



CHRISTIANE LIMA BARBOSA

FLUXO CONTÍNUO: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações.



CHRISTIANE LIMA BARBOSA

FLUXO CONTÍNUO: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações.

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –

Biblioteca Central/ UFPA, Belém-PA

Barbosa, Christiane Lima

Fluxo contínuo: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações / Christiane Lima Barbosa ; orientador, Adalberto da Cruz Lima.– 2009

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2009.

1. Engenharia industrial. 2. Administração da produção. 3. Manufatura enxuta. I. Título.

CDD: 22. ed. 658.5



FLUXO CONTÍNUO: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações.

AUTORA:

CHRISTIANE LIMA BARBOSA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL.

APROVADA EM: / /

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. ADALBERTO DA CRUZ LIMA
Orientador

Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ GUERREIRO DA CRUZ
Membro

Prof. Dr. NILSON RODRIGUES BARREIROS
Membro

Visto:

Prof. Dr. ALCEBÍADES NEGRÃO MACÊDO
Coordenador do PPGEC / IT / UFPA

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



Jamais permita que o teu tempo seja desperdiçado, nem teus problemas propagados. Dedicação, persistência e perfeição são virtudes a serem exercitadas diariamente quando se aprende a enxergar.

(Christiane Lima Barbosa)

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



Aos meus queridos avós Ludegardes Paiva de Lima (*in
memoriam*) e Domingas da Cruz Lima.



Agradecimentos

A Deus, que ilumina e sempre guia rumo ao caminho da verdade e da glória. Pelo dom da vida e amor eterno.

Aos meus familiares pelo incentivo, contribuição e dedicação em minha formação pessoal e profissional.

Ao Professor Dr. Adalberto da Cruz Lima pela oportunidade de estudo e pesquisa, credibilidade, motivação e orientação. Pela confiança, colaboração e dedicação no desenvolvimento do meu potencial enquanto pessoa e profissional.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela transmissão de enriquecimento de conhecimento, despertando em mim a vontade de seguir na carreira acadêmica.

Ao Professor MsC. Josiclei de Souza Santos e a graduanda de Letras Língua Portuguesa Sâmia Luana, pela revisão gramatical e correção da lingüística desta dissertação.

A gerência da empresa pesquisada, pela aceitação, cooperação e realização desta dissertação e na implementação das melhorias do projeto.

Finalmente, a todos os amigos que durante estes dois anos participaram de minha vida acadêmica e social.



RESUMO

Barbosa, Christiane Lima. Fluxo contínuo – ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundação. Belém, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, 2009. 126 p. Dissertação (mestrado).

Este trabalho teve como objetivo a aplicação do fluxo contínuo na produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundação, com base no Sistema de Produção Enxuta. Princípios que regem a Produção Enxuta, eliminação de desperdícios e o mapeamento do fluxo de valor em uma situação real foram utilizados para a obtenção de resultados dessa aplicação, evidenciando uma transformação enxuta, com expressivas reduções dos desperdícios gerados no processo puxado de produção das estacas. O período da pesquisa foi de 8 meses em uma empresa de caráter privado, onde por meio da utilização de ferramentas desse sistema e a metodologia da pesquisa-ação, foi possível identificar o processo crítico – serralheria – para onde se concentraram as ações de melhoria, com a mudança de leiaute, redução de desperdícios e criação de uma célula de produção, favorecendo a aplicação do fluxo contínuo nesta cadeia produtiva. No desenvolvimento da pesquisa, foram realizados treinamentos *in loco* com os futuros operadores da célula da serralheria, os quais participavam ativamente na promoção de melhorias. O resultado da implementação do fluxo contínuo é o seqüenciamento da produção por meio de leiaute celular e supermercados sincronizando à cadeia produtiva. A determinação do *takt time* de 14 minutos, o dimensionamento do *pichi* e o novo leiaute para a célula, permitiram reduções de 80% de movimentação no chão de fábrica, 15% de ganhos totais de área, diminuição de 66,5% de deslocamentos na serralheria. Essas mudanças beneficiaram as outras duas etapas do processo (ferragem e concretagem), também na redução de desperdícios com movimentações e, diante do contexto das melhorias, foi possível identificar os ganhos quanto aos custos operacionais. Como consequência, obteve-se um fluxo de informação claro através dos supermercados dentro da célula de produção, o estabelecimento de um fluxo de material e pessoas sem interrupções, favorecendo a implementação do fluxo contínuo. Contudo, criar o fluxo contínuo na produção de estacas pré-moldadas de concreto, em uma empresa privada, depende de fatores organizacionais quanto ao estilo gerencial, comprometimento e delegações de poderes, uma vez que a interrupção imediata do processo produtivo na ocorrência de problemas, somente tornou-se possível mediante intervenção da gerência geral, o que dificultou o prosseguimento das melhorias na linha de produção quanto aos demais processos.

Palavras-Chave: Engenharia Industrial. Administração da produção. Manufatura enxuta.



ABSTRACT

Barbosa, Christiane Lima. Continuous flow - tool of Lean Production System applied to the production process of pre-cast piles for the concrete foundation. Belém, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, 2009. 126 p. Dissertação (mestrado).

This work aimed at the implementation of continuous flow in the production of piles of pré-cast concrete for foundation, based on Lean Production System. Principles governing the lean production, elimination of waste and value stream mapping in a real situation were used to obtain results of this application, showing a lean transformation, with significant reductions in waste generated in the production process of the cutting handle. The research period was eight months in a private company, which through the use of tools such system and methodology of action research, it was possible to identify the critical process – locksmiths – where to focus the actions of improvement, with the change of layout, reduction of waste and creation of a unit production, encouraging the application of continuous flow in the production chain. In developing the survey, were conducted on-site training with the future operators of the cell locksmiths, who participated actively in promoting improvements. The result of the implementation of the continuum is the sequencing of production by means of cell layout and synchronizing the supply chain supermarkets. The determination of the takt time of 14 minutes, the size of Pichi and the new layout for the cell, have reduced by 80% to move down the factory, 15% of total earning of area, decrease of 66,5% in the displacement of locksmiths. These changes have benefited the other two stages of the process (hardware and concrete) also in the reduction of waste with drives. As a result, we obtained a clear flow of information through the supermarket inside the cell of production, the establishment of a flow of material and people without interruptions, promoting the implementation of continuous flow. However, creating the continuous flow in the production of piles of pre-cast concrete, in a private company, depends on organizational factors on the managerial style, commitment and delegation of powers, since the immediate interruption of the production process in the event of problems, only became possible through the intervention of the general management, hampering the pursuit of improvements in the production line as the other processes.

Keys-Word: Industrial Engineer. Production management. Lean manufacturing.



Lista de Figuras

Figura 1:	Evolução dos modelos de gestão.....	22
Figura 2:	Situação ideal conforme a 1ª regra do TPS.....	43
Figura 3:	Situação ideal conforme a 2ª regra do TPS.....	44
Figura 4:	Situação ideal conforme a 4ª regra do TPS.....	46
Figura 5:	Elementos do Sistema de Produção Enxuta.....	48
Figura 6:	Mapeamento do Fluxo de Valor.....	51
Figura 7:	Papel do gerente do Fluxo de Valor.....	52
Figura 8:	Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor.....	53
Figura 9:	Métricas utilizadas no Mapeamento do Fluxo de Valor.....	54
Figura 10:	Etapas que compõem o Mapeamento do Fluxo de Valor.....	55
Figura 11:	Tipos de <i>Kanban</i>	59
Figura 12:	Situação ideal do modelo de produção considerando o fluxo contínuo.....	63
Figura 13:	Tipos de pesquisa científica, segundo Tognetti (2006).....	71
Figura 14:	Tipos de pesquisa científica, segundo Santos (2002).....	71
Figura 15:	Delineamento da pesquisa científica.....	72
Figura 16:	Ilustração de alguns serviços oferecidos pela empresa pesquisada.....	78
Figura 17:	Primeira etapa da serralheria, com o processo de corte, dobra, solda, alinhamento e esquadro da barra chata, originando o aro.....	80
Figura 18:	Segundo processo da serralheria com o corte, dobra e solda dos vergalhões no aro.....	81
Figura 19:	Resultado final do processo de serralheria – anel.....	81
Figura 20:	Equipamentos utilizados na fabricação do anel.....	82
Figura 21:	Armazenamento da matéria-prima e local de corte para fabricação das armaduras.....	83
Figura 22:	Armazenamento da matéria-prima, local de corte e dobra para fabricação das galgas..	84



Figura 23:	Local de corte e dobra para fabricação das alças.....	84
Figura 24:	Corte e dobra para fabricação de estribos.....	85
Figura 25:	Montagem e armazenamento de armaduras.....	85
Figura 26:	Detalhe construtivo do produto final resultante dos processos da Serralheria e Ferragem.....	86
Figura 27:	Preparação das fôrmas.....	87
Figura 28:	Montagem das fôrmas.....	87
Figura 29:	Carregamento da betoneira.....	88
Figura 30:	Lançamento do concreto nas fôrmas e vibração das mesmas.....	89
Figura 31:	Fôrmas em processo de cura do concreto e içamento das estacas.....	89
Figura 32:	Mapa do estado atual (VSM1) da produção de estacas pré-moldadas.....	91
Figura 33:	Estoques dos processos de produção de estacas pré-moldadas.....	93
Figura 34:	Leiaute da fábrica quanto a distribuição de equipamentos e de matéria-prima.....	94
Figura 35:	Equipamentos fora da linha de produção (Foto 1) e disposição física da serralheria e interrupções na linha de produção de estacas pré-moldadas.....	95
Figura 36:	Mapa do estado futuro (VSM 2) da produção de estacas pré-moldadas.....	97
Figura 37:	Área destinada ao armazenamento de equipamentos.....	98
Figura 38:	Ilustração de um anel com dimensões 20 x 20 cm.....	100
Figura 39:	Deslocamentos quanto ao processo de corte, dobra e solda da barra chata (a) e corte, dobra e solda dos vergalhões (b).....	102
Figura 40:	Formação da célula da serralheria e distribuição dos equipamentos.....	104
Figura 41:	Introdução de novos equipamentos na célula da serralheria.....	105
Figura 42:	Operacionalização da nova célula da serralheria.....	107
Figura 43:	Quadro comparativo dos tempos de ciclo antes e depois do <i>lean</i>	108
Figura 44:	Posicionamento da matéria-prima antes e depois do <i>lean</i>	109
Figura 45:	Leiaute da fábrica quanto à distribuição de equipamentos e de matéria-prima, após as melhorias.....	111



Lista de Tabelas

Tabela 1:	Diferenças entre os modelos de gestão japonês e americano.....	26
Tabela 2:	Matriz de estudo do processo crítico, VSM 1.....	101
Tabela 3:	Matriz de estudo do processo crítico, VSM 2.....	106
Tabela 4:	Melhorias alcançadas no processo de produção de estacas.....	110



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.4 CONDICIONANTES DA PESQUISA.....	20
1.5 OBJETIVOS.....	21
<i>1.5.1 Objetivo Geral.....</i>	<i>21</i>
<i>1.5.2 Objetivos Específicos.....</i>	<i>21</i>
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO TRADICIONAL.....	22
2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	24
2.3 DESPERDÍCIOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA.....	32
2.4 PRINCÍPIOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA.....	34
<i>2.4.1 Criação de valor sob a perspectiva do cliente, fornecendo com eficiência somente o que se deseja.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2 Criar o fluxo de valor enxuto, de maneira contínua e estável, em atividades que criam valor a cada produto.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.3 Fazer o processo fluir sem interrupções.....</i>	<i>36</i>
<i>2.4.4 O cliente puxa o valor do produto.....</i>	<i>37</i>
<i>2.4.5 Buscar a perfeição.....</i>	<i>38</i>
2.5 ELEMENTOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	47
<i>2.5.1 Just in time (JIT).....</i>	<i>48</i>



2.5.2	<i>Kanban</i>	49
2.5.3	<i>Controle Visual</i>	50
2.5.4	<i>Produção Nivelada</i>	50
2.5.5	<i>Trabalho Padronizado</i>	50
2.6	FERRAMENTAS E TÉCNICAS DA PRODUÇÃO ENXUTA	50
2.6.1	<i>Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping - VSM)</i>	51
2.6.2	<i>Layout da Manufatura Enxuta</i>	57
2.6.3	<i>Técnicas de Formação de células</i>	58
2.6.4	<i>Sistema Kanban de Controle da Produção</i>	59
2.6.5	<i>Fluxo Contínuo</i>	62
3.	METODOLOGIA DE PESQUISA	70
4.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	77
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA	77
4.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	79
4.2.1	<i>Serralheria</i>	79
4.2.2	<i>Ferragem</i>	83
4.2.3	<i>Concretagem</i>	86
4.3	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FLUXO CONTÍNUO	90
4.4	ESTUDO DO PROCESSO CRÍTICO	100
4.3	APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FLUXO CONTÍNUO	90
4.4	ESTUDO DO PROCESSO CRÍTICO	100
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
	REFERÊNCIAS	116
	ANEXO A	125
	ANEXO B	126

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A Construção Civil compreende edificações, pontes, barragens, fundações, estradas e aeroportos. O termo oriunda de uma época em que só existiam apenas duas classificações para a engenharia sendo Civil e Militar. A Construção Civil teve auge de desenvolvimento com inovações tecnológicas nas décadas de 40 e 50, quando o Brasil ateu a tecnologia do concreto armado, no entanto chegou a estagnar e mesmo retroceder em certos aspectos (OLIVEIRA & LIMA, 2007).

No entanto, assumiu características artesanais, onde operários executavam múltiplas tarefas e utilizavam ferramentas manuais, sob supervisão constante de um mestre-de-obras ou engenheiro. A partir de então, definiu-se uma hierarquização e maior divisão de tarefas, passando a ter um caráter crescente de manufatura. Devido a grandes financiamentos, na década de 70, houve diminuição do déficit habitacional, o surgimento de grandes canteiros e o desenvolvimento de técnicas seqüenciadas de produção em escala. Na década seguinte, em virtude da diminuição dos financiamentos, as empresas voltam a empreender suas próprias obras, responsabilizando-se pelo desenvolvimento, execução e comercialização, tendo em vista maior satisfação das necessidades dos clientes (LIMA, 2007).

Diante destas novas mudanças, surgiu a necessidades de reduzir custos, racionalizar a construção, aumentar a produtividade e reduzir perdas, além de o emprego de novas técnicas e materiais. A idéia de qualidade chega ao setor da construção civil por volta da década de 90, gerando maior preocupação com treinamento e capacitação dos funcionários e a motivação dos mesmos dentro da empresa.

No entanto, desenvolver um sistema de qualidade requer disciplina e persistência de todos os funcionários, uma vez tal sistema permite melhorias no processo produtivo, o que reflete na redução do desperdício e dos custos nas obras.

Neste contexto, surgem diversas formas de mudanças no processo produtivo para prover melhorias no setor. Atualmente, empresas que constituem a indústria da Construção Civil encontram-se em busca de soluções para o setor, em especial com base no moderno modelo de gestão da produção, denominado de Produção Enxuta.

Os princípios enxutos, desenvolvidos e amplamente difundidos pela *Toyota Corporation*, buscam sempre a melhoria nos processos empresariais, e tornou-se o alvo do mercado, uma vez que é aplicado durante a produção de bens e serviços.

Para tanto, surge a necessidade de empregar os princípios e regras do Sistema de Produção Enxuta no setor da Construção Civil, mais especificamente no ramo de fundações com a produção de estacas pré-moldadas de concreto, em função das expectativas quanto à redução de custos operacionais e de desperdícios na linha de produção.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O caráter manufatureiro e de produção em massa desenvolvido pela indústria da Construção Civil ao longo dos anos, tornou obsoleto este modelo de gestão e atualmente empresas sentem a necessidade de mudanças em toda sua estrutura organizacional, em especial quanto ao processo produtivo.

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2001), a Indústria de Construção é considerada como macrossetor, definido como o setor da construção propriamente dito (edificações, obras viárias e construção pesada), acrescido dos segmentos fornecedores de matérias-primas e equipamentos e dos setores de serviços e distribuição.

Em pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007) entre os anos de 1996 a 2005, a região Norte foi a que mais ampliou sua participação na indústria de construção, contrariamente a região Sudeste com a maior perda de espaço. Na região Norte, destacou-se o Pará, seguido pelo Amazonas e por Tocantins, sendo os dois primeiros casos devido ao impulsionamento da economia pela crescente industrialização, enquanto que no Tocantins, pode estar associada às necessidades de urbanização. Entre os estados, Bahia e Pará

tiveram os maiores ganhos de participação na indústria da construção tanto em relação ao pessoal ocupado quanto nas construções executadas.

Segundo Borges (2006), o destaque da indústria da Construção Civil deve-se a sua contribuição de 16% para o Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2005. Barbosa et al (2003) destacam o setor edificações como o responsável por 10,3% do PIB, sendo este setor subdividido em outros setores, dentre eles o de fundações.

O subsetor fundações é fundamental na Construção Civil, especialmente pelo caráter estrutural, por requerer um rigoroso controle de qualidade e demandar um percentual considerável do custo total de um empreendimento.

Empresas de fundações tendem a oferecer aos seus clientes a garantia e confiabilidade dos serviços executados. Ter investimento permanentemente em pesquisas e aprimoramento tecnológico na fabricação de produtos e execução de serviços, são prioridades essenciais no atual mercado.

Contudo, existem diversos tipos de fundações, sendo escolhida aquela que melhor atende a certa edificação. Franco et al (2004) definem que em obras de grande porte, o tipo de fundação e a responsabilidade construtiva e de controle de execução cabem à empresa de projeto especializado, enquanto que em obras de pequeno porte, cabe ao construtor definir, projetar e coordenar.

Os tipos de fundações variam conforme o tipo de solo e a intensidade do carregamento, porém a escolha do tipo ideal pode partir de projetos anteriores ou da verificação das fundações vizinhas. Sapata isolada ou corrida, *radier*, estaca Strauss, estaca pré-moldada de concreto, raiz e hélice contínua ou segmentada, são alguns dos tipos de fundações existentes.

