



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Camila Camboim Ferreira da Costa

Thaís Sabino Pinho de Oliveira

**LEAN CONSTRUCTION E A APLICAÇÃO DO SISTEMA
TOYOTA DE PRODUÇÃO EM OBRAS VERTICAIS**

RECIFE, 2017

*CAMILA CAMBOIM FERREIRA DA COSTA
THAÍS SABINO PINHO DE OLIVEIRA*

**LEAN CONSTRUCTION E A APLICAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE
PRODUÇÃO EM OBRAS VERTICAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade

RECIFE, 2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

C8371 Costa, Camila Camboim Ferreira da.
Lean construction e a aplicação do sistema Toyota de produção em obras verticais / Camila Camboim Ferreira da Costa, Thaís Sabino Pinho de Oliveira. - 2017.
59 folhas, il.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências.

1. Engenharia Civil. 2. Sistema Toyota de produção. 3. *Lean construction*. 4. Melhoria contínua. 5. Redução de desperdícios.
I. Oliveira, Thaís Sabino Pinho de. II. Andrade, Maurício Oliveira de (Orientador). III. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-61



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Camila Camboim Ferreira da Costa
2 – Thais Sabino Pinho de Oliveira

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade

Examinador 1: Prof. Leonardo Herszon Meira

Examinador 2: Pâmela Roberta Gonçalves dos Santos

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

LEAN CONSTRUCTION E A APLICAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO EM OBRAS VERTICAIS

LOCAL: Prédio CTG, 9º Andar. Laboratório de Transportes

DATA: 08/02/2017 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 11:00 hrs.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____ (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota <3,0)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, de de 20....

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil

Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.

Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecemos a Deus pelas oportunidades concedidas para conclusão de uma importante etapa em nossas vidas.

Agradecemos aos nossos pais, que nunca mediram esforços para realizar nossos sonhos e sempre estiveram presentes nos auxiliando.

Aos nossos amigos, por toda cumplicidade e companheirismo que com muita paciência nos apoiaram nas decisões mais difíceis.

Aos professores e colaboradores que nos auxiliaram e ensinaram ao longo desses cinco anos.

E finalmente ao nosso orientador, Mauricio de Andrade que acreditou no nosso trabalho e na nossa competência.

RESUMO

Palavras-chaves: Sistema Toyota de Produção. Lean Construction. Melhoria contínua. Redução de desperdícios.

Sabendo dos problemas do modelo atual de produção da construção civil e, tendo conhecimento das melhorias que o sistema Toyota de produção é capaz de trazer nos processos de produção, resolvemos com esse trabalho, exemplificar, a partir dos resultados encontrados pelo estudo de caso, como são adaptados os princípios do Sistema Toyota de Produção à obra em estudo. Fundamentados no sistema de produção enxuta, a filosofia *Lean Construction* surge da necessidade das empresas da construção em reduzir seus custos. Como o mercado é quem determina o preço do produto, para aumentar os lucros, as empresas precisam reduzir seus custos a fim de obter vantagem competitiva e agregar valor ao produto em função das necessidades dos clientes. A atual competitividade do mercado exige que as empresas exerçam maior controle sobre os seus gastos, bem como controle sobre o cumprimento de prazos. Em busca da redução dos desperdícios, estudos têm sido realizados com sucesso na aplicação de princípios da produção enxuta em obras de construção civil. No estudo de caso realizado, a empresa Dallas, praticou o benchmarking ao aplicar técnicas vistas em outras empresas consideradas líderes de mercado na implantação do Sistema Toyota de Produção. Neste estudo foram utilizados os princípios da construção enxuta orientada ao planejamento e controle de obras, através da utilização de ferramentas como gerenciamentos visuais, andon, kanban e heijunka box. Os resultados foram favoráveis, visto que a empresa conseguiu atender a cada um dos princípios da Lean Construction.

FERREIRA DA COSTA, C. C. ; OLIVEIRA, P. S. T. (2017). Undergraduation in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Environmental (DECIV), Center of Technology and Geosciences (CTG), Federal University of Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

ABSTRACT

Keywords: Toyota Production System. Lean Construction. Continuous improvement. Reduction of waste.

Knowing about the problems of the current production model of civil construction, and having knowledge of the improvements that the Toyota system is able to give for the production processes, we resolve with this work, to exemplify with the results found by the case study, as the principles of the Toyota Production System are adapted to the work under study. The Lean Construction's philosophy stems from the necessity for construction companies to reduce their costs. As the market determines the price of the product, for grow up theirs returns, companies must reduce their costs in order to gain competitive advantage and add value to the product according to the needs of customers. The current competitiveness of the market requires companies to exercise greater control over their spending, as well as carry out theirs terms. In order to reduce waste, studies have been successfully about the application of principles of lean production in construction works. In the case study conducted, the company Dallas practiced benchmarking by applying techniques seen in other companies considered market leaders in the implementation of the Toyota Production System. In this study we used the principles of lean construction oriented to the planning and control of works, by using of tools such as visual management, andon, kanban and heijunka box. The results were favorable, as the company was able to meet each of the principles of Lean Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- O sistema Toyota de Produção	20
Figura 2 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo de produção contínuo.....	22
Figura 3 – Os cinco sentidos	34
Figura 4 – Layout do Canteiro	38
Figura 5 – Mapa de fluxo do serviço de alvenaria.....	40
Figura 6 – Kanban de chapisco utilizado pela obra.....	41
Figura 7 – Quadro Heijunka Box da obra.....	42
Figura 8 – Urna de kanban da obra.....	43
Figura 9 – Layout da distribuição dos materiais para alvenaria no pavimento	44
Figura 10 - Equipe de Produção Alvenaria.....	44
Figura 11 – Materiais e equipamentos necessários para execução do serviço	45
Figura 12 – Gerenciamento visual da estrutura do empreendimento	46
Figura 13 – Ampliação das gerencias visuais.....	46
Figura 14 – Placas para identificação de porcentagens	47
Figura 15 – Identificação para capacidade do estoque	47
Figura 16 – Controle de estoque no almoxarifado.....	48
Figura 17 – Planilha padrão para controle de paradas do andon	49
Figura 18 – Quantidade de trinchos por pavimento.....	51
Figura 19 – Blocos cerâmicos com caixas de elétrica chumbadas	51
Figura 20 – Parede de alvenaria com furo de espera para o dreno	53

LISTA DE SÍMBOLOS

STP - SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

JIT – JUST IN TIME

5S – OS CINCO SENSOS

FVS – FICHA DE VERIFICAÇÃO DO SERVIÇO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa e motivação.....	13
1.2	Objetivos geral	13
1.3	Objetivo Específico.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Sistema Toyota de Produção.....	14
2.1.1	Identificação e classificação das perdas.....	15
2.1.2	Princípios Fundamentais	20
2.1.3	Just-in-time.....	21
2.1.4	Autonomação (Jidoka)	24
2.1.5	Heijunka Box	25
2.1.6	Operações Padronizadas	25
2.1.7	Gerenciamento Visual.....	26
2.2	Pensamento Lean	27
2.2.1	A criação do pensamento	27
2.2.2	Princípios da mentalidade enxuta	28
2.3	Lean Construction.....	29
2.3.1	Princípios da Lean Construction	30
2.4	Programa 5S.....	33
3	ANÁLISE DA METODOLOGIA	37
3.1	Caracterização da obra.....	37
4	PRINCIPAIS MEDIDAS ADOTADAS PELA OBRA NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	38
4.1	Racionalização e logística do canteiro	38
4.2	Mapa de fluxo de valor	39
4.3	Desenho de processo.....	40
4.4	Kanban	40
4.5	Heijunka Box	42
4.6	Gerenciamento Visual.....	43
4.6.1	Gerencias visuais nas frentes de serviço	43

4.6.2	Gerencias visuais no escritório de engenharia	45
4.6.3	Gerencias visuais no canteiro e no almoxarifado.....	47
4.7	Andon.....	48
5	RESULTADOS.....	50
5.1	Redução dos desperdícios.....	50
6	CONCLUSÃO	56
	BIBLIOGRAFIA	57

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vem crescendo ao longo dos anos, e por consequência, houve o aumento da competitividade. Com a globalização dos mercados e a velocidade dos avanços tecnológicos, a informação passou a fluir de maneira mais rápida, aumentando as necessidades e expectativas da sociedade. Os clientes se tornaram cada vez mais exigentes e o atendimento à satisfação se tornou condição primordial para sobrevivência das empresas em um ambiente competitivo e de mudanças rápidas. A corrida passou a ser pelo menor preço, rapidez de entrega e pela melhor qualidade. Nesse sentido, segundo Mattos (2010), na busca por uma posição competitiva mais favorável, as empresas passaram a investir cada vez mais em gestão e adotar medidas para controlar seus processos.

No entanto, apesar das exigências pela qualidade relacionadas ao consumidor, ainda persistem os altos índices de desperdícios e improvisações dentro dos canteiros de obras. Dentre as principais causas estão às deficiências de formação e qualificação de mão de obra e as práticas construtivas não racionalizadas, agindo na redução do índice de produtividade e aumento considerável dos custos de produção. Segundo Venturini (2015), essas atividades são entendidas como não geradoras de valor e tem suas origens estão desde a má concepção de projetos à execução de planejamentos realizados através de princípios obsoletos.

Neste cenário, ganha importância a crescente necessidade de produzir aumentando a produtividade, reduzindo perdas, erros e incertezas, tornando o produto final cada vez mais competitivo.

Diante da necessidade do estabelecimento de fundamentos e princípios de gerenciamento que conseguisse renovar o modo de produção da construção civil, surge a filosofia *Lean Construction* ou Construção Enxuta. Esta metodologia surgiu em meados dos anos 1950 na indústria automobilística japonesa com o objetivo de adaptar alguns conceitos e princípios gerais da área de Gestão da Produção às peculiaridades do setor e teve suas origens no Sistema Toyota de Produção, ou *Lean Thinking*. Seu sucesso se deu devido à diminuição de desperdícios de recursos, uma produção equilibrada e produtos fabricados com baixo custo, mas alta qualidade. Há diversas empresas colocando em prática e outras interessadas em iniciar a aplicação dos princípios Lean em seus processos justamente para suprir a procura por desempenho e qualidade por parte das mesmas.

1.1 Justificativa e motivação

O presente trabalho se justifica nas dificuldades encontradas pelas construtoras em gerenciar e organizar as obras, mantendo um elevado índice produtivo, com qualidade e confiabilidade.

1.2 Objetivos geral

O objetivo do trabalho é analisar de que forma a metodologia de produção *Lean* pode ajudar na melhoria da qualidade e da produtividade em obras de construção civil.

Para isso, serão avaliados resultados da utilização de ferramentas de planejamento e controle de produção em obras verticais, com ênfase nos procedimentos necessários para vinculação das práticas propostas pelo *Lean Construction* aplicando os conceitos e princípios do Sistema Toyota da Produção.

1.3 Objetivo Específico

Para alcançar os objetivos gerais, algumas ações intermediárias serão tomadas, São elas:

- Estudar a implantação de ferramentas do Sistema Toyota da Produção na construção civil;
- Analisar de que forma a utilização dos princípios do Sistema Toyota contribui para eliminar os desperdícios na construção de uma obra vertical como estudo de caso.
- Avaliar os resultados da implantação de ferramentas com os conceitos da construção enxuta: Racionalização e logística do canteiro, mapa de fluxo de valor, *kanban*, *heijunka box*, gerenciamento visual e *andon*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema Toyota de Produção

O Sistema Toyota de Produção é o detalhamento do modelo operacional japonês, que colocou a Toyota como uma das maiores fabricantes de veículos do mundo. Trata-se de uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, maximizando os ganhos por meio da total eliminação de perdas (GHINATO, 1996).

A produção enxuta se apoia nos contrastes entre a produção artesanal, e o modelo produtivo dominante na época do seu desenvolvimento, a produção em massa (WOMACK, 2004). Enquanto a produção artesanal reunia vantagens com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja, a produção em massa garantia a elevada produtividade a baixo custo (BARROS, 2013).

Segundo Ribeiro (2015), a produção em massa vigorava nas empresas americanas e europeias, que reduziam os custos mediante uma produção em grande escala. O modelo era caracterizado por mão de obra não qualificada na maior parte do processo aliado a profissionais muito especializados para realizar os projetos e máquinas caras e específicas para cada tarefa. Nesse contexto, atraídos pelo baixo custo do veículo motorizado, a Ford se tornou líder do setor automotivo rapidamente (BARROS, 2013).

