

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Cristiano Rocha Nitz

**IMPLANTAÇÃO DE CONCEITOS DO LEAN
CONSTRUCTION EM UM CANTEIRO DE OBRAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre
dezembro 2017

CRISTIANO ROCHA NITZ

**IMPLANTAÇÃO DE CONCEITOS DO LEAN
CONSTRUCTION EM UM CANTEIRO DE OBRAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Alejandro Germán Frank
Coorientador: Néstor Fabián Ayala

Porto Alegre
dezembro 2017

CRISTIANO ROCHA NITZ

**IMPLANTAÇÃO DE CONCEITOS DO LEAN
CONSTRUCTION EM UM CANTEIRO DE OBRAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador.

Porto Alegre, dezembro de 2017

Prof. Alejandro Germán Frank
Dr. Pelo PPGE/UFGRS
Orientador

Néstor Fabián Ayala
Dr. Pelo PPGE/UFGRS
Coorientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Néstor Fabián Ayala
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Alejandro Germán Frank
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Eduardo Luis Isatto
Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Daniele Dietz Viana
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Mara, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado me dando suporte para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Néstor Ayala, coorientador deste trabalho, por toda colaboração, paciência e entusiasmo ao me direcionar na construção desse trabalho de conclusão de curso, transmitindo uma grande parcela de seus conhecimentos teóricos e práticos na implantação de ferramentas que otimizem o setor da construção civil e pelo enorme incentivo para a realização do mesmo, do qual sem suas cobranças e correções não seria possível alcançar o nível desejado. Agradeço ao Prof. Alejandro Frank, orientador deste trabalho, por sua dedicação e presteza em ajudar sempre que necessário propondo soluções e alternativas que permitissem o desenvolvimento do mesmo. Ainda, agradeço ao Prof. Eduardo Isatto, relator deste trabalho, pelos conselhos, direcionamento e o ensino compartilhado durante o meu desenvolvimento profissional.

Agradeço aos meus pais por sempre me dar suporte e proporcionar plenas condições de seguir em frente, além de não medir esforços para eu chegar até este momento através de ensinamentos e apoio incondicional, sendo eles meus exemplos de determinação. Agradeço também, à minha namorada Fernanda, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e incentivando, de forma incessante, em todos os momentos.

Agradeço aos entrevistados deste trabalho, sendo eles operários, estagiários e gestores, por compartilharem as informações e estarem sempre disponíveis para a realização do mesmo.

Agradeço aos meus amigos e colegas, que estiveram juntos e me auxiliaram a vencer todas as etapas do curso. Também, agradeço a UFRGS, pelo ensino de qualidade e a formação profissional.

Nunca sinta vergonha da sua própria história. Um dia ela será a grande inspiração daqueles que estão começando!

Senor Abravanel

RESUMO

É de conhecimento geral que a indústria da construção civil é de essencial importância para o desenvolvimento do país, pois caracteriza uma significativa parcela do PIB (Produto Interno Bruto). Porém, esse setor apresenta altos índices de desperdícios e baixa produtividade, o que nos faz refletir sobre a importância de modificações em seu sistema produtivo tradicional a fim de atender à demanda de forma eficiente, reduzindo os custos e otimizando os resultados visando atingir as exigências dos consumidores. Ao analisar os benefícios obtidos pela indústria da manufatura com a aplicação de técnicas do conceito Lean Production, como no caso do Sistema Toyota de Produção, houve um interesse de adaptar esse sistema para utilizá-lo na indústria da construção civil, originando a filosofia *Lean Construction* (Construção Enxuta), que oportunizou uma mudança de paradigma nessa indústria que passou a buscar um processo mais enxuto. Assim sendo, este trabalho tem por objetivo elaborar a apresentação e a análise da aplicação de conceitos e algumas das ferramentas Lean em um estudo de caso que busca verificar o impacto gerado pela implantação do pensamento enxuto no sistema construtivo de uma empresa de grande porte e que atua no mercado de baixo padrão na construção de empreendimentos residenciais e que está buscando melhorar seu processo construtivo através da implantação de alguns conceitos utilizados no *Lean Construction*. Para isso realizou-se uma pesquisa bibliográfica, estudando a metodologia enxuta empregada na indústria automobilística e a sua adaptação para o setor da construção civil. Para complementar, o estudo apresenta os resultados obtidos ao utilizar essas ferramentas e recomenda melhorias para o desenvolvimento do sistema.

Palavras-chave: *Lean Construction*. Lean Thinking. Conceitos. Ferramentas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de delineamento da pesquisa.....	19
Figura 2 – Estrutura do Sistema Toyota de Produção.....	20
Figura 3 – Modelo de Conversão Tradicional.....	26
Figura 4 – Modelo de Processo <i>Lean Construction</i>	26
Figura 5 – Elevação de metade da estrutura em duas torres formando um pavimento.....	44
Figura 6 – Equipe dimensionada.....	45
Figura 7 – Preparação de materiais na central de kits.....	53
Figura 8 – Quadro de controle dos cartões.....	55
Figura 9 – Quadro de recursos das atividades diárias.....	56
Figura 10 – Quadro de atividades.....	58
Figura 11 – Plano de Ação utilizado no Quadro de Atividades.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de colaboradores por equipe de serviço.....	50
---	----

LISTA DE SIGLAS

5S – Os 5 Sentidos

FV – Ficha de Verificação

ISO – International Standardization Organization

JIT – Just-in-time

LC – Lean Construction

MCMV – Minha Casa, Minha Vida

PDCA – Plan, Do, Check, Action

PIB – Produto Interno Bruto

STP – Sistema Toyota de Produção

TC – Tempo de Ciclo

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	16
2.2 OBJETIVOS DE PESQUISA.....	16
2.2.1 Objetivo principal	16
2.2.2 Objetivos secundários	16
2.3 PRESSUPOSTO.....	17
2.4 DELIMITAÇÕES.....	17
2.5 LIMITAÇÕES.....	17
2.6 DELINEAMENTO.....	17
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1 LEAN PRODUCTION.....	20
3.1.1 Origem do Lean	20
3.1.2 Lean Thinking	21
3.1.3 Os desperdícios no STP	22
3.2 LEAN CONSTRUCTION.....	24
3.2.1 Origem do Lean Construction	24
3.2.2 Conceitos e definições do Lean Construction	24
3.2.3 Princípios do Lean Construction	25
3.2.4 Ferramentas Lean	29
3.2.4.1 Just In Time (JIT).....	29
3.2.4.2 Kanban (Sistema de Cartões).....	30
3.2.4.3 Jidoka (Autonomação).....	31
3.2.4.4 Takt Time.....	31
3.2.4.5 Tempo de Ciclo (TC).....	32
3.2.4.6 Kaizen.....	33
3.2.4.7 Ciclo PDCA.....	33
3.2.4.8 Balanceamento da Produção.....	34
3.2.4.9 Os 5 Sentidos (5S).....	35
3.2.4.10 Os 5 Porquês.....	35
4 MÉTODO DE PESQUISA	37
4.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	37
4.1.1 Registros em arquivos	38

4.1.2 Entrevistas	38
4.1.3 Observação Direta	38
5 ESTUDO DE CASO	39
5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ANALISADA.....	39
5.1.1 Entrevistados	41
5.2 INÍCIO DA IMPLANTAÇÃO DOS PROCESSOS.....	42
5.2.1 Takt Time da Estrutura	43
5.2.2 Balanceamento das Equipes da Estrutura	45
5.3 IMPLANTAÇÃO DOS CONCEITOS LEAN.....	46
5.3.1 Ferramentas Lean Utilizadas	46
5.3.1.1 Takt time.....	47
5.3.1.2 Balanceamento das equipes.....	49
5.3.1.3 Just in Time.....	52
5.3.1.4 Kanban.....	54
5.3.1.5 Resolução Prática de Problemas.....	57
5.3.1.5.1 Ciclo PDCA.....	57
5.3.1.5.2 Os 5 Sentos (5S).....	59
5.3.1.5.3 Os 5 Porquês.....	60
5.3.1.5.4 Diagrama de Causa e Efeito.....	61
6 DISCUSSÕES	63
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A	72

1 INTRODUÇÃO

Para Costa et al (2009), a indústria da Construção Civil tem passado por importantes transformações. Diversas empresas do ramo têm procurado enxugar e racionalizar os seus custos para aumentar ou manter os lucros. Tais manobras são essenciais para o crescimento e desenvolvimento do país tanto do ponto de vista econômico, com relevante participação no Produto Interno Bruto (PIB), quanto do ponto de vista social pela imensa capacidade de absorção de mão de obra. Apesar de ser considerado um ramo de influência no desenvolvimento econômico e social do país, a construção civil ainda apresenta problemas que afetam os empreendimentos desde a concepção até a execução dos projetos.

No cenário econômico em que o país se encontra, a busca por espaço no mercado tem destacado a competitividade entre as empresas do setor. Logo, é de vital importância que sejam implementadas técnicas de aperfeiçoamento em sua metodologia de construção, não apenas na área de custos, mas também em função do mercado ter elevado o seu padrão construtivo. Ou seja, as construtoras estão sendo direcionadas a se diferenciar no mercado, a buscar certificações de qualidade, conquistar melhorias nos processos e empenhar-se no quesito sustentabilidade que incorpora redução de resíduos gerados no canteiro, dentre alternativas que proporcionem à empresa, além de se destacar, melhorar seus recursos de demanda. Para que a empresa se consolide e seja competitiva, não é possível o uso de processos ineficientes (COSTA, et al; 2009).

Com o intuito de promover tal mudança e a melhoria contínua em seus processos produtivos, muitas empresas têm direcionado seus esforços para a implantação de princípios provenientes do *Lean Production*, ou Produção Enxuta, em seus sistemas produtivos, que se consolidou como exemplo de produção eficiente através da Toyota Motor Company. O termo Lean Construction, traduzido como Construção Enxuta, é um conceito de gestão de produção, tendo como marco principal o trabalho publicado pelo finlandês Lauri Koskela em 1992, um dos pioneiros a tratar sobre o assunto. Koskela adequou os princípios do sistema Toyota de produção para a construção civil. Esse método aumentou a competitividade com a identificação e cessação de perdas, não se referindo apenas a produtos defeituosos advindos do sistema de produção em massa, mas incluindo perdas de recursos, mão de obra e equipamentos em atividades que não agregam valor.

Os princípios do Lean Construction começam a ser utilizados no espaço da construção como uma ferramenta que objetiva fazer mais com menos, ou seja, propiciar aos clientes produtos com a maior qualidade possível utilizando recursos reduzidos de material, mão-de-obra e tempo (DENNIS, 2008). Para o emprego do Lean Construction acontecer de maneira satisfatória, é necessário que a empresa invista em treinamentos adequados da mão de obra. A capacitação é peça chave para o sucesso das iniciativas de implementação de melhorias e modernização do setor da construção civil. Para que a empresa se favoreça de seus investimentos, os colaboradores devem aplicar, generalizar e ajudar a complementar o que foi instruído nos programas de treinamento (ROMAN, 2013). Esse processo construtivo e a sua implementação no canteiro de obras é um desafio, já que se trata de um processo teórico de gerenciamento da construção.

Segundo Koskela (1992), uma empresa pode ter alto grau de conformidade em seu processo produtivo, mas um elevado índice de improdutividade, pois a visão convencional enxerga a produção apenas como um processo de transformação ignorando os fluxos, no qual não geram valores. Na mesma linha de raciocínio, Formoso (2002) afirma que, diferentemente da abordagem tradicional de produção, na qual enxerga-se os processos como constituídos somente por atividades de conversão de matérias primas (inputs) em produtos (outputs), o Lean Construction supõe que a sequência construtiva é composta de atividades de conversão (agregam valor ao produto final) e atividades de fluxo (não agregam valor ao produto final).

A aplicação do Lean é de suma importância para o desenvolvimento organizado da indústria da construção civil, porém, de acordo com Camera (2014) não há estudos suficientes para se ter um bom embasamento sobre Lean Construction, mesmo havendo inúmeros fatores que justifiquem sua importância. Além disso, pesquisas sobre esse tema são essenciais, pois essa é uma área que ainda está em fase de maturação e precisa de mais profissionais engajados nesse campo de pesquisa.

De acordo com Picchi (2004) as atividades da construção civil possuem particularidades específicas em comparação com as desenvolvidas na manufatura e a aplicação do Lean no canteiro de obras é limitada, encontrando-se na literatura a aplicação de algumas ferramentas Lean, porém, de forma isolada e fragmentada e ressalta que a implementação destes conceitos de maneira integrada produz resultados mais relevantes visto que são conceitos e práticas relevantes para a evolução da Indústria da Construção Civil.

Diante da escassez de pesquisas que analisem a implantação das ferramentas e princípios do *Lean* na construção civil e por este ser um setor da indústria com dificuldade de realizar mudanças significativas devido à resistência da mão de obra se adaptar a novas formas de trabalho, esse estudo realiza uma análise da implementação de alguns conceitos e ferramentas *Lean* em um canteiro de obras visando aumentar a produtividade e diminuir perdas a fim de otimizar o sistema construtivo, e então, com base nas necessidades identificadas, propor ações que venham somar à implantação de tal sistema.

2 DIRETRIZES DE PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho pode ser representada pela seguinte pergunta: quais são os efeitos da implementação dos conceitos e ferramentas do Lean Construction nas etapas de construção dentro de um canteiro de obras durante a realização do empreendimento de uma empresa construtora de condomínios residenciais?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos deste trabalho estão classificados em principal e em secundários e serão apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é analisar os efeitos produzidos dentro do canteiro de obras, desde a gestão até a execução de cada serviço, durante e após a implantação dos conceitos Lean Construction e algumas de suas ferramentas.

2.2.2 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários, o trabalho pretende:

- a) Analisar o impacto proporcionado pela implantação do conceito *Lean Construction* no canteiro de obras e apresentar possíveis melhorias para o sistema.
- b) Analisar a visão dos trabalhadores em relação ao novo sistema construtivo implantado pela empresa juntamente com os conceitos e ferramentas *Lean*.

- c) Identificar as mudanças e o impacto gerados por cada uma das ferramentas do *Lean Construction* no processo construtivo em uma empresa de construção civil.

2.3 PRESSUPOSTO

Tem-se como pressuposto deste trabalho que a implantação do *Lean Construction* em uma empresa construtora impacta no andamento físico da obra e no comportamento dos colaboradores. Além disso, sua utilização é vantajosa perante os objetivos operacionais da empresa, proporcionando ganhos de tempo e de qualidade.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à verificação das medidas de controle utilizadas para garantir o cumprimento dos prazos, a qualidade desejada e a redução dos custos, que são as premissas para utilizar o Lean em um canteiro de obras, além de verificar o impacto gerado na satisfação dos colaboradores, não abrangendo o impacto causado por esta implantação no modelo de negócio da mesma.

2.5 LIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a analisar algumas ferramentas do *Lean Construction* que contribuem para a implantação de um processo produtivo contínuo na construção de apenas um condomínio residencial localizado na cidade de Porto Alegre, Rio grande do Sul, não havendo análise de outros empreendimentos do mesmo modelo dentro da empresa.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir e descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;

- b) conceitos e origem do *Lean Construction*;
- c) ferramentas *Lean* aplicadas à indústria da construção;
- d) estabelecimento dos critérios de análise;
- e) implantação de um sistema similar a uma linha de fábrica em um canteiro de obras de um condomínio residencial;
- f) análise e avaliação dos resultados obtidos;
- g) considerações finais.