Esta gama de opções, entretanto, requer um rigoroso controle de execução, especialmente devido ao objetivo e da responsabilidade. Nestes quesitos, boa parte das empresas de fundações encontra-se bem qualificadas por seguirem normas e procedimentos operacionais. No entanto, o controle do processo produtivo tende a apresentar falha, especialmente quando há produção de um produto fundamental da execução de um serviço.

Nesta perspectiva, no uso de estaca pré-moldada de concreto, por exemplo, é necessária a estruturação de uma linha de produção tendo em vista o fornecimento de bens e serviços pelas empresas deste setor. A cidade de Belém dispõe de empresas com tais características, destacando-se poucas empresas no mercado, com um menor controle do processo produtivo em relação à prestação de serviços.

No que tange a produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações no setor da Construção Civil, o uso da literatura permite a promoção de melhorias durante o processo, com o uso de ferramentas eficazes, adequadas, confiáveis e de fácil visualização acerca dos resultados por toda organização.

Em face às mudanças no mercado, do foco no cliente, na redução de desperdícios e diminuição dos custos operacionais, empresas de construção civil começaram a buscar alternativas que forneçam respostas e soluções para melhoria do processo produtivo. Desenvolver a Produção Enxuta neste setor surge como uma possibilidade cabível na solução de problemas e na maior agregação de valor ao produto final.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria da Construção Civil possui grande importância para a economia e desenvolvimento dos países, especialmente por ter como produto final obras essenciais à sociedade, tais como as edificações, rodovias, hidrelétricas, e afins (LIMA, J., 2007). Ou seja, geram resultados que compõem a infra-estrutura de toda uma sociedade e são essenciais à vida humana.

Cruz (2002) destaca que a construção civil é uma indústria atrasada, com elevado índice de desperdício e cabe ao cliente pagar pela ineficiência das empresas, tornando-a uma vilã de desperdício em nível nacional.

Shingo (apud LIMA, 2007) destaca que o Sistema Toyota de Produção (STP) visa eliminação total de perdas e que na verdade, refere-se a 80% de eliminação de perdas, 15% sistema de produção e apenas 5% o Kanban.

O fornecimento de insumos e a geração de desperdícios e entulhos, e com pouca preocupação quanto à destinação de resíduos, duração de serviços, qualificação da mão-de-obra, automatização de serviços, dentre outros, são características que tornam a Construção Civil com um elevado potencial na promoção de melhorias.

O caráter de evolução tecnológica do setor de edificações ainda apresenta características do modelo tradicional de produção, baixa produtividade e elevados índices de desperdícios de material e de mão-de-obra. Esta condição, associada às altas taxas de inflação verificadas até os anos 80, fazia com que a lucratividade do setor fosse obtida mais em função da valorização imobiliária do produto final do que da melhoria da eficiência do processo produtivo (BARBOSA et al, 2003).

O contexto das fundações permite uma atuação favorável e potencialmente tende a crescer, uma vez que engloba a produção de produtos e serviços. O prospectivo da cadeia produtiva da construção civil no Brasil, na produção e comercialização de produtos e serviços, configura um futuro desejado e viável para o desenvolvimento desta indústria.

No entanto, segundo Santos et al (2007), modelar a cadeia enquanto sistema industrial requer elos sucessivos; análise do ambiente institucional e organizacional que envolve a cadeia produtiva; identificação de necessidades e aspirações de cada segmento e da cadeia como um todo; análise de desempenho da cadeia produtiva e a identificação de fatores críticos à melhoria do desempenho; e, o prognóstico do comportamento futuro dos fatores críticos e portanto, do desempenho futuro da cadeia.

Diante desse cenário, as empresas construtoras buscam viabilizar suas margens de lucro a partir da redução de custos, do aumento da produtividade e da busca de soluções tecnológicas e de gerenciamento da produção de forma a aumentar o grau de industrialização e desenvolvimento do processo produtivo.

Porém, conforme Barbosa et al. (2003), fatores que impedem e retardam o crescimento, além de uma nova fase de evolução sustentada do setor, podem ser citados: baixa produtividade; problemas de qualidade de produtos intermediários e final da cadeia produtiva e elevados custos de correções e manutenção no pós-entrega; desestímulo quanto ao uso intenso de componentes industrializados devido à alta incidência de impostos; falta de conhecimento do mercado

consumidor, no que diz respeito às necessidades de oferta de produto; falta de capacitação técnica dos agentes da cadeia produtiva no gerenciamento da produção com base em conceitos e ferramentas que incorporem as novas exigências de qualidade, competitividade e custos; e, a incapacidade dos agentes em avaliar corretamente as tendências de mercado, cenários econômicos futuros e identificação de novas oportunidades de crescimento.

Partindo desta colocação, percebe-se a necessidade de um diagnóstico com base em uma visão sistêmica da cadeia produtiva, que permita identificar necessidades e aspirações dos diversos segmentos. Além disso, é notória a importância de construir uma visão de futuro para o desenvolvimento da cadeia, identificando os fatores críticos futuros ao desempenho da cadeia, propondo e implementando ações de melhorias necessárias para superá-los.

A partir desta nova perspectiva, o modelo de gestão da produção enxuta surge neste setor como sendo capaz de desenvolver e alavancar a indústria da construção civil. O uso de conceitos, ferramentas e técnicas que dêem sustentabilidade no processo de produção através da redução de desperdícios e dos custos operacionais, geram processos mais enxutos, flexíveis e que respondem à necessidade dos consumidores.

No entanto, certas empresas utilizam ferramentas e técnicas da produção enxuta de maneira equivocada, não adequando à sua realidade, acarretando prejuízos, atrasos e a propagação de problemas ao longo da cadeia produtiva. Quanto à aplicabilidade deste novo modelo de gestão, a cultura organizacional tende a ser um obstáculo na promoção de melhorias caso não esteja disseminado em todo o ambiente organizacional.

Contudo, as tentativas de aplicação do Sistema de Produção Enxuta na indústria da Construção Civil, predominam nos canteiros de obra onde as estações de trabalho são móveis, diferentemente de um chão de fábrica. Aplicar tais ferramentas e técnicas, em uma empresa de caráter privado é um desafio e requer habilidades e fundamentação teórica capazes de facilitar as ações de melhorias, tendo em vista a cultura organizacional e o estilo gerencial.

1.4 CONDICIONANTES DA PESQUISA

Diante do ambiente organizacional em que foi desenvolvida a pesquisa, o primeiro condicionante correspondeu ao tipo de empresa, o setor privado, o qual possui características rígidas e peculiares quanto à aceitação e promoção de melhorias no processo produtivo.

Quanto à cultura organizacional, a não disseminação na empresa e a falta de comprometimento, tendem a criar barreiras e não envolver os funcionários em prol do sucesso organizacional, quando não há uniformidade e clareza dos objetivos empresariais.

O estilo gerencial com visão centralista e autoritário, também tende a problematizar e interferir negativamente no contexto da produção. Um gerente sem liderança, que concentra informações e não se comunica, cria um ambiente não favorável ao desenvolvimento pessoal e profissional.

A baixa qualificação dos funcionários, a falta de motivação e o baixo interesse de empresas em especializar e desenvolver profissionalmente sua mão-de-obra são parâmetros que necessitam ser mais bem desenvolvidos com base nos atuais modelos de gestão de pessoas.

Finalmente quanto ao tipo de processo produtivo, na construção civil ainda predominam os estoques elevados e a falta de controle do processo. Não fez parte do escopo do projeto, a quantificação monetária proveniente das melhorias alcançadas no desenvolvimento da pesquisa.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo Geral

Aplicar a ferramenta do fluxo contínuo no processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações, com base nos princípios e regras do Sistema de Produção Enxuta (SPE).

1.5.2 *Objetivos Específicos*

- Implementar os princípios e as regras da produção enxuta com base no *lean production* fundamentado no Sistema Toyota de Produção;
- Criar uma célula de produção no processo crítico de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundação;
- Eliminar os estoques em processo;
- Implementar o fluxo contínuo no processo de produção.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho resultante da pesquisa apresenta a seguinte estrutura: o capítulo 1, anteriormente descrito, apresenta uma contextualização da pesquisa, justificando a abordagem estudada, apresentando o problema e os objetivos, finalizando com as condicionantes do estudo. No Capítulo 2 aborda-se a fundamentação teórica como suporte à implementação do fluxo contínuo com base nos princípios e regras do Sistema de Produção Enxuta, com destaque à implementação do fluxo contínuo abordando o Mapeamento do Fluxo de Valor, *leiaute celular*, *takt time*, *pitch*, etc. O Capítulo 3 expõe a metodologia científica adotada para dar suporte à coleta de dados. No capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados encontrados com a implementação do fluxo contínuo. Finalizando, as conclusões e sugestões para estudos futuros, encerrando com as Referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO TRADICIONAL

As teorias organizacionais surgiram a cada mudança de contexto, como novas alternativas, seguindo o que se poderia chamar de processo evolutivo, adequado às mudanças do ambiente. Santos et al. (2007) destacam um modelo de análise da evolução dos modelos de gestão que contempla três níveis conceituais - revoluções agrícola, industrial e da informação - conforme ilustrado na Figura 1.



Figura 1: Evolução dos modelos de gestão.

Fonte: Santos et al., 2007.

Contudo, estes contextos elucidam as diversas práticas de gestão ao longo do tempo, com destaque às mudanças quanto ao foco. Os modelos tradicionais compreendem a produção em massa e da eficiência, ou seja, produção intensa que contempla a capacidade de realizar, diferentemente dos novos modelos de gestão, com o foco na qualidade e na competitividade, tendo em vista o desenvolvimento de habilidades e aptidões.

Em meio às revoluções industriais ocorridas na história, os novos modelos de gestão buscavam atender às necessidades de cada era empresarial quanto aos aspectos político, econômico, social, tecnológico e organizacional. No entanto, somente após a Revolução Industrial, ocorreu a evolução empresarial com suas características gerenciais próprias (SANTOS et al., 2007).

O histórico das práticas de gestão teve início com a produção em massa. Neste contexto, segundo Oderich & Techemayer (2008), surge o conceito de Fordismo caracterizado pelo uso de máquinas, modificando o mundo conforme os processos mecânicos, ou seja, parte de certo estágio do processo de industrialização, de montagem simplificada, adoção de linha de montagem, divisão de tarefas – separação do trabalho físico e mental - planejamento e controle da produção, redução do esforço humano, aumento de produtividade, diminuição dos custos e aumento do volume produzido. Contudo, o declínio ocorreu com a burocratização do sistema, crise do petróleo nos anos 70 e estagnação econômica, ascensão do Japão e outros novos concorrentes, falta de políticas industriais claras e melhores orientadas, baixa da qualidade da educação em vários níveis, capitalismo de papel e a especulação financeira e os movimentos sociais e trabalhistas iniciados na Europa.

A evolução dos modelos de gestão ocorreu gradativamente para atender às necessidades de cada era empresarial. Principalmente a partir dos anos 70, mudanças macro-ambientais tornaram obsoletas as práticas anteriormente utilizadas. Assim, houve uma quebra de paradigma para reavaliar do ponto de vista da evolução dos novos modelos de gestão.

Santos et al. (2007) destaca o impacto destas mudanças em empresas privadas e públicas. Segundo os autores, nas últimas três décadas, as organizações brasileiras se conscientizaram da importância na revisão de seus modelos de gestão, isto é, as empresas privadas voltaram-se para sobrevivência e competitividade no mercado, enquanto que as

empresas públicas mantiveram sua motivação para o cumprimento da missão, atendendo com qualidade a prestação de serviços de interesse da sociedade.

Nota-se, portanto, que as organizações nacionais concentraram esforços no sentido de recuperar o tempo perdido, tendo em vista as novas práticas gerenciais que possam garantir a sua sobrevivência dentro de um mercado cada vez mais globalizado e competitivo.

2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O modelo tradicional de desenvolvimento sequenciado do produto - conhecido como produção em massa - mostrou-se insatisfatório devido às pressões quanto à redução de custo, qualidade e prazo. Nesta época, o sistema de manufatura caracterizava-se pelos grandes lotes de produção, baixos níveis de qualidade, confiabilidade e processos que não agregavam valor ao produto, fortemente presentes em empresas do ocidente, o que distancia o setor de produção do processo decisório nas organizações (CORREA & GIANESI, 1996).

A mudança no contexto do mercado concentrou esforços na busca de novos modelos de gestão e as adequações das organizações ocorreram por meio de um processo de evolução contínua ao invés do rompimento ou substituição dos conhecimentos gerenciais, visando a melhoria e disseminação da cultura organizacional em todos a empresa.

Contudo, a elevada competitividade e a exigência dos consumidores tornou obsoleto o sistema de produção em massa e surgiram formas mais eficientes de gerenciamento com o objetivo de administrar o setor de produção em grandes organizações, tornando-as ainda mais competitivas estrategicamente, adequando às necessidades (HYES & BROWN, 1999).

Não somente as mudanças no estilo gerencial ou no tipo de produção foram necessárias, mas prover melhores condições no ambiente de trabalho e investimentos em inovações tecnológicas, permitiram modificações na estrutura empresarial visando atender a nova realidade.

Formoso & Lantelme (2000) destacam que em diversos setores industriais foram introduzidas profundas mudanças nas atividades produtivas, buscando avanços tecnológicos,

inovações gerenciais, flexibilidade nos sistemas de produção, redução de inventários, interrelações empresariais e o foco no cliente.

Nesta perspectiva, empresas detectaram a importância de desenvolver certos princípios, redefinir a estrutura organizacional a fim de aplicar a mais adequada à situação, bem como equipes funcionais. Em face às mudanças nas características do mercado, o foco no cliente passou a ser prioridade, uma vez que este encontra-se melhor informado e exige produtos de maior qualidade, rapidez na entrega e menor custo.

No entanto, modificações no mercado forçaram outras adaptações nas organizações, em busca de sobrevivência e crescimento, frente às novas regras. A indústria japonesa, segundo Borna (2002), atingiu níveis de excelência e despontou como a de maior capacidade competitiva em relação à ocidental, especialmente no setor automobilístico com elevados índices de produtividade e de competitividade.

As novas práticas orientais aliadas à filosofia de vida e de produção evidenciaram o novo modelo de gestão da produção, adotado por indústrias japonesas, com diversas vantagens em relação ao tradicional modelo ocidental. Porém, a economia americana ganhou destaque após a Segunda Guerra Mundial e possuía um amplo e diversificado parque industrial.

Para Melo & Rodrigues (2003), a reconstituição da Europa e Japão além do fortalecimento da economia mundial após este período, aumentou a oferta de produtos industrializados e tornou a gestão organizacional a principal preocupação para ganhos de escala, bem como na manutenção de custos operacionais em níveis aceitáveis.

Contudo, frente às novas práticas e exigências do mercado quanto a produtividade, qualidade e flexibilidade aliados ao preço fixo, as mudanças se destacaram nas práticas gerenciais e no envolvimento de todos os setores em prol do sucesso organizacional.

Nota-se que no conjunto de práticas gerenciais, empresas japonesas desenvolviam características diferentes das ocidentais. Em linhas gerais, as características gerenciais quase sempre são oponentes, porém genéricas, ou seja, podem não estar presentes simultaneamente em uma mesma empresa ou se enquadrarem naquela tipologia. Ouchi (1993) descreve na Tabela 1 as principais diferenças entre os modelos de gestão japoneses e americanos.

Tabela 1: Diferenças entre os modelos de gestão japonês e americano.

Organizações Japonesas	Organizações Americanas
Emprego vitalício	Emprego a curto prazo
Avaliação e promoção lentas	Avaliação e promoção rápidas
Trajetórias de carreira não especializadas	Trajetória de carreira especializada
Mecanismos de controle implícito	Mecanismos de controle explícitos
Tomada de decisão coletiva	Tomada de decisão individual
Responsabilidade coletiva	Responsabilidade individual
Interesse holístico	Interesse segmentado

Fonte: Ouchi, 1993.

Estas diferenças demonstram as razões do sucesso da empresa japonesa e as crescentes dificuldades da empresa americana. Desta forma, empresas ocidentais buscaram novos mecanismos de gestão, constatando que os até então praticados, estavam exaurindo sua possibilidade de manter a competitividade e começam a emergir, por exemplo, a gestão participativa e a gestão empreendedora. Todo este cenário foi desencadeado na indústria automobilística, setor que fortaleceu a economia japonesa.

Uma nova compreensão das relações entre organização e o meio, foco no cliente, valorização da inovação e busca pela harmonia entre estrutura, tecnologia e as dimensões humanas, tornaram-se o diferencial no desenvolvimento das novas concepções na cultura organizacional e das práticas de gestão.

Com a crise do petróleo, o Japão estabilizou-se como o maior produtor de automóveis do mundo, introduzindo novos modelos de produção de manufatura que elevaram sua competitividade global (CORREA & GIANESI, 1996; QUEIROZ et al., 2004).

O novo paradigma gerencial, desencadeado por empresas japonesas durante os anos 1950 melhorou o desempenho diante das dificuldades encontradas nessa época, pelo Japão, no período pós-guerra (LIMA, 2007).

No entanto, no início dos anos 70, segundo Adler et al. (1999), a premissa da competição era o preço e a nova época marcou a acirrada competição entre os Estados Unidos e a manufatura japonesa, a qual modificou expectativas de consumo quanto ao preço e qualidade, diferenciando produtos quanto ao modelo e à tecnologia.

A resposta deste cenário é a qualidade, vital para a exportação e onde houve concentração de esforços para empreender as mudanças, somar esforços, assumir a liderança e as responsabilidades na consecução de um objetivo, o organizacional.

A base financeira, principal indicador para medir desempenho até meados da década de 70, por meio do custo e da lucratividade ou em termos de produtividade com eficiência técnica, para Formoso & Lantelme (2000), esse tipo de concepção predominava nos paradigmas taylorista e fordista de padronização, produção em massa e eficiência, envolvendo as práticas gerenciais.