Na década de 1950, as vendas da Toyota entraram em colapso e parte da força de trabalho da Toyota teve que ser demitida. Durante esses anos, a Toyota havia produzido menos de 3.000 veículos, número muito inferior aos 7.000 produzidos por uma central de montagem da Ford em apenas um dia (WIGINESCKI, 2009).

Diante deste cenário, os profissionais japoneses Eiji Toyoda e Taiichi Ohno buscaram desenvolver um sistema inovador a fim de reduzir as desvantagens em relação à economia ocidental, especialmente os Estados Unidos, e se manter na concorrência do mercado. O objetivo era produzir muitos modelos em pequenas quantidades sem elevar os custos de produção. Ou seja, elevar os lucros por meio do corte de custos, o que eliminaria estoques e mão de obra excessiva (RIBEIRO, 2015).

Segundo Womack (2004), Ohno começou a trabalhar com equipes e líderes de equipe. As equipes passaram a trabalhar de maneira contínua, recebiam um grupo de atividades de montagem e uma área da linha de produção, devendo trabalhar juntas da melhor maneira para

realizar as operações necessárias. Feito isso, Ohno destinou uma parte do tempo para que as equipes sugerissem maneiras de gerar uma melhoria contínua no processo.

Nesse contexto, cada trabalhador da linha de montagem, ao contrário do sistema de produção em massa, poderia parar a linha de produção caso algum defeito fosse detectado. De maneira sistemática, os trabalhadores aprenderam a identificar a raiz do problema, e posteriormente a sugerir a correção para que este mesmo problema nunca voltasse a ocorrer. À medida que os trabalhadores obtiveram experiência em identificar e rastrear o problema até a raiz, o número de erros foi reduzido bruscamente. Outras consequências foram a redução da necessidade de retrabalho e o aumento da qualidade dos carros fabricados.

O Sistema Toyota de Produção foi concebido e sua implementação começou logo após a Segunda Guerra Mundial, mas chamou a atenção da indústria japonesa após a primeira crise do petróleo em 1973. Esta, abalou profundamente a economia mundial e fez vir à tona a potencialidade do sistema de gerenciamento empregado pela *Toyota Motor Company Ltd* (KAYSER, 2001). Neste período a *Toyota Motor Company* manteve seu crescimento praticamente ileso aos efeitos da crise. Dessa maneira, com os resultados obtidos, comparados com outras companhias, chamaram a atenção dos gerentes japoneses e das pessoas.

O interesse nas ideias do Sistema Toyota de Produção surgiu principalmente pelo alto grau de competitividade que ele oferecia. Através da análise das atividades envolvidas no processo, era possível identificar as diferenças entre desperdício e valor, a partir da ótica de clientes e usuários convencionais (KOSKELA, 1992).

2.1.1 Identificação e classificação das perdas

Uma das principais características do Sistema Toyota de produção é a eliminação de perdas em todo processo de produção. Segundo Ghinato (1996), para o Sistema Toyota, perdas (*Muda* em japonês) são atividades desnecessárias que não agregam valor ao produto, mas geram custo e que não devem ser permitidas, é vital que sejam eliminadas.

Ohno (1997), o grande idealizador do STP, as postulou em sete grupos:

- I. Perda por superprodução;
- II. Perda por espera;
- III. Perda por transporte;
- IV. Perda por processamento demais;
- V. Perda por estoque;

- VI. Perda por movimentação;
- VII. Perda por fabricação de produtos defeituosos.

As sete perdas citadas anteriormente são relacionadas à produção. Elas podem ser relativas à função processo, quando refletem no fluxo do objeto de trabalho, espaço e tempo, ou relativas a função operação, devido ao fato de estarem concentradas na análise do sujeito de trabalho. No caso das perdas por superprodução, por transporte, no próprio processamento, por estoques e por fabricação de produtos defeituosos, podemos relacioná-las com perdas no processo, já as perdas por espera e por movimentação são atreladas a função operação (Antunes, 1998, *apud* Kayser, 2001).

- **Perda por Superprodução**

Segundo Ghinato (2000), a perda mais prejudicial é a por superprodução, visto que ela é capaz de camuflar as outras perdas. Ele ainda exemplifica uma das perdas que pode ocorrer devido a essa propriedade de esconder outras, como a perda por produção de produtos defeituosos, que pode passar por despercebido. Além de ser a mais danosa, é também a mais difícil de ser exterminada.

Conforme Shingo (1996), o primeiro objetivo para que haja melhorias no sistema Toyota, é que seja suprimida toda a perda por superprodução. Ele as subdivide em duas classificações:

Perda por Superprodução por Quantidade: É a perda referente à sobra de peças e/ou produtos, quando se produz além do requerido. Este tipo de perda considerada inadmissível e é completamente removida no Sistema Toyota.

Perda por Superprodução por Antecipação: É a perda devida à uma produção antecipada, quando as peças são fabricadas e ficam à espera das próximas etapas. Elas geram grandes estoques e transtornos e perturbações relativas aos locais de deposição. É uma perda muito caçada pelo sistema.

A maneira mais comumente praticada para suprimir essas perdas, é a utilização da produção *just-in-time*, que será descrita posteriormente.

- **Perda por Espera**

Para Ghinato (2000), a perda por espera se dá devido ao tempo em que nenhum processo de produção é realizado. O produto se estabiliza no aguardo do próximo passo. Ele classifica os principais tipos de perda por espera como:

Perda por Espera no Processo: O lote inteiro aguarda a disponibilidade do sujeito da operação, seja ela, máquina, operador e/ou dispositivos, que se encontra ainda envolvido na produção do lote anterior para dar início a operação (processamento, inspeção ou transporte). Uma maneira de reduzir ou exterminar esse tipo de perda se dá através da sincronização do fluxo de produção e também do equilíbrio entre as quantidades a serem produzidas e capacidades de processamento em cada fase de produção.

Perda por Espera do Lote: É a perda referente ao tempo de espera em que cada peça componente de um lote está sujeita devido ao aguardo da finalização de produção das demais, para, então, seguir para a próxima etapa. Pode-se eliminar esse tipo de perda através da diminuição do tempo do processo.

Perda por Espera do Operador: Ociosidade devido ao tempo em que o operador é forçado a envolver-se no monitoramento durante todo o processo, ficando fixo ao lado do equipamento ou quando máquinas não estão sendo produtivas e seus custos horários estão sendo desperdiçados.

As perdas por espera estão interligadas com o nivelamento do fluxo de produção e a sua sincronização. A diacronia gera inatividade durante um período de tempo por parte dos trabalhadores e também das máquinas. Sendo assim, é de grande importância a preocupação com a sincronia dos processos de produção, para que haja a minimização desse tipo de perda (SHINGO, 1996).

- **Perdas por transporte**

As perdas por transporte se dão devido ao fato de que o trabalho de transporte não agrega valor ao produto, apenas gera custo. Portanto, quando se trata da eliminação desse tipo de perda, busca-se ao máximo a redução da movimentação de materiais e no menor tempo possível (Shingo, 1996).

Segundo Ghinato (2000), a otimização do transporte seria a sua não existência. Sabe-se que sua parcela de participação no tempo de fabricação de um item é bastante significativa e em média 45%, logo a sua eliminação é de extrema importância e deve ser vista como

prioridade. As melhorias buscadas e consideradas mais relevantes na redução das perdas por transporte são as utilizadas no processo de transporte, alcançadas por mudanças de *layout* em que não se façam necessárias movimentações de materiais.

Ghinato (2000) ainda menciona a importância de saber diferenciar o significado da melhoria de transporte, da melhoria do trabalho de transporte. Enquanto o primeiro refere-se ao aperfeiçoamento do transporte em si, o segundo relata a melhoria nos processos das operações de transporte, como por exemplo, a mecanização. A busca do aprimoramento nas operações de transportes, só se dá depois de esgotadas as possibilidades de progresso no processo. Como a utilização de esteiras rolantes e transportadores aéreos por exemplo.

- **Perdas por processamento em si**

São perdas devido a atividades realizadas para agregar características de qualidade ao produto ou serviço que não foram demandadas, que poderiam ser eliminadas sem prejudicar o funcionamento do produto. Também pode ser caracterizada como perda por processamento, quando o desempenho do processo se encontra além do ideal (SHINGO,1996).

Para Antunes (2008), são atividades consideradas desnecessárias durante o processo, para que o produto tenha sua qualidade básica, visando a geração de valor para o usuário final.

- **Perdas nos estoques**

Para Shingo (1996), as perdas de estoque derivam do acúmulo de produtos em almoxarifados, devido ao fato da ocorrência de uma produção excedente aos pedidos, ou pela falta de sincronização entre componentes e processos, não sendo necessários naquele momento. Ele ainda diz que a existência de estoque não é tolerada no Sistema Toyota de Produção e é preciso buscar a sua eliminação, mesmo que muitos aceitem uma quantidade maior de estoque por visarem atender aos pedidos inesperados. Uma maneira de regulá-las seria a realização da produção em função dos pedidos.

Segundo Antunes (1995), os estoques resultam da falta de logística entre o ciclo de produção e o prazo de entrega do pedido de compra, visto que o STP busca a eliminação total dos estoques, é de suma importância a sintonia entre este período de produção e o prazo de entrega tido como satisfatório para o cliente.

- **Perdas no movimento**

Para Ghinato (2000), as perdas por movimentação ocorrem devido ao tempo perdido por trabalhadores quando realizam movimento de maneira desnecessária durante de execução do processo. A maioria das ocorrências desse movimento desnecessário se dá devido à falta de conhecimento dos padrões de operações, portanto a determinação de tais padrões é essencial para a racionalização dos movimentos dos trabalhadores. O aperfeiçoamento no estudo de tempos e movimentos dos trabalhadores dá um embasamento para que melhorias sejam aplicadas em busca da exterminação deste tipo de perda. Ele ainda comenta que uma maneira de obter essa racionalização de movimentos se dá através da mecanização de operações, que o maquinário passaria a realizar operações antes feitas pelo operador. Mas que esse tipo de substituição só deve ser realizado quando não houverem outras possibilidades de implantação de melhorias na movimentação do trabalhador e mudanças de sua rotina de operação. (GHINATO, 2000).

Segundo Antunes (2008), é necessário que os padrões operacionais sejam os mais efetivos e eficazes e que eles devem ser sempre determinados continuamente.

- **Perdas pela elaboração de produtos defeituosos**

Produtos defeituosos, segundo Ghinato (2000), são produtos os quais não apresentam características de qualidade dentro de um padrão pré-estabelecido e assim não atendem às condições de uso. A fabricação desses produtos é denominada a perda pela elaboração de produtos defeituosos. De acordo com Shingo (1996), essas perdas devem ser inspecionadas de maneira preventiva durante a fabricação, visto a não viabilidade de encontrar esses defeitos após a sua fabricação.

A identificação de produtos defeituosos não é o único passo para a eliminação dos mesmos, é necessário reconhecer as causas e buscar corrigi-las em forma de prevenção, para assim não haver defeitos que vão gerar retrabalhos (ANTUNES ET KLIPPEL, 2002). A realização da vistoria em todo o lote se dá de maneira mais eficaz do que se avaliado apenas por amostragem. A fiscalização do processo e o controle na origem são assim muito eficazes (SHINGO, 1996). Segundo Kayser (2001), as empresas japonesas são consolidadas em programas de controle de qualidade total.

Segundo Husar (2000, *apud* Kayser, 2001, p.37), é bastante refletida para o cliente a ocorrência da perda por fabricação de produtos defeituosos, transparece bastante uma visão negativa da empresa.

2.1.2 Princípios Fundamentais

Após as crises do petróleo da década de 70, novas condições concorrenciais se abateram sobre o mercado mundial. Diversas restrições foram impostas às empresas que tinham seus ganhos estruturados segundo o modelo da produção em massa. Essa foi uma das causas fundamentais para que a *Toyota Motor Co.* emergisse como detentora de um poderoso e eficaz sistema de gerenciamento da produção, perfeitamente sintonizado com as novas regras (GHINATO, 2000).

Ainda segundo Ghinato (2000), diante dos resultados alcançados pela Toyota, veio à tona toda a eficiência alcançada pelos elementos inovadores utilizados pela empresa. Além da eliminação de desperdício, outros elementos-chaves foram considerados pilares do STP. São eles: O *just-in-time* (JIT) e a automação. Esses, sustentam o sistema e são considerados essenciais para o seu funcionamento.

