o que um produz o outro deve dar continuidade respeitando a demanda. Ou seja, um processo posterior demanda do processo anterior retirada de itens necessários e no tempo exato. Assim o processo anterior só produz o que será retirado pelo processo seguinte. Quando a essa retirada de itens pelo processo posterior, o anterior passa para ele a informação de retirada, denominada *Kanban de movimentação*.

O conceito de *kanban* é complexo, pois atualmente sua função vai além do mecanismo de controle e melhoramento do JIT. A figura 5, representa um *kanban* de produção de uma empresa produtora de peças automobilística, que também

utiliza o sistema *Kanban* implementado na linha de produção. Observa-se que no quadro há vários cartões, isso porque cada um representa uma ordem de produção para um produto diferente. Cada *Kanban* (*cartão*) contém informações necessárias para sua fabricação.



Figura 5: Kanban de produção. (Elaborada pelo Autor).

#### 2.4.4 Poka Yoke

Palavra japonesa que significa à prova de erros. Segundo Slack et al. (2009), *Poka yoke* são sistemas simples (preferencialmente baratos) que são incorporados para prevenção de erros por falta de atenção dos operadores ou clientes, que provocam defeitos.

Um dispositivo *Poka yoke* engloba mecanismos que evitam que o erro seja cometido ou que pelo menos façam com que o erro possa ser óbvio a primeira vista, para que assim seja facilmente detectado e corrigido (WERKEMA, 2006).

De acordo com Shingo (1996) o *Poka yoke* pode ser usado como:

- Método de Controle: *Poka yoke* é ativado e a máquina ou linha de processamento para, dando oportunidade para correção do problema;

- Método de Advertência: *Poka yoke* é ativado e um alarme soa ou uma luz indicadora, alertando os operadores.

“Defeitos mais frequentes, geralmente, exigem um *Poka yoke* de controle. Se a frequência do defeito é baixa e o defeito puder ser corrigido, é aconselhado um *Poka yoke* de advertência.” (SHINGO, 1996, p.56).

Pode-se citar como exemplo de *Poka yoke*, trava eletrônica de carro, sensor de porta de elevador, disjuntor, cabos USB, etc.

Pela figura 6 observa-se uma esteira na linha produção, onde os itens iram passar para o outro setor, porém no caminho se encontra um dispositivo a prova de erro, o *Poka yoke*, onde só ira passar itens de acordo com a conformidade pré-estabelecida.

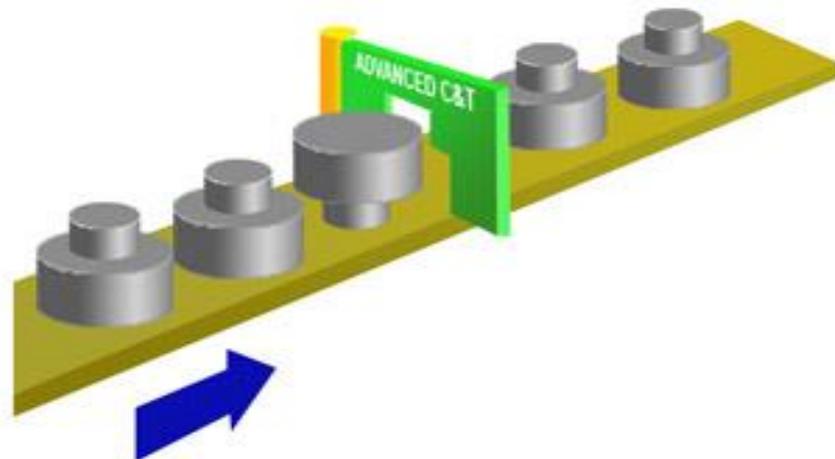


Figura 6: Esteira com dispositivo *Poka yoke*.  
Fonte: <http://advanced-eng.com.br>

#### 2.4.5 *Kaizen* (melhoria contínua)

A melhoria contínua é usada por aquelas organizações que acreditam que há sempre o que melhorar, por mais ajustes e reformas que já foram feitas ao longo do tempo. É uma visão totalmente diferenciada da maioria, muitos apenas detectam o problema e tentam resolve-lo, caso o resultado seja positivo, ficam

satisfeitos. É aí que está o perigo, os gestores não enxergam que é mais fácil evitar um problema do que combatê-lo.

Slack et al. (2009) define assim melhoria contínua:

Melhoramento contínuo, como o nome indica, adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que presume mais e menores passos de melhoramento incremental. Esse melhoramento não implica a promoção dos pequenos melhoramentos, todavia, em vantagem significativa sobre os grandes – eles podem ser seguidos de forma relativamente indolor por outros pequenos melhoramentos. (SLACK et al. 2009, p. 574).

Quando a organização implementa a melhoria contínua, é possível deparar, caso não tenha um programa de qualidade forte, com vários pontos negativos que precisam de uma solução. Mas ao passar do tempo, os problemas irão diminuir, e a melhoria contínua passar a ser um programa tanto preventivo, quanto de melhoramento.

De acordo com Slack et al. (2009), na melhoria contínua não é a taxa de melhoramento que é significativa, o que importa é o melhoramento em si.

### *Kaizen*

A melhoria contínua também é conhecida como *Kaizen*, sua definição é dada por Masaaki Imai, que foi um dos principais autores do melhoramento contínuo. *Kaizen* significa melhoramento, mas é melhoramento na vida pessoal, doméstica, social e também no trabalho. Quando aplicado no trabalho, o *Kaizen* significa melhoria contínua envolvendo todos da organização, administradores e trabalhadores igualmente, (SLACK et al. (2009).

Segundo Werkema (2006), *kaizen* é uma palavra japonesa que significa melhoria contínua, o objetivo do *kaizen* é alcançar melhorias rápidas, que exigem o emprego organizado do senso comum e da criatividade para melhorar um processo individual ou até um fluxo de valor completo.

O *Kaizen* é obrigação de todos. O conceito do *Kaizen* é crucial para entender as diferenças entre os enfoques japonês e ocidental de administração. Se me pedissem para citar a diferença mais importante entre os conceitos japonês e ocidental de administração, eu diria sem hesitar: “o *Kaizen* japonês e a sua maneira de pensar orientada para o processo versus o pensamento ocidental orientado para a inovação e os resultados” (IMAI, 1990, p.21).

*Kaizen* é uma ferramenta da qualidade diferente das demais, o que mais diferencia é a filosofia empregada. Normalmente são gestores ou técnicos capacitados que avaliam situações e melhoram processos ou serviços, já o *kaizen* exige apenas uma porcentagem baixa desses profissionais, sendo o resto por pessoas de outras áreas, como por exemplo, o porteiro de uma empresa. Segundo Imai (1990), isso acontece, pois a idéia do *kaizen* é interagir a fábrica toda, mostrar o valor de cada profissional, mostrar que uma equipe pode fazer mais que apenas gestores e técnicos.