A noção de estratégias da produção proposta por Wickam Skinner (apud DAVIS et al., 2003), mostra a produção com um papel pró-ativo no processo de desenvolvimento da estratégia dentro da organização, agregando valor aos produtos manufaturados e aumentando as margens de lucro. Para Correa & Gianesi (1996) tais decisões podem afetar o desempenho de um sistema de produção quanto ao custo, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e velocidade de entrega.

Esta mudança de comportamento nas organizações baseia-se em processos decisórios e em nível estratégico, onde as tomadas de decisões estão atreladas aos objetivos da empresa, contudo, destaca-se a necessidade de contemplar a todos da organização, isto é, envolver os diversos setores da empresa.

A aplicação deste novo paradigma destinado à produção iniciou no Japão, dentro da Toyota Corporation, desenvolvida pelos engenheiros Taiichi Ohno e Shigeo Shingo (LIKER, 2005). Para Kern (2005), este novo modelo de produção foi desenvolvido visando eliminar desperdícios, reduzir o custo de produção, aplicar novas técnicas para diminuir estoques, produzir em pequenos lotes e elevada qualidade de produtos, gerar cooperação na cadeia produtiva, em face ao contexto pós-guerra no qual estava inserido o país.

Considerando as dificuldades, o trabalho de Taiichi Ohno perante o gerenciamento da produção da Toyota, desenvolveu novas ferramentas de gestão eficazes e que são capazes de prover melhorias durante o processo, originando o Sistema Toyota de Produção, modelo também conhecido como *Lean Production*. Este novo modelo visa reduzir custos, aumento da competitividade e melhoria do processo manufatureiro de produtos, segundo Melo & Rodrigues (2003).

Referenciado por Womack & Jones (1998), Picchi (2003) utiliza o termo *Lean Thinking* no ambiente da construção e afirma que este se baseia no Sistema Toyota de Produção, inicialmente desenvolvido no ambiente de manufatura da indústria automobilística, estendendo-se a outros setores. O termo “enxuto” adotado para esta nova forma de produção caracteriza-se pela utilização da metade em relação ao esforço de operários, ao espaço destinado à produção, ao investimento em ferramentas, às horas de planejamento no desenvolvimento de novos produtos, aos estoques de fabricação, dentre outros, resultando em menor índice de defeitos e maior variedade de produtos.

A expressão *lean thinking* utilizada pelos referidos autores, significa pensamento enxuto e também faz referência ao Sistema de Produção Enxuta. No entanto, a variação de nomenclatura deve-se às diferentes áreas onde este modelo de produção é aplicado, ainda que desenvolva o mesmo procedimento metodológico.

Pasqualini (2005) descreve a produção enxuta com o objetivo de enxugar o processo produtivo de uma empresa, produzindo mais em termos de qualidade, variedade e velocidade, menor custo e capacitação visando à competição nos atuais mercados, altamente caracterizados por sua variedade e restrição.

Para tanto, o desenvolvimento do STP, segundo Pantaleão e Antunes Jr (2003), é fortalecido com o uso conjunto de princípios e práticas, adotados por organizações industriais de excelentes níveis de desempenho, quando se estabelece um sistema de gestão e de aprendizagem organizacional na melhoria de desempenho.

Quanto às melhorias, entre os anos de 1965 a 1992, segundo Dyer & Hatch (2004), a empresa japonesa e seus fornecedores obtiveram um aumento de 700% em sua produtividade, enquanto que neste mesmo período, montadoras norte-americanas atingiram 250% e seus fornecedores menos de 50%.

Para a produção enxuta é fundamental a formação de parcerias a longo prazo na cadeia de abastecimento e funciona melhor com produtos e demandas estáveis. Porém na prática, estabelecer parcerias é um objetivo que as empresas precisam alcançar e tende a ser um processo lento e dificultoso, especialmente devido às imposições e a política de beneficiamento de uma só parte.

Dyer & Hatch (2004) enfatizam que a Toyota acolhe seus fornecedores, compartilha o conhecimento, cria redes que permitem a troca de informações, o que ajudou os fornecedores a racionalizar suas operações. As principais vantagens a partir de então foi o aumento de 14% na produção por funcionário, redução de 25% nos estoques e queda de 50% de peças defeituosas. Devido esta tomada de decisão, obteve significativo ganho de vantagens competitivas perante o mercado, além da possibilidade de elevar preços em face da melhoria na qualidade de seus veículos.

A presença de produtos comercializados, aumento da exigência dos clientes, diversidade, qualidade, preço e velocidade de entrega geraram grandes preocupações quanto à flexibilidade, crucial à sobrevivência das empresas no mercado globalizado e competitivo.

Entretanto, um sistema de manufatura não garante o sucesso competitivo da empresa por tais sistemas produtivos dependerem de uma série de fatores como estrutura oferecida, trabalho conjunto de colaboradores e organização e nível de automação da empresa. Para Melo & Rodrigues (2003), o mesmo ocorre com o sistema de gerenciamento enxuto, o qual se sustenta na automação com a presença humana e no trabalho em equipe para atingir um determinado objetivo.

Planejar, dividir o produto, concentrar várias funções e conectar as partes, são os principais objetivos que tornam o processo otimizado e propicia o bom desempenho do todo. No entanto, existem particularidades e a elas adequações são necessárias, não somente às exceções, mas a toda nova área onde se desenvolverá o sistema de produção enxuta quer seja na confecção de um produto ou na prestação de serviços.

Muitas empresas, segundo Spear & Bowen (1999), tentam desvendar os segredos do STP, algumas sem muito sucesso. Segundo os autores, as empresas confundem suas práticas usuais e ferramentas com o sistema propriamente dito, já que no STP as atividades e os processos são constantemente modificados e puxados para aumentar o nível de performance, possibilitando constante inovação e melhora da empresa.

Todavia, Reis & Picchi (2003) destacam que o STP é sustentado por dois pilares: a autonomia e o *just in time*. O sucesso deste sistema também se apóia em métodos e técnicas que facilitam, em uma visão sistêmica, o entendimento interno de toda a organização. Liker

(2005) ainda acrescenta o fluxo unitário de peças, *kaizen* e nivelamento da produção como elementos fundamentais para a excelência operacional aliados aos métodos de melhoria da qualidade e em ferramentas, mundialmente difundidos pela Toyota.

Um conjunto de técnicas, práticas de gestão da produção e gestão de recursos humanos é apresentado por Fujimoto (1999), que uma vez interligados, garantem o sucesso da Toyota, tais como:

- *Práticas de gestão da produção*: redução de perdas (*muda*), balanceamento do fluxo da produção (*mura*) e diminuição de carga de trabalho (*muri*); redução de estoques pela utilização do *Kanban*; nivelamento do volume de produção e do mix de produtos; redução dos tempos de preparação e dos tamanhos de lote; lote unitário de transferência entre máquinas; trabalhadores e tarefas multifuncionais em um layout celular; detecção automática de defeitos e parada automática de máquinas (*poka-yoke*); resposta em tempo real aos problemas de produção (*andon*); inspeção direta feita pelos trabalhadores; limpeza, ordem e disciplina no local de trabalho (*5S*); gerenciamento visual; ferramentas padronizadas de melhoria da qualidade; atuação dos trabalhadores na manutenção produtiva (*TPM*);

- *Práticas na gestão de recursos humanos*: emprego estável para os trabalhadores; capacitação de longo prazo de trabalhadores multifuncionais; sistema salarial, baseado parcialmente em desenvolvimento de habilidades; sistema de promoção de líderes; supervisores de produção como membros do sindicato; relacionamento cooperativo com o sindicato; comunicação e motivação dos trabalhadores.

Estas técnicas e práticas de gestão envolvem a todos ligados ao processo produtivo (bens ou serviços) na resolução de problemas. Uma vez uniformizada a linguagem e o real entendimento, todos são capazes de identificar possíveis locais de perdas e desperdícios na linha de produção. Desta forma, é necessário identificar os tipos de desperdícios ou perdas, que não agregam valor para o cliente final.

Trata-se de uma mudança na gestão da produção e, segundo Womack e Jones (1998), busca organizar e gerenciar os relacionamentos entre a empresa, os clientes e os fornecedores, no desenvolvimento de produtos e operações de produção.

No ocidente, o STP popularizou como Manufatura Enxuta ou Sistema de Produção Enxuta (SPE) devido ao esforço de Jones & Womack (2004), inicialmente, no setor automobilístico, com o intuito de sempre produzir mais com menos recursos, sem haver perda de qualidade e produtividade.

Portanto, o uso consciente e adequado do SPE serve para melhorar o processo produtivo, aliado a um bom planejamento e criatividade de seus gestores na implementação das mudanças. Todos têm de estar em completa sinergia, uma vez que interfere na velocidade e eficiência do processo.

Porém, segundo Upton (1995), o difícil é convergir os trabalhadores para o atingir o desempenho almejado pela empresa. Desta forma, a Toyota estabeleceu seus próprios desafios, formulou problemas e internalizou as perguntas, criando um ambiente adequado na busca por respostas.

A filosofia do Sistema de Produção Enxuta recai exatamente em assumir compromissos quando se deseja este modelo de produção. Exige total participação das pessoas, da alta direção à média gerência, no processo de tomadas de decisões, estrategicamente envolvendo todos os participantes do projeto, em busca da melhoria organizacional e da cadeia produtiva.

Womack e Jones (1998) ainda destacam a redefinição de funções, departamentos e empresas proporcionados pela produção enxuta, o que contribui positivamente para a criação de valor e da real necessidade de funcionários da cadeia produtiva.

Porém, inicialmente os trabalhos iniciam com a identificação dos desperdícios, para o alcance do sucesso e aproximação do modelo enxuto realizado pela Toyota e para Spear (apud LIMA, 2007) o ato de reconhecer o STP é a aplicação dos princípios e regras ao invés do simples uso de ferramentas.

2.3 DESPERDÍCIOS NO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

A premissa do Sistema de Produção Enxuta consiste na produção de produtos (bens e serviços), com baixo custo e eliminação de desperdícios, segundo Lima (2007). Geralmente, as

empresas desenvolvem seus processos produtivos de maneira isolada e geram um volume de estoques entre as operações, imobiliza capital e evidencia o tipo de produção e o gerenciamento do processo.

No entanto, a produção em massa visa produzir mais, em maior velocidade e de maneira mais barata, na perspectiva do custo direto de cada item, ao contrário do modelo desenvolvido pela Toyota, onde o excesso de produção deve ser evitado por visar a redução e/ou eliminação de faltas, desperdícios e estoque, tanto de peças quanto de dinheiro.

Para Womack & Jones (1998), desperdício é caracterizado por qualquer atividade capaz de absorver recursos e que não cria valor. Nesta perspectiva, para atingir a excelência da produção enxuta e a eficiência do Sistema Toyota de Produção, é fundamental eliminar desperdícios encontrados no processo.

Porém, eliminar desperdícios não destaca somente redução de estoques. Liker & Meier (2007) descrevem sete tipos de desperdícios, também considerados como perdas, que não agregam valor, identificadas pela Toyota e que são aplicadas em processos administrativos e na produção, sendo estas perdas descritas a seguir:

- Superprodução: refere-se àquela produção excessiva ou realizada cedo demais e que resulta em um fluxo pobre em termos de processos e de informações ou mesmo excesso de inventário;
- Espera: caracteriza-se por longos períodos de ociosidade de pessoas, processos e informações, resultando também em fluxo pobre e em *lead times* muito longo;
- Transporte excessivo: consiste na movimentação excessiva de pessoas, informações, processos ou peças acabadas e que geram dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
- Processos inadequados ou superprocessamento: é a utilização incorreta de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou devido à falta de qualidade destes, geram defeitos e deslocamentos desnecessários. Gera-se a perda com produtos de qualidade maior que a necessária, além da realização de trabalho extra quando há excesso de tempo;
- Inventário desnecessário: é o armazenamento excessivo, a falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos, *lead times* longos, defeitos e baixo desempenho do serviço

prestado ao cliente, ou seja, camufla falta de equilíbrio da produção, atraso na entrega, maior tempo de preparação de máquinas e equipamentos (*setup*), etc.;

- Movimento desnecessário: ocorre com a falta de organização no ambiente de trabalho, gera movimentações que não agregam valor ao produto, baixa performance a nível ergonômico e perdas freqüentes de itens;

- Produtos defeituosos: refere-se à produção ou mesmo a correção de produtos defeituosos, ou seja, retrabalho e descarte, substituições e inspeções, isto é, ações que demandam mais tempo que o necessário pode ser mais freqüentes em certos processos, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho durante a entrega.

Liker & Meier (2007) ainda acrescentam um oitavo tipo de desperdício que é a não utilização da criatividade de funcionários, não se consideram o envolvimento do funcionário quanto ao processo de melhoria, oportunidades, idéias e habilidades.

Entretanto, a identificação e a eliminação de tais desperdícios não é um processo fácil, requer disciplina, envolvimento de todos e escolhas de elementos e ferramentas adequadas à solução dos problemas.

A visão sistêmica da organização, aliada a métodos e técnicas adequadas, garante o sucesso da Toyota, estendida à facilitação do entendimento interno. É a partir do real entendimento e motivação de todos, mais a filosofia empresarial totalmente disseminada no ambiente empresarial, que se torna possível alcançar o sucesso.

2.4 PRINCÍPIOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

Visando eliminar tais desperdícios, surgiu o pensamento enxuto com seus cinco princípios, definidos por Womack & Jones (1998) como:

2.4.1 *Criação de valor sob a perspectiva do cliente, fornecendo com eficiência somente o que se deseja:*

Com o valor definido em relação a todo o produto e não exclusivamente à eficiência operacional da empresa. Em outra publicação, Jones & Womack (2004) acrescentam que para

encontrar novos clientes e obter vendas rápidas, é necessário que o produtor aceite o desafio da redefinição de valor, essencial ao sucesso do pensamento enxuto.

Tal decisão requer envolvimento de toda a equipe, sempre buscando a melhoria no desenvolvimento do produto, determinação do custo-alvo baseado no volume de recursos e esforço diário na fabricação, de forma a diminuir o desperdício e examinar cada uma das etapas da cadeia de valor.

Em uma nota publicada no sítio *Lean Institute* (2007), Womack destaca que para criar valor em um produto é necessário listar todas as ações envolvidas nesse processo e dividi-las em três categorias: trabalho que agrega valor, trabalho incidental e desperdício. Tais categorias serão descritas no próximo princípio.

Picchi (2003) acrescenta que agregar mais valor deve ocorrer com simplicidade e grande interação entre projeto e produção. E, diariamente, compete a cada funcionário identificar e eliminar desperdícios em seu local de trabalho, determinando ritmos sincronizados e mais exigentes.

2.4.2 Criar o fluxo de valor enxuto, de maneira contínua e estável, em atividades que criam valor a cada produto:

Este segundo princípio requer total entendimento e disciplina dos gestores em relação a três tipos de ações capazes de comprometer um sistema de gestão, que são: atividades que agregam valor; atividades que não agregam valor e são necessárias ao desenvolvimento do produto; e, atividades que não agregam valor e tem de ser eliminadas.

A partir de uma visão sistêmica acerca do processo e a identificação destes três tipos de atividades, é possível eliminar desperdícios ao longo da cadeia de valor, o que evita gargalos no fluxo do processo quando tratados corretamente no momento que foram detectados.

Para tanto, segundo Alves & Formoso (apud OLIVEIRA et al., 2007), para identificar e eliminar desperdícios da matéria-prima ao cliente final, faz-se a gestão de fluxos físicos de pessoas, materiais e equipamentos, os quais são parte do processo de planejamento e controle da produção.

O ponto chave, para Womack & Jones (1998), é analisar as diversas ações específicas necessárias à produção do produto, a interação entre elas e, conseqüentemente, questionar tais ações, de forma isolada ou conjunta que não criam ou aperfeiçoam valor para a perspectiva do cliente.

Picchi (2003) descreve que o pré-requisito para a criação do fluxo é a relação entre mão de obra, material, máquinas e métodos, visando o trabalho padrão com base no *takt time*, células de trabalho com operadores multifuncionais, produção em pequenos lotes e gestão do controle visual.

Para diminuir as perdas, é importante trabalhar conectado aos fornecedores, garantir boa qualidade de materiais e em perfeitas condições, de forma a evitar retrabalhos e defeitos. Portanto, realizar entregas no prazo, evitar ociosidade e desperdício de tempo, são fatores determinantes na criação de um fluxo de valor enxuto.

Liker (2005) destaca dois erros frequentes na aplicação do fluxo de valor: estabelecer um falso fluxo e desistência perante ocorrência de problemas. Segundo o autor, um falso fluxo é estabelecido quando ocorre um rearranjo de equipamentos que se assemelha a uma célula, gerando lotes entre as etapas de processamento por não considerar o *takt time* do cliente. O segundo erro trata do retrocesso quando a empresa descobre os custos da criação do fluxo, em especial nas situações de parada dos equipamentos, troca dos mesmos e investir em um processo e incorporá-lo.

2.4.3 *Fazer o processo fluir sem interrupções:*

Este princípio, conforme Womack & Jones (1998), visa alinhar todas as etapas essenciais, necessárias à realização do trabalho, com a criação de um fluxo contínuo e estável, sem movimentações excessivas ou interrupções. Desta forma, excluem os lotes e filas, transformando a maneira de trabalhar, as ferramentas, organizações que facilitam o fluxo, profissionais envolvidos, dentre outros.

Para tanto, o conceito de fluxo é essencial na filosofia *lean* e sua implantação resulta na utilização de células que tendem a elevar a produtividade, especialmente devido ao uso de

conceitos como o fluxo unitário de peças, multifuncionalidade de operadores, ritmo padronizado e controlado (ROTHER & HARRIS, 2002).