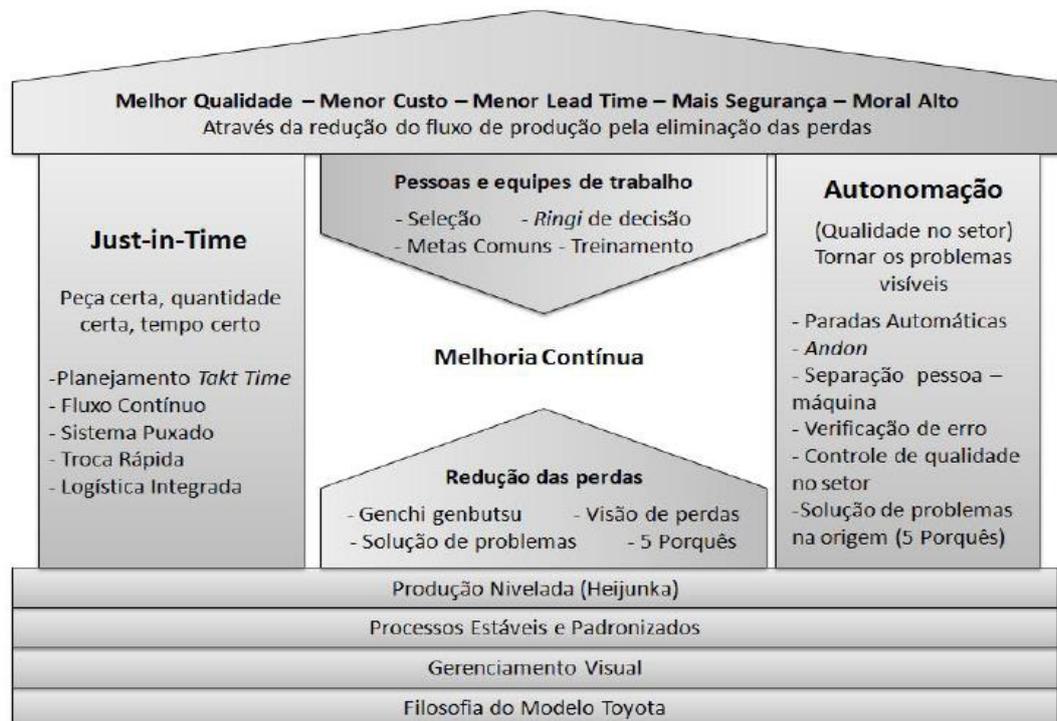


Figura 1- O sistema Toyota de Produção

Fonte: Liker 2005, p.51

O sistema Toyota está baseado em uma estrutura e não apenas em um conjunto de técnicas. Para explicar o STP, Liker (2005) desenvolveu uma representação simples do sistema com formato de uma casa, como mostra a Figura 1. A casa foi escolhida por se tratar de um sistema estrutural onde as colunas e fundações são a base para o telhado. A figura se tornou um símbolo na indústria moderna, nesta está estruturado tudo que a Toyota utiliza para ser referência mundial.

No telhado estão as metas primárias do STP: qualidade superior, redução do custo e do prazo de entrega através da eliminação do desperdício. Nos pilares que sustentam o sistema estão o *just-in-time* e a Autonomia. As bases, que deram início a Produção Enxuta, estão fundamentadas em uma estabilidade operacional, que, significaria dizer que o ambiente possui certa previsibilidade e confiabilidade (SMALLEY, 2005). Nesta base, existem ferramentas consagradas na obtenção da estabilidade operacional, como a ferramenta *Heijunka Box* para nivelar a programação da produção, utilização da padronização do trabalho e o gerenciamento visual. Cada elemento é essencial para o bom desenvolvimento do sistema, porém mais importante é o modo como os elementos reforçam uns aos outros.

2.1.3 *Just-in-time*

O JIT criado pelo STP é formado por três elementos operacionais básicos: o sistema puxado, o tempo takt e o fluxo contínuo. Segundo Slac, Chambers e Johnston (1997), o mesmo visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdícios. Assim sendo, seria um sistema de produção que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária e inclui aspectos de administração de materiais, gestão da qualidade, espaço físico, projeto do produto, organização do trabalho e gestão de recursos humanos.

O sistema puxado, segundo Nazareno (2009), significa termos as ordens de produção ditadas pela demanda real dos clientes que estão retirando os produtos acabados. Os produtos vão sendo produzidos à medida que vão sendo consumidos, produzindo-se um fluxo contínuo. No Sistema Toyota de Produção, o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas. A informação de produção deve fluir de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo dos materiais, isto é, do processo-cliente para o processo-fornecedor. Um

sistema de produção trabalhando sob a lógica da produção puxada produz somente o que for vendido, evitando a superprodução.

A produção puxada na Toyota é viabilizada através do *kanban*, um sistema de sinalização entre cliente e fornecedor que informa ao processo-fornecedor exatamente o que, quanto e quando produzir. O sistema *kanban* tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e constitui-se num método simples de controlar visualmente os processos.

O *takt* time, ou tempo *takt*, é o ritmo que determina como a fábrica deve produzir para atender a demanda dos clientes. Devem ser realizados estudos para determinar quantos produtos devem ser expedidos por minuto para atender a demanda. Esse valor é obtido com a divisão do tempo disponível para a produção pela quantidade de produtos demandados nesse mesmo intervalo de tempo (CHAVES, 2010).

Portanto, seguindo a lógica de produzir a ritmo de demanda, o tempo de ciclo de cada operador deve ser igual ao *takt* time. Para tanto, as operações devem ser alocadas a um único operador para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (*kaizen*), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com o *takt* time.

O fluxo contínuo de produção representa uma modificação no *layout* da empresa para que não ocorram perdas de tempo na movimentação interna do produto que está sendo trabalhado. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de se implementar um fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados, vide representação da figura 2.

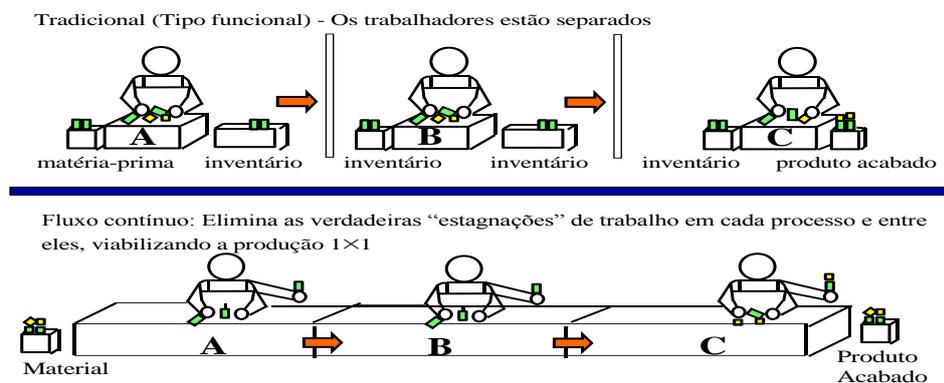


Figura 2 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo de produção contínuo

Fonte: ALMEIDA & SOUZA, 2000, p. 7.

Segundo Ribeiro (2015), a filosofia JIT tem como objetivo final a melhoria contínua do processo produtivo. Parte-se do princípio que a redução de estoques finais e intermediários servem para camuflar ineficiências e problemas do processo produtivo. Nesse sentido, na abordagem do JIT o estoque amortecedor entre as distintas operações deixa de existir, e assim elas têm, por exigência do modelo, que adotar uma abordagem compartilhada para a solução de problemas. Se um estágio para de produzir por alguma razão, rapidamente os demais estágios da cadeia percebem o problema. Dessa forma, mais cabeças irão participar na tentativa de solucionar o problema daquele estágio que parou, ampliando-se assim as possibilidades de encontrar uma solução.

Se por um lado é prudente proteger a produção de oscilações provenientes do mercado, seja pela falta de matéria prima, seja pela falta de demanda, através dos estoques, o JIT busca exatamente o contrário, que é a exposição dos processos aos problemas, buscando oscilações rápidas.

A aplicação do sistema JIT na construção difere substancialmente da sua original aplicação na manufatura, devido à variabilidade, incerteza e complexidade do setor. Na construção, os estoques de materiais em obra existem para evitar a descontinuidade da produção, que pode ser provocada por diversos fatores.

Silva (2000, p 4) cita fatores como:

- I. Não pontualidade na entrega dos materiais e componentes e conseqüente falta destes;
- II. Incapacidade dos fornecedores em fazer entregas em lotes muito pequenos;
- III. Incapacidade em prever com exatidão os prazos de execução das atividades;
- IV. Problemas de dimensionamento das equipes de produção e de domínio dos índices de produtividade;
- V. Falta de conhecimento dos índices de perdas de materiais e componentes;
- VI. Falta de planejamento da produção, o que leva à antecipação de serviços que poderiam ser executados num momento posterior

A redução de estoques, somente de materiais, fatalmente faria emergir esses problemas e incertezas, que teriam de ser eliminados por meio de ações corretivas. Com isso, a produção poderia trabalhar em fluxo contínuo, mesmo que com nível de estoque mais baixo.

Partindo-se da experiência de outros setores industriais, acredita-se que a aplicação das práticas gerenciais do JIT na construção civil pode dar uma grande contribuição à melhoria da

eficiência da logística no setor. Tal postura possibilita significativa contribuição para a redução dos custos com estoques e, conseqüentemente, para a redução dos custos logísticos totais.

A redução dos custos com logística representa um dos principais mecanismos para as empresas atingirem vantagem competitiva. Na construção civil, os custos logísticos são responsáveis pela viabilização ou não do lucro da obra ou empreendimento. O lucro é consequência da interdisciplinaridade da logística. Nesse sentido, quando uma das partes desse complexo arranja um problema, desencadeiam grandes e pesados custos que não agregam valor, normalmente relacionados a falhas dos serviços logísticos.

Esses custos, segundo Ribeiro (2015, p.524), podem ser considerados:

- I. Custos de espera por entrega dos materiais e equipamentos, não conforme as especificações e/ou fora do planejamento, acarretando horas de produção paradas, que têm reflexo nos custos de manutenção da força de trabalho, alimentação, transporte e hospedagem.
- II. Custo de locação de equipamentos sem produção e com pagamento de locação, operadores.
- III. Custo adicional de segurança e controle patrimonial
- IV. Custo por perda de imagem positiva junto ao mercado, algo que gera dificuldade de novas oportunidades.

Segundo Tommelein e Weissenberger (1999, *apud* GONÇALVES, 2009, p. 34), o JIT quando é usado para descrever a entrega de materiais de construção, significa que estes serão conduzidos para a sua localização final e instalados imediatamente após a chegada sem permanecer armazenados, evitando atrasos no transporte do armazém ao local de trabalho. Nesse sentido, algumas das vantagens estão associadas às práticas gerenciais deste sistema, são elas: eliminação de defeitos; método de produção à prova de falhas para um aproveitamento máximo; retorno imediato de informações e métodos de autocontrole de qualidade; redução do tempo de preparação entre uma atividade e outra; minimização da movimentação de materiais; controle pela visibilidade; utilização do sistema *Kanban*; desenvolvimento de fornecedores com os mesmos princípios.

2.1.4 Automação (Jidoka)

O outro pilar do STP é a automação. A automação consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de interromper a operação sempre que ocorrer alguma

situação anormal ou quando a quantidade planejada de produção for atingida. Pode ser aplicada em operações manuais, mecanizadas ou automatizadas. Quando a máquina interrompe o processo ou o operador para a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos colegas e à supervisão. Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

O *jidoka* ajuda a produzir com defeito zero. Os japoneses utilizaram algumas ferramentas que eles chamam de *poka-yoke*, focadas na prevenção de defeitos durante o processo de produção. Significa implementar dispositivos simples, de baixo custo, que previnem a ocorrência de situações fora do comum (PASCAL, 2008). Outra forma é a inspeção do material durante o seu recebimento, verificando se estão de acordo com as suas especificações e a inspeção dos serviços durante a sua execução, que devem atender às tolerâncias especificadas na sua ficha de registro.

2.1.5 Heijunka Box

Segundo Ghinato (2000), podemos chamar de *Heijunka* o nivelamento de produção que dá suporte ao trabalho padronizado, com a programação das demandas diárias de produtos com suas devidas quantidades. Ele menciona que com a utilização do *heijunka* o fluxo contínuo de produção ocorre de maneira efetiva, possibilitando o arranjo entre os diferentes artefatos da produção, os sequenciando de maneira a responder a demanda no longo prazo da produção. O *heijunka* possibilita ao STP a produção em menores quantidades e a minimiza os estoques.