São inúmeros os resultados do *Kaizen*, como aumento significativo da produtividade, eliminação de espera, aumento do valor agregado, meio ambiente, melhor organização, eliminação de retrabalho e transporte excessivo (WERKEMA, 2006).

#### **2.4.6 Ferramenta 5 s**

O 5 s é primordial tanto dentro da melhoria contínua quanto fora dela. Não existe auto dependência, porém a sua combinação gera resultados mais eficientes.

Segundo Werkema (2006), 5s é método que visa manter a limpeza e a organização das áreas de trabalho, tanto na parte administrativa quanto a manufatura. A sigla representa 5 palavras japonesas que iniciam com a letra s, conforme mostra a figura 7.



Figura 7: Programa 5 S.  
 Fonte: <http://sosempresarial.com.br/>

De acordo com Imai (1990) as cinco palavras têm a seguinte representação:

- *seiri*, eliminar o desnecessário;
- *seiton*, colocar ordem;
- *seiso*, limpeza;
- *seiketsu*, asseio e saúde;
- *shitsuke*, disciplina.

A implementação dos 5s pode trazer o aumento de produtividade, melhoria no atendimento a prazo, redução de defeitos, aumento de segurança no trabalho, redução de material perdido e melhoria na capacidade para distinção entre condições normais e anormais de trabalho (WEKEMA, 2006).

#### 2.4.7 Cinco “por quês”

É uma ferramenta que também atua dentro da melhoria contínua (*Kaizen*), mas, como os 5 s, não é dependente, pode-se aplicar em algumas situações isoladas. Ohno (1997) afirma que na Toyota sempre que deparam com um problema qualquer é feita uma abordagem científica perguntando cinco vezes por quê.

Repetindo-se cinco vezes por quê, para Shingo (1997), pode ser encontrado não só a natureza do problema mas também a sua solução.

Ohno em seu livro O Sistema Toyota de Produção dá um exemplo sobre o método:

- 1- Por que a máquina parou?  
Por que houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
- 2- Por quê houve uma sobrecarga?  
Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.
- 3- Por que não estava suficientemente lubrificado?  
Por que a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
- 4- Por que a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente?  
Por que o eixo da bomba estava gasto e vibrando.
- 5- Por que o eixo estava gasto?  
Por que não havia uma tela acoplada e entrava limalha.  
(OHNO, 1997,p 38).

Observa-se pelo exemplo do autor que o problema inicial se trata da parada da máquina, e a possível solução é a troca de fusível por novos ou aliviar a carga. Mas ao aplicar a ferramenta em estudo, identifica-se que o problema é outro e a solução também.

Os cinco por quês é uma metodologia sem custo e de resposta eficiente, porém deve-se ter cautela a sua aplicação, a resposta certa para cada pergunta é a chave do problema.

### 3 LEAN CONSTRUCTION

Visando o sucesso nas indústrias, em meados dos anos 90, pesquisadores começaram a introduzir na construção uma nova concepção de desperdícios, que passa a ser compreendido como toda atividade realizada pela empresa que absorve recursos, mas não agrega valor, ou seja, não é percebida pelo cliente, utilizada pela Produção Enxuta (SARCINELLI, 2008).

A construção civil é caracterizada por altos indicadores de desperdício, produtos com baixa qualidade, grande ocorrência de patologias construtivas, processos ineficientes e ineficazes e, por isso mesmo, mostra-se como um campo promissor aos resultados que podem ser obtidos através da aplicação dos conceitos da construção enxuta (JUNQUEIRA, 2006, p.11).

De acordo com Koskela (1992), os conceitos *Lean* de Produção civil exigem uma mudança do paradigma gerencial, destacam a importância da conversão, centralizando a atenção na produtividade, para a abordagem completa do processo. Mas para que isso aconteça é preciso desenvolver habilidades gerenciais em relação à visão sistêmica e aprendizado coletivo.

Essas habilidade gerenciais estão envolvidas diretamente com estes três pontos citado por (KOSKELA, 1992):

- 1) Abandono do conceito de processo, como transformação de *inputs* em *outputs*, passando a designar um fluxo de materiais e informações;
- 2) Análise do processo de produção através de um sistema de dois eixos ortogonais: um representando o fluxo de materiais e outro, o fluxo de operários;
- 3) Consideração do valor agregado sob o ponto de vista dos clientes internos e externos, tendo como consequência a reformulação do conceito de perdas, que passa a incluir, também, as atividades que não agregam valor ao produto, como transporte, estoque, espera, inspeção e retrabalho.

Fica claro que a mudança de pensamento dos gestores deve ser modificada, ideias voltadas a linha antiga tradicional de construção, impendem a implementação adequada da filosofia *Lean*.

### **3.1 Geração de valor e gerenciamento dos fluxos, segundo o conceito *Lean Construction*.**

#### **3.1.1 Geração de valor**

Entender o que gera valor e o que não gera é o segredo do sucesso na implementação do *Lean Construction*.

Nem toda a atividade de processamento agrega valor ao produto. Por exemplo, quando as especificações de um produto não foram atendidas após a execução de um processo e existe a necessidade de retrabalho, significa que atividades de processamento foram executadas sem agregar valor (FORMOSO, 2002, p.4)

Ainda de acordo com Formoso (2002) o conceito de geração de valor está diretamente relacionado com à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Deste modo, um processo só agregará valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos necessitados pelos clientes, sejam eles internos ou externos.

Na figura 8, pode-se observar um modelo simples de processo produtivo, onde se encontram diversas etapas. Nota-se que todas, exceto o processamento, não agregam valor, pois não se relacionam com a necessidade do cliente, ou seja ele não está pagando para ter espera ou inspeção. O processamento por sua vez preenche esse requerimento, apesar que não em sua totalidade, por exemplo, o retrabalho seria um desperdício e não uma agregação de valor.

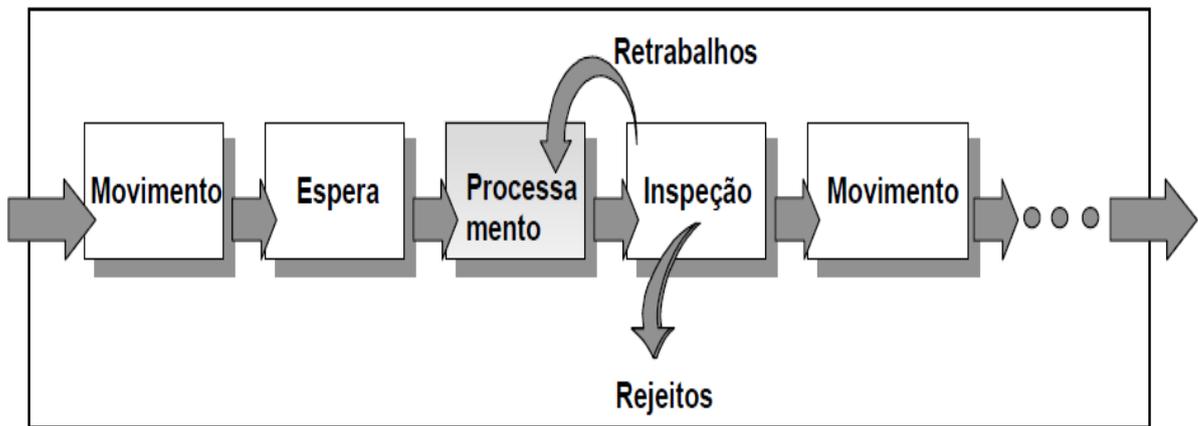


Figura 8: Modelo de processo *Lean Construction* (KOSKELA, 1992).