Liker (2005) afirma que o fluxo geralmente eleva a qualidade com o aumento da velocidade de produção. Segundo o autor, unir as pessoas certas, realizar atividades que agregam valor, alinhar e deixar fluir o projeto entre as pessoas além de promover reuniões e integrações favorece um aumento da velocidade, produtividade e qualidade do produto e do processo.

Vários autores (WOMACK & JONES, 1998; ROTHER & SHOOK, 1999; ROTHER & HARRIS, 2002; LIKER, 2005) tratam o fluxo de valor como elemento essencial para a implementação *lean*. Calado (2006) reforça a necessidade de realização de tarefas de modo progressivo, ao longo da cadeia de valor, de forma que um produto se estenda da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos do cliente, sem haver interrupções, refugos ou contra fluxos.

A organização do trabalho que se desenvolve em fluxo, para Pantaleão e Antunes (2003), permite também o fluxo psicológico, onde os funcionários utilizam de suas habilidades para detectar erros e analisar o *status* do sistema como um todo, ou seja, existe uma tensão criativa permanente que requer concentração de todos.

Entretanto, somente o fluxo não é o suficiente uma vez que é necessário saber se o produto adequado é fornecido no momento exato de utilização. Assim, é preciso aprender a puxar a produção.

2.4.4 O cliente puxa o valor do produto:

Uma diferença entre fluxo e sistema puxado é descrito por Liker & Meier (2007, p.103) onde “o fluxo define estado do material à medida que ele passa de um processo a outro. O sistema puxado indica quando o material é movimentado e quem (o cliente) determina esse movimento”.

Picchi (2003) reforça o puxar como a entrega, movimentação e produção somente quando necessários, visando os fornecedores *Just in time*, os pequenos lotes e o abastecimento de frentes de trabalho com o uso de *kanban*, ligando equipes de serviços de modo seqüenciados.

Aliado ao princípio do fluxo, o conceito de puxar é considerado o mais característico da filosofia *lean*, fundamental para a eliminação de desperdícios. Assim, a produção puxada caracteriza-se pela seguinte relação: o processo anterior somente deve produzir quando o processo posterior solicitar um bem ou um serviço. Womack & Jones (1998, p.65) descrevem que

[...] A melhor forma de compreender a lógica e o desafio do pensamento de produção puxada é começar com um cliente real expressando a demanda de um produto real e caminhar no sentido inverso, percorrendo todas as etapas necessárias para levar o produto ao cliente.

Liker (2005) acrescenta que no início, a Toyota idealizou o estoque puxado baseado na demanda imediata do cliente e, no seu modelo de produção, puxar gera o estado ideal de fabricação *just in time* durante o fluxo unitário de peças, o qual funciona totalmente de acordo com a demanda e zero de estoque. Diferentemente do modelo empurrado onde a produção de bens inicia com a demanda do cliente, responde a uma programação antecipada e origina perdas.

Segundo Dolcemascolo (2005), observando os supermercados, Taiichi Ohno analisou e concluiu que o estoque era necessário ao fluxo uniforme. E, desta forma, criou pequenos armazéns para dispor as peças entre as operações, no intuito de controlar o estoque, denominados de supermercados.

Entretanto, surgiu a necessidade de criação de um mecanismo de sinalização para iniciar a linha de produção. Para este fim, Ohno utilizou sinais simples como cartazes, latas e carrinhos vazios, entre outros, denominando-os de *Kanban*. Quando um *kanban* chegava vazio, era sinal de que certa peça deveria ser fabricada e juntamente ao *kanban* era enviada uma ficha contendo informações da quantidade, tipo, cor, etc. (LIKER, 2005).

Toda esta operação é conhecida como Sistema *Kanban* de Produção, o qual serve para administrar e garantir o fluxo em um sistema de produção. O *kanban* é simples, móvel dentro da linha de produção, notável, eficaz e visual. Convém lembrar que o *kanban* é utilizado como elemento do SPE quando apenas apresenta características de produção de um dado produto. Com estas mesmas características, quando introduzido em uma linha de produção fluindo entre os processos, o *kanban* passa a ser uma ferramenta do SPE e reconhecido como sistema.

Porém, nem tudo tem de ser repostado conforme um sistema puxado e o simples uso do *kanban*. A Toyota estuda o ponto ideal de reposição *Just-in-time* (JIT), monitora e coordena a reposição com o uso do *kanban*, cria regras para dar início à produção, de modo a controlar os supermercados.

O sistema puxado agrega vários elementos, sustenta o processo de puxar e utiliza o *kanban* como uma ferramenta de comunicação e controle visual. Entretanto, o *kanban* é um sistema organizado de estoques, e toda forma de estoque é sinônimo de perdas, portanto, tem de ser eliminado, embora seja de fácil uso e força o aperfeiçoamento do sistema de produção (LIKER, 2005).

2.4.5 *Buscar a perfeição:*

Para Womack & Jones (1998), cada uma das etapas que compõem a cadeia de valor, podem ser melhoradas, isoladamente. Esta melhoria pode ser radical ou incremental. Entretanto, antes da melhoria e da busca pela perfeição, a empresa tem de aplicar os quatro princípios do pensamento enxuto anteriormente descritos e, analisar por onde terá início o processo de melhoria.

May (2007, p.36) acrescenta que “perfeição requer disciplina, baseada em incrementos e detalhes que envolvem enormes impactos. Mas é por isso que é tão difícil”. Portanto, não deve ser um objetivo ou meta central e, sim, buscar otimizar a qualidade, o custo e a velocidade, os quais são tangíveis ao valor da perspectiva do cliente para a produção de bens e serviços.

Qualquer tipo de qualidade decorre de exigências, requer ciclos de controle, lotes menores para a identificação de problemas e rápidas melhorias de forma a restabelecer o fluxo. A busca pela perfeição requer aprender a enxergar durante o processo todos os princípios e tornar visível e real o objetivo de melhoria a toda empresa.

Criar uma imagem de perfeição é fácil, difícil é chegar a ela. Womack & Jones (1998, p.98) definem com excelência:

[...] A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-lo (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho.

Calado (2006) define o quinto princípio como o ato de gerenciar em busca da perfeição, com total eliminação de atividades que consumam recursos e que não são capazes de criar condições a todas as atividades ao longo do tempo de uma cadeia de valor.

Para a produção enxuta sempre existe uma maneira melhor de realizar qualquer atividade diante das mudanças do mercado e cabe a empresa se adequar às novas exigências. A busca pela perfeição e melhoria contínua é constante para manter competitividade por um longo período de tempo.

Os cinco princípios anteriormente descritos são os que regem os trabalhos dentro da Toyota, que diferem dos seguidos no ambiente da construção, amplamente estudado e difundido por Koskela (1992). A partir de então, outros estudiosos como Heineck (1991), Formoso (2000) e Bulhões et al. (2005), adequaram o SPE a este setor.

Para Oliveira et al. (2007) a construção difere da indústria de manufatura quanto às características físicas do produto final, em três fatores: produtos únicos e complexos, espaço para produção temporário (sujeito a constantes alterações de layout), e ações de intempéries, o que ocasionam improvisos. Buscam-se então alternativas e melhorias no gerenciamento, planejamento e controle da cadeia produtiva no setor da construção.

A busca por melhor qualidade, na construção civil, conduz a aplicações dos princípios da Produção Enxuta e do Pensamento Enxuto nesse setor, com destaque aos estudos de Koskela (1992), o qual descreveu onze princípios, direcionados a projeto e melhorias no fluxo de processo conhecido como Construção Enxuta, listados abaixo:

1º princípio: Aumentar o valor do produto por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente;

2º princípio: Reduzir o tempo de ciclo;

3º princípio: Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;

4º princípio: Simplificar através da redução de passos, partes e ligações;

5º princípio: Focar o controle no processo global;

6º princípio: Manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões;

7º princípio: Reduzir a variabilidade;

8º princípio: Aumentar a transparência do processo;

9º princípio: Aumentar a flexibilidade de saída;

10º princípio: Introduzir melhoria contínua no processo;

11º princípio: Fazer *benchmarking*.

Quanto aos princípios apresentados por Koskela (1992), os de número 1 e 2 correspondem ao *valor*, os princípios 3, 4, 5 e 6 com o *fluxo de valor* 7 e 8 ao *fluxo* 9 ao de *puxar* e, 10 e 11 à *perfeição*, quando comparados com os de Womack & Jones (1998). Convém lembrar que os princípios norteadores na indústria da construção, ou seja, os de Koskela (1992) possuem como premissa o Sistema Toyota de Produção.

Conhecedores e especialistas nesse modelo de produção como Liker (2005), em sua obra, descreve 14 princípios de gestão que caracterizam o modelo de gestão da Toyota, buscando aperfeiçoar o processo, em sua melhoria contínua, desta forma divide-os em:

1º Princípio: basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo;

2º Princípio: criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona;

3º Princípio: usar sistemas puxados para evitar a superprodução;

4º Princípio: nivelar a carga de trabalho (*heijunka*);

5º Princípio: construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa;

6º Princípio: tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários;

7º Princípio: usar controle visual para que nenhum problema fique oculto;

8º Princípio: usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos;

9º Princípio: desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros;

10º Princípio: desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;

11º Princípio: respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar;

12º Princípio: ver por si mesmo para compreender completamente a situação (*genchi genbutsu*);

13º Princípio: tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções, implementá-las com rapidez;

14º Princípio: tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (*hansei*) e pela melhoria contínua (*kaizen*);

Estes 14 princípios descritos por Liker (2005) são divididos pelo próprio autor em seções: filosofia de longo prazo (1º princípio), processo certo produzirá os resultados certos (do 2º ao 8º princípio), valorização da organização por meio do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros (do 9º ao 11º princípio), e a solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional (do 12º ao 14º princípio).

Portanto, tudo tem início com a filosofia, segue com os processos, chega aos funcionários e termina na busca de melhorias, sempre envolvendo e desenvolvendo a todos, em prol do sucesso organizacional e da capacitação individual.

Comparando todos os autores e seus respectivos princípios, entende-se que os de Womack & Jones (1998) podem ser interpretados como incompletos ou estritamente voltados a uma linha de produção e, os de Liker (2005) são mais abrangentes e, possivelmente, geram menores equívocos. A essência dos princípios de Koskela (1992), em suma, faz referência aos de Womack & Jones (1998), no entanto adequados e aplicados no ambiente da construção civil.

Diante das bibliografias analisadas é possível observar que a principal diferença entre os modelos gerencial tradicional e *Lean* é basicamente conceitual, ou seja, resume-se a uma nova maneira de entender e executar os processos, além do uso de nomenclaturas próprias que permitem identificar a qual concepção faz-se referência.

Entretanto, os princípios de Womack & Jones (1998) são apoiados e sustentados pelas quatro regras, que uma vez seguidas, garantem o sucesso do STP/SPE na organização. Desta forma, princípios e regras encontram-se entrelaçados e dependem dos elementos e ferramentas adequadas a cada tipo de processo.

Independentemente dos princípios considerados, todos partem da premissa de identificar e eliminar desperdícios, gerando menores custos e também promover o desenvolvimento de trabalhadores e fornecedores.

O Sistema Toyota de Produção cria desafios e busca incentivar seus trabalhadores à resolução dos problemas formulados, sempre seguindo e respeitando a aplicação das Quatro Regras do STP, descritas por Spear e Bowen (1999) e abaixo conceituadas:

1ª regra: *Como as pessoas trabalham?*

Todo trabalho deve ser altamente especificado em relação ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado – corre a pré-definição dos procedimentos em nível de conteúdo, sequência, tempo e resultado esperado, com capacitação do operador para executar e diagnosticar o trabalho de acordo com os procedimentos estabelecidos.

Desta forma, exatidão não somente é aplicada aos movimentos repetitivos de produção dos trabalhadores, mas às atividades de todas as pessoas em suas especialidades funcionais ou regra hierárquica. Assim, a primeira regra é especificação de todas as atividades.

Para tanto, Cartaxo (2000) acrescenta que o trabalho sempre é submetido a testes após a conclusão e cabe ao operador solicitar ajuda para a resolução de problemas. O ideal é que o processo e o operador sejam capazes de responder as seguintes questões:

- 1) Como você faz esta atividade?
- 2) Como você sabe se está fazendo corretamente?

3) Como você sabe se o resultado não tem defeito?

4) O que você faz quando encontra um problema?

De um modo geral, a primeira regra define como os trabalhadores aprendem com o processo, considerando a capacitação interna, descoberta de novos talentos, dentre outras formas de aprendizado. Para um sucesso maior, todos envolvidos no fluxo de processo possuem a mesma linguagem e responsabilidades da identificação e resolução de problemas.



Figura 2: Situação ideal conforme a 1ª regra do TPS.
Fonte: Cartaxo (2000).

2ª Regra: *Como as pessoas se conectam?*

Toda relação cliente fornecedor deve ser direta, inequívoca no envio de solicitações e recebimento de respostas (tipo sim/não) – há a solicitação por parte do cliente e este se encontra diretamente conectado ao fornecedor de maneira padronizada e clara definição dos envolvidos.

Para Cartaxo (2000), uma vez realizada a conexão, as quantidades requeridas e o tempo para resposta são definidos, e os problemas detectados geram, imediatamente, “sinais” de pedido de ajuda. Os seguintes questionamentos devem ser feitos: Quem provê? O que provê? Em que quantidade? Para quem? Como? Quando? Onde?

		Fornecedor	
		Fez	Não Fez
Cliente pede	Faça	OK	Atrasado
	Não Faça	Adiantado	OK

Figura 3: Situação ideal conforme a 2ª regra do TPS.
 Fonte: Cartaxo (2000)

O esquema acima ilustrado demonstra a conexão existente entre os operadores, especificação de tempo e aferição dos processos, o que complementa a primeira regra do STP. Tais especificações podem ser feitas de diversas formas, sendo a mais comum, o uso de *kanban*, quer seja de movimentação ou de produção.

3ª Regra: *Como a linha de produção é construída?*

O caminho percorrido por cada produto ou serviço deve ser simples e direto – o fluxo é pré-estabelecido (para materiais, processo e informação), e é único. O fluxo do processo não contém *loops*, nem desmembrado em ramificações, e todos os elementos do fluxo (ações) são absolutamente necessários e agregam valor ao produto.

Nesta regra, os trabalhadores devem estabelecer um sistema de comunicação, quer seja por meio de supermercados, *kanban*, quer seja produção puxada, o que permite um fluxo de material e informação, sem haver desperdícios. Todas as linhas de produção são estabelecidas para permitir o fluxo de produtos e serviços em uma simples trajetória especificada, pessoa ou máquina.

A indisponibilidade do processo seguinte é considerada um problema e a linha tem de ser replanejada. Essa regra também é aplicada a produtos, serviços e solicitações de ajuda, entre os operadores e os gerentes de fábrica.

4ª Regra: Como melhorar?

Ensinar como identificar problemas e melhorar, sem necessariamente esperar pelo aprendizado ou experiência pessoal, é o objetivo do STP e, segundo Spear & Bowen (1999, p.102),

Especialmente, a regra 4 estipula que qualquer melhoria para a atividade de produção, para conexão entre operadores e máquinas, ou para trajetos seria feito de acordo com o método científico, sob orientação de um professor, e para o mais baixo nível organizacional possível.

Cartaxo (2000) afirma que qualquer melhoria deve ser realizada pelos envolvidos à atividade que está sendo melhorada, de acordo com uma metodologia “científica” e com orientação de um especialista – as melhorias são guiadas em relação ao estado ideal: na demanda, imediato, 1 a 1 (lotes de 1 peça por vez), sem defeito, sem desperdício (materiais, trabalho, energia e demais recursos) e, seguro (físico, emocional e profissional).

Os operadores utilizam metodologia padrão e estruturada para resolução de problemas, tem o suporte de *experts*, as contramedidas são implementadas pelos envolvidos à atividade a ser melhorada, somente após o teste das hipóteses, a efetividade da melhoria é testada. A pergunta básica a ser respondida é: a contramedida proposta irá melhorar a situação atual, tornando-a mais próxima ao estado ideal?



Figura 4: Situação ideal conforme a 4ª regra do TPS.

Fonte: Cartaxo (2000).

Esta quarta regra elucida que: todo o trabalho deve ser cientificamente medido para então executar corretamente suas etapas de processamento, objetivando uma situação ideal e seus processos de melhoria.

Portanto, todas as quatro regras servem de suporte aos cinco princípios norteadores do Sistema Toyota de Produção, e devem ser, rigorosamente, respeitadas e seguidas, o que garante o sucesso da Produção Enxuta.

A implementação da produção enxuta inicia na própria organização, se expande em toda cadeia de valor. O primeiro esforço é feito no próprio processo produtivo, uma vez que essa etapa é responsável em gerar “valor” na perspectiva dos clientes (PASQUALINI, 2005). A autora ainda complementa que desenvolver a Produção Enxuta requer três grandes fases: mudança estratégica com a introdução dos princípios enxutos, transformando o pensamento e o enxergar na empresa, preparando-a para mudanças físicas com o uso da ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM). A segunda fase é a mudança física que modifica o agir da empresa, põe em prática as melhorias propostas no Mapa do Estado Futuro, cria o fluxo contínuo e puxado no processo produtivo, de modo suave e coordenado. A terceira e última fase consiste na melhoria contínua.

Uma vez identificados os tipos de desperdícios, definidos os cinco princípios e as regras, o próximo passo é para os gestores do processo, aos quais competem a responsabilidade de prover melhorias, manter e elevar os resultados.

Para tanto, lições são aprendidas pelos gestores quanto à necessidade de conexão entre os processos e segundo Lima (2007) cabe a eles: envolver e contemplar o valor na perspectiva dos clientes; eliminar estoques por representarem desperdícios; operacionalizar o sistema puxado e com fluxo contínuo; e, o gerenciamento visual. Todas essas atribuições facilitam o total entendimento dos objetivos organizacionais, ou seja, o total controle da linha de produção.