2.1.6 Operações Padronizadas

A operação padronizada pode ser definida como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas. Busca exterminar as perdas com o reconhecimento e uniformização das atividades que agregam valor, procurando também sempre minimizar a quantidade de materiais estocados equilibrando a quantidade de estoque com a capacidade de processamento das operações.

Segundo o Lean Institut Brasil (2003), as operações são divididas em três tipos: (i) o *takt time*, (ii) a rotina-padrão de operações, e (iii) estoque padrão em processamento.

A rotina-padrão de operações é a sequência de atividades que um funcionário deve seguir para que possa produzir de maneira eficaz sem que esteja executando atividades desnecessárias e conseqüentemente reduzindo seu tempo de ciclo, fazendo com que não consiga produzir no *takt-time* (GHINATO, 2000);

O estoque padrão em processamento representa uma quantidade de peças mínima que visa garantir que as etapas subsequentes do processo não estabilizem caso haja algum problema numa etapa sucessora. Essa quantidade deve ser monitorada para que as demais etapas possam prosseguir caso o problema persista (LEAN INSTITUT BRASIL, 2003).

Segundo Koskela (1992), na construção civil a padronização de atividades é capaz de reduzir significativamente a variabilidade nos processos, o que inibe que cada trabalhador execute o processo de forma diferente, reduzindo a possibilidade de erros e perdas.

2.1.7 Gerenciamento Visual

O gerenciamento visual está relacionado ao *Just-in-time* com o intuito de auxiliar na estruturação das informações de maneira resumida e eficaz das atividades e dos processos. A ideia principal é usar o controle visual para que nenhum problema fique oculto (LIKER, 2005). Segundo Galsworth (2004, *apud* WIGINESCKI, 2009), o visual da área de trabalho é um ambiente de trabalho auto organizado, autoexplicativo, autorregulamentado, e automelhorado, no qual o que deve ser feito é feito todas as vezes no tempo certo. Devido aos dispositivos visuais, ele apresenta informações vitais, de maneira visual, junto ao fluxo de trabalho, para que seja possível dizer o que é necessário saber apenas ao olhar.

Para Solomon (2004, *apud* VENTURINI, 2015), o controle visual emprega as sinalizações para documentar, marcar e reportar tudo, com intuito de permitir, de maneira clara, a identificação do estado das operações e suas regras. Permitem essas visualizações através de artefatos como, por exemplo, painéis de controle visual ou de comunicação, usados para reportar a situação do processo e possíveis problemas. Outros instrumentos utilizados são as realizações de gráficos, vídeos e/ou desenhos, para deixar sucinta a ordem dos processos e as instruções necessárias. Cores e símbolos são empregados para facilitar a comunicação, que promove uma transparência do que verdadeiramente está ocorrendo em campo.

Uma gestão comunicativa promove o sentimento de transparência que permite ao sistema produtivo visualizar melhor o que está de fato acontecendo, padrões a serem seguidos,

etc. Uma otimização do gerenciamento, seria uma situação em que todos, inclusive visitantes fossem capazes de verificar o andamento e situação da produção e, conseqüentemente, identificar possíveis erros.

A aplicação de gerenciamentos visuais no setor da construção civil aumenta a transparência em todo processo, o que aumenta a habilidade da produção em se comunicar com os trabalhadores, de modo que eles saibam o que devem fazer, como e quando. Essa é uma das principais ideias básicas de vários métodos e técnicas gerenciais como gerenciamento visual. Em contrapartida, o baixo nível de transparência nos canteiros de obras contribui para que os sistemas de produção na construção geralmente funcionem bastante abaixo de sua capacidade total (VENTURINI, 2015).

2.2 **Pensamento *Lean***

2.2.1 **A criação do pensamento**

A crise do modelo capitalista ocorreu devido à perda de produtividade do modelo fordista, o que levou a uma reestruturação do sistema de produção de forma rápida. Devido ao crescimento econômico e maiores participações no mercado de países ainda não industrializados, as perdas de produtividade provocaram pressões competitivas internacionais causando a saturação do mercado (AMARAL, 2004).

Conforme Koskela (1992), a *lean production* começou a tomar forma na década de 50, quando japoneses, com auxílio de consultores americanos, buscavam melhorias na qualidade da produção. Os engenheiros elaboravam ideias e as aprimoravam por tentativa e erro, os quais, seus princípios básicos eram a cooperação com fornecedores, o uso de lotes menores de produção para exterminar estoques e desperdícios, e a diminuição de tempos de setup.

De acordo com Womack *et al.* (1992), a expressão *Lean* é usada pois os recursos utilizados em relação a produção em massa são sempre reduzidos. Para eles, a perfeição é a meta quando se trata da *lean production*, ou seja, sempre se busca reduzir incessantemente os custos, sem a ocorrência de defeitos ou estoques acumulado e apesar disso ter uma variedade infinita de produtos.

O ocidente não esteve a par dos ideais de produção *lean* durante muito tempo, isso se deve ao fato da produção enxuta não apresentar histórico teórico e que suas filosofias foram

criadas no Japão. Assim a sua utilização ficou limitada ao oriente até a década de 1970, quando foram registradas as primeiras literaturas sobre o assunto (KOSKELA, 1992).

Apenas na década de 90 com a publicação do livro dos autores Womack, Jones e Roos, *A máquina que mudou o mundo*, que o *lean production* se difundiu no ocidente. No livro os autores divulgam as práticas de gestão de empresas automobilísticas espalhadas pelo mundo, pela apresentação de seus resultados (RIBEIRO, 2015).

2.2.2 Princípios da mentalidade enxuta

Womack e Jones (2004) foram os criadores da divisão do pensamento enxuto em cinco princípios, os quais foram definidos na publicação do livro chamado *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*, publicado em meados de 1996.

Segundo os mesmos autores, a percepção de que precisavam resumir o pensamento enxuto veio à tona, então, depois de muito diálogo com os gerentes que tentavam aplicar a produção enxuta, depois de muito pensarem sobre o assunto, concluíram que o pensamento enxuto consiste em especificar o valor ao produto, perceber a melhor sequência que o gera valor, fazer com que essas etapas transcorram continuamente, permitir que o cliente seja responsável pela demanda de produção e sempre ir à busca da excelência. Eles ainda justificaram o porquê de o pensamento ser chamado de enxuto, assim o denominaram por se tratar de uma maneira de produzir ao máximo com o mínimo de recursos, e mesmo assim estar cada vez mais próximo de dar aos clientes maiores satisfações.

A seguir será explicado cada um dos princípios.

Especificar valor: Um princípio que deve ser tido como preliminar para que todos os outros possam ser implantados. Deve-se compreender o que é o valor para o cliente, saber o que ele está disposto a pagar, quais características do produto. Faz-se necessária a avaliação das expectativas dos clientes através de ferramentas administrativas, para que os preços possam ser formulados de maneira que possa atender ao cliente e trazer lucro a empresa, que seja cada vez maior com reduções dos custos por melhoria contínua do processo e aprimoramento da qualidade (RIBEIRO, 2015);

Identificar a cadeia de valor: Consiste no conjunto de todas as atividades específicas necessárias para produzir determinado bem ou serviço, para que percorra as três tarefas de

gestão, a de resolução de problemas, de transformação física e de gerenciamento de informação. A de solução do problema vai da difusão do produto e passa pela engenharia, a transformação física vai da matéria prima ao produto finalizado entregue ao cliente, e a gestão de informações parte da encomenda do produto a sua concessão. Nesta etapa mostra-se que normalmente ocorrem três diferentes atividades: as que agregam valor ao produto, as que não agregam valor, mas são essenciais para a produção, e as que além de não agregarem valor ao produto devem ser eliminadas. É preciso analisar o fluxo de valor como um todo, para que possa apontar e eliminar desperdícios ao longo de todo o percurso da cadeia de valor (WOMACK e JONES, 2004);

Fluxo: Esse é o princípio que se sucede como a próxima etapa para atingir a produção enxuta, visto que as etapas anteriores forem realizadas, o fluxo de valor, mapeado, os desperdícios eliminados, agora é preciso fazer com que essas atividades que geram valor fluam (WOMACK e JONES, 2004);

Puxar: Esse é o conceito mais característico do *Lean*, pois sua ideia é que se deve produzir a quantidade necessária, no tempo exato, para que não haja geração de estoques. Esse tipo de perda é a mais combatida pelo *lean thinking*, pelo fato de ser um hábito da produção em massa. A partir deste princípio deriva-se a ideia de que o cliente puxa a produção (WOMACK e JONES, 2004);

Perfeição: A perfeição é o princípio que engloba todos os outros aqui já citados, ela deve ser buscada constantemente, visto que ao analisar o processo de produção são sempre encontrados desperdícios que ainda podem ser eliminados. Fazer com o que o valor esteja sempre transparente no fluxo de processo, ajuda com a exposição dos desperdícios, facilitando sua remoção. Buscar a perfeição do sistema de produção é reduzir os custos e esforços, sempre buscando atender a satisfação do cliente (WOMACK e JONES, 2004).

2.3 *Lean Construction*

Por volta dos anos 80, diversas empresas da construção civil, buscavam melhorias em seus processos de produção via os princípios e ferramentas da Gestão de qualidade, ou pela tentativa de obtenção de certificados de qualidade segundo as normas da ISO 9000, ou até para obter um controle maior sobre seu sistema de produção implantando ferramentas da

gestão da qualidade total. No entanto, a utilização dessas ferramentas tem suas limitações, pois não se referem a pontos associados à eficiência dos processos produtivos (FORMOSO, 2000).

A filosofia *Lean production* aplicada às indústrias surgiu por volta dos anos 50 no Japão, a *Lean Construction* foi assim intitulada por se basear nessa filosofia. Ela se confronta com o paradigma da produção em massa que é baseada no Taylorismo e Fordismo. Essa filosofia de gerencia da produção incita aos profissionais de construção a modificar seu modelo de gestão e adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas pelo STP, utilizando assim as raízes dessa nova filosofia via adaptação dos conceitos de fluxo e geração de valor presentes no pensamento enxuto à construção civil (FORMOSO, 2000).

Nos anos 1990, chegou-se ao marco inicial da filosofia chamada *Lean Construction*, a publicação do pesquisador finlandês Lauri Koskela, na Universidade de Stanford, U.S.A, em 1992, de um relatório técnico intitulado *Application of the New Production Philosophy to Constuction* (RIBEIRO, 2015).

Com a publicação de Koskela, segundo Formoso (2000), um novo referencial teórico foi criado para o gerenciamento de processos na construção civil, objetivando adaptar alguns conceitos e princípios gerais da área de Gestão da Produção ao setor.

A *Lean Construction* chega com o intuito de aumentar a produtividade a partir da redução das perdas, expandindo o lucro para as empresas da construção civil e crescendo também o poder de competitividade entre elas, o que conseqüentemente agrega valor ao produto para o cliente. A geração de valor faz parte dos pensamentos da Construção Enxuta e está ligado à satisfação do cliente, o que antes não era levado em conta pelo pensamento tradicional de construção, no *Lean*, as atividades que não agregam valor de fluxo, devem ser eliminadas (RIBEIRO, 2005).

2.3.1 Princípios da *Lean Construction*

- **Redução das parcelas de atividades que não agregam valor**

A redução das parcelas de atividades que não agregam valor acontece através da diminuição das perdas de produção e das atividades desnecessárias, como transporte e tempo de espera por materiais. Essa diminuição se dá através da eficiência das atividades de

conversão e de fluxo. Este pode ser considerado um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta (KOSKELA, 1992). Segundo Formoso (2002), entender as atividades de fluxo, tais como conhecer sua natureza e reconhecer suas causas é essencial para a redução de perdas na construção de edificações

- **Aumentar o valor do produto com a consideração das necessidades do cliente**

Conforme Koskela (1992), o aumento do valor do produto ocorre quando se sabe os desejos e necessidades do cliente e, a execução do produto ou serviço é realizada com base nas especificações dos clientes. De acordo com Formoso (2002), fazer mapeamentos dos processos e apontar os requisitos dos clientes em casa estágio, é uma forma de colocar em prática esse princípio. Ele exemplifica com uma avaliação de pós-ocupação das construções, em busca de aperfeiçoamentos que gerem mais valor o produto para os clientes

- **Reduzir a variabilidade**

A redução da variabilidade é um ponto bastante relevante na manutenção da qualidade de um produto, principalmente quando se trata de prazos de realização de projetos. Segundo Formoso (2000), há várias formas de variabilidade em um processo de produção: variabilidade relacionada à execução do próprio processo, variabilidade na demanda que é relacionada aos clientes de um processo e variabilidade nos processos relacionados com fornecedores.