### 3.1.2 Gerenciamento dos fluxos

Na construção *Lean*, fluxo relaciona a um problema: a existência de atividades de transporte, inspeção e espera, que como citado anteriormente, são desperdícios que devem ser eliminados ou reduzidos ao máximo, pois não agregam valor ao produto.

Para Ballard e Howell *apud* Junqueira (2006) o *Lean* possui pelo menos dois focos que diferem da gestão tradicional da construção. O primeiro foco é sobre perdas e sua redução, o tempo e dinheiro perdidos, quando materiais e informação são imperfeitos e ineficientes. O outro é no gerenciamento dos fluxos e, para isso, coloca em evidência o sistema de gerenciamento de processos, juntamente com o processo de produção.

A idéia é conceituar construção como fluxo, como sugere Koskela (1992).

A palavra fluxo, por exemplo, pode passar uma idéia positiva, na prática atual da construção, na medida em que a ênfase na produtividade e na conversão faz com que a conduta do gerente seja de evitar ao máximo as horas paradas. A movimentação no canteiro e a existência de estoques de materiais são indicativos de que o processo está em desenvolvimento (HIROTA *apud* JUNQUEIRA, 2006 p.14).

## 3.2 Princípios *Lean*

Koskela (1992) apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos. São onze os princípios discutidos a seguir.

### 3.2.1 Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

De acordo com Koskela (1992) o significado do valor agregado se dá pela conversão dos materiais, ferramentas e informações em produtos solicitados pelos clientes. Com esse foco, deve se eliminar todas as atividades restantes ou pelo menos diminuí-las, pois o cliente não está disposto pagar por este tipo de serviço.

Para uma melhor compreensão, Koskela (1992) define três formas de atividades que não agregam valor:

- Perdas na inspeção, movimentação e espera que são as atividades que não agregam valor e consideradas as mais críticas. (KOSKELA, 1992);
- Conforme Koskela (1992) a falta de informação sobre as atividades realizadas no canteiro de obras, levantamento de desempenho presente, principalmente quando o gestor da obra não detém estas informações, deste modo a dificuldade de melhoria de processo é extremamente difícil, pois não há nada que mostre os erros cometidos.
- Segundo *Koskela* (1992) a terceira forma trata se da parte do processo produtivo, como os acidentes, os transportes de uma conversão para outra, defeitos, retrabalho, etc. Estas atividades que não agregam valor devem ser levantadas imediatamente para que a empresa consiga reduzi-las ao máximo possível.

A figura 9 mostra o fator predominante para uma boa análise de identificação de atividades que não agregam valor, a organização. Quanto mais desordem do canteiro da obra, maior será a chances de encontrar desperdícios.



Figura 9: Limpeza e organização no canteiro.  
Fonte: <http://construplena.com.br/noticia.php?id=15>

### **3.2.2 Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente**

Conforme Pereira (2012) existem dois tipos de clientes, o primeiro chamado de cliente interno, que realiza atividade posterior na cadeia produtiva e as considerações são sobre o serviço; e o segundo chamado de cliente externo, ou seja, o consumidor final, cuja considerações são sobre o produto final.

Seja qual for o cliente, dentro da possibilidade, deve se esforçar para atender às suas considerações. Um estudo de fluxo pode ser uma boa opção neste caso, identificando o cliente em cada etapa do processo e atendendo-o de acordo com a sua necessidade (PEREIRA, 2012).

O princípio em estudo pode ser atendido ao longo do processo de projeto, com dados relativos aos requisitos e exigências dos clientes finais, através de pesquisas referente ao mercado e avaliações pós-ocupação de edificações (ISATO *et al.*, 2000).

### 3.2.3 Reduzir a variabilidade

Para Koskela *apud* Carvalho (2008) a melhor forma de reduzir a variabilidade é através da padronização dos procedimentos e atividades internas da obra.

“Quanto mais variabilidades existir, maior a quantidade de atividades que não agregam valor, aumentando o número de produtos não uniformes” (PEREIRA, 2012, p. 38).

Desta forma, analisa se que a variabilidade gera desperdícios, e a solução imediata é a padronização de atividades em geral. Para Formoso (2002) serviços e produtos padronizados são melhores aceitos pelo cliente.

Pela figura 10 pode-se observar que a padronização de materiais através do meio de inspeção tende a diminuir os erros de construção.

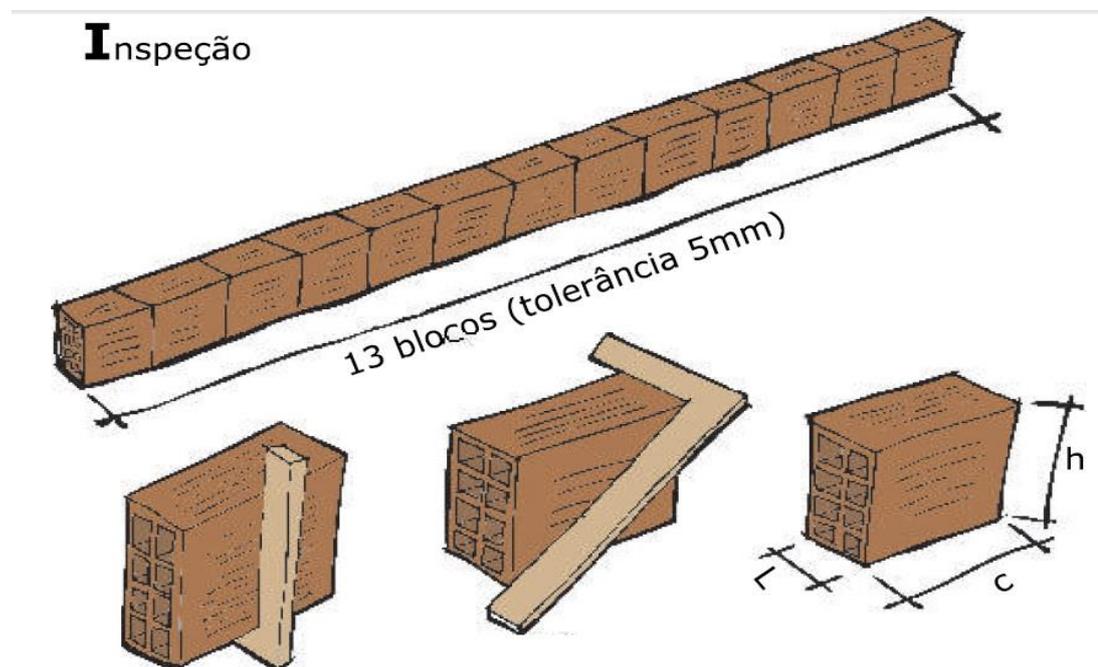


Figura 10: Padronização diminui os erros de processo (BRANDSTETTER et al, 2010).