Condições de trabalho em um fluxo enxuto auxiliam os gestores em detectar e resolver quaisquer tipos de problemas existentes entre os processos, bem como o total conhecimento das técnicas e das ferramentas adequadas na solução de problemas.

Estas características desenvolveram elementos e ferramentas que ao serem utilizados corretamente e adequados à realidade, garantem o sucesso do SPE. A seguir, são descritos os elementos e as ferramentas do SPE, conforme Womack & Jones (1998).

2.5 ELEMENTOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

O *Lean Thinking*, aplicado no setor da Construção Civil, utiliza os elementos da produção enxuta como ferramentas e segundo Picchi (2003), é necessário uma compreensão integrada das ferramentas com a filosofia quando se deseja implementar o sistema *Lean*. Para o referido autor, a construção civil difere do ambiente de manufatura, originalmente, onde foi desenvolvido o STP, o que dificulta a simples aplicação das ferramentas.

Entretanto, para May (2007) tal dificuldade reside no fato de que o setor da construção civil não estudar, previamente, os elementos adequados a cada processo que darão suporte ao uso das reais ferramentas utilizadas e difundidas pelo STP.

Desta forma, a produção enxuta possui vários elementos capazes de torná-la eficazes e eficientes, destacando-se o JIT, *kanban* e controle visual, observa-se na Figura 5 desenvolvida por Thomas Pyzdek (2000 apud LIMA, 2007).

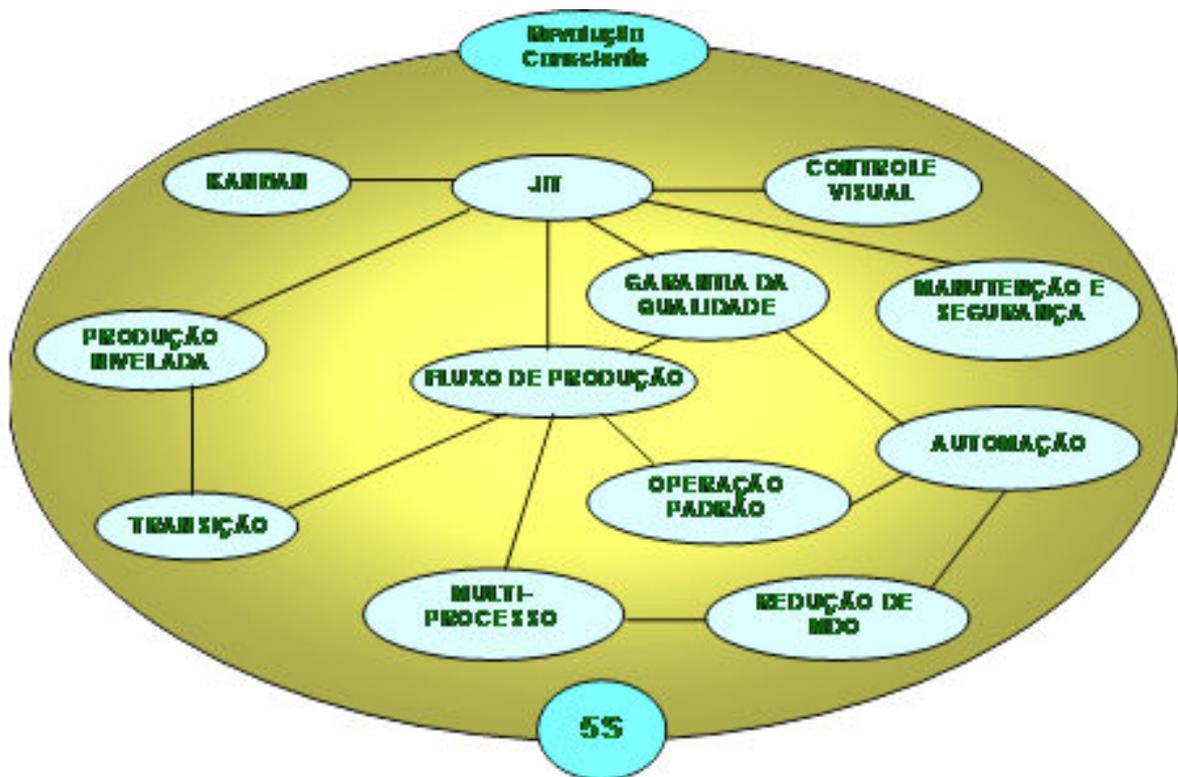


Figura 5: Elementos do Sistema de Produção Enxuta.
 Fonte: Lima (2007).

A produção caracteriza-se pelo caráter criativo da combinação de elementos, ao desenvolvimento de produtos e na cadeia de suprimentos (FUJIMOTO & TAKEISHI, 2001). Assim, são descritos alguns elementos essenciais para a implementação do STP.

2.5.1 Just in time (JIT)

Originou-se no Japão em meados da década de 70 e conforme Corrêa & Giansi (1996), o JIT foi o centro da criação e de desenvolvimento da manufatura automobilística. Leite (2006) afirma ainda que a Toyota buscou um novo sistema para administrar sua produção, capaz de coordenar a produção com base na demanda de diferentes características e sem haver atraso.

A essência do JIT, para Rodrigues (2006), enfoca que cada processo tem de ser suprido com os itens corretos, quantidades exatas e tempo certo, eliminando superprodução, ou seja, produção maior que a necessária ou antes de ser requisitado.

Assim, este elemento *lean* atua no sistema puxado e no sistema *kanban*, sendo um dos três principais sistemas para administrar a produção. Para Corrêa & Gianesi (1996) não é uma técnica ou conjunto delas e sim uma filosofia de trabalho completa que envolve gestão da qualidade e de pessoas, materiais, arranjo físico, projeto de produto e organização do trabalho.

Leite (2006) afirma que o objetivo principal do JIT é promover melhoria contínua de processos produtivos e serviços, reduzir estoques e eliminar problemas de qualidade de máquina e de preparação das mesmas. Este sistema produtivo trabalha melhor, alcança melhor índice de qualidade, confiabilidade e flexibilidade, reduz *setup* e produz em menores lotes, além da redução de custos e aumento dos lucros.

Pereira & Pires (2001) apresentam o JIT como uma proposta que determina o exato momento de fabricação e entrega de produtos, submontagem, montagem ou aquisição de materiais. Isto é, torna todos os materiais ativos, integra-os em processamento e não os deixa ociosos. Portanto, o ideal é alcançar elevada flexibilidade, de forma a atender qualquer demanda, a qualquer momento e em pequenos lotes.

Em síntese, o JIT é um elemento que trabalha na produção puxada em toda a cadeia produtiva, visando combater desperdícios, reduzir estoques, envolver pessoas e promover o aprimoramento contínuo. Possui como meta: zero defeito; tempo zero de preparação (*setup*); estoque zero; movimentação zero; quebra zero; lead time zero; lote unitário de fabricação (uma peça).

2.5.2 *Kanban*

Em português, a palavra *kanban* significa cartão, utilizado na linha de produção para sinalizar e/ou indicar a necessidade de produção ou movimentação de peças. É, geralmente, a forma mais comumente utilizada na transmissão de informações entre as etapas em uma linha de produção.

2.5.3 *Controle Visual*

O controle visual permite fácil ilustração dos locais onde existem problemas na produção, no inventário e no gerenciamento do material, além de manter organizado o local de trabalho.

2.5.4 *Produção Nivelada*

É um sistema enxuto não compatível com as flutuações diárias do processamento. As variações de demanda em curto prazo são retiradas para fora do período de tempo de modo que a taxa da produção possa permanecer constante.

2.5.5 *Trabalho Padronizado*

O trabalho padronizado está centrado no movimento e no trabalho do operador, geralmente, aplicado em processos repetitivos e na eliminação de desperdícios. Estabelece procedimentos únicos e precisos para a realização do trabalho de cada operador, em um processo de produção, focado em três elementos: *takt time*, sequência de trabalho e estoque padrão de produção (KISHIDA et al, 2007).

Além da utilização destes elementos, para a maior eficácia da aplicação da filosofia *Lean*, e conforme a situação onde será aplicado, recorre-se ainda a ferramentas e técnicas que possam auxiliar na implementação de melhorias.

2.6 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

A produção puxada utiliza ferramentas e técnicas que auxiliam o processo decisório e a visualização do processo como um todo, destacando-se: Mapeamento do Fluxo de Valor; Leiaute Celular; Mapeamento das atividades de processo e Matriz de Resposta da Cadeia de Suprimentos; Técnicas de formação de células; Sistema *Kanban* de controle da produção; e, Fluxo Contínuo.

2.6.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping - VSM*)

O VSM é considerado uma das “portas de entrada” para a Produção Enxuta por possibilitar uma visão sistêmica de todo o processo produtivo, do fluxo de valor, identificação dos reais problemas, dos desperdícios e da busca por melhorias (PASQUALINI, 2005).

Esta é uma ferramenta simples, desenvolvida e difundida no mundo por Rother & Shook (1999), que abrange o mapeamento do fluxo de material e do fluxo de informação. Para tanto, utiliza-se apenas lápis e papel para enxergar e entender todo o fluxo de material e informação, à medida que o produto segue na cadeia de valor, conforme Figura 6.



Figura 6: Mapeamento do Fluxo de Valor (JONES & WOMACK, 2004).
Fonte: Jones & Womack, 2004.

O fluxo de valor refere-se a qualquer ação necessária que traz um produto por todos os fluxos necessários ao desenvolvimento do mesmo, ou seja, fluxo de produção da matéria-prima ao consumidor e fluxo de produto da concepção ao lançamento (JONES & WOMACK, 2004). Já o fluxo de informação responde pela transmissão entre os processos do que fabricar ou fazer (MAIA & BARBOSA, 2006).

Existe ainda a figura do gerente do fluxo de valor (Figura 7), o qual detém o total entendimento do fluxo de valor de certa família de produto, tem autoridade e autonomia na linha de produção, faz as mudanças acontecerem, enxerga além do fluxo e possui liderança. Em uma cadeia de valor, cabe ao gerente do fluxo realizar reuniões periódicas visando o aperfeiçoamento ou mesmo paralisar o processo na resolução de problemas.



Figura 7: Papel do gerente do fluxo de valor.

Fonte: Rother & Shook, 1999.

Segundo Womack et al. (apud MELO & RODRIGUES, 2003), o mapeamento do fluxo de valor é capaz de analisar etapas que criam valor ao produto, as que são necessárias e não agregam valor e as que não agregam valor e tem de ser eliminadas.

Para quem deseja implementar o STP em sua cadeia produtiva, esta ferramenta é essencial, exatamente por:

- enxergar o fluxo além de apenas visualizar os processos individuais;
- identificar os locais onde há desperdícios, bem como onde são gerados;
- gerar uma linguagem única aos processos de manufatura;
- tomar decisões visíveis sobre o fluxo, estimulando discussão entre os agentes;
- unir conceitos e técnicas enxutas, que evitam implementar técnicas isoladamente;
- criar uma base na implementação de um plano de ação;
- desenhar a operacionalização do fluxo total de porta-a-porta;
- traçar uma relação eficaz entre o fluxo de informação e fluxo de material;

Após analisar as vantagens e realizar todas as etapas acima descritas, é possível visualizar todas as etapas do processo com o desenho do VSM. Entretanto, neste VSM existem algumas peculiaridades como as informações contidas, representadas por símbolos.

O VSM utiliza simbologias próprias que explicitam locais de estoques, tempos de processamento, lead time, produção empurrada ou puxada, entregas, etc. Abaixo, algumas dessas simbologias elucidadas por Womack & Jones (1998).

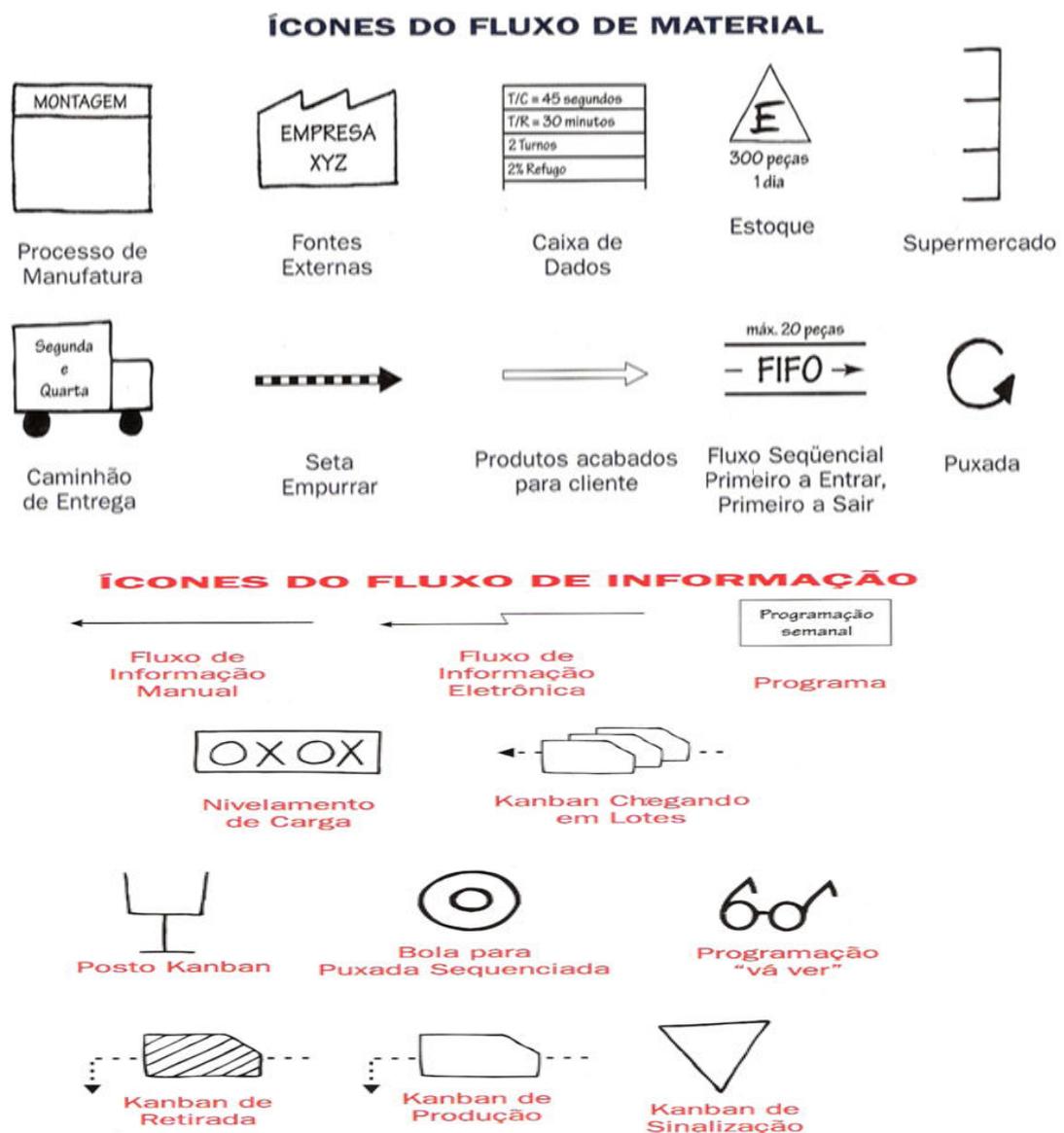


Figura 8: Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor.

Fonte: Womack & Jones, 1998.

Além das simbologias próprias, o VSM também possui suas métricas denominadas de tempo de ciclo (T/C), tempo de agregação de valor (V/A) e *lead time* (L/T), ilustradas na Figura 9. Tais informações são devidamente medidas e registradas nas caixas de dados existentes no VSM, acerca de cada uma das atividades que compõem o fluxo de valor.

O *lead time* corresponde ao tempo total de processamento de um produto, considerando as esperas, paradas e estoques entre os processos. O tempo de ciclo refere-se ao tempo de saída de uma peça pronta de uma célula de produção e, o valor agregado ao tempo real de processamento. Portanto, o sistema de produção enxuta preconiza o foco inicial na redução do *lead time*, chegar no tempo de ciclo por meio da eliminação de desperdícios e finalmente atingir o tempo de valor agregado conforme a perspectiva do cliente. Geralmente, a relação entre as métricas é: $V/A < T/C < L/T$.

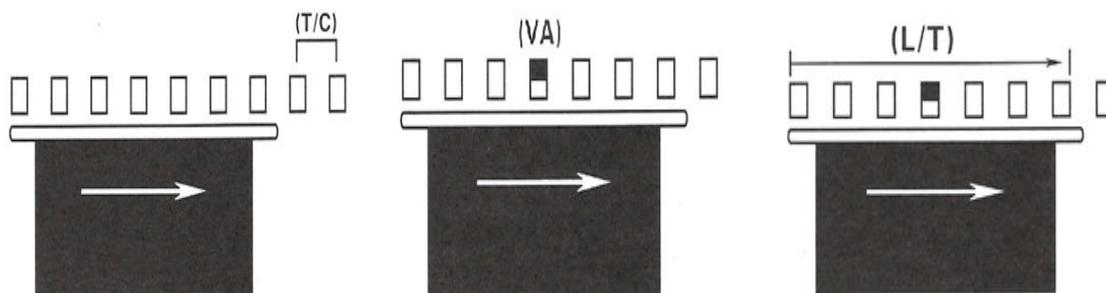


Figura 9: Métricas utilizadas no mapeamento do fluxo de valor.
Fonte: Womack & Jones, 1998.

Conforme Pasqualini (2005), basicamente, o VSM consiste em quatro etapas: seleção da família de produtos, mapa do estado atual, análise do mapa do estado atual e mapa do estado futuro.