- **Reduzir o tempo de ciclo**

Primeiramente, o tempo de ciclo é designado como o resultado da soma de todos os tempos (inspeção, transporte, espera e processamento) para produzir um produto. O princípio de redução do tempo de ciclo refere-se à otimização dos tempos envolvidos na realização do projeto. Ao chegar a uma diminuição considerável no tempo de ciclo ganhos podem ser visto como: maior flexibilidade, entrega mais rápida do produto ao cliente, entre outras (FORMOSO, 2000).

- **Simplificar através da redução do número de passos ou partes**

Segundo Formoso (2000), quanto mais passos ou partes houver em um processo de produção, maior será a propensão de existir atividades que não agregam valor. Portanto, a simplificação representa a principal forma de obter a redução no número de passos em um fluxo material, para isso o uso de equipes polivalentes e de elementos pré-fabricados são alguns dos meios de obter essa diminuição.

- **Aumentar a flexibilidade de saída**

Aumentar a flexibilidade de saída está relacionado à realização de mudanças nas características do produto a fim de satisfazer o cliente, mas sem geração de custo de maneira considerável (KOSKELA, 1992).

Segundo Formoso (2000), o princípio pode ser obtido com a postergação de fases de produção com equipamentos que proporcionem a personalização sem grandes custos para o produto, além da diminuição do tamanho do lote reduzindo seu tempo de ciclo.

- **Aumentar a transparência do processo**

Segundo Formoso (2000), o aumento da transparência do processo gera uma melhoria na visualização dos erros, disponibilizando mais informações e por consequência facilitando o trabalho. Ele ressalta também como a mão de obra pode ficar mais relacionada com a elaboração de melhorias utilizando esse princípio.

Uso de controles visuais, como layout e sinalizações e a diminuição da interdependência de unidades de produção, são exemplos de técnicas para o aperfeiçoamento da transparência (KOSKELA, 1992).

- **Foco no controle de todo o processo**

Ao controlar todo o processo consegue-se um detalhamento que é possível detectar os desperdícios que ocorrem devidos às perdas, como por estoques, retrabalho, atividades de transporte (PICCHI, 2001- *apud* Oyama e Mota, 2010). Para Isatto *et al.* (2000), ao buscar a melhoria de um processo existe o risco desse esforço prejudicar a performance de uma atividade de outro processo, por isso é indispensável que haja alguém cuja incumbência seja controlar todo o processo e o avaliar.

- **Estabelecimento de melhoria contínua ao processo**

Para que haja aprimoramento no processo é preciso empenho contínuo. Uma maneira de obter mais facilmente sugestões de soluções mais eficazes e que se adaptem melhor a empresa é através da compreensão plena do processo, tudo isso para que a redução dos desperdícios aconteça (KOSKELA, 1992). Para ISATTO (2000), o estabelecimento da melhoria contínua no processo requer participação e trabalho em equipe da mão-de-obra. Ele exemplifica essa melhoria com reuniões, incentivos através de premiações, planos de carreira, caixa de sugestões.

- **Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões**

De acordo com Koskela (1992), examinar os processos e estudar o que pode ser melhorado é a essência deste princípio. Ele correlaciona o princípio da seguinte maneira, menciona que a facilidade para a implementação de tecnologias requer fluxos mais monitorados e isso pode resultar baixa variabilidade, favorecendo os fluxos. Ele também diz que melhores fluxos requerem uma menor capacidade de conversão e requerem um menor investimento em equipamentos.

- **Aprender com referências de ponta (Benchmarking)**

Segundo Isatto (2000), *Benchmarking* é o princípio de observar e, se julgar benéfico para produção, aprender com as empresas destaque em determinado ramo, ou com as referências de algum aspecto específico de produção. Como o nome já diz, é fazer a comparação de atividades exercidas e pontuar as mais eficazes.

2.4 Programa 5S

Inicialmente, é difícil imaginar por onde começar na implantação do sistema enxuto. Segundo o *Lean Institute*, a ferramenta 5S, são cinco termos relacionados, começando com a letra S, que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para a gestão visual e para a produção *lean*. Os cinco termos em japonês são *seiri*, *seito*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*, ou em português: separar (senso de utilização), classificar (senso de ordenação), limpar /inspecionar (senso de limpeza), padronizar (senso de saúde) e manter (senso de auto-disciplina).

O sistema oferece suporte para organização e padronização do local de trabalho e, segundo Silva (1996 *apud* VENTURINI, 2015, p. 45) enfatiza a prática de hábitos saudáveis para a integração do pensar, do agir e do sentir. Cordeiro (2013) cita que o objetivo do 5S é contribuir para uma gestão mais democrática, na qual a participação e o envolvimento de todos criam um bem-estar no ambiente de trabalho, proporcionando uma melhoria na qualidade dos serviços e facilitando a implantação de outros programas dentro da empresa.

É necessário esclarecer o que são e como devem ser conduzidos os Cinco Sensos para que se obtenha sucesso em sua implantação. Eles estão representados na figura 3 abaixo com as denominações do seu país de origem, o Japão, e suas respectivas traduções.



Figura 3 – Os cinco sensos

Fonte: RTC Consultoria

1. *Seiri*: Consiste na separação dos itens necessários dos desnecessários - ferramentas, peças, materiais, documentos - descartando os últimos. Esta primeira fase parece uma tarefa simples, todavia, a remoção destes objetos pode-se revelar uma tarefa bem exaustiva e algumas vezes complexa. No entanto, apesar da certa complexidade, os benefícios são imediatos na liberação dos espaços, facilitando o fluxo e a organização e na racionalização dos materiais, equipamentos e almoxarifados (GONZALEZ, 2005).

2. *Seiton*: Possuir senso de organização consiste em manter o ambiente organizado, com a identificação e sinalização dos materiais e ambientes. É importante também definir um layout que torne o ambiente de trabalho seguro e que possibilite o acesso rápido aos materiais e postos de trabalho. Além disso, é importante frisar que a organização não se está relacionada apenas à arrumação física do ambiente, mas também do planejamento dos trabalhos diários.

Para o aumento da produtividade pessoal e profissional é imprescindível que as sequências das tarefas que deverão ser realizadas durante o dia sejam bem organizadas e que seja separado o tempo necessário para a execução de cada uma (LEONEL, 2011). Gonzalez (2005), relata que as principais vantagens dessa medida podem ser percebidas com o melhor controle do estoque e de documentos, localização correta dos materiais e ferramentas bem como o conforto do ambiente de trabalho.

3. *Seiso*: Um grande motivador para um bom fluxo de trabalho é um local organizado e limpo. O primeiro passo para a implantação deste senso é a conscientização sobre a importância e os benefícios da limpeza e organização no local de trabalho, sendo que cada trabalhador é responsável pelo seu posto de trabalho, suas ferramentas e utensílios. Os benefícios de se manter o local de trabalho limpo, adquirindo-se uma cultura de limpeza. Segundo Silva (1996) está no sentimento de bem-estar nos funcionários, sentimento de excelência transmitido ao cliente, ótima manutenção dos equipamentos e até a prevenção de acidentes.

4. *Seiketsu*: Nesta fase deve-se criar condições favoráveis à saúde física e mental. Para isso, é preciso manter o ambiente de trabalho limpo, com boas condições sanitárias, frisar aos trabalhadores a importância de se manter bons hábitos higiênicos, por meio de informações e comunicados claros, para que possam ser compreendidos por todos. Além disso, é muito importante criar propostas de melhorias com o intuito de tornar o trabalho futuramente mais fácil.

5. *Shitsuke*: A disciplina deve ser colocada pela empresa através de novas rotinas e normas. Deve ser cobrado o cumprimento da disciplina desde a gerência até os trabalhadores no canteiro de obras. A ideia é que cada um assuma a responsabilidade de seguir os padrões idealizados, não precisando chamar a atenção de um funcionário para fazer o que lhe compete. Ele faz o que tem que ser feito.

A participação da alta direção é muito importante na liderança das atividades, demonstrando o comprometimento oficial da organização para conduzir o 5S, pois não se deve implementar o 5S em um nível da organização se o nível imediatamente superior não tiver conhecimento sobre o assunto.

Gonzalez (2005) acredita que o sucesso de um programa baseado nos conceitos do Programa 5S é principalmente a mão de obra, pois todo processo está centrado nas atividades que ela desenvolve, necessitando, portanto, apoio e conscientização por parte dela. Para o

mesmo autor, a cultura pessoal é o maior obstáculo na hora de implantar um Programa 5S, seja a da alta gerência de uma empresa, seja a das pessoas hierarquicamente subordinadas. Essas disparidades culturais causam situações bastante conflitantes, decorrentes das necessidades impostas pelo Programa. Com isso, o autor considera indispensável a realização de treinamentos como uma forma de equiparar todos os funcionários e fazer com que eles trabalhem juntos em um único objetivo.

3 ANÁLISE DA METODOLOGIA

O presente estudo fez uso de um estudo de caso como procedimento para avaliar de que forma os conceitos da *Lean Production* podem ser aplicados à construção civil, através da identificação e eliminação das perdas no processo.

Primeiramente, fez-se necessário o estudo da fundamentação teórica do tema, realizado a partir de livros especializados, teses, sites, artigos de revistas e outros. Essa fundamentação teórica foi de extrema importância para entendermos os princípios e origens da Construção Enxuta.

Foram realizadas visitas ao empreendimento fonte do estudo e feitas observações quanto à organização dos operários e a forma de produção dos mesmos, a organização, segurança e gestão do canteiro. Para conhecimento da situação e levantamento de dados, foram utilizados recursos como registro fotográfico e questionamentos informais com o engenheiro e os operários do canteiro.

A avaliação do estudo nos levou a um melhor entendimento sobre as ferramentas potenciais para a geração de melhorias, embasadas nos conceitos da Construção Enxuta. Analisamos de que maneira a utilização dessas ferramentas fizeram cumprir os princípios da *Lean Construction*. As ferramentas voltadas à aplicação de princípios da construção enxuta apresentadas no trabalho são: layout do canteiro, mapa de fluxo, gerenciamento visual, *kanban*, *Heinjuka Box*, *Andon*, Operações padronizadas.

3.1 Caracterização da obra

A obra em estudo consiste em um edifício de uso residencial da construtora Dallas, composto de 33 pavimentos assim distribuídos: um pavimento térreo composto pela entrada principal do prédio e vagas para estacionamento de veículos; 2 pavimentos vazados com vagas para estacionamento de veículos; e 31 pavimentos tipos, compostos por oito apartamentos cada e área comum; ático composto por casa de máquinas e reservatório superior.

O sistema estrutural da obra é em concreto armado, composto por pilar, viga e lajes. Fundação profunda contendo estacas em hélice contínua e blocos que dão suporte a supraestrutura.

4 PRINCIPAIS MEDIDAS ADOTADAS PELA OBRA NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

4.1 Racionalização e logística do canteiro

A obra elaborou o layout do canteiro de forma racionalizado com memória de cálculo (Capacidade máxima de estoque e área dos depósitos), atendendo a logística necessária para cada etapa de obra. Também foi estudado o melhor local para a entrada de material, sua estocagem e transporte até a frente de produção.

Além disso, como a equipe de obra (engenheiro, mestre, técnico) observa diariamente como a obra está transcorrendo, ela é capaz de coletar dados que possam ser aproveitados para melhorar o layout do canteiro, desempenhando um papel importante na organização e na gestão da mão-de-obra. E ainda, a equipe deverá estar apta a detectar a ocorrência de alguma disfunção como, por exemplo, roubos, perdas, problemas de comunicação ou ainda atrasos nos prazos de entrega e na qualidade da entrega, que prejudiquem tanto a logística de canteiro quanto a logística de rua, e caso ocorra alguma disfunção, a mesma deverá tomar as medidas necessárias para corrigi-las.

A obra tem a política de reelaborar esse layout de acordo com a exigência de cada etapa da obra. A Figura 4 abaixo apresenta o atual layout do canteiro da obra.