A pesquisa bibliográfica se faz presente em todas as etapas da elaboração do presente trabalho desde o embasamento teórico e técnico sobre o assunto estudado até a consolidação das considerações finais a fim de garantir o embasamento teórico para o desenvolvimento das etapas subsequentes.

Após a pesquisa inicial, serão enfatizados a origem e os conceitos do *Lean Construction* e as ferramentas utilizadas no Lean aplicadas à indústria da construção a fim de aprofundar os conhecimentos necessários para desenvolver o trabalho. Nessa etapa será descrita a fundamentação teórica principal que delimita esse estudo de caso.

A seguir ao conjunto de informações obtidas da literatura pesquisada, ocorrerá o estabelecimento dos critérios de análise referente ao sistema produtivo inserido na empresa examinada visando a melhor maneira de avaliar o processo e seus resultados.

Posteriormente, será acompanhado o desenvolvimento das atividades de construção de um empreendimento realizado por uma empresa de grande porte e especializada na construção de imóveis para a população de baixa renda, localizada na cidade de Porto Alegre/RS. A empresa estudada está em fase de implantação dos princípios Lean, que serão utilizados tanto na gerência, quanto no canteiro de obras. A análise a ser realizada será desde a fundação até o acabamento da obra a fim de estudar a implantação das ferramentas do *Lean* em um canteiro de obras em todas as etapas construtivas.

Em seguida será realizada a análise e avaliação dos resultados obtidos, no qual serão identificados os resultados que a empresa obteve com a implantação do sistema em questão. Para isso, será feita a comparação dos dados do empreendimento em estudo com os do realizado imediatamente anterior a esse.

Por fim, em posse dos resultados, serão elaboradas as considerações finais, onde são apresentadas a síntese e uma análise crítica dos pontos identificados como mais relevantes abordados no trabalho, além de considerações sobre os conhecimentos adquiridos ao longo do processo de pesquisa e seu resultado final.

A seguir, a figura 1 apresenta o diagrama de delineamento da pesquisa sobre o estudo de caso a ser realizado.

Figura 1 – Diagrama de delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

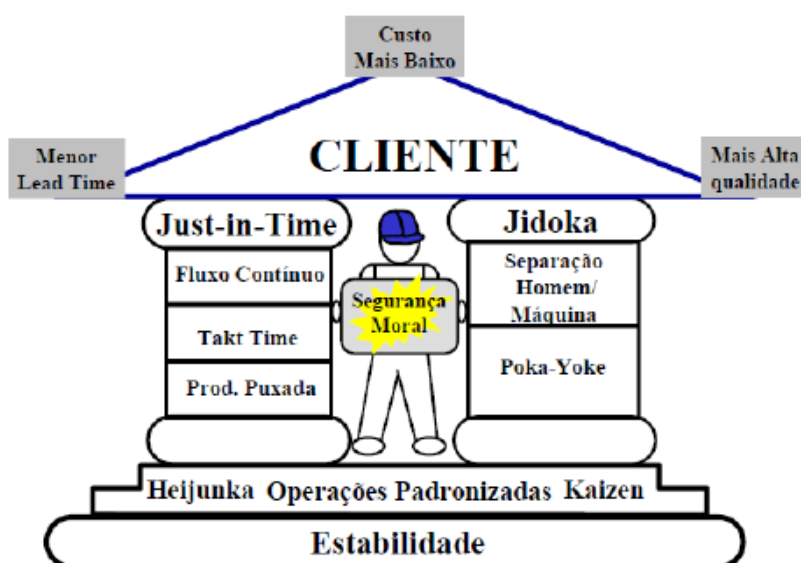
Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica sobre os conceitos, princípios e as principais ferramentas do *Lean Construction*. O principal objetivo desse capítulo é apresentar as referências nas quais o trabalho está embasado, de forma que todo o conteúdo apresentado possa ser entendido facilmente.

3.1 LEAN PRODUCTION

3.1.1 Origem do Lean

Na década de 1950, com a necessidade de as empresas japonesas continuarem ativas no mercado automobilístico pós-guerra, a Toyota Motor Company, liderada por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, buscou desenvolver um método que aprimorasse a produção em massa utilizada por Henry Ford e que estava fazendo sucesso na época, após uma visita realizada na fábrica da Ford nos Estados Unidos. Esse sistema inovador de gerenciar a produção ficou conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP), ou Produção Enxuta (Lean Production) que tinha como linha base produzir mais com menos (SHINGO, 1996). A figura 2 mostra o modelo estruturado do STP.

Figura 2 – Estrutura do Sistema Toyota de Produção



(fonte: SARCINELLI, 2008).

Para Taiichi Ohno, qualidade, flexibilidade no processo e eliminação de toda e qualquer perda ampliariam a capacidade produtiva da Toyota Motors, bem como a possibilidade de concorrer no mercado internacional. Ele também compreendeu que os trabalhadores eram peças elementares para o sucesso desse novo sistema: a mão de obra teria de ser treinada e motivada a reparar erros, possuindo liberdade suficiente para encontrar a solução dos problemas, não autorizando a interrupção da produção (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Segundo Womack e Jones (1998), a visão Lean destaca a minimização de todos os recursos empregados nas atividades da empresa. Envolve, acima de tudo, a identificação e eliminação das atividades que não geram valor no projeto, na execução, na gestão da cadeia de fornecimento e na relação com os clientes. É um raciocínio que se traduz na forma de fazer as atividades da melhor maneira possível, buscando cada vez mais oferecer aos clientes exatamente o que eles querem, transformando desperdício em algo significativo através de um feedback instantâneo sobre os esforços dos colaboradores.

3.1.2 Lean Thinking

De acordo com Womack e Jones (1998), buscando aprimorar o conhecimento sobre esse novo sistema de produção baseado na cultura de eliminar desperdícios, caracterizaram o Lean Thinking, ou pensamento enxuto, que tem por objetivo principal a identificação e eliminação ou redução das atividades que não geram valor ao processo.

Essencialmente, o Lean Thinking utiliza o Sistema Toyota de Produção como fundamento. A expressão Lean foi utilizada para descrever este novo modelo:

Metade do esforço dos operários em fábrica, metade do espaço de fabricação, metade dos investimentos em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos e metade do tempo. Requer também bem menos da metade dos estoques atuais de fabricação, resulta em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos (WOLMACK JONES; ROOS, 1992, P.3).

De acordo com Picchi (2004), a partir de meados da década de 1980, percebeu-se difundido nas empresas o conceito de Lean Thinking sendo inicialmente aplicado em companhias do ramo automotivo. Os ganhos de tempo e a redução dos custos chamaram a atenção de outros setores da economia. Assim, no começo da década de 1990, iniciaram-se pesquisas visando à implementação do conceito de Pensamento Enxuto e o uso de suas técnicas, na indústria da

construção civil. Com a intenção de adequar os princípios e ferramentas Lean em um setor da indústria até então não explorado, nasceu o conceito de *Lean Construction*. O propósito de todo sistema embasado no pensamento enxuto é de extinguir todo o desperdício, ou seja, eliminar tudo aquilo que faz parte da obra e não acrescenta ao valor final do empreendimento.

3.1.3 Os desperdícios no STP

Em concordância com Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção (STP) é um método que tem o intuito de acabar com o desperdício e aumentar a produtividade. Podemos nos referir a desperdício como tudo que eleva os custos sem agregar valor. Para Arantes (2008), o desperdício é um dos principais pontos abordados pela Lean e a sua redução é um dos objetivos dessa filosofia. Esta cultura defende que o desperdício da produção advém das atividades que não fornecem valor ao produto final. Para Isatto et al. (2000), os desperdícios estão fortemente ligados ao uso de recursos acima da quantidade mínima necessária com o intuito de suprir as exigências dos clientes.

De acordo com o Taiichi Ohno, pode-se classificar os desperdícios como:

- 1 - Superprodução: Produção de itens acima do necessário para os quais não há demanda, provoca desperdícios com exagero de mão de obra, de estoque e com custos de transporte inerente ao estoque demasiado (LIKER, 2005)
- 2 - Espera (tempo ocioso): Está relacionado à baixa produtividade de máquinas ou mão de obra, resultando em um tempo maior do que o planejado no processamento do produto ou atividade e, se formem estoques, de espera na linha de produção (LIKER, 2005).
- 3 - Transporte ou movimentação: Causado por movimentação de estoque desnecessária ou deslocamento de materiais por longas distâncias, sendo necessária a criação de um layout organizado e que combata esse problema.

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 equivocado: refere-se aos passos desnecessários para realizar a produção. Processamento inapropriado devido a uma ferramenta ou a baixa qualidade do produto, gerando desperdícios através de movimentos desnecessários e produção defeituosa. Há também o caso onde são geradas perdas diretas por oferecer produtos com qualidade superior à demandada (LIKER, 2005).

5 - Estoque superdimensionado: Abrange o excesso de matéria-prima, o estoque demasiado em processos gerando lead times (tempo de ciclo do produto) mais longos, produtos defeituosos, custos por atrasos, custos de estocagem e custos de movimentação. Além disso, o estoque em excesso encobre os problemas, como por exemplo, o desbalanceamento de produção, atraso no fornecimento por terceiros, defeitos diversos e longo tempo de setup (LIKER 2005).

6 - Movimentação desnecessária: Qualquer movimentação desnecessária realizada pelos colaboradores ao longo de uma operação ou processo, como por exemplo, buscar ferramentas, matéria prima, realocar insumos (LIKER, 2005). Para Shingo (1996) esse tipo de desperdício está relacionado com a falta de planejamento, no qual o estudo do layout do canteiro de obras é o fator fundamental, pois tem efeito direto nos movimentos dos operários.

Onho (1997) descreve que os movimentos dos colaboradores podem ser separados em desperdício e em geração de valor. Além disso, afirma que o fato de os trabalhadores estarem se movendo diversas vezes não quer dizer que estão trabalhando.

7 - Retrabalho: Refere-se à produção de itens com defeito. A conformidade no processo e no produto é crucial para impedir este tipo de desperdícios. Restaurar ou corrigir, desprezar ou refazer o item produzido e inspecionar novamente causa aumento de custos, de tempo e esforço (LIKER, 2005). Ainda de acordo com o autor, a inspeção neste desperdício é essencial, mas não no intuito de deparar com defeitos e sim, de não identificar nenhuma ocorrência. Para Shingo (1996), as inspeções têm o objetivo de eliminar os erros mais do que apenas identificá-los. O autor ainda relata que fiscalização na origem, monitoramento sucessivo e inspeções realizadas pelos próprios colaboradores são de suma importância.

Em concordância com Liker (2005), não devemos subestimar a criatividade dos colaboradores, pois isso tem relação direta com a perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir seus funcionários. Extinguir totalmente os desperdícios é uma tarefa trabalhosa e morosa, porém é necessária a

quebra de paradigmas e a transformação de cultura da empresa possibilitando aos colaboradores participar efetivamente do processo de melhoria.

3.2 LEAN CONSTRUCTION

3.2.1 Origem do Lean Construction

A construção enxuta, do inglês *Lean construction*, é um termo da gestão da produção que é oriundo da filosofia Lean Production e adaptado à Construção Civil. Revelada em 1992 através do trabalho do Finlandês Lauri Koskela que publicou o *Application of the New Production Philosophy to Construction* pelo CIFE - Center for Integrated Facility Engineering, ligado à Universidade de Stanford, EUA (HOWELL, 1999). A proposta foi adaptar os princípios do sistema Toyota de produção para a construção civil e isso representou uma completa transformação no modelo tradicional de gerenciamento utilizado até então. A principal diferença entre a filosofia gerencial clássica e a construção enxuta é basicamente conceitual. A modificação mais significativa para a implantação do novo modelo é a introdução de uma nova maneira de compreender os processos.

3.2.2 Conceitos e Definições do Lean Construction

O *Lean Construction* é uma adequação do Lean Production e o emprego de seus fundamentos proporciona reconhecer atividades que causem quebras no fluxo do trabalho, sendo atividades que não geram valor e busca-se minimizá-las para evitar desperdícios (COELHO, 2009). A Construção Enxuta tem como objetivo principal reduzir essas atividades através das quais os processos são aperfeiçoados e os desperdícios sofrem considerável redução através do aperfeiçoamento de algumas atividades e remoção de outras (REIS, 2004). Com a intenção de reduzir os desperdícios presentes, Reis (2004) recomenda analisar as atividades de fluxo desde o início do processo, de uma forma completa e aprofundada para garantir bons resultados.

De acordo com Koskela (1992), um modelo de produção constitui-se de atividades de conversão (processo de transformação do material em produto) e fluxo (movimentação de

material, troca de ferramentas, tempo de espera). Da mesma forma que todas as atividades possuem custos e consomem tempo, apenas as atividades de conversão geram valor.

Lean Construction resulta da aplicação de uma nova forma de gestão da produção à construção. As características essenciais da construção enxuta incluem um conjunto claro de objetivos para o processo de entrega, visando maximizar o desempenho para o cliente ao nível do projeto, a concepção simultânea do produto e do processo e a aplicação do controle da produção ao longo da vida útil do produto (Howell, 1999, p.9).

Na construção civil as fábricas não são fixas e a produção muda de local a cada empreendimento. A gestão da construção é variável no tempo, há grande rotatividade de trabalhadores e os projetos são únicos ou tem baixa repetitividade se comparados com a indústria (BARROS NETO; ALVES, 2008).

Para Koskela (2000) uma das definições fundamentais do Lean é o fluxo contínuo. Esse fundamento é difícil de aplicar na construção, uma vez que os métodos de produção na construção são definidos por diversas interrupções provocando variados tipos de desperdícios e utilização inadequada dos recursos. O autor descreve o fluxo contínuo como sendo a produção de uma peça de cada vez (ou um pequeno lote de produtos), no qual cada item sai de um processo para o próximo sem interrupção.

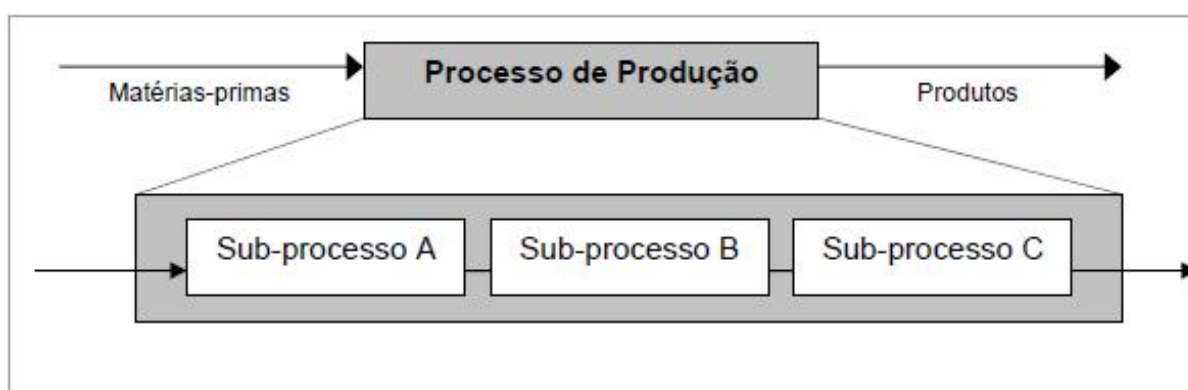
3.2.3 Princípios do Lean Construction

Segundo Formoso (2002), o que distingue a filosofia gerencial tradicional da filosofia Lean Production é principalmente de forma conceitual e se trata de um novo modelo de produção. A mudança mais relevante para a implantação desse novo paradigma é a introdução de uma nova forma de entender os processos. No modelo usualmente aplicado na construção civil, a produção é encarada como um conjunto de atividades de conversão que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (alvenaria, pilares, revestimentos) ou final (a edificação). Esse modelo clássico é referente a um processo impreciso e confuso do fluxo dos materiais nos canteiros de obras resultando em uma série de atividades que não geram valor ao produto final, que é o princípio fundamental do *Lean construction*. A migração para essa nova cultura requer planejamento e organização, pois os princípios da construção enxuta determinam uma forma contrária de práticas e gestão, visto que as atividades no modo tradicional são realizadas com mão de obra empírica e pouco

propensa a mudanças, além de dispor de projetos com tempo de execução considerável onde cada canteiro de obras tem suas particularidades. Dessa forma, o pensamento enxuto tem o objetivo de superar estas adversidades dedicando-se a atingir uma performance mais efetiva que otimize o uso dos insumos e evite desperdícios de tempo e material.