### 3.2.4 Reduzir o tempo de ciclo

Deve se entender ciclo como o tempo necessário para que uma peça ou atividade particular percorra o fluxo completo de produção ou serviço.

“Do ponto de vista do controle da produção o tempo de ciclo é importante, pois qualquer acréscimo no tempo de ciclo é um sinal de alerta, pois algo não está conforme” (CARVALHO, 2008, p.28).

A otimização desse tempo de ciclo aumenta consideravelmente a agregação de valor. Isatto *et al.*(2000) ressalta algumas vantagens da redução do tempo de ciclo: entrega mais rápida ao cliente, facilidade na gestão de projetos, atividades aprendidas, sistema de produção mais flexível, pois torna-se menos vulnerável às mudanças de demanda.

Formoso (2002) apresenta um exemplo de como reduzir um tempo de ciclo, ilustrado na figura 11.

#### ALTERNATIVA 1 (LONGO TEMPO DE CICLO)

Etapa	Período 1	Período 2	Período 3	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8
A	■	■	■	■	■	■			
B		■	■	■	■	■	■		
C			■	■	■	■	■	■	
D				■	■	■	■	■	■

#### ALTERNATIVA 2 (PEQUENO TEMPO DE CICLO)

Etapa	Período 1	Período 2	Período 3	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8
A	■	■	■						
B			■	■	■				
C					■	■	■		
D							■	■	■

Figura 11: Dois planejamentos distintos em uma mesma obra (Formoso, 2002).

O autor mostra dois tempos de ciclo, a primeira bem maior que a segunda. Observar-se que na “Alternativa 2”, os primeiros lotes são entregues mais cedo, existe menos trabalho em progresso, o potencial para a aplicação do efeito aprendizagem é maior e uma maior flexibilidade pode ser oferecida nos lotes

finais. Já os possíveis erros gerados nos lotes iniciais aparecerão mais rapidamente no segundo caso, e poderão ser corrigidos nos lotes posteriores.

### **3.2.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes**

De acordo com Koskela *apud* Carvalho (2008) a simplificação pode ser dividida em duas origens na construção *Lean*. A primeira dá se à redução da quantidade dos componentes atuantes em um determinado produto, e a segunda origem dá se a quantidade de passos ou partes atuantes em um determinado fluxo de trabalho.

Observa se que quanto mais passos ou partes atuantes em um fluxo, maior é a possibilidade de existir atividades que não agregam valor.

Para atingir a simplificação, Junqueira (2006) sugere a utilização de produtos pré-fabricados, o uso de equipes multifuncionais, e um ótimo planejamento do processo de produção, tentando eliminar interdependências e agregar pequenas atividades em tarefas maiores.

### **3.2.6 Aumentar a flexibilidade de saída**

O aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo como gerador de valor. Refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. Embora este princípio pareça contraditório com o aumento da eficiência, muitas indústrias tem alcançado flexibilidade mantendo níveis elevados de produtividade (FORMOSO, 2002, p.10).

Segundo Kurek *apud* Carvalho (2008) uma das maneiras de se atingir o princípio em estudo é reduzindo o tamanho dos lotes, contratar mão de obra multifuncional e realizar a customização o mais tarde possível.

### 3.2.7 Aumentar a transparência do processo

Este princípio evita possíveis desperdícios causado ao longo do processo. Quanto mais informação e conhecimento do processo, maiores as chances de atividades bem executadas.

Conforme Koskela (1992) ao aumentar a transparência no processo, a tendência é diminuir a ocorrência de erros nas atividades proporcionando maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre à medida que o princípio é utilizado adequadamente, identificando-se problemas com mais facilidade, no ambiente produtivo, durante a execução dos serviços.

De acordo com Bernardes (2010) a transparência no processo pode ser implementada através do processo de planejamento e controle da produção, no momento que se obtêm informações, de acordo com a necessidade de seus colaboradores no ambiente produtivo.



Figura 12: Transparência no processo (Formoso 2002).

A figura 12, exemplo dado por Formoso (2002), apresenta uma boa transparência no processo produtivo, onde identifica-se dispositivos visuais, sinalização luminosa e cartazes educativos. Além de ausência de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes.

### **3.2.8 Focar o controle no processo global**

Este princípio deve ser controlado e mensurado de tal forma que se consiga implementar a melhoria contínua da organização. Além da necessidade em se observar se os diferentes interesses espalhados na empresa estão andando no mesmo sentido (KOSKELA *apud* CARVALHO, 2008).

De acordo com Pereira (2012) todo a cadeia de processo deve ser mensurado e deve ter um responsável pelo seu monitoramento. Desta forma, pode-se controlar os sub-processos de tal maneira que esses não prejudiquem o processo principal.

### **3.2.9 Estabelecer uma melhoria contínua no processo**

Segundo Koskela *apud* Pereira (2012) conforme os demais princípios vão sendo implementados e cumpridos a melhoria contínua pode ser alcançada. Afirma que o controle da produção e do processo de planejamento devem ser continuamente melhorados, focando sempre a redução dos desperdícios e o aumento do valor agregado no produto. Realizar a melhoria da empresa em etapas e continuamente é a alternativa mais promissora para o sucesso do uso dos conceitos enxutos.

Acomodação não combina com o *Lean Construction*, a insistência na melhoria de processos é a consequência de um bom processo. A figura 13 representa parte da melhoria continua, onde o autor Brandstetter et al (2010) demonstra na ilustração que o treinamento faz parte da filosofia.

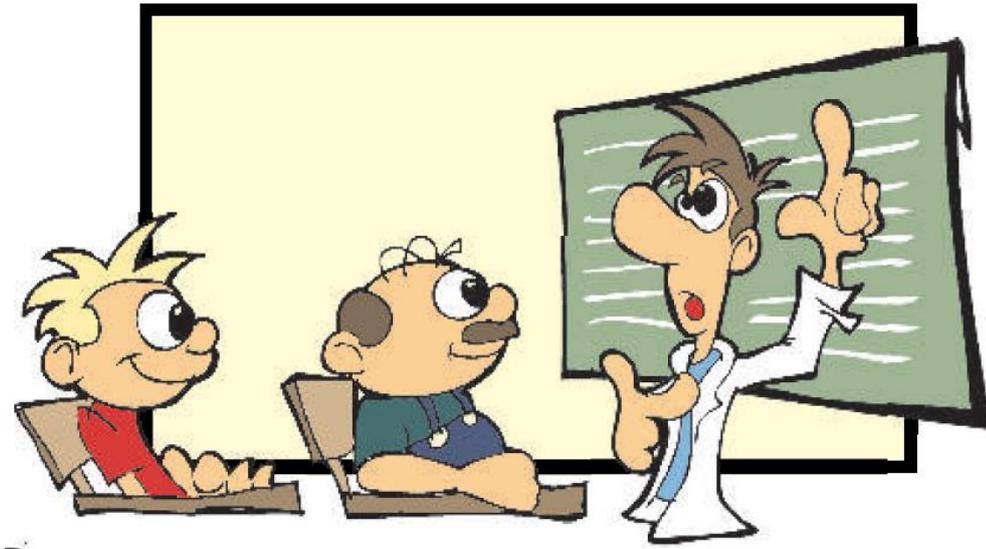


Figura 13: Melhoria contínua (BRANDSTETTER et al, 2010).