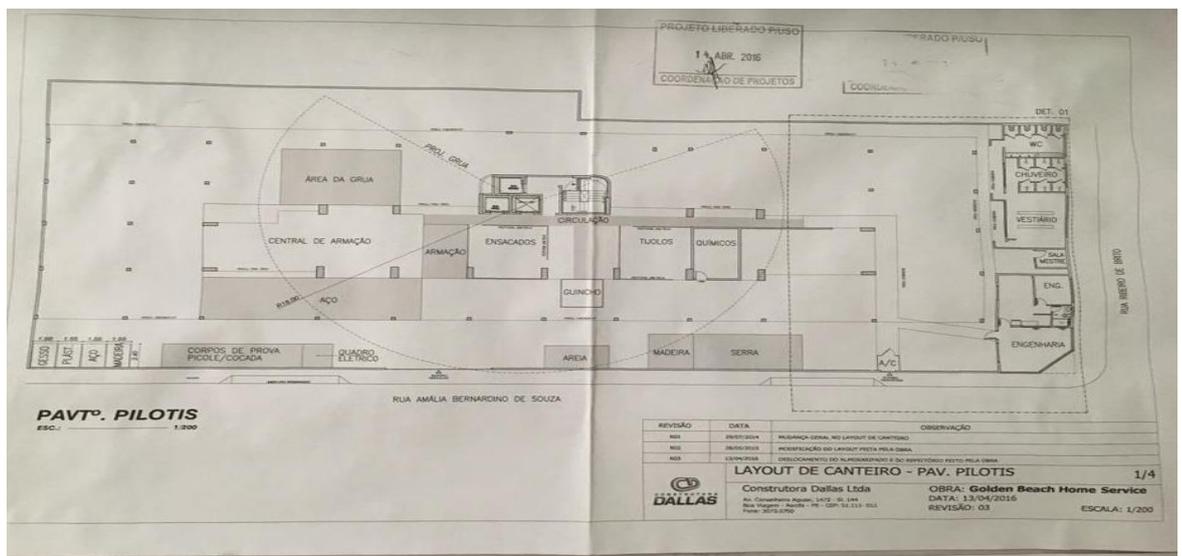


Figura 4 – Layout do Canteiro

Fonte: As autoras

O canteiro foi dividido em áreas a fim de aumentar a transparência nos processos. Para tanto, foi implantado o programa 5S, dividindo o canteiro em áreas e aplicando os cinco sentidos (Utilização, Ordenação, Limpeza, Disciplina e Asseio). A organização e utilização dos materiais e equipamentos são baseados no layout, projetadas e divulgadas para cada área do canteiro.

Os estoques foram organizados em depósitos fechados, utilizando o máximo possível das áreas horizontais, para gerar valor e diminuir as movimentações internas.

A circulação de passageiros e materiais foram identificadas e delimitadas no chão já regularizado, evitando que a área de circulação de pedestres cruzasse com a passagem de materiais. Demarcações estas que fazem parte da composição do 5S.

Ainda seguindo os preceitos do sistema 5S, o auxiliar de almoxarife se tornou responsável pelos setores, de forma a garantir a manutenção do sistema. São realizadas rotinas semanais de avaliação e inspeção do sistema em quesitos de organização, aspecto visual, obstrução dos locais destinados a movimentação e condições das sinalizações dos ambientes.

O bom planejamento do layout facilitou e reduziu a quantidade de esforços por parte dos trabalhadores, gerando uma grande eficiência na logística do canteiro.

Vários benefícios puderam ser observados no uso do 5S, como a otimização dos espaços, a redução dos tempos improdutivos, o aumento da vida útil de materiais e a redução dos riscos de acidentes.

No entanto, de acordo com o engenheiro da obra, foi fácil de começar a implantação, entretanto a maior dificuldade está sendo a de mantê-la. Isso acontece principalmente pela falta de qualificação dos trabalhadores da construção civil. Assim, para suprir esse despreparo, a obra realiza treinamentos quase semanalmente a fim de nivelar as competências exigentes com as competências desejadas. Sua manutenção exige a mudança na cultura pessoal para que se possa atingir a autodisciplina.

4.2 Mapa de fluxo de valor

Foram elaborados mapas de fluxo de valor para o mapeamento dos processos produtivos na obra. Devem ser elaborados para todos os serviços e deve ser analisado o fluxo desde o pedido do cliente até a entrega do produto final. Esta é uma ferramenta que ajuda a enxergar com mais detalhe todo processo.

O mapa de fluxo mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material ajudando a reduzir os desperdícios de material e mão-de-obra dentro de todo processo. A figura 5 apresenta um modelo do mapa de fluxo do serviço de alvenaria utilizado pela obra

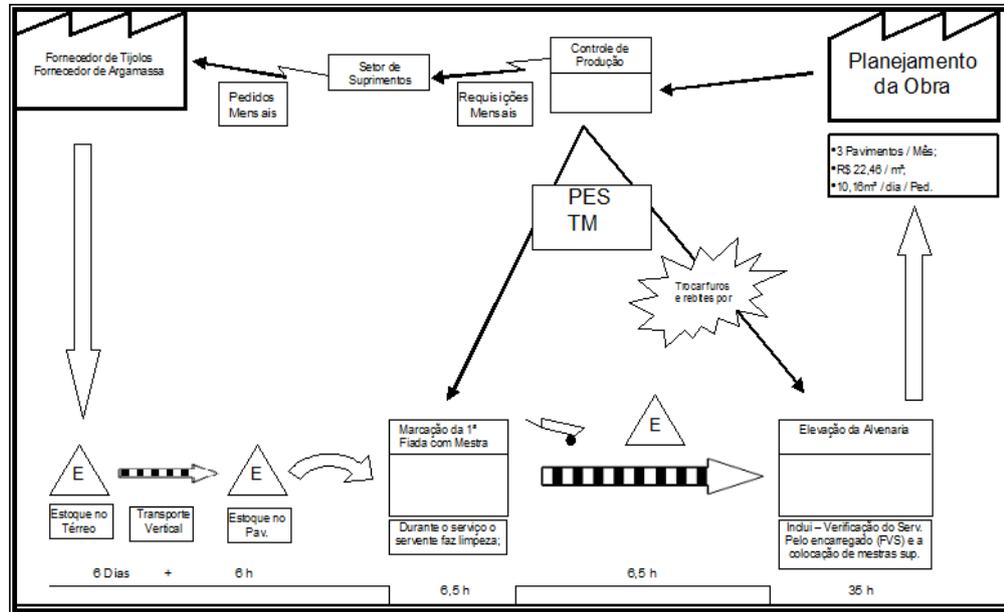


Figura 5 – Mapa de fluxo do serviço de alvenaria

Fonte: As autoras, gentilmente cedido pela construtora Dallas

4.3 Desenho de processo

Para definição de todo serviço deve ser realizado o desenho de processo verificando o valor de mão de obra e materiais comparando o real e o previsto no orçamento. Os desenhos de processos da obra foram elaborados de acordo com as composições do orçamento específico da obra e validados pelo engenheiro e coordenador da mesma.

Os desenhos foram elaborados desde os primeiros serviços da obra com os blocos de fundação.

4.4 Kanban

Como parte do controle total da produção, foram desenvolvidos os *kanbans*. Trata-se de um dispositivo sinalizador que dá instruções para produção e permite a retirada de itens em um sistema puxado.

Os *kanbans* são cartões confeccionados com papel do “tipo cartolina” ou solicitados em uma gráfica. Cada material tem uma tonalidade padrão para poder ser facilmente identificado pelo operário ou pode ser atribuída uma faixa com uma segunda cor caso sejam esgotadas as possibilidades, e para cada tipo de material é colocado um desenho que o identifica. Para garantir sua durabilidade, a obra plastificou todos os cartões com papel contato transparente. Os *kanbans* foram confeccionados de acordo com as especificações da figura 6:



Figura 6 – Kanban de chapisco utilizado pela obra

Fonte: As autoras, gentilmente cedido pela construtora Dallas

O espaço de quantidade é definido na obra de acordo com o pacote específico do serviço e capacidade do guincho. A distribuição dos *kanbans* para a equipe que formará uma célula de produção ocorre no início de cada ciclo do serviço.

A entrega dos *kanbans*, para frentes de serviço repetitivos (Pavtº/Aptº) é feita através de KIT's, depositados em (maleta, caixa, envelope), para equipe de produção afim de melhorar sua automação. Os operários solicitam os materiais no *heijunka box* e o material só é

liberado dos estoques e almoxarifado mediante a apresentação do *kanban*. Cada equipe recebe uma maleta (estilo porta ferramentas) para guardar os *kanbans* de forma segura.

A produção puxada é viabilizada através do sistema *kanban*, que tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminando perdas e permitindo a reposição de estoques baseado na demanda. O *kanban* carrega a informação verticalmente na obra.

4.5 *Heijunka Box*

O *heijunka box* tem a finalidade de organizar a solicitação de materiais realizada diariamente pelos operários. Ele é o nivelamento da produção. Esse nivelamento é feito pelo operador do guincho de carga, para que todas as equipes possam receber os materiais nos horários previamente programados. A distribuição é feita em ritmo constante e estável para que todas as equipes estejam trabalhando.

O *heijunka* é um quadro composto por colunas verticais e horizontais. Nas verticais estão dispostos 35 pavimentos (estrutura padrão) que representam os locais onde devem ser entregues os materiais enquanto nas horizontais dispõem-se os horários de abastecimento dos mesmos.

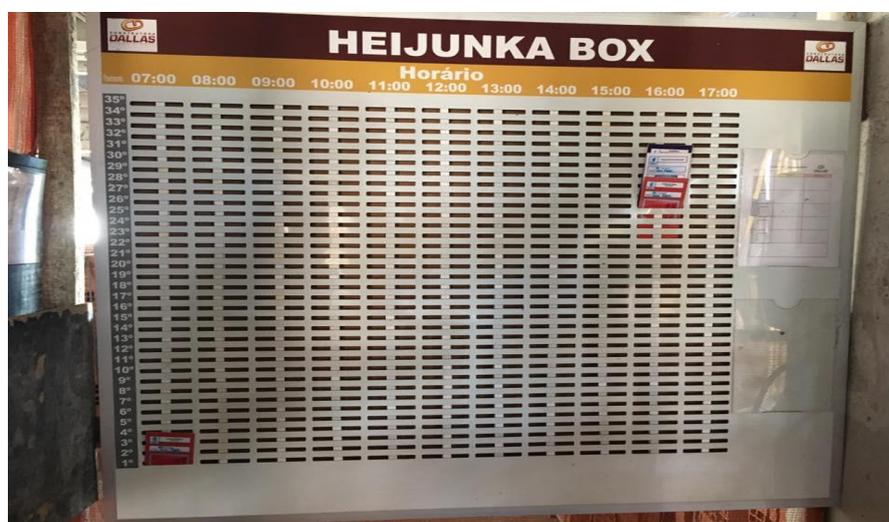


Figura 7 – Quadro Heijunka Box da obra

Fonte: As autoras

A colocação dos *kanbans* no quadro é realizada livremente pelos operários dentro dos horários estabelecidos pela obra:

- Para material a ser entregue pela manhã – o operário solicita ao final da tarde do dia anterior à utilização;
- Para material a ser entregue no período da tarde – o operário solicita pela manhã e no intervalo do almoço.

Ao final da entrega de cada material os *kanbans* são postos em um caixa com cadeado, conforme figura 8, para que no final do dia todos os *kanbans* sejam devolvidos ao almoxarife para conferência e baixa diária do estoque.



Figura 8 – Urna de kanban da obra

Fonte: As autoras

4.6 Gerenciamento Visual

A obra faz utilização de gerencias visuais nas frentes de serviço, no escritório de engenharia, no canteiro e no almoxarifado.

4.6.1 Gerencias visuais nas frentes de serviço

Nas frentes de serviços existem gerencias visuais que possuem as seguintes informações:

- Quantidade de materiais para execução do pacote de serviços;
- Quantidade de dias do ciclo de serviço, informando em qual dia está a equipe de trabalho;
- Nomes/fotos dos membros da equipe de produção;

- Desenho de processo ilustrativo com planta baixa da obra informando execução diária desde o 1º ao último dia do ciclo;
- Identificação em planta dos locais de armazenamentos e produção de argamassa da frente de serviço.

As figuras 9 e 10 abaixo são exemplos de gerências visuais do serviço de alvenaria utilizadas pela obra. As folhas são colocadas nos pavimentos e fornecem informações aos operários como: os recursos de materiais que devem estar previamente armazenados nos pavimentos (Figura 9), equipes de produção, o ciclo de execução e a sequência de trabalho (Figura 10).