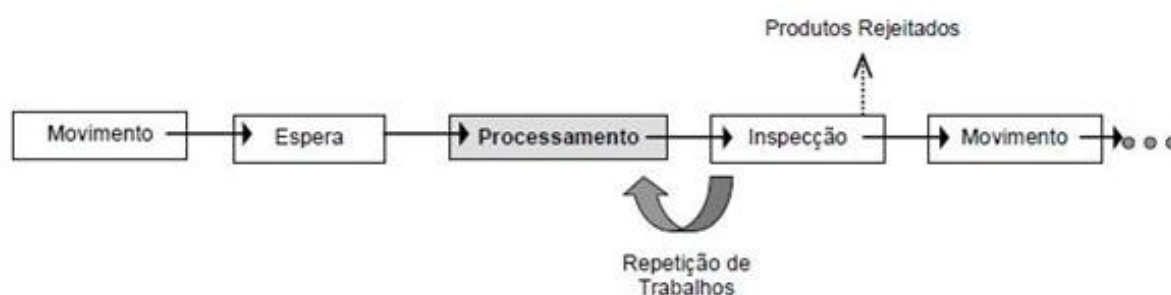
A figura 3 e a figura 4 demonstram o Modelo de Conversão Tradicional e o Modelo de Processo utilizado na filosofia *Lean Construction*, respectivamente.

Figura 3 – Modelo de Conversão Tradicional.



(fonte: ISATTO et al., 2000, pag. 6).

Figura 4 – Modelo de Processo *Lean Construction*



(fonte: KOSKELA, 1992, pag. 9).

O *Lean Construction* provoca como transformação conceitual mais significativa um conjunto de processos que passa a supor que além das atividades de conversão, também fazem parte do processo de produção as atividades de fluxo. Estas sucedem naturalmente e são identificadas como a espera pelo material nos postos de trabalho, a movimentação dos colaboradores dentro dos canteiros de obras, os retrabalhos e a inspeção. Entretanto, todas estas atividades não geram valor e precisam ser extinguidas para o desenvolvimento dos processos. Em suma,

pode ser interpretado como um modelo inovador para a evolução da gestão e execução de atividades na construção civil de maneira diferenciada ao modelo de produção em massa (HOWELL, 1999).

A fim de abordar as devidas peculiaridades do setor com êxito, Koskela (1992) sintetizou os conceitos Lean Production na forma de princípios, a fim de utilizá-los no setor da construção e os transformando na filosofia Lean Construction, com o intuito de diminuir as perdas e custos, incrementar a qualidade dos produtos e desenvolver uma melhor gestão dos processos, estabelecidos a seguir:

1. Reduzir a parcela de atividades que não geram valor: A eficiência dos processos pode ser aprimorada e as suas perdas mitigadas através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo e pela eliminação das atividades de fluxo desnecessárias. Assim, busque acabar com essas atividades durante o processo de produção para aumentar a eficiência global do sistema.

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes: Agregar valor significa satisfazer as expectativas do cliente, dessa forma, o acréscimo do valor pode ser obtido após detectar as necessidades dos clientes internos e externos e de sua importância no desenvolvimento do produto e na gestão da produção.

3 - Reduzir a variabilidade: Os processos de produção estão apresentando tipos de variabilidade diversos como de insumos, do processo propriamente dito ou da procura, o que tende a aumentar a parcela de atividades que não geram valor e o tempo necessário para executar um produto. Desse modo, a variabilidade precisa ser mensurada, identificar e atuar de forma a eliminar as causas com o objetivo de padronizar os processos.

4 - Reduzir o tempo de ciclo: O tempo de ciclo é delimitado como o somatório do tempo de todas as atividades de um processo produtivo (transporte, espera, processamento e inspeção). Diminuir o tempo das atividades que não geram valor estimula a eliminação das atividades de fluxo, possibilitando que o produto seja destinado mais rapidamente ao cliente. Isatto et al. (2000) apresenta algumas vantagens da redução do tempo de ciclo. Com a entrega mais rápida ao cliente, a gestão dos processos torna-se mais fácil, o efeito aprendizagem tende a aumentar, a estimativa das futuras demandas é mais precisa e o sistema de produção torna-se menos vulnerável às mudanças de demanda.

5 - Simplificar através da redução do número de passos ou partes: Quanto maior for o número de etapas de um processo, maior será o número de atividades que não geram valor e maior é a chance de ocorrerem erros. Para Bernardes (2003), simplificar é reduzir o número de componentes ou reduzir o número de partes ou estágios num fluxo de materiais ou informações.

6 - Aumentar a flexibilidade de saída: A necessidade de aumentar a flexibilidade de saída está relacionada à geração de valor. Refere-se à possibilidade de alterar as características finais dos produtos levando em consideração as necessidades dos clientes sem provocar aumento significativo nos custos.

7 - Aumentar a transparência do processo: Ao proporcionar maior transparência aos processos produtivos, obtém-se a diminuição na ocorrência de erros na produção. Isso ocorre porque à medida que o princípio é utilizado podem-se identificar problemas mais facilmente, no ambiente produtivo, durante a execução dos serviços (KOSKELA, 1992).

8 - Focar o controle no processo global: Deve-se ter uma percepção sistemática da produção, procurar entender o processo como um todo para perceber o efeito de qualquer modificação pontual no processo global. Portanto, todo o processo deve ser medido, gerando assim indicadores globais e não apenas locais. Este conceito está intimamente relacionado aos princípios Lean de mapeamento de fluxo de valor do processo e busca pelo fluxo contínuo.

9 - Introduzir melhoria contínua no processo: Busca diminuir os desperdícios e aumentar o valor, atividades interativas e introduzidas de forma contínua na organização. Deve-se realizar o acompanhamento do desenvolvimento e das melhorias e ser incentivado o envolvimento das pessoas na organização.

10 - Balancear melhorias nos fluxos e nas conversões: Para Koskela (1992), dentro do processo de produção existem diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maiores os desperdícios referentes a esse processo, mais vantajosos serão os benefícios nas melhorias do fluxo, se comparado com as melhorias na conversão.

11 - Benchmarking: O Benchmarking consiste num processo de aprendizagem com as empresas líderes em seus mercados. Deve-se proceder ao levantamento das melhores práticas

utilizadas, compreender os processos (pontos fortes e fracos) e adaptá-los e empregá-los à realidade da organização.

3.2.4 Ferramentas Lean

A real evolução nos processos acontece quando se consegue produzir com desperdício zero e, para isso, as equipes de trabalho precisam produzir apenas a quantidade necessária. Sendo assim, é essencial acabar com a capacidade excedente, pois isso está diretamente relacionado aos custos de produção. A eliminação por completo dos desperdícios deve ampliar a eficiência do trabalho de forma significativa (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), a eliminação absoluta do desperdício é o princípio fundamental do *Lean* e, para aprofundar os conhecimentos sobre o pensamento enxuto, serão estudadas a seguir as principais ferramentas que complementam o uso dessa filosofia na construção civil.

3.2.4.1 Just In Time (JIT)

Em um de seus conceitos, Just In Time significa produzir com qualidade, bens e serviços, no momento exato em que são necessários, não gerando estoques causados pela produção antes do instante em que é solicitado e nem atrasos, para não comprometer os prazos de entrega e a imagem da empresa.

Just in time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo pode chegar ao estoque zero. (...) para produzir usando o just in time de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem (OHNO, 1997, p.26).

Utilizar o Just in Time, do ponto de vista da Gestão da Produção, proporciona diversos benefícios. Porém, quando abrangem múltiplos processos que requerem grande variedade de insumos, a aplicação do Just in Time se torna mais complicada. Para usar esta ferramenta com êxito, de forma que se tenha o item necessário, no instante necessário e na proporção necessária, precisam ser utilizados métodos de gestão que renunciem as falhas na produção (OHNO, 1997).

Basicamente o conceito mais empregado é entregar o produto ao cliente final com o maior valor agregado e o menor consumo de insumos, para diminuir este custo o Just In Time visa à diminuição constante do desperdício, pois desperdício não gera valor ao produto final, sendo apenas mais um custo para a empresa. Segundo Shingo (1996) a produção Just In Time busca atingir a melhoria contínua em um sistema de produção e, para isso, emprega ferramentas que permitem o estoque zero a fim de utilizar os recursos de forma otimizada. A fim de não necessitar de uma quantidade significativa de insumos em estoque, procura-se utilizar a produção puxada ao invés da produção empurrada.

3.2.4.2 Kanban (Sistema de Cartões)

Para alcançar o equilíbrio do Just In Time, produção com estoque zero, foi estabelecida uma produção puxada, que significa que o produto é produzido apenas após ser solicitado, provocando uma reação em cadeia inversa ao sistema tradicional de produção no qual os itens são fabricados e armazenados, fazendo uso de estoque para suprir as solicitações. Segundo Arantes (2008), esta é uma ferramenta que possibilita a utilização do Just In Time, pois permite a comunicação entre cliente, que pode ser intermediário, e fornecedor. É um método de “puxar” a produção a partir do que é solicitado, ou seja, o ritmo de produção é determinado pela circulação de kanbans (cartões), e este é estabelecido através do consumo de produtos.

Taiichi Ohno, criador do sistema, descreve a correlação 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).

Para Liker (2005) o Kanban é uma das ferramentas mais conhecidas para a aplicação da produção puxada e tem por objetivo atuar como instrumento de gestão visual para controlar os estoques e sinalizar de necessidade de produção, possibilitando controle instantâneo visto que é realizada pelos funcionários em tempo real dentro do canteiro de obras.

3.2.4.3 Jidoka (Autonomação)

Outro conceito importante que faz parte do Just In Time é o Jidoka que, para Arantes (2008), pode ser compreendido como “facultar ao operador ou à máquina a autonomia de paralisar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade”. Embora Jidoka seja bastante associado à automação, não é um conceito limitado às máquinas, sendo também empregado quando a operação ocorre manualmente. Neste caso, qualquer trabalhador da linha tem autoridade parar a produção quando alguma irregularidade for constatada. O objetivo principal é impedir a existência e disseminação de defeitos e eliminar qualquer anomalia no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina suspende o processamento ou o operador paralisa a linha de produção, instantaneamente o problema torna-se perceptível ao operário, aos seus colegas e à sua supervisão. Isto estimula um trabalho conjunto para descobrir a causa substancial e eliminá-la, evitando que o problema se repita.

Conforme Ohno (1997) a autonomação (Jidoka) dificulta a produção de produtos defeituosos, acaba com desperdícios, como a produção em excesso, e realiza a paralisação da atividade automaticamente em caso de irregularidade na linha permitindo que a ocorrência seja investigada. A principal vantagem da autonomação está diretamente relacionada com a versatilidade dos operários, visto que a autonomia das máquinas para identificar problemas torna a presença do operador dispensável ao longo do processamento, logo, possibilita a execução de atividades concomitantes durante esse período.

3.2.4.4 Takt Time

Para Shingo (1996) Takt Time pode ser entendido como o tempo de trabalho total dividido pela quantidade de produção necessária (demanda). Visto que o Sistema Toyota de Produção está fundamentado no princípio de que a produção demasiada significa perda, o tempo de fabricação unitário é estimado a partir da quantidade de produção necessária.

O takt time é um instrumento que depende da capacidade de produção da empresa, desse modo, é compreendido como o ritmo de produção necessário para atender o nível de exigência dos clientes, dadas as restrições de capacidade do meio de produção. Esse entendimento de tempo de produção possibilita que seja produzido apenas o que é solicitado pelo cliente no tempo mais curto possível. Sendo assim, a produtividade da companhia se

torna maior, visto que não se produz mais do que o necessário e não há tempo perdido com ociosidade, formando-se uma sequência de produção sem interrupções. (SLACK et al, 2008)

Além disso, Ohno (1997) afirma que Takt Time é o tempo necessário para produzir um item ou um produto acabado, baseado na solicitação por parte do cliente. Em outras palavras, o Takt Time define um ritmo mínimo de produção que seja capaz de atender a demanda. No sentido da produção puxada, o fornecedor irá produzir apenas no momento em que houver demanda de seu cliente.

3.2.4.5 Tempo de Ciclo (TC)

Em concordância com Alvarez et. al, (2001) o tempo de ciclo no sistema produtivo é verificado pelas condições operacionais da produção. Ao analisar um posto de trabalho, o tempo de ciclo está relacionado com o tempo unitário de processamento e o número de trabalhadores.

Segundo Slack et al, (2008) o tempo de ciclo de um processo é uma função da sua capacidade. Para uma dada quantidade de conteúdo de trabalho na tarefa do processo, quanto maior a capacidade do processo, menor seu tempo de ciclo. A capacidade de um processo é frequentemente medida em termos de seu tempo de ciclo, ou ainda chamada de taxa de processamento.

O tempo de ciclo refere-se às etapas seguidas para completar um processo, como ensinar o programa a uma classe, fabricar um carro ou atender a um cliente. A simplificação de ciclos de trabalho, a queda de barreiras entre etapas improdutivas no processo permite que a qualidade total seja bem-sucedida. O ciclo operacional permite a competição pelo tempo, o atendimento mais rápido do cliente, etapas de produção mais encadeadas entre si, queda de barreiras e obstáculos intermediários. Os conceitos de fábrica enxuta e Just in time são baseados no ciclo de tempo reduzido. (CHIAVENATO, 2004, p.333).

Com a redução do tempo ciclo o processo de fabricação será mais rápido, isso pode ocasionar a necessidade de melhorias, podendo ser desenvolvidas pelo método Kaizen, ou podendo ser propostas através de melhorias no layout e no balanceamento da linha. SHINGO (1996)

3.2.4.6 Kaizen

O processo de melhoria contínua é um conceito básico na conquista da excelência dentro de uma empresa. O Kaizen (kai “mudança”, zen “melhor”) é conceito de origem japonesa que significa mudar para melhor. Segundo Slack et al. (2008), essa filosofia tem sua definição dada por Masaaki Imai, um dos autores mais influentes do melhoramento contínuo, significando melhoramento em diversas áreas, mas quando aplicado no trabalho, o Kaizen significa melhoria continua incluindo todos da empresa, administradores e trabalhadores de forma igualitária.

A essência do kaizen é simples e direta: kaizen significa melhoramento. Mais ainda, kaizen significa contínuo melhoramento, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. A filosofia kaizen afirma que o nosso modo de vida, seja no trabalho, na sociedade ou em casa, merece ser constantemente melhorado”. (IMAI, 1994, p. 3).