Para tanto, autores como Womack & Jones (1998) descrevem algumas etapas a serem desenvolvidas na prática, para o desenho do VSM sendo, basicamente, as seguintes:

- selecionar uma família de produtos, ou seja, um grupo com etapas semelhantes de processamento e que utilizam equipamentos similares em seus processos;
- identificar o fluxo de material, os lugares de acúmulo de estoque, desenhando-os no mapa da situação atual, já que indicam a parada do fluxo;

- elaborar o mapa do estado futuro de como o seu valor deveria fluir, segundo fluxos futuros melhorados tanto de material quanto de informação;
- desenvolver um plano de implementação, descrevendo o planejamento para se chegar ao estado futuro e aplicá-lo o quanto antes e um novo mapa é desenhado visando melhoria contínua do fluxo de valor. Assim sendo, sempre haverá um mapa do estado futuro a ser implementado, que elimine fontes de desperdício e realmente agregue valor ao cliente. De forma resumida, tem-se o esquema ilustrado abaixo:



Figura 10: Etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor.
Fonte: Rother & Shook, 1999.

Convém lembrar que as idéias para o estado futuro surgem durante o mapeamento do estado atual, bem como ato de desenhar o estado futuro mostra informações importantes sobre o estado atual que passaram despercebidas.

Para Queiroz et al. (2004), no mapa do estado futuro, o fluxo de valor da produção enxuta busca ligar os processos, do cliente à matéria-prima, em um fluxo contínuo completo, com menor *lead time*, alta qualidade e custo mais baixo conforme os princípios e regras descritos anteriormente, definindo também:

- a produção de acordo com o *takt time* (divisão entre o tempo disponível de trabalho e o volume da demanda do cliente): é uma referência que determina o ritmo em que cada processo deve produzir para atender a demanda do cliente, sem gerar excesso de produção;
- o fluxo contínuo onde possível, produzindo uma peça de cada vez, e cada item é passado imediatamente para o processo seguinte, sem paradas e desperdícios;
- o sistema puxado com base em supermercados: o processo cliente retira somente o que precisa e quando precisa, ou seja, o processo fornecedor produz apenas para o reabastecimento e, na prática, a sinalização desta retirada pode ser feita através do movimento do *kanban*;
- o nivelamento do *mix* de produção: distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo. O nivelamento do processo puxador é proporcional à resposta das diversas solicitações dos clientes, além do *lead time* curto e pequeno estoque de produtos acabados.

Diante dos mapas do estado atual e futuro, Maia & Barbosa (2006) listam as principais vantagens do uso desta ferramenta:

- simplicidade, provisão de mudanças e elaboração de melhorias do processo;
- é um mecanismo de monitoração;
- eliminação de desperdício e otimização do fluxo do processo de manufatura e de equipamentos;
- facilita para a alta administração, o real conhecimento e controle do processo produtivo;
- real capacidade produtiva da fábrica e do *lead time*;
- viabilização de recursos (matéria-prima e mão-de-obra);

Quanto às possíveis dificuldades no desenvolvimento do VSM, segundo Xavier & Sarmiento (2006), destacam-se as seguintes:

- mapeamento desordenado de todos os fluxos de valor ao invés dos que acarretarão benefícios à organização;

- delegar o mapeamento a terceiros. A tarefa é de responsabilidade do gerente de produção;
- confundir o VSM com os tradicionais mapas de processo (MP), os quais focam os processos individuais, a visão do estado futuro é definida com base em perspectivas óbvias de melhorias, sem considerar os princípios da filosofia *lean*;
- níveis e locais de estoque observados em seus fluxos de valor, o que facilita a mensuração do *lead time*;
- não atribuição de valores não significativos aos mapas como informações desnecessárias, ou seja, o VSM tem que ser claro;
- atitude: olhar de longe não enxerga precisamente o estado atual e do estado futuro. Já de muito perto, permite apenas visualizar melhorias pontuais e não sistêmicas;
- elaboração de planos de ação, não de estudo. A prioridade é implantar o estado futuro desenhado, estipular prazos de implementação e destinar recursos.

2.6.2 *Leiaute da Manufatura Enxuta*

O leiaute da produção é o grande responsável pelos desperdícios identificados pela filosofia enxuta, devido à disposição dos meios de produção como o transporte, a movimentação nas operações e estoques.

Slack et al (1999) descreve quatro tipos de layout: layout posicional, layout por processo, layout por produto e layout celular, sendo este último a forma mais comumente utilizada para redução de desperdícios visando à filosofia da produção enxuta:

- *Leiaute posicional*: geralmente utilizado devido ao tamanho dos materiais transformados ou sua fragilidade;
- *Leiaute por processo*: junção de todos os recursos similares de operação, normalmente utilizado quando há variedade de produtos, sendo também conhecido como layout funcional.
- *Leiaute celular*: agrupamento de recursos necessários a certa classe de produtos, ou seja, o arranjo físico das máquinas é dedicado a um grupo exclusivo de peças;

- *Leiaute por produto*: os recursos de transformação são configurados na sequência específica de melhor conveniência do produto ou do tipo de produto, também conhecido como layout em linha.

Contudo, teoricamente, a solução ótima é a obtenção de células de manufatura totalmente independentes, ou seja, nenhuma peça é processada em mais de uma célula de manufatura. Para organizar a produção são utilizados dois tipos de sistemas: o sistema de produção por produto e o sistema de produção por processo.

O primeiro sistema caracteriza-se por máquinas dispostas que produzem produtos específicos, de baixo custo na movimentação de materiais, baixo nível de estoque de produtos em processo e elevado grau de controle das atividades de produção. Também apresenta elevada taxa de produção, pouca flexibilidade e não permite obter vantagens na economia de variedade. Já o sistema de produção por processo, as máquinas de mesma funcionalidade estão agrupadas em departamentos para facilitar o deslocamento de peças com processamentos em diferentes máquinas. É mais flexível, favorece elevada taxa de utilização dos recursos, induz a elevados níveis de estoque em processo e de movimentação de materiais, dificultando as tarefas dos gerentes responsáveis pelo controle da produção (XAMBRE & VILARINHO, 2003).

2.6.3 *Técnicas de Formação de células*

A formação de células é uma importante etapa no desenvolvimento do projeto de manufatura celular, envolve o agrupamento de peças em famílias e o agrupamento de máquinas em células de manufatura.

Para obtenção de um layout celular é necessário que os componentes dos produtos sejam agrupados em famílias de peças. O objetivo é fazer com que cada família seja processada em um grupo de máquinas com a mínima interação com os outros grupos. O caminho que os produtos percorrem pelas máquinas pode ser obtido dos cartões de rotina (fluxo e processo).

2.6.4 *Sistema Kanban de Controle da Produção*

Kanban significa cartão, foi criado pela *Toyota Corporation* e atua no Sistema de Produção Enxuta na forma de um sistema denominado de Sistema *Kanban*, onde um cartão

percorre todo o fluxo de valor avisando a necessidade de entregar certa quantidade de peças e a necessidade de produzi-las (MAIA & BARBOSA, 2006).

Slack et al. (1999) define três tipos de *kanban*:

- *Kanban* de transporte: avisa ao estágio anterior a disponibilidade de retirada do material do estoque e sua transferência a um destino específico. Pode conter informações acerca do número e descrição do componente, lugar de origem e destino, entre outras;
- *Kanban* de produção: é o sinal de que o processo produtivo pode começar a produzir certo item, e colocá-lo em estoque. Contêm informações do número e descrição do componente, descrição do processo, materiais necessários à produção dos componentes, etc;
- *Kanban* de sinalização: avisa ao fornecedor a necessidade do envio de materiais e/ou componentes a um estágio da produção, geralmente utilizado com fornecedores externos.



Figura 11: Tipos de *Kanban*.
Fonte: Jones & Womack, 2004.

Existem basicamente dois tipos de sistemas de *kanban*: de um cartão e de dois cartões. O *kanban* de um cartão é utilizado em postos de trabalho próximos, utilizando um mesmo quadro *kanban* entre os dois centros produtivos. Já o sistema de dois cartões é utilizado quando existe uma distância física expressiva entre os centros de trabalho, com o uso dos *kanban* de transporte e o de produção.

No Sistema de Produção Enxuta, nem sempre irão existir os três tipos de Kanban, sendo estes adequados a cada linha de produção. O *kanban* chegando em lotes, indica que diferentes produtos chegam ou saem da cadeia de valor, e devem ser respeitados em sua ordem.

Quanto às informações contidas, diversificam conforme o produto a ser produzido como o tipo de produto, cor, textura, tamanho, etc. O *kanban* de sinalização também pode ser de diferentes cores, geralmente utilizada a cor verde para indicar o estoque necessário e a cor vermelha para sinalizar a necessidade de reposição de matéria-prima.

O sistema *kanban* de produção é uma ferramenta que auxilia na produção enxuta e para Silva (2006), engloba dois tipos de atividades:

- controla o fluxo de material no chão de fábrica, do almoxarifado ao armazém de produtos acabados;
- melhoramento contínuo da produtividade, para identificar áreas com problemas e avaliar os resultados das mudanças.

O sistema *kanban* é utilizado quando há diferentes tamanhos de lotes entre as etapas do processo, em processos não balanceados ou quando a distância requer tempos retardatários ou variabilidade. Elaborar este tipo de sistema pode ser formal com a elaboração de análises e simulações.

Segundo o sítio *Strategos* (2007), devem ser seguidos os seguintes passos: analisar o produto – volume acima dos centros de trabalho; analisar outros modelos abaixo; identificar *kanban* de produto; identificar tamanhos apropriados de lotes; identificar receptáculos; identificar mecanismos de sinalização; especificar locais de estoques; especificar quantidades iniciais de *kanban*.

Com o embasamento conceitual e fácil aplicação desta ferramenta, a implantação do sistema *kanban* requer outros tipos de conhecimento tais como o do fluxo de produção, layout da fábrica, produção puxada e empurrada, dimensionamento dos cartões *kanban*, e afins, são descritos a seguir:

- *Fluxo de produção*: permite visualização e união de processos produtivos semelhantes em famílias de produtos, através do *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapa do Fluxo de Valor.

- *Leiaute*: utilizado na diminuição de desperdícios quanto à redução de movimentação, transporte e estoque em processo. O layout enxuto viabiliza o fluxo de pequenos lotes e determina o uso do sistema de um ou dois cartões *kanban*.

- *Produção puxada e empurrada*: em sistemas do tipo “empurrar” a produção tem início com o planejamento de previsões para demandas futuras, ou seja, a produção é iniciada antes da demanda, de forma que as entregas ocorram no prazo. Portanto, os *lead times* de produção devem ser conhecidos ou aproximados. No sistema “puxar”, a produção começa quando há demanda, disparada através de um sistema de controle descentralizado, onde peças ou produtos acabados são estocados em *buffers* ou pulmões, para evitar longos tempos de espera, isto é, possuem nível mínimo de inventário (GSTETTNER & KUHN, 1996 e SPEARMAN et al., 1990).

- *Dimensionamento dos cartões kanban*: define-se a quantidade de estoque necessária entre os processos, respeitando o mínimo de estoque do sistema *kanban*. Sugimori et al. (2008) ilustram duas fórmulas simples para calcular o número de cartões e dimensionar a quantidade de cada *kanban*:

Cálculo da quantidade por cartão (tamanho do *kanban*):

$$\frac{\text{Consideração da produção diária} \times \text{tempo de ressuprimento (hora)}}{\text{tempo disponível}} \quad (1)$$

Cálculo do número de cartões:

$$\frac{\text{Quantidade de kanbans}}{\text{tamanho do lote}} \quad (2)$$

A influência de muitas variáveis faz com que esta fórmula sirva como ponto de partida no dimensionamento do *kanban* e a análise não deve limitar-se ao resultado obtido nestas equações. O dimensionamento dos cartões considera a experiência dos funcionários, o tempo de *setup* e o ritmo de produção estimado.

A quinta ferramenta essencial para o desenvolvimento do Sistema de Produção Enxuta refere-se ao fluxo contínuo, foco deste trabalho e que será melhor detalhado na seção seguinte.

2.6.5 Fluxo Contínuo

Verifica-se então, a partir das ferramentas descritas no capítulo anterior, que o uso da ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor e o plano de implementação para o processo produtivo das famílias de produtos, é possível gerar benefícios ao cliente, especialmente quando se deseja criar um fluxo contínuo baseado no processo puxador, desde que haja colaboração de todos.

De acordo com os princípios descritos, a produção enxuta objetiva o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, considerando o todo e não somente os processos individuais, sempre buscando melhorá-lo em termos de fluxo de material e informação.

Um dos princípios apresentados por Womack & Jones (1998) refere-se à implementação da produção puxada nos processos. Este princípio segundo Rother & Shook (1999), é caracterizado pela produção de uma peça por vez, onde os itens passam entre os processos sem haver interrupções.

O conceito de fluxo contínuo, segundo Tapping & Shuker (2003), é a capacidade de produzir somente o que é necessário para o momento, nem mais e nem menos. O importante desta abordagem de produção é que se eliminam os desperdícios de todas as formas.

No entanto, a diferença entre o princípio produção puxada e a ferramenta fluxo contínuo reside no fato deste último requerer um sistema de produção puxada, isto é, a produção puxada pode não necessitar do fluxo contínuo.

Fluxo contínuo é um dos principais objetivos da produção enxuta, amplamente difundido e com poucas tentativas bem sucedidas, segundo Rother e Harris (2002), especialmente devido à concentração maior no desenvolvimento de layouts ao invés da real criação e manutenção de um fluxo contínuo eficiente. Para tal êxito, em boa parte dos casos, é necessária a formação de células de produção que trabalhem em um fluxo contínuo.

No entanto, ainda há o predomínio de produção em ilhas isoladas, onde é possível observar vários desperdícios, especialmente quanto aos estoques entre os processos de produção, de acordo com a Figura 12. Neste contexto, em parte dos casos se modifica o layout visando melhorias no processo produtivo. Conforme descrito no capítulo anterior, a cada realidade tem-se

uma solução considerada ótima, cabem adequações desde que haja habilidade na identificação, conhecimento acerca da ferramenta e atitude para prover mudanças.

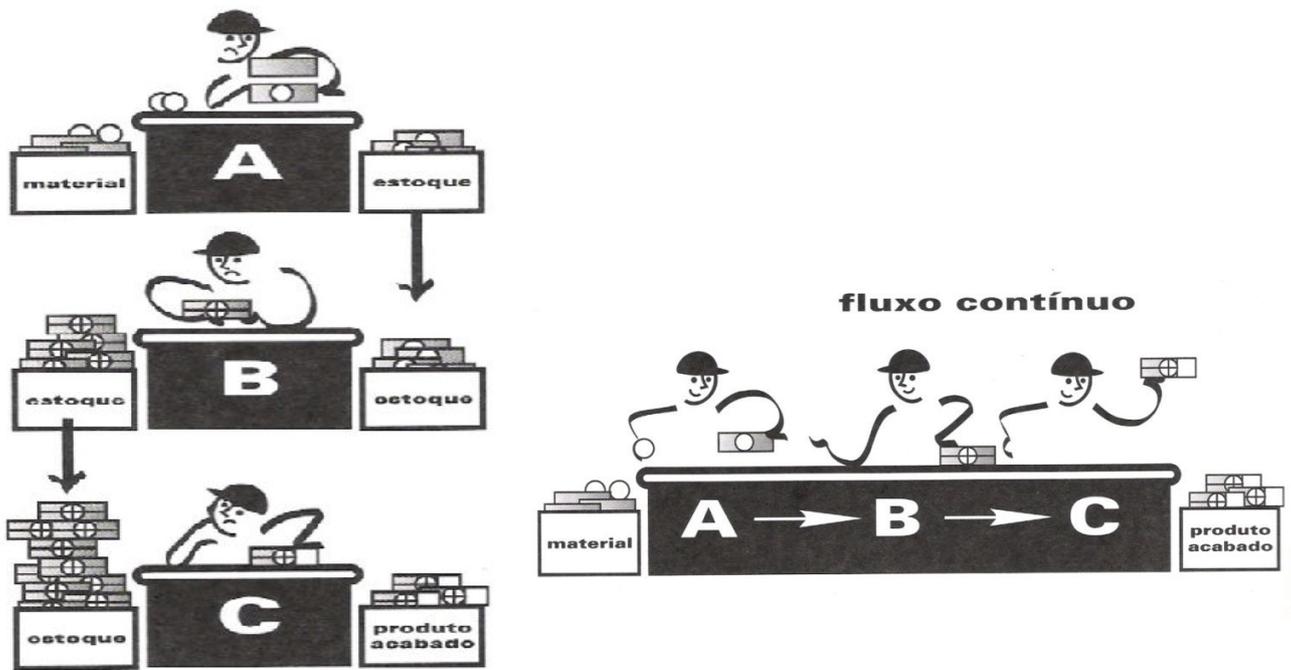


Figura 12: Situação ideal do modelo de produção considerando o fluxo contínuo.

Fonte: Rother & Harris, 2002.

Assim, a criação do fluxo contínuo não se limita ao processo puxador, estende-se a qualquer tipo de processo produtivo, de forma que o produto possa fluir ao longo da cadeia do fluxo de valor. Para Rother e Shook (1999), criar o fluxo de valor enxuto requer uma técnica mais apropriada e extremamente importante, conhecida como mapeamento do fluxo de valor, descrita no capítulo anterior.

Rother & Shook (1999) e Rother & Harris (2002) propuseram o modelo de implementação de fluxo contínuo, dividido em etapas:

1ª etapa: Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) de todo o atual processo de produção e uma proposta de mudança do mesmo, incluindo as melhorias necessárias à redução de perdas, especialmente das atividades que não agregam valor;

2ª etapa: implementar o fluxo contínuo, com o balanceamento das operações, das células de trabalho e, também introduzir um sistema de controle de produção puxado;

3ª etapa: utilizar o trabalho padronizado, definir ritmos e sequência da produção de forma a estabilizar os processos;

4ª etapa: melhoria contínua do trabalho padronizado através de sucessivos *kaizens*.