Figura 9 – Layout da distribuição dos materiais para alvenaria no pavimento

Fonte: As autoras



Figura 10 - Equipe de Produção Alvenaria

Fonte: As autoras

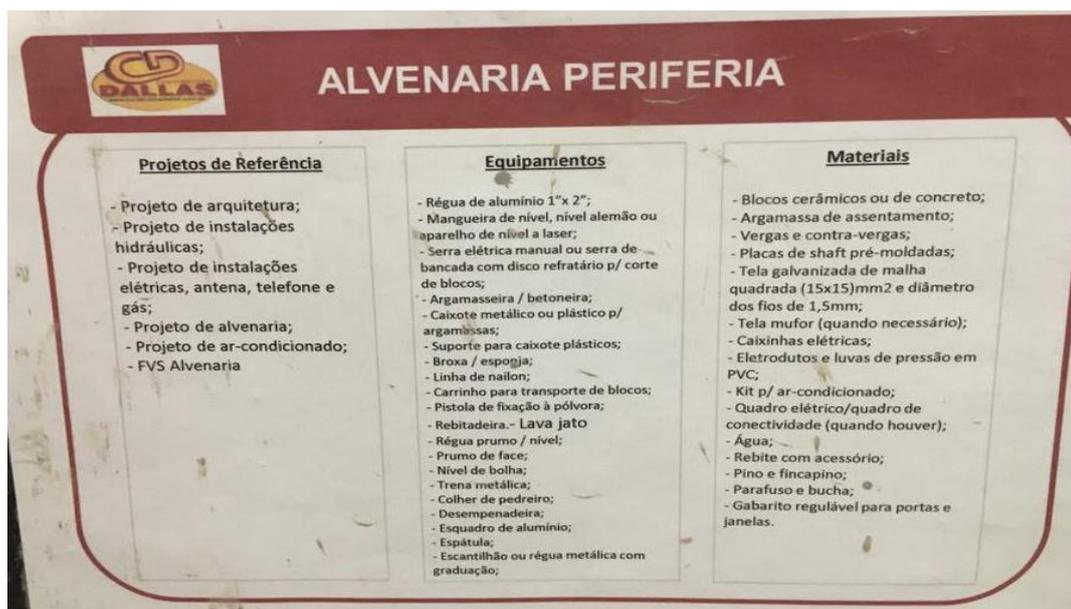


Figura 11 – Materiais e equipamentos necessários para execução do serviço

Fonte: As autoras

A gerência é preenchida pelo profissional da frente de serviço, com a indicação da data que iniciou o serviço e marcação dos dias do ciclo. A obra sinaliza em plantas baixas a marcação de ordem de execução das paredes através de cores diferentes para cada dia do ciclo e indica o trecho à ser executado por cada profissional por símbolos que os diferenciem.

As gerências visuais nas frentes de serviços são de suma importância, pois passam a autonomia para as equipes de trabalhos que controlarão a sua produção visando concluir em tempo previsto ou antecipado. Além disso, a alta rotatividade de operários e a presença de várias equipes distintas que se deslocam para dentro e para fora da construção tornam ainda mais importante a implantação de dispositivos visuais.

4.6.2 Gerências visuais no escritório de engenharia

A obra gerencia os serviços de acordo o cronograma físico da obra e ciclo de serviços, através de gerenciamentos visuais dispostos no escritório de engenharia.

Os serviços internos da obra são monitorados através da gerência visual de serviços internos fixada no escritório, conforme figura 12. Os campos devem ser preenchidos com as datas reais de início e término dos serviços a cada pavimento, afim que o profissional possa diariamente preencher e monitorar o realizado e atendimento ao prazo proposto.

As cores padrão para indicação da situação do serviço são:

- Verde – Realizado no tempo previsto
- Amarelo – Adiantado
- Vermelho – Atrasado

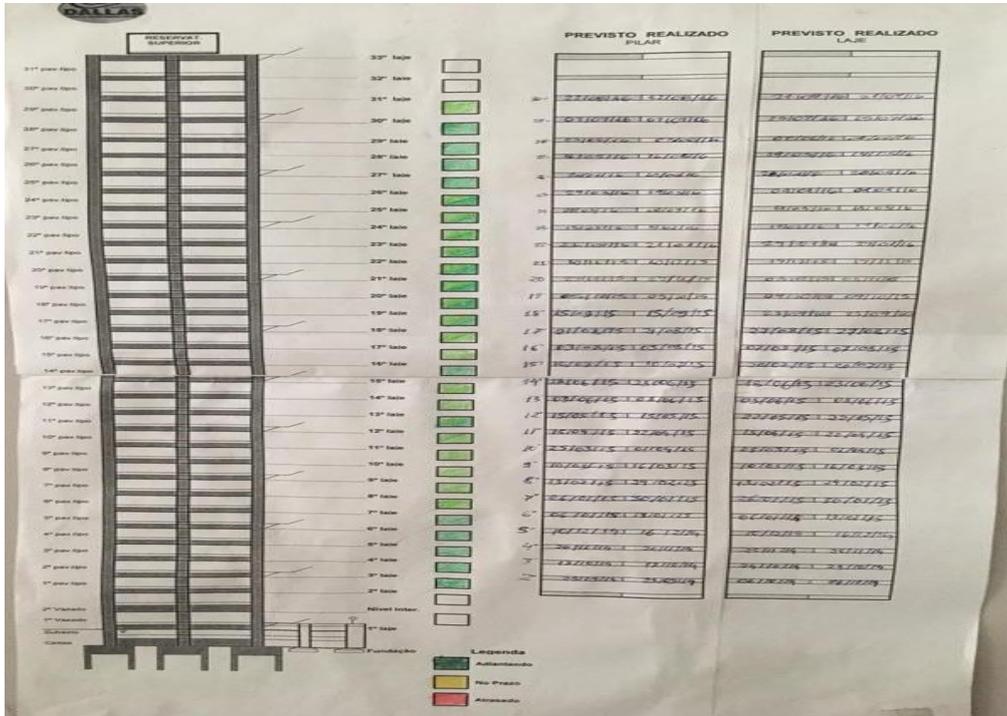


Figura 12 – Gerenciamento visual da estrutura do empreendimento

Fonte: Autoras

Além disso, a data de previsão para início do serviço deve ser igual à data de início do realizado, afim que os próximos ciclos sejam monitorados o status real, como mostra a figura 13.

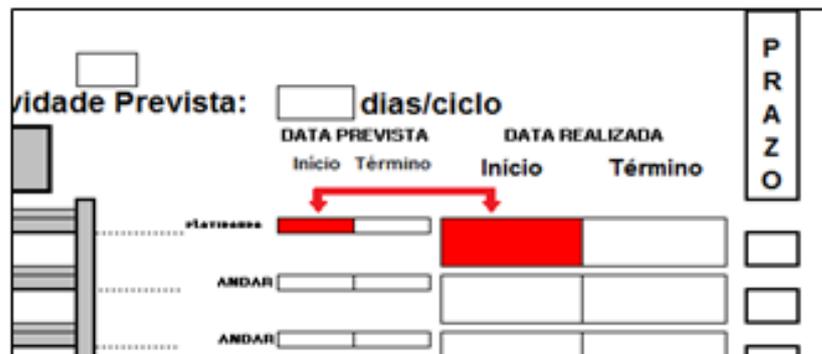


Figura 13 – Ampliação das gerencias visuais
 Fonte: Procedimento Administrativo da empresa

4.6.3 Gerencias visuais no canteiro e no almoxarifado

Os estoques devem ser identificados de acordo com suas capacidades, sendo identificada a capacidade:

- Máxima
- Metade
- E, estoque crítico - menor quantidade para que a obra continue a abastecer seu ritmo normal de produção em frentes de serviço até a nova entrega de material.

As placas utilizadas devem ser de acordo com a figura 14 abaixo:



Figura 14 – Placas para identificação de porcentagens
Fonte: Procedimento Administrativo da empresa

A figura 15, representa a identificação da capacidade do estoque de alvenaria da obra.



Figura 15 – Identificação para capacidade do estoque
Fonte: Autoras

No almoxarifado deve ser elaborada uma gerencia visual para controlar as quantidades dos materiais “macro” da produção, exemplo como: tijolo, argamassas, cimento, cal, bloco de gesso, etc. A figura 16 representa o gerenciamento do estoque preenchido através das baixas diárias dos *kanbans* recolhidos.

BAIXA SEMANAL				
ARG. ALVENARIA	500 -10	4430 125	1245 -135	4350
ARG. CONT. PISO	6500 -301	344 0	344 -162	1877
ARG. REBOCO	780 0	150 -100	150 -25	155
ARG. CHAPISCO	410 0	410 10	100 0	400
CIMENTO	220 -60	160 -02	158 -6	152
ARG. ACI	320 0	320 0	320 -54	266
ARG. ACII	1909 -12	1888 0	1888 -25	1873
BLOCO CERAM. C/200x200	125 -10	125 -35	90 -24	66
GESSO	270 0	270 -15	95 -200	245 245
REJUNTE INT. EXT.	290 0	290 0	290 0	290

Figura 16 – Controle de estoque no almoxarifado

Fonte: As autoras

4.7 Andon

Foram aplicados os *andons*, ferramentas que têm a função de sinalizar as condições em que se encontra a produção. A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção, fazendo com que o próprio operador tenha automação de avisar quando algum problema surgir no processo de produção, impedindo a operação irregular de uma atividade.

A informação deve fluir o mais rápido possível. O funcionamento do *andon* ocorre com o acionamento feito pelos operários através de placas dispostas em todo o pavimento nas portas do guincho. Caso a atividade esteja ocorrendo conforme o planejado, as placas devem estar na cor verde. Caso ocorra algum problema que possibilite a parada do serviço, o *andon* deve ser alterado para cor amarela. E, quando a equipe estiver parada em virtude do problema indicado, e não resolvido, o *andon* deve estar na cor vermelha. Como resultado da utilização da ferramenta é a identificação das causas raízes da interrupção do fluxo da atividade.

O guincheiro com sistema de TV com câmera visualizará a placa indicativa, dando condições para que a administração compareça ao local para verificar a ocorrência caso a placa seja amarela ou vermelha. Neste caso, será transmitido o informe para toda a administração da obra, por meio da comunicação realizada com auxílio de rádios comunicadores (O guincheiro verifica o problema e anuncia).

Em caso de placa amarela a administração da obra encaminha-se até o local para verificar e solucionar o problema no máximo em 30 minutos. Se o problema não for resolvido naquele prazo, a placa amarela deverá ser substituída pela placa vermelha, significando que a equipe de produção está parada à espera da solução do problema.

Cada ocorrência de placa amarela e vermelha deverá ser anotada diariamente pela engenharia na planilha modelo, com seus devidos motivos, conforme figura 17. A investigação da origem da ocorrência através das respostas dos “5 Por quês”, e o guincheiro também deve registrar na planilha modelo observando o motivo pela ocorrência.

CONTROLE DE PARADAS DO ANDON

OBRA/TORRE:
MÊS:

	AMARELO			VERMELHO		
Equipe (Pacote / Local)						
Data/Hora						
Motivo de acionamento:						
1º Por que?						
2º Por que?						
3º Por que?						
4º Por que?						
5º Por que?						
Solução						
Equipe (Pacote / Local)						
Data/Hora						
Motivo de acionamento:						
1º Por que?						
2º Por que?						
3º Por que?						
4º Por que?						
5º Por que?						
Solução						
ANÁLISE CRÍTICA MENSAL:						

Figura 17 – Planilha padrão para controle de paradas do andon

Fonte: As autoras

A planilha de *andon* deve ser preenchida com controle mensal, assim ao final do mês o engenheiro deve analisar criticamente as ocorrências, realizando um plano de ação para que o próximo mês tenha uma redução ou os problemas do mês atual não se repita nos meses seguintes.

5 RESULTADOS

A avaliação do trabalho nos trouxe diversos resultados nos aspectos qualitativos. Para avaliar qualitativamente os processos, foi analisada de que maneira as ferramentas do Sistema Toyota de Produção citadas acima conseguiram contribuir para a diminuição dos desperdícios feita com base nos onze princípios da *Lean Production*, de Koskela.

5.1 Redução dos desperdícios

Seguindo os sintomas que foram citados por KOSKELA (1992) como sendo os grandes responsáveis por perdas, os desperdícios encontram-se submergidos nos processos, muito devido à falta de padronização destes e a desorganização física do espaço. Nesse sentido, a aplicação dos conceitos e filosofias do Sistema Toyota de Produção na obra em estudo efetivaram o cumprimento dos princípios de eliminação dos desperdícios.