Para Imai (1994) o Kaizen é obrigação de todo, visto que esse conceito é crucial para o entendimento das diferenças entre os enfoques japonês e ocidental de gerenciamento. A principal diferença entre os conceitos japonês e ocidental de gerenciamento é a sua maneira de pensar orientada para o processo no Kaizen japonês em contraste com o pensamento ocidental direcionado para a inovação e os resultados.

De acordo com Ghinato (2000), Kaizen é a melhoria contínua e indica onde estão as perdas ou as falhas do processo, atentando na eliminação desses erros, de tal forma a evitar desperdícios e gerar valor ao produto. Esta ferramenta tem bom resultado se houver monitoramento constante dos processos, que pode ser realizado através do ciclo PDCA (Plan - Do - Check - Act), possibilitando a visualização dos problemas e suas possíveis melhorias.

3.2.4.7 Ciclo PDCA

Quando foi desenvolvido, em 1930, o Ciclo PDCA foi constituído a partir de quatro etapas: planejar (Plan), executar (Do), verificar (Check) e atuar (Action) e é um método iterativo de gestão utilizado para o controle e melhoria contínua de processos e produtos.

Todas as pessoas da empresa gostam de melhorar os resultados, pois esta é uma atividade altamente motivadora quando bem conduzida. No entanto o princípio básico do conceito de controle é que para melhorar é necessário antes de tudo saber manter a diretriz de controle CAMPOS (1992, p. 37).

O ciclo PDCA pode ser utilizado inúmeras vezes até ser encontrada a solução para o problema visto que é sistêmico.

O primeiro passo, o planejamento (Plan), fundamenta-se na coleta e análise de dados do trabalho visando a melhoria de desempenho. Para isso são estabelecidas metas para a inspeção e o modo como estas metas serão atingidas.

O segundo passo, a execução (Do), é a realização do plano de ação elaborado na etapa anterior exatamente como foi delineado através da utilização de mão de obra de colaboradores treinados para essa ação.

O terceiro passo, a verificação (Check), compreende a inspeção das mudanças efetuadas a fim de constatar se o resultado desejado foi atingido.

O quarto passo, a atuação (Act), consiste em verificar o resultado de melhoria da atividade, e, caso seja positivo, será consolidado como o processo padrão, caso contrário, o ciclo iniciará novamente com novas ideias, uma vez que a suposição utilizada anteriormente, apesar de não ter sucesso, favoreceu o aprendizado sobre esta operação.

3.2.4.8 Balanceamento da Produção

Balancear uma linha de produção é adaptá-la às exigências da demanda, maximizando o aproveitamento dos seus postos, tentando padronizar o tempo unitário de execução do produto. Uma linha de produção é composta por uma sequência de postos de trabalho que são vinculados entre si, cada qual com função bem estabelecida e visando a fabricação ou montagem de um produto. Os postos são as etapas que possibilitarão a construção do item a ser fabricado. DAVIS (2001).

De acordo com Liker (2005), a essência da implantação de ferramentas enxutas está em detectar e eliminar as perdas. Grande parte das empresas não é capaz de atingir o processo de estabilização do sistema e da uniformidade da produção em um fluxo de trabalho enxuto e equilibrado. O maior benefício do balanceamento é tornar o fluxo de produção estabilizado, obtendo a capacidade de trabalhar a demanda por parte do cliente no longo prazo.

Davis et al, (2001) afirma que existem seis passos de balanceamento de linhas de produção para que ela seja implantada com êxito:

1. Especificar a relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

3.2.4.9 Os 5 Sensos (5S)

Um dos mecanismos do Lean de maior visibilidade e importância é o 5S, que possui como objetivo principal organizar os postos de trabalho com o intuito de aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios. Essa ferramenta tem o intuito de auxiliar as pessoas na construção de ambientes ideais para realização de suas atividades, propondo mudanças de atitudes nos locais de convivência, com sua constante manutenção. ISHIKAWA (1993)

De acordo com Ishikawa (1993), a origem do nome se dá pelas cinco palavras em japonês que nortearam o programa na forma de cinco sentidos, sendo eles: Senso de Utilização (Seiri); Senso de Ordenação (Seiton); Senso de Limpeza (Seisou); Senso de Saúde (Seiketsu); Senso de Autodisciplina (Shitsuke).

3.2.4.10 Os 5 Porquês

Segundo Ohno (1997) o método dos 5 porquês é uma abordagem científica, utilizada no Sistema Toyota de Produção e consiste em perguntar o porquê de um problema sucessivas

vezes para se encontrar a sua causa raiz, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios.

O objetivo desta técnica é muito simples, deve-se fazer 5 indagações, no qual o primeiro dos por quês deve ser realizado utilizando o próprio problema, e deve-se responder por quê o problema está acontecendo. O segundo por quê deve ser efetuado com base na resposta do primeiro por quê. E assim sucessivamente até que a causa raiz do problema for descoberta.

3.2.4.11 Diagrama de Causa e efeito

Segundo Ishikawa (1993), o Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta simples muito utilizada no controle de qualidade. Trata-se de um recurso que possibilita a identificação e análise das potenciais causas de variação do processo ou da ocorrência de um evento, assim como a maneira que essas causas interagem entre si.

A análise de processo é a análise que esclarece a relação entre os fatores de causa no processo e os efeitos como qualidade, custo, produtividade, etc., quando se está engajado no controle de processo. O controle de processo tenta descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos. Ele procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo. Qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo. (ISHIKAWA,1993)

Para campos (2004), o Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou, pelo seu formato, como Espinha de Peixe, foi elaborado por Kaoru Ishikawa com a intenção explicar para alguns engenheiros de uma indústria japonesa como os vários fatores de um processo estavam correlacionados. Serve para conduzir à identificação da causa fundamental do problema considerado e é utilizado para resumir e apresentá-las de modo a determinar medidas corretivas a serem adotadas.

4 MÉTODO DE PESQUISA

No presente capítulo, será apresentado o desenvolvimento da pesquisa, assim como foram obtidos os dados relevantes ao estudo realizado e os resultados. Estes dados evidenciaram um impacto propiciado pela aplicação de conceitos e ferramentas Lean no processo construtivo da empresa construtora.

4.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO DA PESQUISA

Segundo Yin (2010, p.22),

Em geral, os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo "como" e "por que", quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

Por esse motivo, a escolha do método a ser desenvolvido foi o estudo de caso que se fundamenta em uma análise prática dos processos como estratégia de pesquisa. Segundo Yin (2010), o resultado do estudo de caso leva em consideração diversas fontes de evidência, no qual a totalidade dos dados converge para a resposta da questão a qual o estudo pretende solucionar. O autor afirma também que o desenvolvimento de asserções teóricas favorece a correta coleta de dados.

Com o objetivo de enobrecer o estudo de caso, Yin (2010, p. 124) descreve alguns princípios fundamentais para realização da coleta de dados:

- a) Múltiplas fontes de evidências (evidência de duas ou mais fontes, convergindo sobre os mesmos fatos ou descobertas);
- b) Um banco de dados do estudo de caso (uma estrutura formal de evidência distinta do relatório final do estudo de caso);
- c) Um encadeamento de evidências (vínculos explícitos entre as questões formuladas, os dados coletados e as conclusões a que se chegou).
- d) Durante a realização deste trabalho foram aplicadas as seguintes fontes de evidência: registro em arquivos, entrevistas e observação direta.

4.1.1 Registro em Arquivos

De acordo com Yin (2010), os registros em arquivos, que incluem registros de serviços ou registros organizacionais, podem ter notável relevância na análise de dados em um estudo de caso.

No decorrer do processo de elaboração do trabalho foram utilizados diversos registros de arquivos, como relatórios, cronogramas e procedimentos internos. O emprego deste material possibilitou a realização do trabalho de forma mais precisa, buscando observar os resultados da aplicação de conceitos e ferramentas Lean no processo construtivo da empresa e na satisfação dos colaboradores que trabalham no canteiro de obras.

4.1.2 Entrevistas

Para Yin (2010), as entrevistas são fontes de evidência fundamentais para o desenvolvimento do estudo de caso, na qual uma das vantagens é a compatibilização entre os dados registrados pelo pesquisador e sob o ponto de vista do entrevistado. O autor ainda ressalta que os entrevistados podem propor fontes nas quais se podem buscar evidências que comprovem o resultado obtido no estudo.

Por meio das entrevistas com engenheiros e gerentes de obra, foram obtidas informações mais aprofundadas sobre as condições, as políticas, o objetivo e as técnicas aplicadas no novo sistema construtivo em processo de implantação na empresa. Já por meio da entrevista com os colaboradores do canteiro de obras, foram obtidas informações sobre o impacto da implantação dos conceitos e ferramentas Lean na qualidade e tempo de execução de cada tarefa, juntamente com a satisfação das equipes em aderir à nova filosofia da empresa.

4.1.3 Observação Direta

Yin (2010) afirma que os recursos empregados na observação direta variam de acordo com cada estudo de caso a ser realizado e são convenientes para proporcionar informações adicionais sobre o tópico que está sendo estudado. Com isso o pesquisador assume uma postura imparcial e impessoal em relação à pesquisa, o que torna o resultado obtido mais preciso.

5 ESTUDO DE CASO

No presente capítulo, primeiramente é descrita a escolha da empresa em estudo e dos seus empreendimentos, após, os processos produtivos são explicitados e, por fim, são apresentados os impactos gerados na produtividade, qualidade final e satisfação das equipes de trabalho.

5.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ANALISADA

A construtora considerada neste trabalho é de grande porte e atua nas etapas de desenvolvimento de produto, de incorporação, de planejamento e de execução do empreendimento. A Companhia concentra atualmente suas atividades em seis das maiores regiões metropolitanas do país – São Paulo, Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte, Salvador e Recife – e possui mais de 40 lojas com equipe própria de vendas. Apresenta 45 anos de atuação no mercado brasileiro, porém, o ano de 2007 foi destacado pela participação de novos sócios e pela preparação da companhia como um todo para o crescimento, o qual gerou frutos, expandindo seus negócios não só para o sudeste, mas para todo o País. Em decorrência da incorporação de novos parceiros, após dois anos de reestruturação dos seus procedimentos proporcionado por um novo planejamento, a empresa teve grande êxito no mercado nacional obtendo grande destaque. Desde sua fundação, a empresa atua comprometida em empreendimentos econômicos de baixo padrão e com notoriedade no mercado residencial vertical, possuindo reconhecimento neste segmento de clientes. Todas as obras executadas recebem as certificações que representam o atestado do mais alto conceito de qualidade do mercado como o Sistema de Gestão da Qualidade NBR ISO 9001:2000 e o PBQP-H:2000 Nível A SIQ CONSTRUTORA (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), além de incentivo de financiamentos de imóveis pelo programa do governo¹, o que facilita a aquisição de imóveis por famílias de baixa renda. A seguir alguma das realizações da empresa ao longo dos anos:

- a) 75 mil unidades construídas;
- b) presente em 100 cidades brasileiras;
- c) atualmente com 48 obras em execução (fonte: relatório da empresa 2017).

¹ Programa de incentivo à moradia do governo federal – Minha Casa, Minha Vida (MCMV).

Por ser uma empresa de grande porte, possui seus processos formalizados pelo Sistema da Qualidade seguindo um padrão para que todas as regionais do país atuem da mesma forma. Atua no setor residencial e as suas obras caracterizam-se pela repetição, com a utilização de pavimentos tipos padrão sem distinção de layout.

A grande competição no mercado da construção fez com a empresa se preocupasse em atender a demanda sem acarretar em aumento de custo. Desta forma, buscou uma forma eficaz e inovadora frente aos seus concorrentes. Para isso, a empresa investiu em novas tecnologias construtivas que pudessem contribuir para um equilíbrio maior dos prazos e dos processos. A concepção de empreendimentos com o uso de formas de alumínio e paredes de concreto armado demonstrou claramente os avanços nesta direção. Condomínios construídos neste modelo construtivo demonstram excelente desempenho pela eficiência em termos de equilíbrio nos processos e nos atendimentos de prazos, além de atender às exigências da NBR 15575 que se trata do desempenho das edificações. Portanto, tendo o foco em simplificar os processos de construção, a empresa investiu no desenvolvimento de estratégias de ataque que diminuíssem o tempo de execução da obra para vencer as dificuldades de atrasos e de entregas. Os projetos dos empreendimentos são terceirizados e devem seguir diretrizes impostas pela sede, com pequenas variações para adaptar as plantas às disposições regionais.

A empresa sempre procurou manter parceiros, pois desta forma a sequência de trabalho é passada mais facilmente de uma obra para a outra. Porém, atualmente a empresa está gradualmente deixando de terceirizar serviços e trazendo-os para dentro de seu próprio escopo de trabalho. Para isso, está implantando uma modificação profunda na sua gestão de obras a fim de implantar conceitos e ferramentas Lean com o intuito de diminuir o tempo de execução das obras, aumentar sua qualidade final, diminuir os custos e dar sequência entre uma obra e outra. Por ter as certificações ISO, a empresa se baseia em procedimentos operacionais estabelecidos em todos os níveis organizacionais, além de um rigoroso controle de qualidade. A empresa preza também pelo cumprimento dos procedimentos e prazos estabelecidos com os seus clientes.

A escolha desta empresa para a realização do estudo de caso tem como um dos motivos o pesquisador ter acesso aos documentos da empresa, canteiro de obras, gestores da obra e demais informações, visto que trabalha como estagiário na mesma. Ademais, a empresa é referência na aplicação de processos produtivos, tanto a nível local quanto nacional, no que se

refere aos processos gerenciais e construtivos de edificações verticais de baixo padrão dado que há poucas construtoras que utilizam o sistema construtivo analisado, tornando-se um assunto de interesse.

5.1.1 Entrevistados

As entrevistas para obter informações sobre o tema de estudo e que ajudaram na estruturação da pesquisa foram elaboradas de acordo com a atividade de cada entrevistado e teve a duração de aproximadamente um mês. Todas as entrevistas foram realizadas fundamentadas nos preceitos do autor Yin (2010) e transcritas durante a elaboração das mesmas. A área de atuação dos entrevistados e o tempo de atuação dentro da empresa foram os fatores definidos para a determinação de quem seria entrevistado, visando alcançar todas as esferas do processo. Em suma, a quantidade de entrevistados foi dividida da seguinte forma:

- a) 2 engenheiros/gestores;
- b) 3 estagiários de engenharia;
- c) 3 colaboradores de cada equipe (instalações hidráulicas, instalações elétricas, colocação de esquadrias, revestimento cerâmico, pintura, infraestrutura).

Foram entrevistadas 23 pessoas ao total e todas trabalham diariamente no canteiro de obras. O engenheiro A é o engenheiro responsável pelo empreendimento em questão desde o seu início e trabalha na empresa há 3 anos. O engenheiro B é o gerente geral de obras e atua na gestão das obras de Porto Alegre e região metropolitana, atuando na empresa há 5 anos. O estagiário A é responsável por fiscalizar a parte elétrica e hidráulica do empreendimento e atua na empresa há 1 ano. O estagiário B é responsável por fiscalizar o revestimento cerâmico e a pintura e atua na empresa há 1 ano. O estagiário C é responsável por fiscalizar a infraestrutura e a colocação de esquadrias no empreendimento e atua há 1 ano na empresa. Os colaboradores escolhidos de cada equipe de trabalho são profissionais que atuam na empresa há, no mínimo 3 anos, e serão mencionados no decorrer da descrição das entrevistas.