Assim sendo, a aplicação dos conceitos de fluxo contínuo em um processo puxador apresenta inúmeras vantagens para linha de produção. Algumas delas são mostradas a seguir:

- Redução do *lead time*;
- Redução do *WIP* (*work-in-process*);
- Redução do tempo de movimentação;
- Habilidade para identificar problemas e tratá-los mais cedo;
- Redução de área na unidade de trabalho;
- Flexibilidade nas trocas de demanda do consumidor;
- Redução de ordens de serviços e movimentação de pessoas;
- Facilidade na detecção e solução de problemas;
- Menos frustração dos trabalhadores.

Algumas ferramentas conduzem ao sucesso da aplicação do fluxo contínuo, dentre elas pode-se listar:

- Sistema Puxado: o estado ideal do fluxo contínuo é caracterizado pela habilidade de resposta de uma simples unidade de trabalho quando o consumidor puxa a produção. De modo simplificado: “movimente uma peça, faça uma peça”.
- Supermercado: é um sistema utilizado para pequenos estoques de produtos semi-acabados para completar uma unidade ou parcialmente completar um *WIP*. Um supermercado deve ser utilizado quando circunstâncias produzem dificuldade para sustentar o fluxo contínuo, ou seja, deve ser usado quando há variações de tempo de ciclo entre os processos.

- Sistema *Kanban*: é criado no processo de fluxo contínuo para gerenciar o fluxo interno nas unidades de trabalho e externamente os supermercados e áreas de trabalho. Constitui-se de uma maneira única ao enviar e requerer quantidades de serviço exatamente quando este é necessário. O *kanban* é uma forma de controle visual para movimentar uma unidade de trabalho.
- Primeiro que entra, primeiro que sai (PEPS): é o método de controle utilizado para garantir que as solicitações mais antigas (o primeiro que entra) são as primeiras a serem processadas (primeiro que sai).
- Balanceamento da Produção: é uma importante tarefa na criação do estado futuro para o fluxo contínuo quando se quer determinar a situação ótima na distribuição dos elementos de trabalhos (operações) no fluxo de valor para determinar o *takt time*.
- Trabalho Padrão: padronizar as operações mostra como criar o fluxo contínuo que se deseja enxergar no fluxo de valor. A padronização das operações é um estado de consenso de procedimento de trabalho que estabelece o melhor método e sequência para cada processo de produção. O trabalho padrão cria uma sequência eficiente do fluxo de valor que minimiza a variação do processo, estabelece melhores práticas que garantindo a qualidade do produto, fornece treinamento e capacitação fácil, garante lucratividade e ajuda os trabalhadores enxergarem a demanda dos clientes.

Portanto, o uso de tais ferramentas também se adéqua a cada tipo de processo e/ou serviços onde se deseja criar o fluxo contínuo, sendo sua aplicação mais evidente no âmbito da manufatura. Entretanto, as diferenças entre construção e manufatura são bem conhecidas sendo que as transferências dos conceitos e ferramentas requerem generalização e abstração (LILRANK, 1995 apud BULHÕES et al, 2005).

Possivelmente, os insucessos com a aplicação do fluxo contínuo em ambientes diferentes ao da manufatura, decorrem da falta de adequação e o uso incorreto da ferramenta. No entanto, a construção diferencia da manufatura através das características físicas do produto final, isto é, produtos únicos e complexos, espaço temporário para produção, constantes alterações de layout e ações de intempéries, são peculiaridades daquele setor onde os improvisos são

constantes. Diante disso, buscam-se alternativas e melhorias para o método de gerenciar, planejar e controlar a cadeia produtiva da construção civil.

Para Koskela (1992), aplicar o conceito de fluxo contínuo no âmbito da construção é um grande desafio. Womack & Jones (1998) também afirmam não ser simples, mas os conceitos e princípios básicos que regem a Produção Enxuta permitem sua utilização em qualquer ambiente produtivo, sejam produtos ou serviços.

Contudo, certos conceitos relacionados ao fluxo originados na indústria automobilística precisam de adaptações e podem ser traduzidos para as obras de modo equivocado ou ainda durante a aplicação. Em contrapartida a este pensamento, estudos como os de Bulhões et al (2006) apresentam resultados preliminares da implementação de fluxo contínuo no processo de montagem de estrutura pré-fabricada utilizando pequenos lotes de trabalho e padronização do trabalho, especificamente em canteiros de obras.

Tal aplicação foi possível a partir de uma combinação entre o VSM e a Linha de Balanço (LB), bastante disseminada na construção civil como uma técnica de planejamento. O ponto de partida foi avaliação do fluxo de valor do empreendimento e análise do processo e a definição dos ritmos dos processos, durante o planejamento das atividades de implementação de melhorias, utilização de ferramentas como o gráfico de balanceamento dos operadores (GBO) e tabela de combinação do trabalho padronizado (TCTP), que auxiliaram a criação do fluxo contínuo em processos de múltiplas etapas e múltiplos operadores.

Apesar da barreira quanto às mudanças organizacionais, as ações para a criação do fluxo contínuo permitem identificar problemas por parte da empresa e a realização de ações corretivas. Portanto, avaliar corretamente a cadeia do fluxo de valor é fundamental na escolha de técnicas e ferramentas que auxiliem na identificação e resolução de problemas, assim que detectados em uma linha de produção.

Koskela (1992) evidencia a falta de fluxo nos sistemas de produção, do setor da Construção Civil, devido a interrupções de processos, desperdícios, e subutilização de recursos (mão-de-obra, equipamentos e materiais).

O fluxo nos sistemas de produção baseado no fluxo contínuo, também envolve o uso de elementos *Lean* como a formação de células de produção. Para Dolcemascolo (2005), após o VSM, é necessário criar fluxos contínuos para implantação de células de produção.

Uma célula de produção caracteriza-se pelo arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos que definem etapas do processo, a proximidade dos mesmos e o sequenciamento das atividades pelo qual as partes devem ser processadas em um fluxo contínuo (ROTHER e HARRIS, 2001). Quanto ao leiaute físico, este pode assumir diversas formas, geralmente em “U” ou em linha reta, sendo determinado de acordo com o fluxo de valor.

Para Rother e Harris (2001), a criação de uma célula de produção segue as mesmas etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor, ou seja:

- determinar uma família de produtos que envolva produtos de etapas e máquinas semelhantes;
- designar um gerente de fluxo de valor para a família de produtos e desenhar o mapa do estado atual;
- criar uma célula de produção com um fluxo contínuo;
- desenvolver sistemas puxados baseados em supermercados;
- determinar o *takt time* da produção.

Uma vez criada, a célula de produção, é posta para funcionar e gerar um determinado produto sem haver estoques entre os processos. Basicamente, a célula de produção deve priorizar três tipos de fluxos segundo Rother e Harris (2001): o de informação (determinar metas, detectar e solucionar problemas), o de material (a peça passa somente por etapas que agregam valor) e o de operadores (trabalho consistente dentro do ciclo).

Produzir uma peça por vez e o repasse imediato desta ao processo seguinte, e assim sucessivamente, sem haver paradas, conforme Liker (2005), necessitam de outros elementos da Produção Enxuta como a padronização das tarefas e controle visual, aliados ao uso de tecnologias confiáveis e adequadas aos funcionários e aos processos, são grandes aliados para o desenvolvimento do fluxo contínuo.

No entanto, implementar o fluxo nas empresas de manufatura requer ações no chão de fábrica especialmente quanto a mudanças de comportamento de todos os envolvidos, da produção à diretoria da empresa. Investimento em treinamentos, multifuncionalidade, disciplina e habilidades na detecção e resolução de problemas, podem ser os passos para um bom desenvolvimento do fluxo contínuo em uma linha de produção.

Em pesquisas realizadas por Oliveira et al. (2007), os resultados apontam que apesar do desconhecimento dos princípios do Sistema de Construção Enxuta, as empresas utilizam algumas ferramentas do sistema, em especial as que possuem certificações de qualidade devido ao controle mais rigoroso à norma quanto aos materiais, serviços e processos como um todo, favorecendo a utilização de alguns princípios.

Contudo, no mercado competitivo das construções verticais, por exemplo, o uso de princípios e ferramentas da Construção Enxuta favorecem para a diferenciação e marketing das empresas. Poucos trabalhos foram desenvolvidos na construção civil, partindo dos cinco princípios descritos por Womack & Jones (1998) e as quatro regras de Spear & Bowen (1999), diretamente ligados à Produção Enxuta, em especial à criação do fluxo contínuo.

Por fim, pode-se afirmar que a utilização das ferramentas da Construção Enxuta auxilia as construtoras para que elas tenham um maior controle, tanto da produção como na gestão de suprimentos, evitando os retrabalhos e desperdícios, tão comuns na construção civil.

Percebe-se então, que existem diferentes concepções quanto ao fluxo contínuo. Womack & Jones (1998) consideram o fluxo contínuo como uma ferramenta, Koskela (1992) e Formoso (2000) como um elemento.

Nesta dissertação, no entanto, o processo de implementação do fluxo contínuo foi desenvolvido conforme o modelo proposto por Rother e Shook (1999), Womack & Jones (1998) e Rother e Harris (2002), seguindo as etapas do VSM; implementação da ferramenta fluxo contínuo com o balanceamento das operações, criação de células de trabalho e da produção puxada; trabalho padronizado, com definição do *takt time*, seqüência de produção e dimensionamento do *picchi*; e, a melhoria contínua através de *kaizens*.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

No desenvolvimento da pesquisa é necessário o real entendimento do método implementado, com uma visão geral a respeito da metodologia científica como um instrumento norteador da pesquisa.

O conhecimento científico, segundo Togneti (2006), é o resultado da investigação científica, que surge da necessidade de encontrar soluções aos problemas de ordem prática da vida diária e em fornecer explicações sistemáticas capazes de serem testadas e criticadas por meio de provas empíricas e discussões intersubjetivas.

Para Kourganoff (1999), pesquisa refere-se a um conjunto de investigações, operações e trabalhos intelectuais ou práticos que tem por objetivo descobrir novos conhecimentos, inventar novas técnicas e explorar ou criar novas realidades.

Portanto, é necessário pesquisar e desenvolver com confiabilidade a capacidade de repasse da pesquisa no ambiente analisado, uma vez que a pesquisa apóia-se em abordagens da metodologia científica. Lakatos e Marconi (1995) definem a metodologia científica como uma série de atividades sistemáticas e racionais que busca confiabilidade na solução de problemas e, que não existe ciência sem o emprego deste tipo de modelo.

A aplicação da metodologia científica engloba métodos e técnicas de pesquisa como elementos essenciais na aplicação do modelo estudado. Para Lima (2007), os métodos de pesquisa são subdivididos em métodos amplos (trata de questões genéricas e abstratas) e métodos de procedimentos (contém estratégias e abordagens de pesquisa).

Togneti (2006) descreve os tipos de pesquisa científica existente e suas cinco subdivisões, ilustrados na Figura 13.

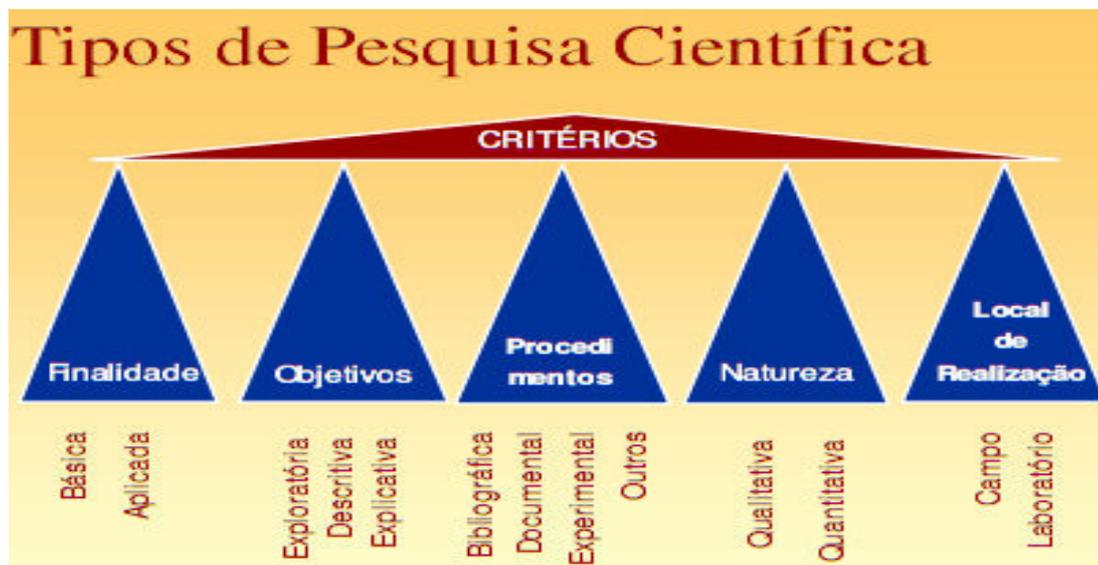


Figura 13: Tipos de pesquisa científica.
 Fonte: Togneti, 2006.

Já Santos (2002) define três tipos de pesquisa, divididos da seguinte forma:

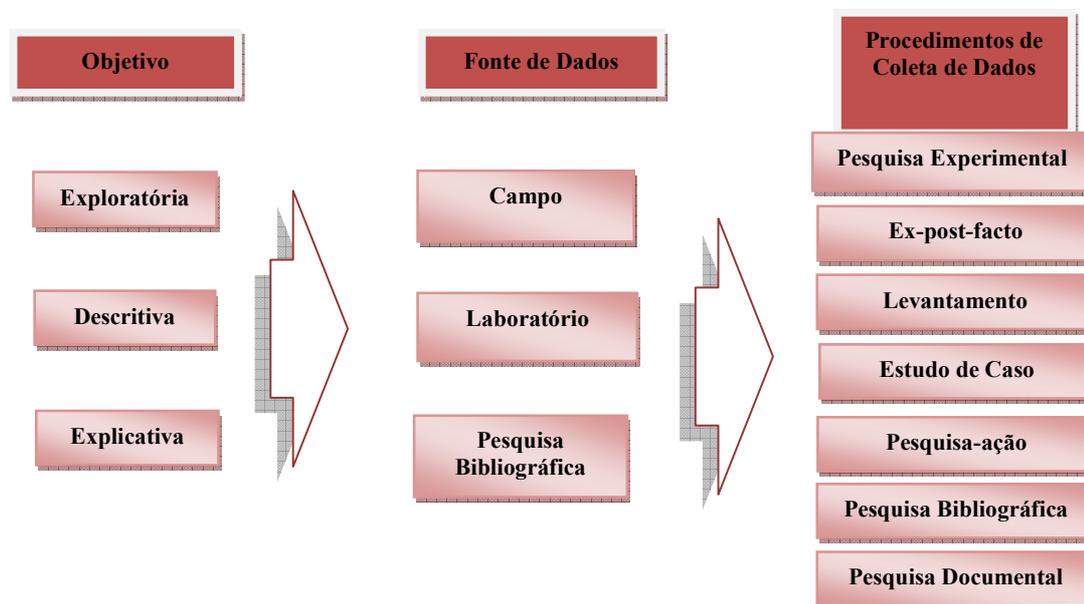


Figura 14: Tipos de pesquisa científica.
 Fonte: Santos, 2002.

Diferentes abordagens suscitam diferentes estratégias metodológicas na resolução de problemas. Holanda & Riccio (2002) descrevem que em qualquer tipo de estudo, utilizam-se métodos quantitativos (realizam-se inferências com base em amostras) e métodos qualitativos (faz-se análise de profundidade e as inferências é a própria teoria).

Partindo das premissas da metodologia científica proposta por Martins (1999), verifica-se maior abrangência da pesquisa, sendo esta a metodologia utilizada para o delineamento desta dissertação. Abaixo se ilustra o modelo proposto pelo referido autor e em destaque os caminhos percorridos para a implementação do fluxo contínuo na fabricação de estacas pré-moldadas de concreto para fundação.

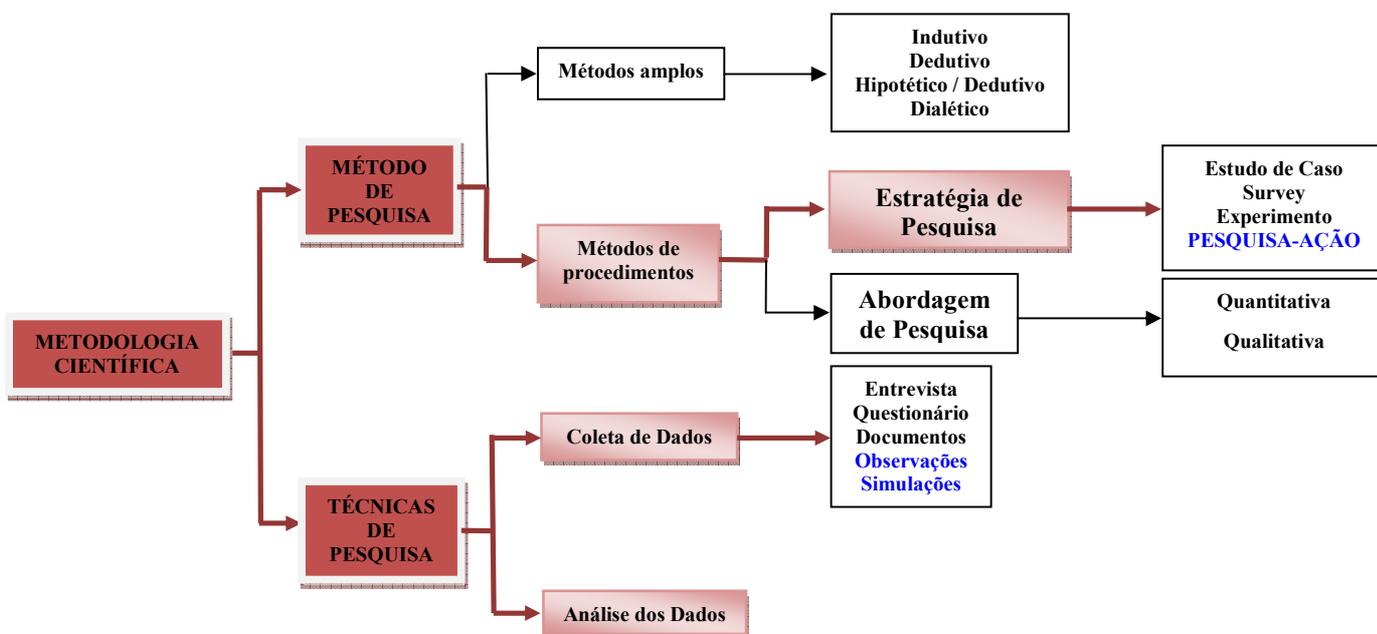


Figura 15: Delineamento da pesquisa científica.