- **Redução da parcela de atividades que não agregam valor**

- Planejamento do layout do canteiro
- Planejamento das atividades semanais: São organizadas a sequencias de atividades, mão de obra, material necessário além de definir um prazo para a execução.
- Planejamento de longo e médio prazo: Gerenciar o orçamento e a programação
- Desenvolvimento do 5S: Melhoria na organização, limpeza e padronizações.

- **Aumentar o valor do produto através das considerações dos clientes**

A empresa trabalha para aumentar a satisfação do cliente. Para tanto, durante o andamento da obra, são realizadas inspeções de qualidade dos serviços. As inspeções são documentadas nas chamadas FVS – Ficha de Verificação do Serviço. Os documentos avaliam as condições de início do serviço e os parâmetros de controle durante a execução e a entrega. Essas fichas são consideradas essenciais para os sistemas da qualidade, pois permitem controlar os detalhes da produção desde o princípio da construção até o final, apenas liberando a próxima etapa da execução quando a anterior estiver aprovada em questão de qualidade. Nesse contexto, os clientes internos (trabalhadores da empresa) contribuem para atender aos requisitos dos clientes externos, agregando valor ao produto.

- **Reduzir variabilidade**

A padronização das atividades inibe que o trabalhador execute o processo de forma diferente, reduzindo a possibilidade de erros e perdas. Para tanto, a padronização de processos envolveu o treinamento dos funcionários com base nos padrões definidos pela empresa, e o planejamento e controle adequado da execução dos serviços, no qual é definido o sequenciamento das tarefas e são disponibilizados os recursos necessários.

Um exemplo disso pode ser encontrado no serviço de alvenaria. Na central de trinchos são fabricados e armazenados os componentes necessários para a execução padronizada da atividade alvenaria, na quantidade por pavimento como: trinchos por pavimento (Figura 18), blocos com caixinha de elétrica chumbada (Foto 19), blocos mestrados e eletroduto corrugado cortado e separado na quantidade do pavimento.

QUANTIDADE DE TRINCHO POR KANBAN	
TIPO	QUANTIDADE
2 FUROS	46
4 FUROS	42
6 FUROS	8
MESTRA	10
TRINCHO EM L	4
CAIXA 4x2 VERTICAL	11
CAIXA 4x2 HORIZONTAL	2

Figura 18 – Quantidade de trinchos por pavimento
Fonte: As autoras



Figura 19 – Blocos cerâmicos com caixas de elétrica chumbadas

Já na central de pré-moldados são armazenadas e separadas as vergas e contravergas, que na obra em estudos são comprados já fabricados nas medidas do projeto da obra. A colocação destes elementos é agregada a atividade da equipe de produção de alvenaria como forma de melhoria contínua no processo, fazendo com que a própria equipe de alvenaria deixe o andar pronto, para receber o próximo cliente.

- **Redução do tempo de ciclo**

Para redução do tempo de ciclo, são organizadas a sequência de atividades, a mão de obra e o material necessário para execução dos serviços através do planejamento semanal. O planejamento e controle da produção com definição de tempos de ciclo menores tornam-se mais eficientes e possibilitam a identificação de melhorias. Para evidenciar este princípio foram utilizadas as informações do planejamento de longo prazo, possibilitando sincronizar as atividades e o planejamento médio prazo onde se visualiza pacotes de trabalhos para as equipes.

- **Simplificação pela minimização do número de passos e partes**

Com o objetivo de atender à simplificação, a obra faz utilização de pacotes de serviços. O objetivo dos pacotes de serviço é diminuir a quantidade de passos nos processos e, conseqüentemente, diminuir o número de atividades que não agregam valor. A colocação de placas pré-moldadas no lugar da caixa de ar condicionado, conforme figura 20, a abertura na parede para passagem do dreno e a utilização de blocos com caixinha de elétrica chumbada são atividades da equipe de produção de alvenaria. Nesse sentido, quando a equipe de hidráulica entrar para instalar dos drenos e as caixas de ar condicionado, elas não precisarão fazer rasgos na parede, diminuindo o número de etapas para a execução.



Figura 20 – Parede de alvenaria com furo de espera para o dreno

Fonte: As autoras

Além disso, a própria utilização das vergas pré-moldadas no serviço de alvenaria é capaz de reduzir significativamente o número de passos pois o próprio pedreiro pode posicioná-la ao longo da execução da alvenaria. Outro exemplo é a utilização de aço cortado e dobrado no fornecedor, deixando a obra apenas com a função de montagem das peças estruturais.

- **Aumento da flexibilidade de saída**

A customização do produto no tempo mais tarde possível foi o meio que a empresa adotou para aumentar a flexibilidade de saída sem que cresça o tempo de ciclo de produção. Ela permite que o cliente faça a escolha do revestimento cerâmico dentro de alguns critérios. Isso ocorre antes da instalação do revestimento para que não haja retrabalho. Sendo assim, o produto ganha flexibilidade, sem que haja ônus do tempo de ciclo e sem aumento de custo.

Esta estratégia permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de determinados limites, sem comprometer substancialmente a eficiência do sistema de produção.

- **Aumento da transparência**

As ferramentas do Sistema Toyota de Produção empregadas pela empresa aumentaram a transparência no processo, evidenciando erros, falhas e falta de materiais. Essas ferramentas são capazes de aumentar a disponibilidade de informações necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho.

Os gerenciamentos visuais, por exemplo, disponibilizam informações extremamente relevantes para a gestão da produção. Estes, por sua vez, aumentaram a habilidade da produção em se comunicar com os trabalhadores, fazendo com que eles saibam o que devem fazer, como e quando.

- **Focar o controle no processo global**

Este princípio foi atendido com a utilização de parcerias com os fornecedores e avaliação dos mesmos. A identificação da cadeia de valor do produto da construção proporciona uma visão mais ampla do percurso do produto até chegar ao consumidor e possibilita a identificação de possíveis desperdícios que ocorrem considerando a cadeia como um todo, como repetidas atividades de transporte, inspeções, estoques, retrabalho.

- **Estabelecimento de melhoria continua ao processo**

O estabelecimento do salário por produção atrelado à definição de metas fez com que os profissionais se esforçassem ainda mais para atingi-las. Nesse sentido, a fim de atingir uma produção cada vez maior, os profissionais se sentiram mais abertos a dar sugestões de melhorias no processo, uma vez que eles ganharão mais se produzirem mais.

Durante a execução dos primeiros pavimentos da obra, diversas mudanças ocorreram nas atribuições feitas pelas obras seguindo sugestões dadas pelos profissionais. O engenheiro estuda todas elas e caso ache válida, realiza as mudanças. Nos pavimentos intermediários e finais as mudanças são praticamente nulas e as adaptações feitas inicialmente são apenas replicadas.

- **Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões**

A aplicação de mapeamento dos processos e identificação de seus requisitos para cada estágio foi uma forma de atender a este princípio. Os processos foram mapeados e alguns deles aplicadas melhorias em seu fluxo.

- **Fazer benchmarking**

A empresa desde o início vem praticando o benchmarking, visto que a ideia de aplicar o Sistema Toyota de Produção na obra parte do princípio do bom funcionamento e resultados adquiridos por outras empresas consideradas líderes no mercado em Recife. Além da iniciativa da aplicação do processo, a obra aplica algumas práticas que trazem redução de perdas e melhora na qualidade do serviço aplicada em outras obras. Como por exemplo, a mestragem feita já na primeira fiada de alvenaria para redução da espessura de argamassa da parede.

6 CONCLUSÃO

O estudo realizado nos mostrou que a aplicação dos princípios da produção enxuta em obras verticais é possível e benéfica.

Verificou-se que a utilização de ferramentas do Sistema Toyota da Produção, aplicados a construção civil, contribuiu de forma significativa no sistema de produção da obra, agregando valor ao seu sistema construtivo, de forma a aumentar a eficiência da produção pela redução dos desperdícios.

A noção de desperdício da obra foi muito além da contabilização de materiais perdidos, que não puderam ser reaproveitados. O potencial da logística foi colocado em prática através da implantação de medidas que eliminassem o tempo mal utilizado pelos profissionais de maneira a maximizar a produção. A redução dessas perdas, ocasionadas por movimentação, espera e no próprio processamento, representam uma melhora no desempenho do processo. Além disso, o devido armazenamento e transporte de materiais, trazem benefícios para os fluxos tanto de materiais como de mão de obra, promovendo um aumento da produtividade no processo, reduzindo custo e tempo e aumentando a qualidade do produto final.

No entanto, apesar dos bons resultados, a falta de qualificação da mão de obra da construção civil atrelado a uma forte questão cultural torna-se um fator bastante desafiador na implantação do sistema em obras, visto que há uma grande resistência por parte dos trabalhadores quanto abertura para mudanças no modelo de produção. Novas ideias enfrentam sempre problemas para serem implantadas. Para tanto, o engenheiro teve que realizar diversas demissões e contratar profissionais que já haviam trabalhado com o sistema anteriormente.

Ademais, como o mestre de obra, o almoxarife e os encarregados desempenham papel de extrema importância para eficiência do sistema, é imprescindível que eles acreditem e coloquem em prática as competências atribuídas a eles e procurem desenvolvê-las dia a dia. Caso contrário, o sistema apresentará diversas falhas.

O trabalho nos mostrou a importância da renovação dos princípios colocados em prática nos canteiros de obra. O sistema de produção controlado e planejado promove à empresa um grande diferencial, causando um impacto positivo perante seus funcionários e clientes.

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, T. G. **Metodologia de qualificação para trabalhadores da construção civil com base nos conhecimentos gerenciais da construção enxuta**. Tese apresentada a Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004.

ANTUNES, J. et al. **Sistema de Produção: conceitos e práticas para projeto gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ANTUNES JÚNIOR, J. A. V.; KLIPPEL, M. **Análise crítica do interrelacionamento das perdas e dos subsistemas do sistema toyota de produção**. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 22., 2002, Curitiba. Anais /XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, VII International Conference on Industrial Engineering and Operations Management - Curitiba: PUCPR, 2002. CD-ROM: il.

BARROS, C. M. L. **Estudo de técnicas e melhorias dos resultados de obras de construção pesada mediante a adaptação e aplicação do Sistema Toyota de Produção (Lean Production)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro. 2013.

CHAVES, J. **Melhores Práticas para Garantia de Sustentabilidade de Melhoria Obtidas Através de Eventos Kaizen**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010.

CORDEIRO, F. **Implantação do programa 5S em canteiro de obra**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2013.

FORMOSO Carlos T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos** - Porto Alegre : Nucleo Orientado para inovação da Edificação, 2002.

GHINATO, P. Publicado como 2o. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção - Mais do que Simplesmente Just-In-Time**. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 1996.

GONÇALVES, F. K. W. **Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GONZALEZ, E. F. **Aplicando 5S na Construção Civil**. Florianópolis: UFSC, 2005. 71p.

HUSAR, Michael A. **Transforming today's factory into a lean enterprise**. ASQ's 54th Annual Quality Congress Proceedings. Toronto, [s.n.], 2000.

ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. & ALVES, Thaís C.L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.

KAYSER, D. Curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção: **Identificação e redução de perdas segundo o sistema toyota de produção: um estudo de caso na área de revestimento de superfícies**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report #72, Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

LEAN INSTITUT BRASIL. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

LEONEL, J. C. R. da R. P. **O Programa 5S e sua aplicação em uma fábrica de embalagens de papel**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, 2011.

LIKER, Jeffrey K. **Modelo Toyota, O - 14 Princípios De Gestão: Do Maior Fabricante Do Mundo**. São Paulo: Artmed Editora S.A.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2010

NAZARENO, R. R. **Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implantação de Sistemas de Produção Enxuta**. 2003. 167p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OYAMA, Rafael, A.; MOTA, Wellen S. B. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em uma obra vertical**. Trabalho de Conclusão do Curso, graduação em Engenharia Civil, Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia. Belém, UNMA/PA, 2010.

PASCAL, D., **Produção Lean Simplificada**, 2008, Bookman Companhia Editora Ltda.

RIBEIRO, Virgílio. **Logística, Sistema Toyota de Produção e suas implicações na construção civil**. Ed. – Curitiba: Appris, 2015.

SCHONBERGER, R. **Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade**. São Paulo: Pioneira, 1983.

SHINGO, S.(a) **Sistemas de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2a ed. Porto Alegre, Bookman, 1996 (a).

SLAC, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª Edição. 7ª Reimpressão: 2007. São Paulo: Atlas, 1997.

SMALLEY, A. **Criando o sistema puxado nivelado: um guia para o aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de**

planejamento, operações, controle e engenharia. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2005.

VENTURINI, S. J. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, RS, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.