5.2 IMPLANTAÇÃO DO LEAN NA FASE DA ESTRUTURA

Visando diminuir a variabilidade de suas obras e padronizar seu sistema construtivo, a empresa em estudo decidiu por executar apenas um tipo de obra focando em estruturas de paredes de concreto. Até então esse método não era utilizado no Brasil para a produção em larga escala e foi necessário muito estudo prévio para otimizar a sua utilização. Primeiramente foi direcionado esforços para alinhar os processos da estrutura, pois essa é uma etapa crítica da obra e, posteriormente, foi determinada a sequência das atividades baseado nos estudos prévios utilizados e testados na fase da estrutura, dando continuidade ao acabamento. Até então os processos ainda estão sendo aprimorados dentro da empresa, porém grande parte do objetivo de implantação das ferramentas Lean já foi realizado, podendo-se ter um resultado confiável nos dados obtidos no estudo.

A reformulação dos processos construtivos, assim como a simplificação do sistema existente permitindo a empresa focar apenas em um padrão construtivo e utilizar formas de alumínio em todas as obras foi importante para possibilitar maior agilidade e diminuir o tempo da construção, evitando atrasos na entrega. A construtora buscou também revisar as diretrizes e as especificações técnicas das partes que compõem cada empreendimento, dessa maneira o processo ficou mais enxuto e com menor variabilidade. Assim, foi possível analisar com transparência cada uma das atividades e do planejamento, sendo possível tomar as ações adequadas para cada caso (KOSKELA, 2000).

No início da transformação dos processos construtivos, a empresa manteve foco principal na busca por aumento da produtividade e isso fez com que a empresa implementasse um novo processo construtivo em suas obras, baseada no uso de formas de alumínio montadas em painéis, que reduz em aproximadamente 40% o prazo de uma obra, segundo o gestor do empreendimento analisado. Com esse sistema, os pavimentos são executados com as paredes e lajes de concreto desde o térreo até a cobertura, moldadas *in loco*, modelando andar por andar e otimizando o tempo de construção. A decisão de alterar o processo construtivo da alvenaria estrutural para a concretagem em formas de alumínio *in loco* possibilitou a redução do tempo de ciclo e a padronização dos processos produtivos proporcionou soluções rápidas e eficientes para a empresa no quesito prazo de entrega. Além disso, todos os novos procedimentos foram adaptados para cada atividade desenvolvida pelos empreiteiros e estes

recebem treinamento antes de iniciar cada tarefa, garantindo qualidade e uniformidade do processo.

Ao longo da análise realizada na empresa, percebeu-se que a implantação desse novo sistema produtivo foi realizada com a condição de que os prazos definidos em projeto para a montagem dos painéis e a concretagem da estrutura fosse seguida rigorosamente a fim de garantir a velocidade de produção e amortizar o gasto inicial da compra das formas.

Além disso, os empreendimentos deveriam seguir ritmo de acordo com a concretagem das formas com o intuito de não atrasar o fluxo da estrutura entre obras. Desta maneira, foi determinado que, no momento em que a estrutura do empreendimento iniciasse, as formas deveriam ser montadas e concretadas no mesmo dia, e assim, consecutivamente até o final das estruturas. O processo de execução segue diretrizes estabelecidas pela sede da empresa e estas determinam a velocidade de produção de um pavimento por dia. Sabendo que a etapa mais demorada é a concretagem, esta é a que requer mais atenção durante a obra. Por esse motivo o processo de montagem de formas de alumínio foi analisado sob o conceito *Lean* e padronizado para garantir o ciclo da concretagem de um pavimento por dia para cada jogo de formas.

5.2.1 Takt Time da Estrutura

Para aumentar sua produtividade, a empresa analisada decidiu há alguns anos implantar o sistema de estrutura executada em concreto utilizando formas de alumínio, como foi citado anteriormente. Porém, como a empresa tem o objetivo de alcançar uma rentabilidade de aproximadamente 15% em cada empreendimento, o que é pouco comparado com outras construtoras brasileiras que obtém entre 20% e 25% de lucratividade por empreendimento, é preciso um grande volume de obras para garantir a saúde financeira e o crescimento da empresa.

A fim de estabelecer o plano de ataque para esse sistema construtivo, foi estabelecido o *takt time* da concretagem sendo de um pavimento por dia. A partir dessa informação, o ataque é feito em duas torres distintas do empreendimento para que as equipes possam realizar sua tarefa sem interferência, de modo que cada conjunto de formas produz duas unidades de apartamentos, totalizando ao final do dia quatro apartamentos, conforme mostra a figura 5, ou

seja, um pavimento ao dia visto que cada pavimento contém quatro apartamentos. A concretagem de cinco pavimentos, totalizando vinte apartamentos, ocorre em uma semana. Assim, atuando em duas frentes de trabalho, é possível executar a estrutura de duas torres em quinze dias. Após o término do quinto pavimento, ocorre concretagem da platibanda e a desmobilização das formas para que se possa iniciar outra torre.

Figura 5 – Elevação de metade da estrutura em duas torres formando um pavimento



(fonte: elaborado pelo autor)

De acordo o gestor 1, “a execução e a concretagem da estrutura é o gargalo da execução da obra. Conseguindo manter o seu andamento sem atraso, dificilmente teremos problema na entrega do empreendimento”. Além disso, o gestor 2 afirmou que o novo takt time utilizado para a elevação da estrutura estava proporcionando uma redução de aproximadamente 40% no tempo de execução da obra comparado ao tempo que a estrutura demorava para ser executada anteriormente, o que impacta significativamente para o crescimento da empresa.

5.2.2 Balanceamento das Equipes da Estrutura

Após a definição do Takt Time para a estrutura de concreto, a próxima etapa que a empresa em estudo implantou foi o balanceamento das equipes que executam a estrutura das torres.

Após a análise de dados referentes à execução, foram detectados alguns desafios encontrados durante a fase de implementação dos novos modelos construtivos da empresa, dentre eles podemos citar a necessidade de evitar ociosidade ou sobrecarga de colaboradores. Para isso, a empresa efetuou testes nas equipes até chegar a um número ótimo de colaboradores para cada atividade. Assim, não há falta de efetivo para realizar o serviço, o que poderia ocasionar em atraso e também não há excesso de efetivo, que poderia provocar ociosidade entre os trabalhadores ou até mesmo falta de espaço para trabalhar devido ao grande número de pessoas na equipe.

Podemos verificar na figura 6, a equipe de montagem de formas de alumínio e instalações elétricas trabalhando em conjunto. Após o dimensionamento das equipes, o local de trabalho ficou mais dinâmico permitindo maior produtividade por parte das equipes.

Figura 6 – Equipe dimensionada



(fonte: elaborado pelo autor)

5.2.3 Tempo de Ciclo da Estrutura

No caso da empresa analisada, o Takt Time e o Tempo de ciclo são ambos um pavimento por dia. Com isso, a função do balanceamento tem que ser equilibrada para não ocasionar problemas no decorrer da execução da estrutura.

O fato de o Tempo de Ciclo ser o mesmo do Takt Time torna o controle das atividades muito mais sensível, visto que qualquer atraso em uma atividade compromete o prazo das demais já que não há uma margem de erro entre ambos. Na fase da estrutura é preciso manter a execução de um pavimento por dia para que o Takt Time da obra seja respeitado e o cronograma não sofra distorções. O mesmo acontece na fase de acabamento.

5.3 IMPLANTAÇÃO DO LEAN NA FASE DOS ACABAMENTOS

A implantação do novo sistema construtivo baseado em formas de alumínio obteve sucesso em relação ao que era proposto: diminuir o tempo de execução da estrutura das torres, visto que essa era uma etapa crucial para o cumprimento do prazo de entrega do empreendimento. Porém, até então, esse era o único processo que estava embasado de acordo com os novos padrões da empresa. Os demais que não haviam sofrido remodelação não estavam conseguindo acompanhar o ritmo que agora era imposto, ou seja, o processo como um todo não possuía aderência. Ao perceber isso, a empresa decidiu reformular completamente todas as etapas construtivas dentro do canteiro de obras baseando-se no conceito *Lean* e utilizando algumas de suas ferramentas, sendo esse nosso objetivo de estudo a partir de agora.

5.3.1 Ferramentas Lean Utilizadas

Após verificar a existência de um descolamento entre o processo de execução da estrutura e os demais processos subsequentes, a companhia contratou uma empresa especializada em gestão de processos com o intuito de introduzir o conceito *Lean* dentro do canteiro de obras.

Esta empresa realizou um estudo aprofundado em todo o sistema produtivo com a finalidade de propor uma solução que permitisse todos os serviços realizados seguir uma sequência específica para que não houvesse desperdício de tempo e mão de obra. A resposta encontrada foi introduzir algumas ferramentas *Lean* para que o canteiro pudesse funcionar como uma

linha de fábrica. A seguir serão apresentadas as ferramentas propostas pela empresa especializada em gestão de processos e como as mesmas foram implantadas para possibilitar a otimização do sistema construtivo.

5.3.1.1 Takt time

Sabendo que o takt time é uma ferramenta que depende diretamente da demanda, todo o processo foi baseado nas formas de alumínio que produzem um pavimento por dia. Cada jogo de forma monta dois apartamentos em uma torre. Como a obra conta com dois jogos de forma, a produção diária é de quatro apartamentos por dia, dois em cada torre, o que equivale a um pavimento completo, visto que cada pavimento possui quatro apartamentos. A partir disso, todos os demais serviços mostrados na tabela 1, foram divididos de tal forma que cada equipe de trabalho realizasse um pavimento por dia em sua atividade. Assim, o ritmo de produção necessário para atender o nível de exigência da atividade mais crítica, estrutura, é o ritmo que foi estabelecido como global do sistema construtivo dado as restrições de capacidade do meio de produção.

Para alinhar essas informações e tornar o processo viável, a empresa de consultoria em produtividade foi contratada a fim de adequar todo o conjunto de atividades ao mesmo takt time da estrutura, ou seja, realizar um pavimento por dia em cada serviço. O projeto produtividade, assim chamado pelos gestores da empresa, foi iniciado com um treinamento para os líderes de cada equipe de serviço e a equipe de engenharia, onde a empresa de consultoria explicou como funcionaria o processo da implantação desse novo programa, no qual haveria metas diárias a serem cumpridas, diferentemente de como acontecia até então.

Ficou definido que cada serviço seria dividido em 5 etapas, pois cada torre tem 5 pavimentos, o que significa que uma equipe inicia e termina uma torre nesse período de tempo executando um pavimento por dia. Ao longo do decorrer da obra, foram encontrados alguns problemas que exigiram um plano de ação para serem solucionados, por exemplo, havia intervenção de duas equipes trabalhando em um mesmo local simultaneamente ou ainda a não realização de uma tarefa pré-requisito de outra por falta de planejamento.

Sabendo que a produção abaixo do padrão definido representa perda e a produção em excesso também representa desperdício, o tempo takt definido em um pavimento por dia proporciona

o rendimento ótimo da obra em geral, pois permite uma atividade iniciar logo após o término da atividade anterior, possibilitando diminuir o tempo de execução de cada torre e, conseqüentemente, de entrega da obra. Dessa forma, a produtividade da companhia se torna maior, dado que não se produz além do que o necessário e não há tempo perdido com ociosidade, formando-se uma seqüência de produção sem interrupções.

Além disso, a maneira de fiscalizar o serviço executado também foi reformulada para atender a nova demanda de atividades. Os estagiários passaram a ter metas diárias de verificação de serviços, porém o serviço a ser vistoriado agora se encontra apenas em um pavimento para cada atividade. Mesmo que o estagiário tenha diversos itens a conferir, cada atividade estará localizada em um único pavimento de uma única torre, não mais espalhados por diversos pavimentos e torres dentro do canteiro de obras como acontecia anteriormente.

A implantação do takt time primeiramente na estrutura e posteriormente nos demais serviços foi uma tarefa arrojada que proporcionou grandes desafios. Porém, segundo os estagiários entrevistados houve unanimidade em afirmar que o resultado foi positivo, sendo que um acrescentou: “esse novo sistema agregou para diminuir a ociosidade das equipes e tornar o trabalho mais dinâmico”. Um ceramista afirmou que “agora temos mais previsão de serviço e, já que nós conseguimos executar mais e de forma organizada, estamos até recebendo um salário melhor”. Em contrapartida, um pintor relatou que não gostou do novo método de trabalho, pois segundo ele “antes eu executava um pavimento e meio por dia, agora sou obrigado a executar apenas um pavimento e ir para casa”.

É natural que, no início da implantação do novo takt time, houvesse algumas opiniões a favor e outras contra, pois nem todos os colaboradores se adaptam da mesma forma. No entanto, houve uma mudança gradual na forma de pensar dos trabalhadores, sendo que, aos poucos, fossem se adaptando ao novo sistema. Foi percebido que, com o passar do tempo, mais alinhada as equipes ficavam e melhor eram os seus resultados.

Cada torre possui um quadro no pavimento térreo com o cronograma de cada atividade desde a primeira até a última atividade a ser executada para, a fim de garantir uma melhor gestão visual e rápido entendimento das atividades em andamento. Basta o estagiário entrar na torre, verificar no quadro qual a atividade do dia que ele é responsável e ir até o respectivo pavimento fazer a inspeção.

5.3.1.2 Balanceamento das equipes

Após definir o takt time, foi necessário fazer o balanceamento das equipes de acabamento para adequar a quantidade de funcionários ao ritmo de obra, garantindo que o tempo de ciclo estivesse dentro dos padrões pré-determinados. Mais uma vez a equipe de consultoria contratada realizou um estudo para verificar quantos funcionários seriam necessários em cada equipe para executar a respectiva tarefa em um dia. Com o estudo realizado, foi passado para cada empreiteiro a quantidade exata de funcionários que deveriam estar em cada frente de trabalho e determinado que esse número fosse seguido para que não houvesse atraso.

Sendo assim, a ociosidade em algumas frentes de trabalho e a sobrecarga de serviço em outras que existia até então, deram lugar a uma sequência de trabalho enxuta e dinâmica. Após diversos estudos e testes de produtividade, as atividades que englobam desde o início até o final dos trabalhos nas torres foram divididas em 28 grupos conforme visto na Tabela 1 e, a partir disso, definidos quantos colaboradores seriam necessários para cada serviço. A tabela a seguir destaca o número ótimo de colaboradores para cada atividade que passou a ser utilizado após a implantação dos conceitos e ferramentas *Lean*.

Grande parte dos serviços foi realizada com êxito baseando-se no número de trabalhadores fornecido pela equipe de consultoria. Pôde-se perceber que, ao comparar esse novo modelo de equipe com a que era utilizada anteriormente, a produtividade aumentou significativamente, permitindo que o empreiteiro saiba quantas pessoas realmente precisa em sua equipe para não sobrecarregar os demais e não deixar algum profissional ocioso, possibilitando um melhor controle sobre os seus gastos. Segundo o responsável pela pintura, “quando havia frente de trabalho, eu trazia o maior número de funcionários que podia para terminar a tarefa o quanto antes”, porém ele não tinha certeza de quanto tempo iria demorar para executar a tarefa e o quanto estava gastando para tal. Além disso, a descontinuidade de serviço pode gerar uma insegurança no trabalhador, pois a maioria trabalha por empreitada. De acordo com um pintor entrevistado, “agora nós sabemos onde temos que ir todos os dias e no final do mês sabemos quanto vamos ganhar”.