### 3.2.10 Introduzir melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões

Koskela (1992) analisa que quando aumenta a complexidade na cadeia produtiva, o impacto com as melhorias no fluxo será maior.

[...] a questão central é que melhorias no fluxo e na conversão estão intimamente interligadas: a) melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menores investimentos em equipamentos; b) fluxos mais controlados facilitam à implementação de novas tecnologias na conversão; c) novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo (JUNQUEIRA, 2006, p 21).

“Desta forma verifica-se que existem diferentes potencialidades para os fluxos e para as conversões, porém estas diferenças devem ser balanceadas para que ocorram poucas variabilidades no processo produtivo” ( CARVALHO, 2008, p.33).

### 3.2.11 Fazer Benchmarking

O Benchmark é um processo contínuo de pesquisa que compara processos, produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes. Assim, é possível identificar, adaptar e aplicar as referências de ponta, que, se combinadas às forças existentes na empresa,

podem levar a mesma a atingir a superioridade de mercado (PEREIRA, 2012, p.42)

Este princípio mostra o quanto é importante empresas terem boas relações entre si. Troca de experiências e lições aprendidas é um bem que ajuda a todos.

### **3.2 Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil**

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é uma ferramenta fabril antiga, atualmente utilizada no *Lean Construction*. É necessária para alcançar resultados positivos. Através do planejamento, pode-se decidir antecipadamente, evitando problemas decorrentes no processo, e com o controle é possível melhorar o que foi planejado anteriormente.

Segundo Nascimento (2009) existem três grandes níveis hierárquicos na gestão de processos:

- 1) Planejamento ao longo prazo: “define os objetivos do empreendimento através do estabelecimento de metas, simulando o desenvolvimento integral da obra e definindo o plano de ações da mesma”. (SARCINELLI, 2008, p.55);
- 2) Planejamento médio prazo: refere-se algumas restrições que devem ser eliminadas para melhorar o andamento da obra de acordo com cada processo planejado com a sua execução em um determinado prazo. (SARCINELLI, 2008).
- 3) Planejamento ao curto prazo: de acordo com Nascimento (2009) este planejamento é no nível operacional da execução da obra, conhecida também como *Commitment Planning* (planejamento de comprometimento). É nesta fase que se discutem as atividades da semana, visando o aproveitamento ou os aspectos negativos observados.

Dentro dessa fase de planejamento de curto prazo foi desenvolvido o *Last Planner* como ferramenta auxiliadora.

### 3.3.1 Last Planner

O *Last Planner* pode ser define como:

Pessoa ou grupo de pessoas que está na ponta do sistema produtivo mais próximo da produção. [...] cabe a esse sujeito programar as atividades no curto prazo e determinar o que será feito no dia seguinte ou na semana seguinte. Essa função é feita pelo engenheiro residente ou, na maioria das vezes ao mestre de obras ou encarregado. (BALLARD *apud* SARCINELLI, 2008, p.62).

Com essa ferramenta são tomadas as ultimas decisões, tal como pequenos ajustes na sequencia de tarefas e na disponibilidade de recursos, tanto aos materiais, quanto aos operadores. O objetivo é eliminar ou reduzir a possibilidade de surgimento de problemas que dificultam a execução das tarefas. Ballard e Howell *apud* Junqueira (2006).

O *Last Planner* estabelece o que irá ser executado na obra. Assim, as atividades são produzidas consequentes de um processo de planejamento. Deve se adaptar com o que será executado com o que deveria ser feito, controlando e verificando as restrições do que realmente pode ser realizado (Ballard, 2000). A figura 14 representa essa metodologia de avaliação.

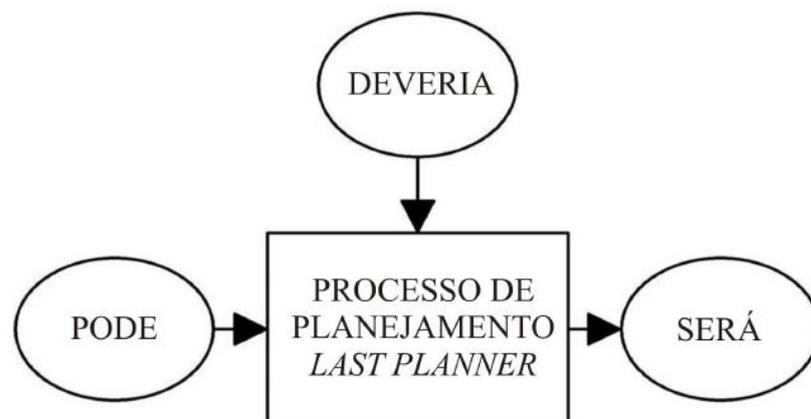


Figura 14: Análise dos Processos (BALLARD, 2000).

## **4 ESTUDO DE CASO**

Para comprovar a eficiência e os diversos benefícios gerados pelo *Lean Construction*, foi realizado um estudo de caso em uma obra de edificação residencial situada na cidade de Belo Horizonte.

O estudo foi baseado nos onze princípios *Lean*, criado por Koskela, que já foram mostrados anteriormente pelo presente trabalho.

### **4.1 A empresa**

A elaboração do estudo de caso foi realizada em uma empresa muito conhecida nacionalmente. Com mais de 30 anos no mercado, possui grande experiência e é uma das maiores construtoras do Brasil.

A escolha por aplicar este estudo nessa empresa, se deve pela oportunidade de analisar uma diversidade de sistemas construtivos, além da colaboração de dados e divulgação de materiais.

O único lado negativo, porém absolutamente normal em empresas situadas na cidade Belo Horizonte, é que os engenheiros não aplicam o *Lean Construction* em sua totalidade, os motivos são muitos, o principal é a falta de apoio dos superiores que ainda tem a visão bloqueada com essa filosofia.

### **4.2 O empreendimento**

Trata-se de uma obra localizada no bairro Buritis, região oeste da capital de Minas Gerais. O local fica próximo a pontos comerciais e algumas vias de acesso que facilitam a ligação com toda a cidade.