Tabela 1 – Número de colaboradores por equipe de serviço

Grupo	Número de colaboradores
1 Serviços iniciais de preparação	3
2 Esquadria de ferro/alçapão	2
3 Prumada hidráulica + ramal de esgoto	4
4 Esquadria de alumínio + fechamento AC	1
5 Sistemas + prumada elétrica	2
6 Shaft dos apartamentos	1
7 Prumada e distribuição de água	4
8 Abrigo externo e interno de água	4
9 Impermeabilizações externas e de banheiro	1
10 Piso acústico	2
11 Impermeabilização de cozinha e área de serviço	2
12 Revestimento cerâmico	6
13 Rejunte	2
14 Forro e sanca	1
15 Fundo de massa	8
16 Massa projetada	2
17 Portas	2
18 Prumada de incêndio	4
19 Louças e acabamento hidráulico	1
20 Tubulação e abrigo externo do gás	2
21 SPDA e centro de medição elétrico	2
22 QDL e acabamento elétrico nos apartamentos	2
23 Pintura interna dos apartamentos	2
24 Pintura interna das portas	2
25 Limpeza grossa e fina	4
26 Estuque externo	4
27 Textura da fachada	4
28 Telhado	4

(fonte: elaborado pelo autor)

Antes da implantação dos conceitos *Lean* no canteiro de obras, o empreiteiro não tinha noção de quantos funcionários realmente precisava para fazer determinado serviço. As tarefas eram executadas sem planejamento e ainda demoravam para ficar prontas, pois não havia um cronograma de atividades para cada equipe. Isso gerava custo extra para o empreiteiro e tornava o andamento da obra cada vez mais lento. Porém, com o novo dimensionamento da equipe, o controle de pessoal, gastos e tempo de trabalho, tornou as equipes mais enxutas e produtivas.

Sabendo que cada equipe deve executar um pavimento por dia na atividade que está executando, ficou muito mais fácil saber quantos colaboradores serão necessários, pois não há picos de serviço onde há a necessidade de mais efetivo que o padrão e nem falta de frente de trabalho, o que gera ociosidade nas equipes. O responsável pela equipe de instalação

hidráulica afirma que “como conheço o desempenho de cada funcionário, posso prever quantas pessoas vou precisar em cada atividade e isso permite que eu tenha dentro do canteiro apenas o efetivo necessário para cumprir as metas”. Isso está de acordo com os conceitos *Lean*, visto que utilizar o número ótimo de funcionários é melhor para as equipes, pois ninguém fica ocioso, e para as empresas, pois diminuem seus gastos com efetivo.

No entanto, alguns trabalhadores foram desligados para que todas as equipes estivessem apenas o número ótimo de colaboradores trabalhando no canteiro, a fim de evitar desperdícios com mão de obra demasiada. Algumas pessoas, na maioria dos casos os mais velhos, discordaram da implantação desse sistema que otimiza a produção, pois segundo um instalador de esquadrias, “esse sistema beneficia alguns, mas outros acabam perdendo o emprego porque estão diminuindo a equipe”. É fato que, para garantir um melhor aproveitamento de pessoal e recursos, as empresas diminuem o desperdício determinando o número exato de funcionários necessários para executar cada tarefa, mas alguns colaboradores apresentam resistência por estarem acostumados a trabalhar de acordo com o método convencional de construção, na qual não se tem metas significativas de controle de recursos e efetivo.

Além disso, conforme a obra ia progredindo e as equipes iam avançando em suas frentes de trabalho, foi notado que alguns serviços ainda estavam com a equipe sobrecarregada. Por exemplo, além da tarefa propriamente dita, os colaboradores precisavam mobilizar a atividade quando chegam e desmobilizá-lo no final do dia. De acordo com um instalador de esquadrias “apenas uma pessoa para colocar, fixar e dar acabamento em todas as janelas do andar é muita coisa”. Já o responsável por executar o piso acústico ressaltou “eu tenho que preparar a massa, fazer o piso acústico, limpar tudo e ainda fazer a impermeabilização da cozinha. É muito puxado!”.

De fato, a implementação do balanceamento das equipes proporcionou um canteiro de obras mais enxuto, onde cada um assume a responsabilidade pelo seu serviço. Com isso, as equipes sabem das dificuldades uma das outras e acabam fazendo o seu melhor para deixar sua atividade pronta em plenas condições de a próxima equipe chegar e trabalhar sem desperdício de tempo, pois geralmente recebem o local de trabalho organizado. Entretanto, há casos que ainda devem ser revistos a fim de evitar a sobrecarga em alguns colaboradores, pois, algumas vezes, trabalhadores de outras atividades acabam ajudando quem está sobrecarregado.

5.3.1.3 Just in Time

Com o intuito de diminuir dos desperdícios, que inclui principalmente material e tempo, o estudo relacionou também a inserção do Just in Time nas obras. Como as obras são executadas com formas de alumínio e estas são padronizadas e há ainda uma sequência de obras com o mesmo produto, variando apenas o número de torres e sua disponibilização dentro de cada canteiro, o processo de implantação do sistema em uma obra pode ser levado para as demais obras com uma grande margem de aproximação. Ou seja, os apartamentos apresentam o mesmo layout em todas as torres, o que possibilita um cálculo muito aproximado de materiais, mão de obra e tempo de execução.

Através da padronização do sistema construtivo, foi quantificado o material necessário para cada atividade, desde as etapas iniciais até as etapas finais para a terminalidade de cada torre. A partir dessas informações, foi verificado o que poderia ser melhorado para evitar que houvesse trabalho desnecessário dos colaboradores de cada atividade. Com isso, chegou-se à conclusão de que alguns serviços podem ser tratados de forma convencional, ou seja, apenas disponibilizar o material para o funcionário na hora e local correto e ele se encarrega de executar a atividade programada, por exemplo, o serviço de pintura. Entretanto, outras atuações requerem um pouco mais de atenção, pois para cumprir o takt time global do sistema, atividades como instalações elétricas, hidráulicas, dentre outras, precisam de algum suporte pré-execução, visto que os funcionários despendem uma quantidade de tempo significativa para medir, cortar e preparar os materiais necessários para a execução de seu serviço. Para garantir que todos os grupos realizassem seu serviço dentro do prazo, foi determinado que as atividades de algumas equipes tivessem o auxílio de uma central de kits, na qual algumas equipes retiravam o material necessário para o dia de trabalho já pronto e separados em kits, ou seja, o número exato de itens era disponibilizado no tamanho correto e quantidade necessária para executar o serviço determinado para o dia, conforme demonstrado na figura 7. Isso será tratado no próximo item, quando será abordado o uso do Kanban.

Com o takt time definido, temos pleno controle das datas de execução de cada serviço. Quando a obra inicia, sabe-se quando irá começar e terminar as atividades em cada torre e isso não é informação exclusiva da gerência da obra, basta cada responsável pela sua equipe olhar o quadro de recursos disponível em cada torre para saber a data exata de sua atividade, e assim, programar o abastecimento de material no respectivo local de uso.

Figura 7 – Preparação de materiais na central de kits



(fonte: elaborado pelo autor)

A proposta principal da implantação dos conceitos e ferramentas *Lean* é executar a obra sem haver a interferência de uma frente de trabalho em outra, seja por questão de material, mão de obra ou outra qualquer. Visto que já sabemos o takt time global da obra e temos o quadro de recursos para ajudar na mobilização das atividades com maior precisão, o *Just in time* pode ser aplicado de forma eficiente. Com base nas informações cronológicas da obra, o engenheiro responsável programa a entrega dos materiais com alguns dias de antecedência para que haja tempo do material chegar no canteiro de obras, ser armazenado no local correto e depois mobilizado para os locais de uso. Isso proporciona uma redução no desperdício e no estoque de materiais dentro do canteiro, visto que, após chegarem na obra, em poucos dias são direcionados para o uso e novos materiais chegam, aumentando a rotatividade e diminuindo o estoque.

Durante a execução da obra foi percebida a importância da organização da equipe de gestão e da troca de informação entre as equipes para que essa ferramenta funcione. Algumas vezes houve falta de comunicação e materiais chegaram na obra sem a devida preparação prévia para seu recebimento, ocasionando problemas no armazenamento que, por consequência, gerou avarias em alguns materiais.

Com a boa utilização do Just in Time, é possível tornar o canteiro de obras mais enxuto por não ter materiais que não serão utilizados em um curto período de tempo. Além disso, um instalador hidráulico afirmou que “agora podemos fazer nosso serviço com maior qualidade porque já pegamos as peças todas cortadas e separadas, precisamos apenas executar o trabalho”. Isso demonstra que podemos ter mais agilidade na execução da obra ao manter o controle do estoque fornecendo apenas o que será utilizado e no momento adequado.

5.3.1.4 Kanban

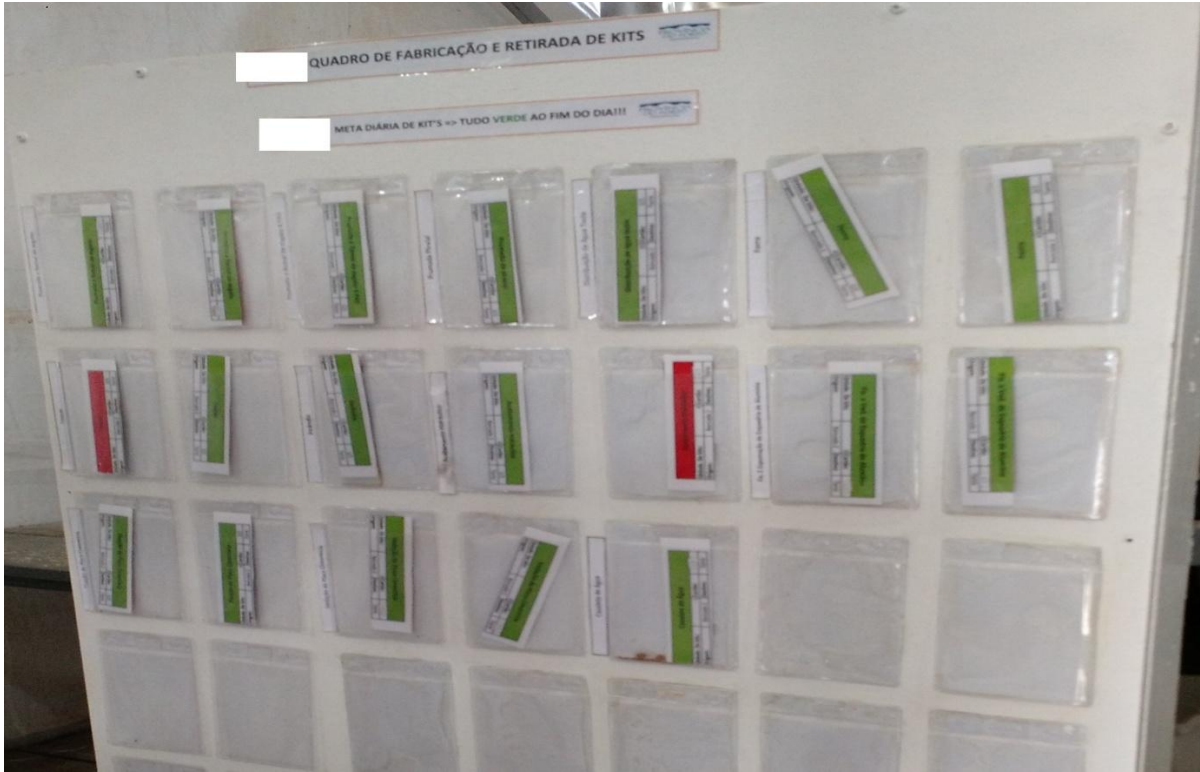
Com o intuito de intensificar os resultados positivos oportunizados pelo Just in Time, foi implantado o uso do Kanban. Essa ferramenta proporcionou um melhor controle dos materiais na central de kits, oportunizando maior controle e menor desperdício. Além disso, essa ferramenta proporciona também um maior controle dos serviços, como será explicado a seguir.

A central de kits tem o propósito de possibilitar mais agilidade às equipes que não possuem folga em seu cronograma diário por executar atividades que requerem uma quantidade de tempo significativa para preparar o material a ser utilizado, executar a tarefa e fazer os ajustes necessários para dar terminalidade ao serviço. Nesse caso, os materiais necessários para a execução dessas atividades são preparados com um dia de antecedência e separados em kits, nos quais constam todos os itens separados por local de trabalho. Por exemplo, se um funcionário deve executar uma atividade de instalações hidráulicas em um determinado apartamento, os materiais que ele precisa, tais como conexões, dutos hidráulicos na medida certa, parafusos e cola são preparados no dia anterior e deixados na central de kits para que o funcionário pegue na primeira hora da manhã do dia em que a tarefa será executada.

O almoxarife responsável pela central de kits era responsável por verificar a disponibilidade dos itens e fazer o pedido ao gestor da obra, quando necessário. Para otimizar espaço físico e o processo de execução, a rotatividade de material era grande, não necessitando de amplos estoques de materiais. Não somente os materiais manufaturados pela central de kits, mas todos os demais eram programados para chegar obra com poucos dias de antecedência para que pudessem ser armazenados no local adequado e preparados em seus devidos kits. Isso evita o desperdício e proporciona um melhor controle dos materiais. O controle dos kits

prontos (verdes) e os que precisam ser preparados (vermelhos) é feito através de gestão visual no quadro onde os cartões das atividades ficam alocados, conforme figura 8.

Figura 8 – Quadro de controle dos cartões



(fonte: elaborado pelo autor)

Todos os dias, o almoxarife responsável pela central de kits realiza a entrega dos materiais prontos para os colaboradores e, após isso, prepara novamente os kits para que estejam disponíveis na manhã seguinte para entrega. Em suma, o procedimento dos serviços que se utilizam da central de kits através do Kanban acontece da seguinte maneira:

- a) O líder de cada equipe preenche um “cheque”, no qual constam os itens que devem ser retirados na central de kits e o coloca no quadro de recursos do dia para que cada colaborador tenha acesso, conforme figura 9;
- b) O colaborador pega o “cheque” da atividade pela qual é responsável, apresenta na central de kits, retira o material necessário para realizar a atividade do dia e o cheque é carimbado com “L” que significa liberado;
- c) Após levar os materiais e executar a tarefa, cada funcionário entrega seu “cheque” para o encarregado de obras conferir e, se a tarefa foi realmente

executada, inclusive com desmobilização do serviço e limpeza, o encarregado carimba com “E” coloca o “cheque” no quadro de atividades no item “executado”. Se não, o “cheque” não é carimbado e é colocado no item “não executado” e se torna prioridade no dia seguinte;

- d) Caso a atividade seja liberada pelo encarregado de obras, no dia seguinte, pela manhã, o estagiário se dirige ao quadro de atividades e pega os “cheques” pelos quais é responsável. De posse dos mesmos, vai até a torre e pavimento em que o serviço foi realizado e faz a inspeção de qualidade. Se o serviço estiver de acordo com os padrões de qualidade especificados nos procedimentos, o cheque é carimbado com “I” que significa inspecionado e a tarefa é dada como finalizada. Assim o “cheque” é entregue ao gestor da obra para realizar a programação de pagamento. Caso o serviço não esteja de acordo com os padrões de qualidade da empresa, o responsável pela execução é acionado e deve voltar ao local para refazer o que está errado.

Figura 9 – Quadro de recursos das atividades diárias

QUADRO DE RECURSOS							
EQUIPES	RECURSOS PRESENTES	METAS HOJE	METAS TIME	✓		✗	
				EXECUÇÃO	INSPEÇÃO	EXECUÇÃO	INSPEÇÃO
ESQ ALUMÍNIO + PLACA A.C.	JÚNIOR	✓					
SHAFT + IMP BANHO + IMP PLATIBANDA	WELSON ERICK	✓ ✓					
PISO ACUSTICO + IMP COZINHA + IMP SAIA	ANDERSON	✓					
FORRO DE GESSO + SANCA EPS	DOMINGOS	✓					
ESQ MADEIRA	FELIPE DOUGLAS	✓ ✓					
PRUMADAS SIST. ELÉTRICA	ANDERSON FÁBIO	✓ ✓					
SPDA/CM's/ABRIGO	IGOR IAGO	✓ ✓					
ACAB. ELÉTRICO	DIEGO DOUGLAS	✓ ✓					

(fonte: elaborado pelo autor)

Essa ferramenta possui grande utilidade e permite um melhor controle de materiais e mão de obra, agregando positivamente ao uso do Just in time. Juntas, podem gerar resultados expressivos. De acordo com um instalador de esquadrias “agora é só levarmos o “cheque” na central de kits, pegar o material e ir trabalhar. Não precisamos perder tempo procurando o que fazer e preparando material, assim nosso dia fica muito mais produtivo”.

5.3.1.5 Resolução Prática de Problemas

Com o intuito de garantir um ambiente de trabalho agradável, aperfeiçoar a produção e garantir a rápida solução de um empecilho quando o mesmo aparecer, a empresa conta com um método de resolução prática de problemas baseado em 4 ferramentas: Ciclo PDCA, 5S, os 5 porquês e Diagrama de Causa e Efeito. A seguir, será esclarecido o funcionamento de cada um e como agregam para aprimorar o sistema construtivo da empresa em estudo.

5.3.1.5.1 Ciclo PDCA

Para minimizar o transtorno quando algum problema aparece, a empresa em estudo utiliza o ciclo PDCA com a finalidade de resolvê-lo o mais rápido possível. Anteriormente à implantação dessa ferramenta, o gestor da obra era surpreendido por algum acontecimento que não estava dentro do seu planejamento e que comprometeria o desempenho da obra caso não fosse resolvido rapidamente. Visto que, sempre que acontecia esse tipo de situação o engenheiro despendia grande parte do seu tempo e mão de obra para encontrar uma solução, decidiu-se implantar o ciclo PDCA para retroalimentar as atividades e preparar sua equipe.

Aproveitou-se o quadro de atividades que é utilizado em cada torre que apresenta todas as atividades descritas na Tabela 1 e é demonstrado na figura 10, a fim de realizar o acompanhamento das atividades do dia para anexar uma tabela específica com o Plano de Ação para cada imprevisto encontrado e que não fosse possível solucionar imediatamente identificando o ocorrido, o provável responsável pela solução e o que precisa ser feito, de acordo com a figura 11. Cada colaborador tinha a liberdade de adicionar itens que estavam atrapalhando no bom andamento da obra e o gestor ficava encarregado de direcionar o problema para alguém da sua equipe e prestar auxílio quando necessário.

Figura 10 – Quadro de atividades



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 11 – Plano de Ação utilizado no Quadro de Atividades

PLANOS DE AÇÃO - LOGÍSTICA / EXECUÇÃO / INSPEÇÃO						
ATIVIDADE	ONDE?	PROBLEMA	SOLUÇÃO	QUEM?	QUANDO?	OK?
7	HALL/AP101	FALTOU ASSINTE AEX/ESCUDO TERRAO FALTA CONEXÃO PARA AEX	ENVIAR PARA OS CHUMBR COMPRAR CONEXO	POUD	07/01/17	OK
7	AP101	GRUOT RUIM NO SHAFT	REPARAR	ENZO	8/7/17	OK
7	HALL PV2-	PEAD APARENTE HALL	REBAIXAR	GUILHERME	8/7/17	OK
18	TORRE	FALTOU CHUMBR PE PRUMADA	GRUOTE	GUILHERME	13/11/17	OK
3	SO3	GRUOT RUIM	REPRER	"	12/02	OK
8	TERREO	FALTOU CHUMBR PE PRUMADA	CHUMBR	"	16/02	OK
5	MTO 103	SEM FIO PARA LIGA DA D12 / D13 CAIXA ESTIVADA	ASSAR FIO / RECONSTRUIR CAIXA	"	13/02 14/17	OK
5	GERAL	FALTA DE PROTEÇÕES DE CAIXAS ELÉTRICAS	SALATINI DEVO PROTEGER	" / ROGERIO	14/7/17 14/7/17	OK
	ATRO 502	VIGA METÁLICA PERDIDA NO TAV	REMOVER DA TORRE	ADRI	14/7/17	
ESTUQUE	PLATIBANDA	SUSTA 11-90X4 SE DES PROMOU DA SUPERFICIE	L.A. REPARAR PU		12/6/17	OK
6	1°, 2°	FALTA DE PUNÇONÁRIO VERTICAL			19/7/17	X
3	TERREO/ 3PV	LIMPEZA → MATERIAL	RETOCAR SUSPEN	AGUI/RODRIGO	19/02/17	OK
ESTUQUE	SÃO MARIANA META 9	Alguns pontos platibanda foram sem tratamento (estucado)	ESQUIVE VOLTAR E ESTUCAR	JOSÉ ARI	20/6/17 21/7/17	OK
26	META 2	FALTA DE BARRAS NO TERREO	LA DEVE BREVITAR	JOSÉ/NILSON	22/7/17	OK
1	SÓCULO	SÓCULO ESQUERDO ENTERRADO IRREGULAR	CORRIGIR SÓCULO	GERIO	22/7/17 25/7/17 26/7/17	OK

(fonte: elaborado pelo autor)

Resumidamente, ao deparar com um problema, a equipe de gestão da obra que era composta pelo engenheiro, mestre de obras, encarregado de obras e estagiários verificava a origem do problema, coletando informações sobre suas devidas causas. Com o resultado em mãos, a equipe elabora um Plano de Ação com as medidas necessárias para solucionar o problema e direciona uma equipe de trabalho para executá-lo. Após pronto, um estagiário verifica o serviço e, caso o problema tenha sido resolvido, o Plano de Ação é encerrado e as informações sobre o ocorrido são armazenadas para um futuro feedback que evitará a reincidência do mesmo. Porém, caso o problema não tenha sido resolvido, volta-se à etapa inicial e elabora-se um novo Plano de Ação e assim sucessivamente até que o problema seja resolvido.

5.3.1.5.2 Os 5 Sentos (5S)

O Programa 5S, ferramenta já bastante difundida, foi implementada na empresa em questão a fim de somar às demais ferramentas acima citadas no que se trata de utilização dos recursos de forma eficiente e melhora na qualidade de vida do trabalhador dentro do canteiro de obras.

O Senso de Autodisciplina proporcionou uma melhora na organização do escritório onde localizam-se a administração da obra e os estagiários; O Senso de Saúde complementa o item anterior, pois manter a organização proporcionou uma sensação de bem-estar mais elevada nos colaboradores; O Senso de Limpeza colaborou para manter o canteiro de obras mais enxuto, pois, muitos materiais eram descartados de forma irregular gerando riscos à segurança de quem transitava pelo canteiro; O Senso de Utilização vai de encontro ao processo de melhoria contínua proposto pela empresa, diminuindo os estoques; O Senso de Ordenação determinou a distribuição diária de materiais e serviço das equipes no canteiro de obras, priorizando equipes com maior quantidade de trabalho.

O uso dessa ferramenta contribuiu para uma redução significativa no desperdício dentro do canteiro de obras, visto que com um canteiro mais enxuto e organizado foi possível verificar os locais e as atividades que estavam com mais problemas e, com isso, agir para reverter a situação. Em pouco tempo após a implementação dos 5 Sentos, havia uma melhora significativa qualidade de vida e satisfação dos colaboradores, verificado pela redução de reclamações das equipes e aumento de produtividade.

Para a empresa estudada, o papel principal do 5S é orientar os colaboradores como observar, avaliar e tomar decisões para melhorar o desempenho geral das equipes no canteiro de obras, sendo que cada um é responsável direto na construção de ambientes ideais para realização de suas atividades.

5.3.1.5.3 Os 5 Porquês

Inicialmente essa ferramenta foi incorporada à equipe de gestão da obra com a intenção de encontrar a causa raiz dos problemas ocorridos no cotidiano da obra. Com o passar do tempo, foi verificado o sucesso desse método e percebido que o mesmo poderia ser passado às equipes que trabalhavam no canteiro de obras, na produção, visando solucionar a maioria dos problemas antes dos mesmos chegarem aos gestores. Isso aumentaria a produtividade e diminuiria os esforços do engenheiro para manter a obra sob controle.

Ao instruir as equipes de como utilizar essa ferramenta, muitos funcionários reagiram ceticamente, afirmando que seria uma perda de tempo. De acordo com um instalador eletricista “além de eu fazer o meu trabalho, agora tenho que resolver os problemas da obra. Isso é coisa para o engenheiro fazer”. Era previsto encontrar certa resistência por parte dos colaboradores devido ao setor da construção civil ser uma área difícil de trabalhar com inovações, pois os trabalhadores são muito apegados aos sistemas tradicionais de construção e modo de trabalho.

Entretanto, quando as equipes começaram a utilizar essa ferramenta, perceberam que a mesma era de grande valia para eles próprios. Quando surgia algum problema, eles refletiam e perguntavam a si próprios cinco vezes o porquê aquilo estava acontecendo e, muitas vezes achavam o real problema. Isso fazia com que esse problema fosse resolvido rapidamente. Quando os colaboradores não conseguiam achar a causa raiz, eles alertavam os seus respectivos líderes de equipe sobre o fato já com suas tentativas de solução, o que evitava perda de tempo com possíveis soluções já testadas e que não obtiveram sucesso. Caso os líderes de equipe não consigam solucionar o problema, só assim a equipe de gestão será alertada sobre o mesmo.

Dessa forma, grande parte dos problemas cotidianos foram resolvidos ainda no canteiro de obras e os que chegaram até os gestores foram os mais complexos e necessitaram de estudos

mais aprofundados. Isso proporcionou uma redistribuição das responsabilidades e garantiu que a maioria das possibilidades de resolução para o problema em questão fossem esgotadas logo nas primeiras análises.

5.3.1.5.4 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa é utilizado pela empresa em questão como uma ferramenta a somar no controle de qualidade do empreendimento. Quando ocorre algum problema em uma atividade, gera-se um plano de ação para corrigir a situação e, dependendo do caso, é construído um Diagrama de Ishikawa a partir desse plano de ação para estudar o caso e detalhar o procedimento necessário para a resolução do problema.

Para exemplificar uma situação em que foi utilizado o Diagrama de Causa e Efeito, podemos citar um problema que estava acontecendo com as esquadrias dos apartamentos. Grande parte das portas instaladas nos apartamentos estava ficando com algumas marcas após o serviço de instalação e acabamento executado nelas ser dado como finalizado, o que causava problema na hora de o estagiário verificar a atividade porque não estava de acordo com os padrões da empresa e a qualidade era indeferida, forçando o funcionário a voltar para realizar o serviço novamente e gerando atrasos nas metas diárias. Porém, mesmo após refazer o que estava aquém do desejado, muitas vezes a qualidade ainda continuava abaixo do exigido pela empresa e foi decidido então verificar a origem do inconveniente, pois não parecia ser apenas um problema na qualidade da mão de obra.

Nesse caso, foi estabelecido que o problema era os riscos aparentes nas portas que demandava um maior número de demãos de tinta para dar cobertura na tentativa de eliminar o problema. Com isso, decidiu-se utilizar o Diagrama de Causa e Efeito

Após reuniões com o fornecedor das esquadrias, foi elaborado um plano de ação com o intuito de eliminar o problema. O Diagrama de Ishikawa foi utilizado para relacionar as causas e os efeitos que contribuem para o resultado insatisfatório verificado. Com isso, chegou-se à conclusão que o problema se resumia principalmente aos seguintes itens:

- a) Após a fabricação das portas, o fornecedor terceirizava a montagem das mesmas e não tinha conhecimento de como era o manuseio dos materiais na outra empresa, prejudicando o controle antes do envio;
- b) O transporte do material até o canteiro de obras era feito de forma inadequada, o que causava alguns danos e riscos nas portas;

Para solucionar o problema, após ter estudado as causas e efeitos de todo o processo, foi determinado que a empresa que fornece as portas executasse desde a fabricação até a montagem do produto a fim de garantir a qualidade especificada. Além disso, foi modificada a disposição das portas dentro do caminhão e colocados protetores contra impactos que possam danificá-las durante o transporte.

Se essa ferramenta não tivesse sido usada ou não fosse tomada nenhuma medida corretiva para resolver a situação, o problema persistiria e o custo de material e mão de obra para repará-lo comprometeria a produtividade e o controle de custos da obra.

6 DISCUSSÕES

Como pode ser observado nos resultados apresentados, a implantação de ferramentas Lean teve um efeito positivo na produtividade e qualidade dos empreendimentos executados pela empresa construtora. Um dos principais objetivos que a empresa buscou ao implementar o novo método construtivo foi aumentar sua eficiência na construção de obras em larga escala otimizando a utilização dos recursos para evitar perdas, diminuir os custos e o tempo de execução de um empreendimento, além de aumentar o controle de qualidade que passa a ser contínuo e não apenas efetuado na etapa final da obra, possibilitando encontrar problemas e erros a tempo de serem corrigidos logo ao surgirem.

No entanto, sabemos que implantar um novo conceito na indústria da construção civil não é tão simples devido à grande resistência que os colaboradores da área oferecem quando se deparam com algum processo de inovação. Não diferente do que acontece no mercado da construção civil em geral, a obra analisada teve diversos problemas de aderência das equipes aos novos conceitos que estavam sendo implantados. Diversos colaboradores reagiram negativamente às ferramentas *Lean* que estavam sendo utilizadas devido ao fato de estarem acostumados a um ritmo de trabalho e isto estar sendo completamente transformado sem uma explicação detalhada.

Isso se dá pelo fato que antes de a obra iniciar, os líderes das equipes, empreiteiros e equipe de gestão da obra recebem um treinamento oferecido pela empresa que presta consultoria à empresa em estudo, instruindo sobre o funcionamento do novo método construtivo aliado às ferramentas *Lean* que servirão de base para o bom andamento da obra. Nesta etapa inicial, os profissionais responsáveis por cada área devem se reunir para transmitir a importância da padronização de elementos dos projetos para a redução da variabilidade e para a aceleração do aprendizado dos trabalhadores, podendo agregar resultados em termos de produtividade e redução de desperdícios, focando o esforço na compreensão e no desenvolvimento adequado do novo sistema construtivo. Entretanto, se fosse dado aos colaboradores um treinamento com a intensidade e o detalhamento similar ao que é transmitido aos líderes de equipe, haveria uma aceitação muito maior já no início da obra em relação às práticas implementadas pelas ferramentas *Lean* e pela nova rotina de trabalho, reduzindo a curva de aceitação e alinhando as equipes de forma mais eficaz, aumentando assim a eficiência da nova proposta da empresa.

Foi notado que, com o passar do tempo, as equipes de trabalho começaram a entender melhor como funcionavam as ferramentas e passaram a aceitá-las de forma mais natural e em alguns casos até solicitar o seu uso. Através desse fato, foi constatado que a resistência apresentada anteriormente era apenas receio das equipes por algo desconhecido e reitera a suposição de que treinamentos específicos com colaboradores do chão de fábrica são essenciais para que o processo de implantação de novos métodos sejam mais efetivos.