A figura 15 mostra a obra em fase de execução de uma das torres.



Figura 15: Execução da torre 4.(Elaborado pelo autor).

A tabela 1 apresenta algumas características importantes do empreendimento que será estudado.

<b>Area do terreno</b>	<b>34.348,06 m<sup>2</sup></b>
<b>Número de unidades tipo</b>	<b>536</b>
<b>Número de unidades de dois quartos</b>	<b>402</b>
<b>Número de unidades de três quartos</b>	<b>134</b>
<b>Número de tores</b>	<b>4</b>

Tabela 1: Dados do empreendimento em construção. (Elaborado pelo autor).

### 4.3 Desenvolvimento do estudo

Os princípios do *Lean Construction* foram aplicados de forma isolada em alguns processos, como organização no canteiro da obra, padronização da alvenaria, formas e instalações.

A organização do canteiro da obra foi planejada de forma que tivesse o menor desperdício com atividades de transporte. Foram alugados duas guas, equipamento que transporta grandes quantidades de carga, implementadas no canteiro estrategicamente localizadas e 4 elevadores cremalheira, equipamentos utilizados para movimentação de cargas e pessoas. Além de duas minicarregadeiras, para uso de transporte de terra, abertura de valas, abertura de buracos, paletização de material ou rompimento de concreto.

A localização de cada grua foi definida para que atendesse uma torre completa e a maior área possível da segunda torre. Foram alocadas em área de estacionamento, para não atrapalhar o processo da execução de nenhuma outra área. Nas partes das torres onde a grua não conseguia abastecer foram alocados elevadores cremalheira. Esses elevadores tem capacidade de 1.200 kg e transportam pessoas e materiais, desde que, separadamente.

O ANEXO I, refere-se a organização do canteiro da obra em estudo. Seu principal objetivo é mostrar o raio de movimentação das duas guas. Além da localização do almoxarifado, ferramentaria e vestiário, onde foram alocados de forma que não atrapalhassem a execução de nenhuma área. A última área a ser executada é onde se localiza o setor administrativo. Dessa forma, planejou a obra de forma que viessem terminando no sentido deste escritório e quando chegassem, poderia ser destruído dando fim a execução geral.

O ANEXO II também demonstra a organização do canteiro, evidencia as passagens de circulação, além da localização das plataformas de abastecimento.

Na alvenaria houve um planejamento, no qual, se decidiu padronizar o máximo possível. Para evitar excesso de movimentação e esforço físico dos operários, a empresa disponibilizou transpaleteira, equipamento de movimentação de materiais para curtas e longas distâncias. Além de uma equipe multifuncional. Em relação a argamassa, optou se por uma que já vem pronta, que é um pouco mais cara, mas a qualidade é melhor e reduz atividades movimentação e elimina problema de falta de material. Com o serviço padronizado, conseguiu se estabelecer um número ideal de dias e um número adequado de funcionários para a execução da alvenaria. Além de negociar com o fornecedor para que o *pallet* (palete) viesse com o peso máximo que a carregadeira aguentasse.

A empresa optou pela terceirização do concreto estrutural, para evitar problemas com a sua qualidade, tanto do produto, quanto em seu processamento.

As formas, para execução do concreto estrutural, foram feitas sobre medida, por uma empresa também terceirizada. A escolha por terceirizar esse serviço, foi estudado pelo setor de engenharia, o objetivo era maior produtividade. Essas formas, em um primeiro momento, parecem complicadas para serem executadas, pois é tudo encaixado, porém com organização e disciplina a operação não se complica. Nos primeiros andares, foi difícil entender o sistema e ter uma alta produtividade, mas no final conseguiu-se um resultado bem satisfatório. A empresa já pensando nessas dificuldades, optou por contratar funcionários mais especializados e com alguma experiência nesse tipo de serviço, mas não deixou de dar treinamento para evitar possíveis problemas. As figuras 16, 17 e 18 mostram a montagem dessas formas, a figura 16 em particular, não foi retirada da obra, e sim do site da fornecedora do material, na qual não será divulgado o nome.

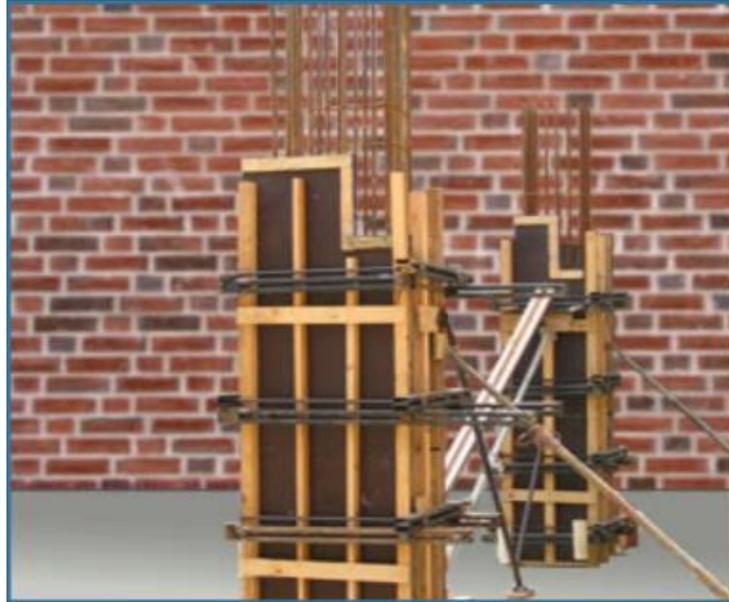


Figura 16: Forma sobre medidas.  
Fonte: Site da fornecedora (sem autorização para divulgar o nome)



Figura 17: Montagem da forma (Elaborada pelo autor).



Figura 18: Montagem da forma, no segundo pavimento (Elaborada pelo autor).

A figura 19 demonstra uma forma com identificação do pilar, para facilitar a organização do canteiro e eliminar risco de erros.



Figura 19: Forma com identificação (Elaborada pelo autor).

A parte de instalações é considerada por muitos engenheiros o serviço mais complexo, principalmente na parte hidráulica. Caso o serviço não seja bem

executado irão surgir vários desperdícios, como retrabalho e movimentação desnecessária.

A obra não seguiu um padrão total de sistemas construtivos, por exemplo, na cozinha dos apartamentos foi executada por alvenaria tradicional, enquanto nos banheiros, foi implementado o sistema *Drywall* (sistema de construção a seco que não possui função estrutural, constitui de estruturas de aço galvanizado com chapas de gesso acartonado). Deste modo ocorreram cortes na alvenaria para instalar as tubulações, mas não houve no banheiro justamente por opção do sistema *Drywall*.

Para execução da instalação foi projetada uma central de apoio, denominada como “Central Kits”, criada próxima ao meio do canteiro da obra, por questões de logística, nessa central são feitos kits tanto para hidráulica, quanto para elétrica.

Em cada andar existem oito apartamentos, sendo quatro com tipologias diferentes e a posição deles é invertida. Então, para análise e teste dos kits hidráulicos, optou-se por fazer um andar completo como modelo. Após a aprovação deste modelo, fizeram um molde padrão e levaram para a central de kits. Lá montam-se as mesas e quadros para que os kits sejam executados. Com os kits prontos, o operador responsável trabalha com a instalação do apartamento pré-montada.

Pela figura 20, pode-se observar o trabalhador cortando as tubulações de acordo com padrão exigido para cada apartamento.



Figura 20: Montagem das tubulações sobre medida (Elaborada pelo autor).

Já a figura 21, demonstra as tubulações já montadas e estocadas, prontas para o uso.



Figura 21: Estoque de tubulações (Elaborada pelo autor).

Na figura 22, pode-se observar, o restante dos kits de instalações. Os kits, como as tubulações, são separados por tipo de apartamento, para não ocorrer nenhum tipo de confusão pelo operador.



Figura 22: Kits de montagem (Elaborada pelo autor).

Para as instalações elétricas fazem kits apenas com as peças de acabamento. O processo é praticamente o mesmo, só que de forma mais simples. Coloca-se todos os acabamentos necessários em uma embalagem, com a identificação do apartamento específico. Assim libera um kit por apartamento. Facilita o controle de perda e desperdícios deste modo. Para instalação, cada eletricista tem o seu projeto.

#### **4.4 – Resultados do estudo aplicado**

- No canteiro da obra: A organização do canteiro foi um fato primordial para evitar desperdícios. O princípio número 1, 4 e 10 (Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, Reduzir o tempo de ciclo e Introduzir melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões, respectivamente) foram bem aplicados, por meio da utilização de guas, elevadores cremalheiras e minicarregadeiras, esses equipamentos aumentam muito a produtividade da obra, a partir da otimização dos processos, aumentando o valor agregado em cada operação além da redução efetiva do tempo. O princípio número 5 (Simplificar através da redução do número de passos ou partes) também relaciona se com planejamento de processo, através das ferramentas usadas, simplifica o serviço em menos tempo com o mesmo resultado. O princípio numero 7 (Aumentar a transparência do

processo) se dá pela boa elaboração do canteiro, através do croqui em ANEXO I e II pode se conferir isso, tudo em seu devido lugar e bem sinalizado.

- Alvenaria: Padronização de procedimentos e de produtos, foi o diferencial para esse processo, relacionou se com o princípio 3 (Reduzir a variabilidade), não houve grandes perdas de material e operações executadas fora de conforme consequentemente também se enquadra no princípio 1 (Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor), pois com a padronização reduziu a parcela de atividades que poderiam não agregar valor. O princípio 5 (Simplificar através da redução do número de passos ou partes) foi atendido a partir da compra da argamassa e do concreto pronto, onde se reduziu consideravelmente atividades de movimentação e problemas de falta de material. Por ter profissionais realizando diversas operações a execução da alvenaria respeita o princípio 6 (Aumentar a flexibilidade de saída).

- Formas: por ser terceirizada e haver otimização do processo, atenderam o princípio 5 (Simplificar através da redução do número de passos ou partes) houve racionalização na execução da obra, maior velocidade, redução de quebras, retrabalho e entulho. Assim ocorreu aumento ao valor agregado, de acordo com o princípio 1 (Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor). O princípio 3 (Reduzir a variabilidade) foi correspondido pois as formas foram encomendadas de acordo com o que a empresa queria, evitando material fora do padrão. Colaboradores realizando trabalho diferenciado sem precisar de contratação especializada respeita o princípio 6 (Aumentar a flexibilidade de saída). As formas são identificadas para evitar possíveis erros, atendendo o princípio 7 (Aumentar a transparência no processo). Visou a dificuldade das montagens e treinou a equipe, relacionando com o princípio 9 (Estabelecer uma melhoria contínua no processo). O princípio 11 (Fazer benchmarking) foi seguido a partir do estudo de processos de maior produtividade, o que seria melhor tradicional, feita pela maioria das empresas, ou de formas prontas.

- Instalações: O princípio número 2 (Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente) foi atendido na criação dos apartamentos modelos, estudando os possíveis problemas ao cliente (neste caso,

cliente se refere os operários que iram realizar a instalação). Com a montagem dos Kits, sem risco da sua falta, além da padronização dessa operação e dos itens, contendo a quantidade necessária, pode-se afirmar que o princípio 3 (Reduzir a variabilidade) foi atendido. O princípio 4 (Reduzir o tempo de ciclo), foi respeitado também pelo uso de Kits, resultando a diminuição dos desperdícios como movimentação desnecessária, o operador terá todos os materiais pronto para execução. Diminuir a espera, através da disponibilização imediata dos kits confere com o princípio 5 (Simplificar através da redução do número de passos ou partes). De acordo com o princípio 7 (Aumentar a transparência no processo) os kits eram identificados e separados para cada bloco, andar e apartamento correspondente, evitando assim, instalações indevidas.

De modo geral percebe-se que vários desperdícios foram evitados ao estabelecer ferramentas, procedimentos e serviços que respeitam os princípios do *Lean*, a seguir serão relatados alguns possíveis desperdícios que foram evitados no estudo:

- Superprodução: Pode-se citar como exemplo a compra de Argamassa pronta. A sua produção no canteiro da obra poderia ter ocasionado uma produção além do necessário.
- Espera: Os chamados Kits de instalações, evitaram a espera por parte dos montadores, pois tinham tudo o que precisavam no momento certo.
- Transporte: As guias e os elevadores cremalheira, por exemplo, evitaram desperdícios como a movimentação excessiva do operador, impedindo uma possível fadiga.
- Processamento incorreto ou superprocessamento e excesso de estoque: A terceirização pela fabricação do concreto eliminou grande risco do procedimento ser incorreto, aumentando a confiabilidade do produto. Além de evitar estoque de suas matérias primas.
- Movimentação desnecessária: Foi evitada a partir de uma boa organização e padronização do canteiro de obra, todos os operadores sabiam o que fazer e encontravam com facilidade o que necessitavam.
- Elaboração de produtos defeituosos, retrabalho: Os apartamentos modelos, a partir de teste e estudos, evitaram possíveis retrabalhos.

## 5. CONCLUSÃO

A proposta inicial deste trabalho era de estudar a metodologia *Lean*, passando por uma breve história do STP e suas ferramentas.

A partir do estudo do *Lean Manufacturing*, compreende-se que a produção começou a ser adotada como um todo, ou seja, de forma global possuindo um fluxo contínuo de processos. A metodologia usada no *Lean* melhora consideravelmente o combate aos problemas em sua visão sistemática em eliminar os desperdícios. Os autores responsáveis pelo STP, em destaque, Ohno, citam a importância da identificação desses desperdícios ao longo do processo e a oportunidade de melhoria contínua sempre.