No decorrer do acompanhamento da obra, percebeu-se que muitos dos problemas ocorreram por negligência na gestão da obra. Problemas simples como a falta de materiais que causam posterior sobreposição de equipes de trabalho e diminuem a qualidade do serviço, resultando muitas vezes em retrabalho e atraso no cronograma diário, poderiam ser evitados com maior controle do engenheiro no planejamento geral da obra. Isso demonstra que, para a implantação das ferramentas *Lean* terem sucesso dentro do canteiro de obras, todos os colaboradores devem interagir harmoniosamente desde o chão de fábrica até a gestão da obra.

De acordo com um estagiário entrevistado, grande parte dos Diagramas de Causa e Efeito feitos na obra poderiam ser evitados se o engenheiro estivesse um passo a frente dos acontecimentos. Com essa informação, percebemos o quão importante é o planejamento de uma obra, pois a continuidade dos serviços depende de uma boa gestão visto que, se uma equipe tem sua frente de trabalho bloqueada por falta de material ou outro motivo qualquer que seja advinda da falta de controle do engenheiro, as ferramentas *Lean* até agora mencionadas não apresentarão resultado satisfatório.

As ferramentas *Lean* descritas nesse trabalho foram utilizadas pela empresa em estudo com o intuito de colaborar com sua nova filosofia, a qual afirma que processos simples, porém bem elaborados, garantem um bom resultado futuro. De acordo com os gestores entrevistados, essa nova cultura da empresa é baseada em três pilares: qualidade, prazo e custo. Segundo ele, a ordem dos pilares não pode ser invertida, pois proporcionar a qualidade oferecida ao cliente é prioridade para garantir sua satisfação. Além disso, o prazo deve estar atrelado à qualidade visto que, com o novo método construtivo e ferramentas de auxílio, a obra se assemelha à fabricação de um item em uma fábrica, ou seja, sabe-se com uma margem de erro muito pequena o prazo de término do empreendimento assim que ele inicia. Por último, após garantidos os dois primeiros pilares, busca-se o menor custo possível para a execução da obra

para garantir o retorno financeiro prognosticado pela empresa. Esses fatores reunidos e organizados proporcionaram um grande aumento na produtividade da empresa

Os resultados deste trabalho confirmam a afirmação de Koskela (1992), de que o sistema construtivo baseado no *Lean* permite a transformação do método tradicional de construção e cria novas formas de trabalho, trazendo como resultados o aumento da agilidade, redução do tempo e facilidade de fiscalização dos processos. Além disso, a introdução do *Lean Construction* agrega diversos fatores positivos e, em concordância com Howell (1994), resulta em uma nova forma de gestão da construção visando agregar valor ao cliente bem como um maior controle de insumos e pessoas.

Uma das maneiras que a empresa encontrou para melhorar a qualidade de seus produtos foi deixar de utilizar mão de obra terceirizada e investir na contratação e treinamento de colaboradores próprios, o que ainda está em fase de implantação. Dessa forma, houve um maior controle para garantir a manutenção do fluxo contínuo entre obras, pois a sequência ininterrupta de obras potencializa a curva de aprendizagem do profissional e evita a ociosidade das equipes, o que contribui para a melhoria dos processos. Com isso, o fluxo contínuo de serviço entre uma obra e outra torna o novo método construtivo muito atraente em larga escala. Isso permite que o treinamento e habilidades adquiridas pelos funcionários sejam mantidos dentro da empresa, permitindo a criação de uma cultura *Lean* que proporcione constante redução de perdas e aumento da qualidade, por meio da melhoria contínua.

Pode-se salientar como ponto de melhoria à falta de utilização da ferramenta Kaizen dentro da empresa analisada. Esta poderia ser implantada com o intuito de estimular os colaboradores a interagir no processo de melhoria contínua, fomentando o engajamento de todas as partes a fim de tornar o sistema construtivo e o canteiro de obras cada vez melhor e otimizado.

Em suma, podemos afirmar que as ferramentas *Lean* colaboraram para o sucesso da implantação do sistema construtivo em formas de alumínio proposto pela empresa em estudo. De acordo com o gestor da obra analisada, o ganho aproximado com a execução da estrutura com formas de alumínio foi na ordem de 40% e o ganho com o dimensionamento das etapas subsequentes foi na ordem de 20%. Somando esses itens, temos um ganho de 60% de forma global ao comparar o antigo sistema construtivo utilizado pela construtora com o atual, sendo que esses dados são calculados sobre o ganho na redução dos prazos e desperdícios e no aumento da qualidade final, o que reduz os gastos com o pós-obra.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os efeitos da implantação de conceitos do *Lean Construction* em um canteiro de obras de uma construtora de grande porte. A análise dos resultados teve embasamento na literatura técnica acerca do processo, dos princípios e dos conceitos do *Lean* e da transformação dessa teoria aplicada na indústria de manufatura para a sua utilização na indústria da construção civil, aplicando ferramentas específicas para aumentar a eficiência do novo sistema construtivo implantado pela empresa em estudo.

Visto que os estudos que apresentam a aplicação prática do *Lean Construction* e suas ferramentas em um canteiro de obras e a literatura não aborda o que estudo de caso propõe juntamente com o método construtivo utilizado, esse trabalho serve de embasamento para a análise da de sua implantação e aplicação. Sabemos que essas ferramentas são bastante difundidas no setor da manufatura, porém, o seu uso na indústria da construção civil ainda é limitado por causa da resistência que esse setor oferece ao se tratar de mudança de paradigmas e inovação dos sistemas construtivos. Ao analisarmos mais profundamente, percebemos que um canteiro de obras têm muitas nuances que o diferencia de um chão de fábrica em uma indústria de manufatura, porém, esse trabalho demonstra que, se utilizarmos as ferramentas *Lean* supracitadas de forma correta, podemos diminuir essa diferença, proporcionando um aumento no controle de qualidade, redução de desperdícios e custos e um prazo de execução de obra mais enxuto, além de garantir ao trabalhador uma melhor condição de trabalho, aumentando sua satisfação e, por consequência, sua produtividade.

Ao final deste estudo foi observado que a utilização do *Lean Construction* e suas ferramentas permitiu diversos ganhos à companhia, dentre eles, a otimização da produtividade, o aumento da eficiência e qualidade dos produtos, bem como dos métodos de controle e gestão. Além disso, o presente trabalho serve para nortear gestores que tenham interesse em aumentar a produtividade no canteiro de obras, melhorar a qualidade de seus produtos e pretendem se utilizar do *Lean* e suas ferramentas, atentando para detalhes que devem ser considerados na hora da implantação.

É interessante notar que este trabalho apresenta a análise da implantação do *Lean Construction* através ferramentas específicas que tiveram bons resultados em obras com estrutura de paredes de concreto sendo realizada em larga escala. Caso haja a intenção de reproduzir o mesmo efeito em outros métodos construtivos, a equipe de gestão deve atentar

principalmente ao sistema construtivo utilizado e à velocidade de execução desejada. O padrão da obra também é item relevante, visto que o estudo de caso foi realizado em obras de habitação social com prédios de cinco pavimentos, não havendo a utilização de máquinas pesadas, tais como guinchos e guias, o que impacta significativamente na logística do canteiro.

Este trabalho tem limitações derivadas da utilização de um único estudo de caso e da utilização do sistema de paredes de concreto moldada in loco em formas de alumínio por parte da empresa analisada. Dessa forma, propõe-se como trabalhos futuros a análise das questões aqui apresentadas tendo como referência outras empresas que apresentem características construtivas semelhantes para realizar a comparação de resultados e também outras empresas construtoras que apresentem características construtivas diferentes para verificar como os fatores aqui analisados se comportam.

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. F.; DIETHELM, S. Organizing to Introduce Lean Practices in Construction Companies. **Proceedings...** In: 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore. Singapore, 2001. Disponível em: <<http://cic.vtt.fi/lean/singapore/Alarcon.pdf>>. Acesso em: 18 jun 2017.
- ALVAREZ, R; ANTUNES JR., J. A. V. Takt-time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1- 18. São Carlos, Brasil - abril de 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a01.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017.
- ALVES, T. C. L.; MILBERG, C.; WALSH, K. D. Exploring lean construction practice, research and education. **Journal of Engineering Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512-525, 2012. Disponível em: <<http://alves.sdsu.edu/Papers/Alves-Milberg-Walsh-2010-IGLC18-ExploringLeanConstructionPracticeResearchEducation.pdf>>. Acesso em: 13 jun 2017.
- ARANTES, Paula Cristina F. G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. 108 f. Dissertação de Mestrado – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>>. Acesso em: 7 jun. 2017.
- BARROS NETO, J. P.; ALVES, T. C. L. **Análise estratégica da implementação da filosofia lean em empresas construtoras**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo, v. 11, 2008. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2008/artigos/E2008_T00293_PCN34531.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2017.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.
- BERTELSEN, S.; KOSKELA, L. Construction beyond Lean: A New Understanding of Construction Management. **Proceedings...** In: 12th Annual Conference of Lean Construction. IGLC. Elsinore, 2004. Disponível em: <http://www.bertelsen.org/strategisk_r%C3%A5dgivning_aps/pdf/construction%20beyond%20lean%202004.pdf>. Acesso em: 16 mai 2017.
- CÂMERA, E.; CASTRO, M. D. G.; CAMPOS, R. Logística e Lean Construction: reflexão da importância na sua aplicação para melhoria de desempenho em canteiro de obras. **Simpósio de Engenharia da Produção**, Bauru, 21, 2014.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total e padronização de empresas**. 4ªed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 124p.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC - Controle da Qualidade Total, no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004, 256p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento organizacional: A dinâmica do sucesso das organizações**. São Paulo: Thomson, 2004. 517 p

COELHO, Clara B. T. **Antecipações gerenciais para a inserção de atividades facilitadoras na execução de alvenaria de tijolos cerâmicos: análise dos relatos de agentes do processo.** 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2009.

CORRÊA, HENRIQUE L.; CORRÊA, CARLOS A. **Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços - uma abordagem estratégica.** São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, George Silva; ROLA, Elmo Sales; AZEVEDO, Mário José; BARROS NETO, José de Paula. **Alinhamento Estratégico em empresas que implantaram a construção enxuta em Fortaleza.** VI Sibragec. Anais... Paraíba, 2009.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE, Richard. **Fundamentos da Administração da Produção.** Porto Alegre, Bookman, 2001. 598p.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DULAIMI, M. F.; TANAMAS C. **The principles and applications of lean construction in Singapore.** 9th International Workshop on Lean Construction, National University of Singapore, Singapore, August, 2001. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/228797242_The_principles_and_applications_of_lean_construction_in_Singapore>. Acesso em: 06 mai 2017.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos.** In: Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50- 58, 2002.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção.** In: Produção e competitividade: aplicações e inovações. Editora Almeida e Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C. T. **O Processo de Aprendizagem na Transferência dos Conceitos e Princípios da Produção Enxuta para a Construção.** Boletim Técnico. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2001. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_237.pdf>. Acesso em: 15 jun 2017.

HOWELL, G.; BALLARD, G. (1994) Implementing lean construction: Reducing Inflow Variation. In: ALARCÓN, L. (Ed.) **Lean construction.** A.A. Balkema, Rotterdam, p.93-100, 1997.

HOWELL, G. (1999). **What is Lean Construction 1999?** in Tommelein, I.D. (editor), Proc. Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-7), Berkeley, CA, USA, 1-10. Disponível em: < <http://iglc.net/Papers/Details/74>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo.** 51ªed. São Paulo: Instituto IMAM, 1994. 235p.

ISATTO, E. L. et al. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Cadernos da Série Construção Civil, v. 5. SEBRAE: Porto Alegre, 2000.

ISATTO, Eduardo L.; ZUCHETTI, Marcelo. **Aplicação do Mecanismo da Função Produção ao Planejamento da Produção Seriada na Construção**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Alagoas, Brasil - novembro de 2014. Disponível em: <<http://doi.org/10.17012/entac2014.519>>. Acesso em: 14 nov. 2017.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

IWAYAMA, H.: **Basic Concept of Just-in-time System**, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.

KIM, D. and PARK, H. S., 2006. **Innovative construction management method: Assessment of lean construction implementation**. KSCE Journal of Civil Engineering, 10(6): 381–388. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02823976>>. Acesso em: 12 jun 2017.

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo, Finlândia: VTT, 2000. (VTT Publications, 408). Disponível em: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2000/P408.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2017

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, 1992. (Technical Report, 72). Disponível em: <<https://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR072.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2017.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico Lean. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LIKER, J. **O Modelo Toyota – 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LORENZON, I. A. **A Medição de Desempenho na Construção Enxuta: estudos de caso**. 2008. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). UFSC, São Carlos. 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3339/2144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

MORGAN, James M.; LIKER, Jeffrey K. **Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto: integrando pessoas, processo e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

PERETTI, L. C.; FARIA, A. C.; SANTOS, I. C. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em construtoras verticais: estudo de casos múltiplos na região metropolitana de São Paulo**. XXXVII Encontro da ANPAD. 2013. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_EnANPAD_GOL681.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2017.

PICCHI, Flávio Augusto. **Oportunidades de aplicação do Lean Thinking na construção**. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 3, n. 1, p 7-23, jan./mar. 2003.

PICCHI, F. A. **LeanThinking (Mentalidade Enxuta): avaliação sistemática de potencial de aplicação do setor da construção**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE 145

GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO -SIBRAGEC, 2, 2001, Fortaleza. Anais. Fortaleza: 2001.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. **Proceedings...**In. 12th Annual Conference on Lean Construction, 2004, Elsinore. 2004. Disponível em: < www.iglc.net/Papers/Details/323/pdf>. Acesso em: 6 jun 2017.

REIS, Thatiana. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor: Estudos de Caso**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

ROMAN, Humberto R.; OLIVEIRA, Ana Maria S.S; BRESSIANI, Lucia. Levantamento de pesquisas nacionais sobre treinamento e formação de operários na construção civil. **Revista Técnico Científica**, v. 1, n. 1, 2013. Disponível em: <<http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/1>>. Acesso em: 5 jun. 2017.

SARCINELLI, Wanessa Tatiany. **Construção Enxuta através da padronização de Tarefas e Projetos**. 80 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Wanessa.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2017.

SAURIN, Tarcisio A. **Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiro de Obras de Edificações**. 162 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/35152/000216018.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 9 jun. 2014.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**; trad. Eduardo Schaan, 2ª edição - Porto Alegre, Artes Médicas, 1996.

SHINGO, S. **Sistemas de Produção Com Estoque Zero: O sistema Shingopara Melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo: Atlas, 2008. 747p.

TUBINO, Dálvio Ferrari. **Sistema de produção: a produtividade no chão-de-fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos** / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre : Bookman, 2001.

WOMACK J.; JONES D. e ROOS D. **A máquina que mudou o mundo** - Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P., Jones, D.T. (1998). **A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas**. Rio de Janeiro, Campus.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.

Apêndice A

Questionário aplicado aos entrevistados visando saber suas opiniões após a implantação do *Lean Construction* e suas ferramentas:

- 1) De forma sucinta, descreva como mudou sua rotina.
- 2) Na sua opinião, qual as maiores dificuldades observadas no processo de mudança de sistema construtivo?
- 3) Você observa alguma mudança de pensamento nos gestores e demais funcionários que venham a somar com a nova cultura da empresa?
- 4) Na sua opinião, quais as vantagens observadas desta nova metodologia de trabalho?
- 5) Na sua opinião, quais as desvantagens observadas desta nova metodologia de trabalho?
- 6) O que você acha que vai mudar especificamente em sua atividade de trabalho com a implantação desse novo sistema construtivo? Você concorda com essas mudanças?
- 7) O que entende como mais importante para a manutenção desta nova forma de trabalho?