O *Lean Construction* é uma metodologia criada a partir dos estudos de Koskela, ao adaptar a filosofia *Lean* para o setor da construção civil.

Essa metodologia é muito eficiente em aumentar as atividades de agregação de valor e a reduzir os desperdícios nas atividades e serviços na construção civil. O estudo permitiu verificar o real conceito de valor segundo a interpretação japonesa. Mas esse termo exige atenção, pois se não houver um bom entendimento, pode gerar confusão ao tentar eliminar as atividades geradoras de desperdícios. Para facilitar a compreensão e entendimento dos gestores, Koskela criou os onze princípios *Lean*, no qual abrange os processos em toda a área da construção.

Com o estudo de caso realizado, chegou-se a conclusão, de modo geral, que na execução do empreendimento houve diversos benefícios, como a alta produtividade, redução de custo, aumento na qualidade processada, otimização nas atividades e organização tanto no canteiro quanto nas operações. Isso em consequência, primeiramente, da identificação das possíveis atividades geradoras de desperdícios, e posteriormente, a prevenção do seu surgimento, estabelecendo no processo atividades que agregam valor.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBORNOZ, Suzana. **O Que é Trabalho?**, São Paulo: Editora Brasiliense, 2000.
- BALLARD, Herman Glenn. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- BRANDSTETTER, Maria C.G.O. Souza L.S. Amaral T. G. **Construção enxuta: guia prático para trabalhadores da construção civil**. Goiânia: FUNAPE, 2010.
- CARVALHO, B. S. **Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. Dissertação de mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Construção Civil: 2008
- FORMOSO Carlos T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos** - Porto Alegre : Nucleo Orientado para inovação da Edificação, 2002.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen. 3 ed.** São Paulo: IMAM, 1990.
- ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. & ALVES, Thaís C.L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.
- JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0®**. 2006. 146p. Dissertação (Especialização), Departamento de Engenharia de Produção – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. **Stanford**, 1992. Technical Report n.72. Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota. 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 1 ed. Porto Alegre, 2005.
- NASCIMENTO, A. C. M. **Lean Construction – Planejamento e controle em obras de edificações**. 2009. Extrato da monografia apresentada ao curso MBA em Gestão da Construção Civil pela Universidade Federal Fluminense. Disponível em:<[http://www.creamg.org.br/Paginas/03\\_Gabinete/Comunicacao/Publica%C3%A7%C3%B5es/Artigos.aspx](http://www.creamg.org.br/Paginas/03_Gabinete/Comunicacao/Publica%C3%A7%C3%B5es/Artigos.aspx)> Acesso em: 27 dez. 2013.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Bookman Companhia Editora, Porto Alegre, 1997.

PEREIRA, Mariana D. C. **Avaliação e análise da aplicação da filosofia LEAN em empresas de construção civil da região metropolitana de Belo Horizonte** 2012. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

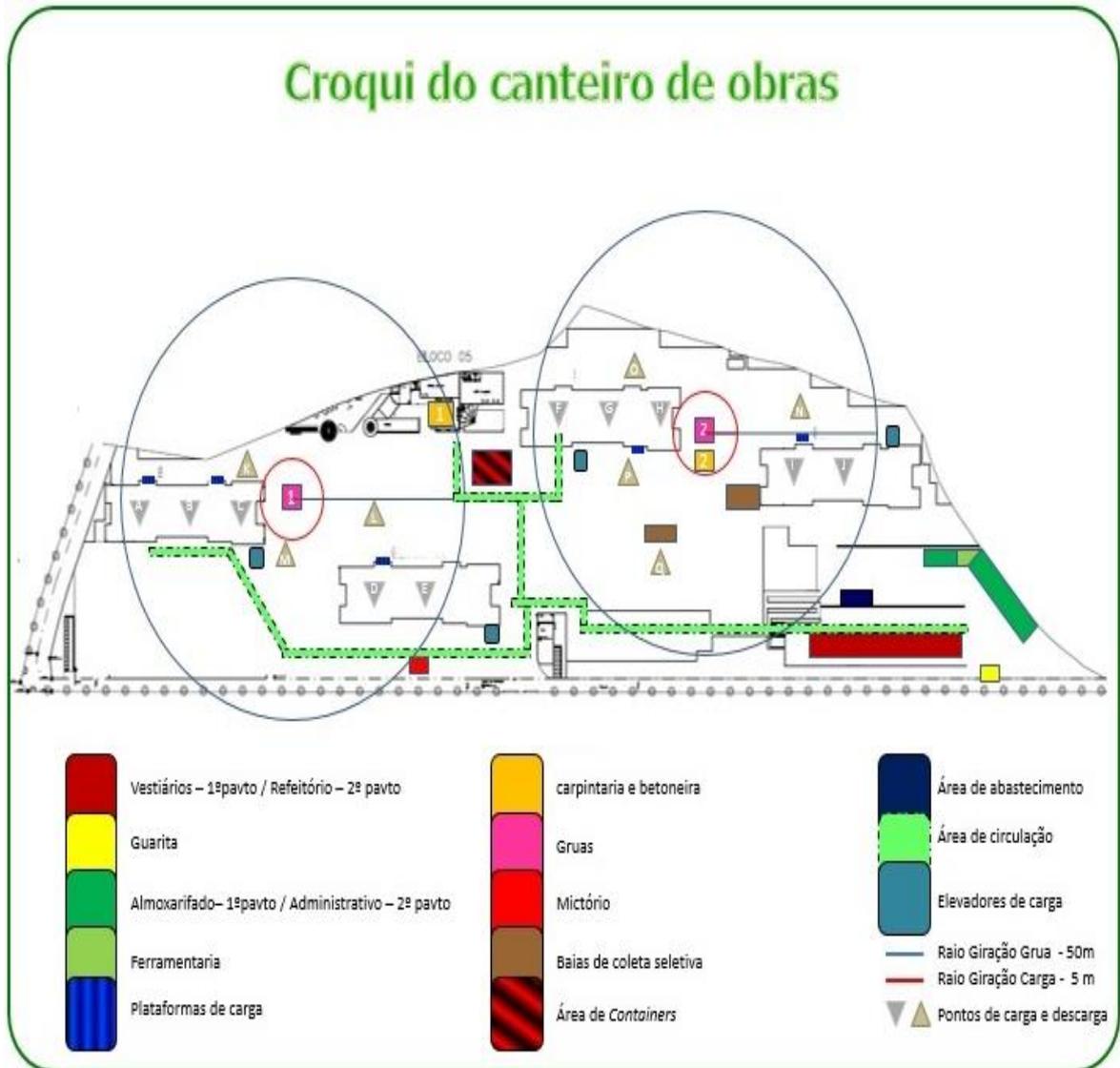
SARCINELLI, Wanessa T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos.** 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG..

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**; trad. Eduardo Schaan, 2<sup>o</sup> edição – Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.

SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma.** Belo Horizonte: Werkema, 2006.

## ANEXO I – CROQUI A



## ANEXO II – CROQUI B