Fonte: Adaptado de Martins, 1999.

Adequar a metodologia ao elemento essencial durante o desenvolvimento do modelo de implementação dos princípios do Sistema de Produção Enxuta, como estratégia de pesquisa utilizou-se a pesquisa-ação, devido à completa interação do pesquisador com o objeto de estudo (LIMA, 2007).

A pesquisa-ação foi criada por Kurt Lewin e conforme Holanda & Riccio (2002, p.4), este tipo de pesquisa caracteriza-se por um “ciclo de análise, fato-achado, concepção,

planejamento, execução e mais fato-achado ou avaliação. E então, uma repetição deste círculo inteiro de atividades, realmente uma espiral de tais círculos”.

Conforme Engel (2000), a pesquisa-ação surgiu da necessidade de integrar teoria e prática, que intervém na realidade, inovando ao decorrer do processo de pesquisa e, não apenas como uma possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto.

Para tanto, a aplicação do conhecimento teórico através do uso da pesquisa-ação como metodologia de aplicação visando implementar o fluxo contínuo no processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto, justifica-se pelas características peculiares da indústria da construção conforme descrito no capítulo anterior. Porém, por se tratar de uma fábrica ligada a esta indústria, com etapas fixas e fluxo do produto ao longo do processo produtivo, alcançar o objetivo da pesquisa dar-se-ia com maior efetividade através da pesquisa-ação.

Sommer & Amick (2003) ainda acrescentam que os pesquisadores comportamentais contribuem em aspectos teóricos e práticos, simultaneamente, e que o criador da pesquisa-ação argumentava o fato de não haver pesquisa sem avaliação e reestruturação. Segundo os referidos autores, de um modo geral, os investigadores que utilizam desta estratégia de pesquisa, comungam a idéia de que a pesquisa-ação engloba ciclos de planejamento, ação, reflexão ou avaliação e, ação.

As pesquisas de base qualitativa como a pesquisa-ação, buscam produzir explicações e gerar significados aos fenômenos, tão importante quanto os resultados. O sujeito é a fonte central geradora de significados sobre o mundo e ocupa diferentes lugares de uma mesma configuração.

Em contrapartida, para Monteiro et al (2001), não há total controle do processo de investigação, sendo a base fundamental da pesquisa-ação a perspectiva de transformação, da tomada de decisão e modificar a dicotomia teoria-prática, sujeito-objeto, permitindo recriar formas próprias de viver, fazer e saber.

Dickens & Watkins (1999) descrevem que os participantes de pesquisa-ação iniciam com pouco conhecimento de uma situação específica, assim sendo cabe à situação e condições ambientais conduzir a direção da pesquisa. Quanto aos investigadores de ação, fazem descobertas

científicas enquanto solucionam problemas práticos, isto é, os participantes de programas de pesquisa-ação não são tratados como objetos ou assuntos, e sim como co-investigadores.

Thiollent (1997, p. 117) enfatiza que

[...] nenhuma frase ou discurso incitando ao 'fazer' será tão poderosa quanto o 'fazer-fazendo'. Em geral, uma mudança cultural pressupõe mudanças no uso da linguagem. A linguagem usada na organização deve possuir uma força empreendedora, mas é uma tarefa árdua. Mudando as palavras ou suas definições, é possível introduzir pequenas mudanças nos modos de encarar as relações e os problemas da organização.

Em um processo de pesquisa-ação, todo o grupo é um elemento fundamental para segurança de cada participante e possibilita troca de experiências e trabalho colaborativo. Sommer & Amick (2003) descrevem os estágios da pesquisa-ação e enfatizam que não é regra segui-los, e sim adequá-los ou acrescentar de acordo com a necessidade. Eis os estágios:

Estágio 1 - definição do problema;

Estágio 2 - criação de um comitê de pesquisa: divisão de tarefas e desenvolvimento de um cronograma;

Estágio 3 - treinamento;

Estágio 4 - promover entrevistas de campo e levantamento de dados;

Estágio 5 - análise dos dados;

Estágio 6 - promover um *feedback* interno, na organização;

Estágio 7 - disseminar informações;

Estágio 8 - aplicação dos resultados e avaliação.

Com base nestes estágios e adequando-os à realidade da pesquisa, verifica-se que todos foram possíveis uma vez que: os problemas encontrados na fábrica de estacas pré-moldadas eram o desperdício e uma linha de produção com base no modelo tradicional de gestão; foi criada uma equipe de trabalho que envolvia o gerente de produção e um líder de cada etapa do processo, os

quais possuíam liberdade de intervir e opinar acerca das mudanças propostas pelo investigador; a cada mudança na linha de produção, os operadores passavam por treinamentos no próprio posto de trabalho e contribuíram positivamente após esclarecimentos preliminares durante as reuniões com a direção da empresa.

No entanto, alguns estudiosos da pesquisa tradicional apontam as principais desvantagens da pesquisa-ação, tais como Cohen & Manion (apud ENGEL, 2000), os quais elucidam: o objetivo situacional e específico da pesquisa-ação; amostra restrita da pesquisa-ação e não-representativa; pouco ou nenhum controle sobre variáveis independentes; não permite a generalização dos resultados, ou seja, são válidos apenas no ambiente em que é realizada a pesquisa.

Sommer & Amick (2003) destacam ainda que a pesquisa-ação: requer um longo período de tempo; possui um elevado risco e falta de sensibilidade quando não há envolvimento de todos os grupos essenciais no comitê de pesquisa, no desenvolvimento da pesquisa e no levantamento de dados; é menos rigorosa e mais fluida.

A justificativa deste trabalho para o uso do método de procedimento de pesquisa-ação reside no fato desta:

- promover o envolvimento das pessoas e o desenvolvimento de grupos interessados em mudanças;
- reduzir a distância entre o pesquisador e a sociedade;
- ter como base de estudo a mudança nos fatos (pesquisa) ao invés de especulações ou ideologias;
- fornecer *feedback* aos pesquisadores quanto a importância de seu trabalho;
- e, permitir o ensinamento dos pesquisadores em conduzir pesquisas de campo.

É necessário ainda que o pesquisador detenha total conhecimento acerca de teorias e conceitos, métodos de coleta de dados e análise estatística, bem como formas de disseminação dos resultados de pesquisa (SOMMER & AMICK, 2003; LIMA, 2007).

Com base no exposto acima, a pesquisa teve início com a identificação do problema na linha de produção por parte da empresa, a qual aceitou a proposta da melhoria, com o cronograma previsto para 8 meses. Para o diagnóstico da linha de produção, utilizou-se a ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor, característico do Sistema de Produção Enxuta, com a coleta de dados através de observações e simulações.

As observações ocorreram *in loco* e a cada etapa do processo foram anotados e cronometrados todos os elementos de trabalho, bem como os tempos referentes aos deslocamentos entre os postos de trabalhos de pessoas e material, dados estes posteriormente compilados e tabulados para então serem analisados. Portanto, quanto ao método de procedimentos para abordagem de pesquisa de modo qualitativo e quantitativo.

Conforme as observações, análise dos mapas do estado atual e futuro, planejamento e implementação das ações de melhoria, a intervenção na linha de produção ocorreu com o auxílio do gerente de produção, uma vez que coube a ele a responsabilidade de auxiliar e interferir na linha de produção e, quaisquer mudanças no chão de fábrica eram previamente agendadas.

O fato importante na elaboração e no planejamento para implementação do Sistema de Produção Enxuta conjugada com a estratégia de pesquisa proposto é a participação de todos os envolvidos no processo de melhoria. Portanto, o facilitador para concretização desta pesquisa, contou com a efetiva sinergia entre todos os colaboradores.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A classificação de uma empresa quanto ao porte pode ser feita considerando critérios como número de funcionários e rendimento anual, por exemplo. Segundo a Carta-Circular¹ nº 64/2002, a empresa pesquisada classifica-se como de pequeno porte devido sua receita operacional bruta anual ou anualizada superior estar compreendida no intervalo de um milhão e duzentos mil Reais e inferior ou igual a dez milhões e quinhentos mil Reais, segundo informações da direção da empresa.

Segundo a classificação quanto ao número de empregados, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2003) adota os mesmos parâmetros do SEBRAE e assim também classifica a empresa pesquisada como de pequeno porte, devido seu contingente de trabalhadores em torno de 55 funcionários (Anexo A).

A empresa tem 27 anos de existência, localiza-se no bairro do Distrito Industrial, situado no município de Ananindeua – PA. O setor administrativo compreende diretoria geral, gerência geral, recursos humanos e financeiros, técnico de segurança no trabalho, almoxarife e gerente de produção.

A diretoria e a gerência geral possuem formação em Engenharia Civil, responsável pelo desenvolvimento de projetos, fechamento de contratos, conduz os trabalhos dentro e fora da empresa. Nos recursos humanos, uma pessoa realiza contratações e demissões, verifica a presença ou não dos trabalhadores em todos os postos de trabalho e providencia uniforme. A responsável pelo setor financeiro lida diretamente com o diretor geral da empresa e pela cobrança dos serviços prestados.

¹ Carta-Circular nº 64/2002 de 14 de Outubro de 2002, que comunica aos agentes financeiros e arrendadoras que os valores utilizados para a classificação de porte das empresas, passam a ser aplicados também para as operações com garantia de risco por conta do Fundo de Garantia para a Promoção da Competitividade - FGPC.

No chão de fábrica atuam duas pessoas: o gerente de produção e o almoxarife. O almoxarife solicita, recebe e entrega as ferramentas de trabalho e de materiais acondicionados em seu setor. O gerente de produção faz o recebimento de material (areia, seixo, cimento, aço), controla a produção e a retirada de estacas pré-moldadas.

Em média, são 55 trabalhadores distribuídos de acordo com o serviço a que estão habilitados. No chão de fábrica, cerca de 13 funcionários trabalham diariamente em diversos setores: manutenção de equipamentos, linha de produção de estacas pré-moldadas e serviços gerais.

A empresa atua principalmente no mercado da região Norte do Brasil e oferece serviços de sondagem, moldagem² e cravação de estacas pré-moldadas, perfuratriz hidráulica e hélice contínua e segmentada, conforme ilustrado na Figura 16.



Figura 16: Ilustração de alguns serviços oferecidos pela empresa pesquisada.

Fonte: Barbosa, 2007.

² A expressão “moldagem” é utilizada para caracterizar a produção do concreto e o preenchimento das fôrmas com o mesmo, termo esse bastante utilizado na indústria da Construção Civil.

4.2 DESCRIÇÕES DAS ATIVIDADES

O processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações envolve três principais atividades: “serralheria”, “ferragem” e “concretagem”, que produzem peças para a produção de cinco tipos de estacas quanto a sua dimensão, 20x20cm; 25x25cm; 30x30cm, 35x35cm e 40x40cm. As fôrmas ficam armazenadas na própria fábrica, quer estejam preenchidas ou não, também variam conforme a quantidade e tamanho, sendo no total: 15 fôrmas de 20x20cm, 10 de 25x25cm, 10 de 30x30cm, 5 de 35x35cm e 2 de 40x40cm.

A produção da fábrica é de 30 estacas/dia, sendo limitada apenas pela quantidade de fôrmas ou falta de material. Quanto à matéria-prima, na maioria dos casos cabe ao cliente a responsabilidade de enviar os materiais à fábrica. Entretanto, todo o quantitativo é feito pela empresa, a qual disponibiliza o local para o armazenamento e manuseio do mesmo. Parte das entregas é realizada dias após o fechamento do contrato e posteriormente conforme a necessidade.

4.2.1 Serralheria

O processo inicia na serralheria com a produção de anéis que irão compor as cabeças³ das estacas. Esta atividade utiliza chapas de aço denominadas de barra chata, variável conforme a dimensão da estaca e possui tamanho nominal de: Estaca 20x20cm = 1.1/2” x 3/16”; Estaca 25x25cm = 2” x 3/16”; Estaca 30x30cm = 2.1/2” x 1/4”; Estaca 35x35cm = 3” x 1/4”.

As barras chatas possuem um comprimento de 6m e são cortadas de acordo com a dimensão das estacas. Uma vez cortadas, são desenvolvidos os seguintes elementos de trabalho: dobra, alinhamento e esquadrejamento, seguindo para solda e um novo alinhamento, conforme ilustrado na Figura 17. Até este ponto, denomina-se a peça de *aro*, a qual possui o formato quadrado.

³ O termo “cabeça” refere-se ao anel metálico utilizado em cada ponta da estaca.



Figura 17: Primeira etapa da serralheria, com o processo de corte, dobra, solda, alinhamento e esquadro da barra chata, originando o aro.

Fonte: Barbosa, 2007.

A segunda parte deste processo corresponde aos seguintes elementos de trabalho: corte da barras de aço e dobra – denominada de *vergalhão* - e solda destas barras de aço no *aro*. As varas de aço também alteram conforme a dimensão da estaca, bem como o comprimento, conforme o estabelecido pela norma técnica. As bitolas de aço utilizadas são de 8.0 mm, 10 mm, 12,5 mm e 16 mm, todas de 12m de comprimento total, cortadas e dobradas de acordo com a dimensão da estaca pré-moldada. Este subprocesso é ilustrado na Figura 18.



Figura 18: Segundo processo da serralheria com o corte, dobra e solda dos vergalhões no aro.
 Fonte: Barbosa, 2007.

A partir da solda dos vergalhões, a peça final é denominada de *anel*, possui um vergalhão soldado em cada canto e um em cada face da peça, totalizando oito. Os cantos são arredondados durante o processo de dobra da barra chata, de forma que a peça contenha apenas uma emenda de solda, o que garante maior estabilidade e menores chances de ruptura durante o processo de cravação da estaca. O produto final do processo de serralheria é ilustrado na Figura 19.



Figura 19: Resultado final do processo de serralheria – anel.
 Fonte: Barbosa, 2007.

Quanto aos equipamentos, o processo de corte utiliza o gás oxigênio e o “maçarico” para barra chata de maior espessura e uma “guilhotina” para as menores. Duas mesas são utilizadas para a dobra de barra chata e de vergalhões, reguladas conforme a dimensão do aro. Os vergalhões são cortados no “cutelo”. Alguns destes equipamentos são ilustrados na Figura 20.



Figura 20: Equipamentos utilizados na fabricação do anel.
Fonte: Barbosa, 2007.

4.2.2 Ferragem

A ferragem é responsável pela preparação das armaduras de aço. É um serviço terceirizado, geralmente não existe uma quantidade fixa de trabalhadores, ficando este aspecto sob a responsabilidade do líder da equipe. No geral, atuam no mínimo quatro pessoas.

A produção de armaduras de ferro ocorre na própria fábrica e há grande agilidade e multifuncionalidade dos operadores. Os elementos de trabalho que compõem a confecção de armaduras são divididas em:

1ª etapa: Retirada do material do armazenamento e corte das varas de aço que compõem a armadura longitudinal, no total de oito barras com 8 m de comprimento.



Figura 21: Armazenamento da matéria-prima e local de corte para fabricação das armaduras.
Fonte: Barbosa, 2007.

2ª etapa: Retirada da bobina de aço, desbobinamento na máquina, corte e dobra para a fabricação de *galgas* localizadas nas “cabeças” das armaduras. No total, cada “cabeça” de uma estaca contém 32 galgas que possuem o formato de “C” alongado.



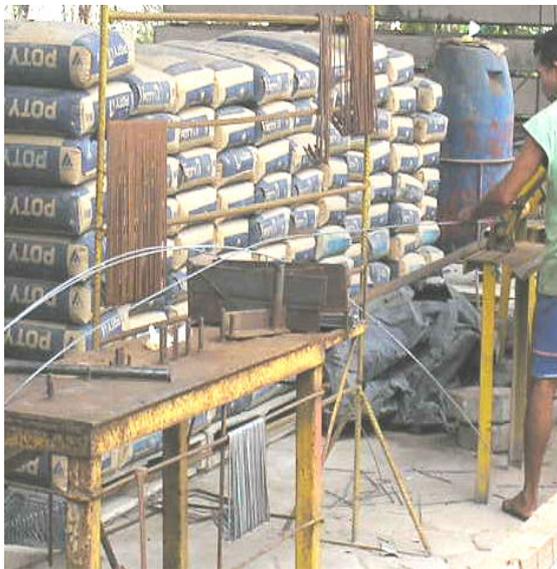
Figura 22: Armazenamento da matéria-prima, local de corte e dobra para fabricação das galgas.
 Fonte: Barbosa, 2007.

3ª etapa: Corte das varas de aço e dobra para fabricação das alças.



Figura 23: Local de corte e dobra para fabricação das alças.
 Fonte: Barbosa, 2007.

4ª etapa: Desbobinamento, corte e dobra para fabricação de estribos “sanfonados”.



CORTE E DOBRA



ESTRIBO SANFONADO

Figura 24: Corte e dobra para fabricação de estribos.

Fonte: Barbosa, 2007.

5ª etapa: Montagem e armazenamento das armaduras.



MONTAGEM



ARMAZENAMENTO

Figura 25: Montagem e armazenamento de armaduras.

Fonte: Barbosa, 2007.

De um modo geral, com a finalização das peças oriundas dos processos da serralheria e da ferragem, tem-se a seguinte estrutura interna da estaca pré-moldada de concreto ilustrada na Figura 26. Uma vez montada esta estrutura dentro da fôrma metálica, ocorre a produção e o lançamento do concreto na mesma, processo este descrito no próximo item.

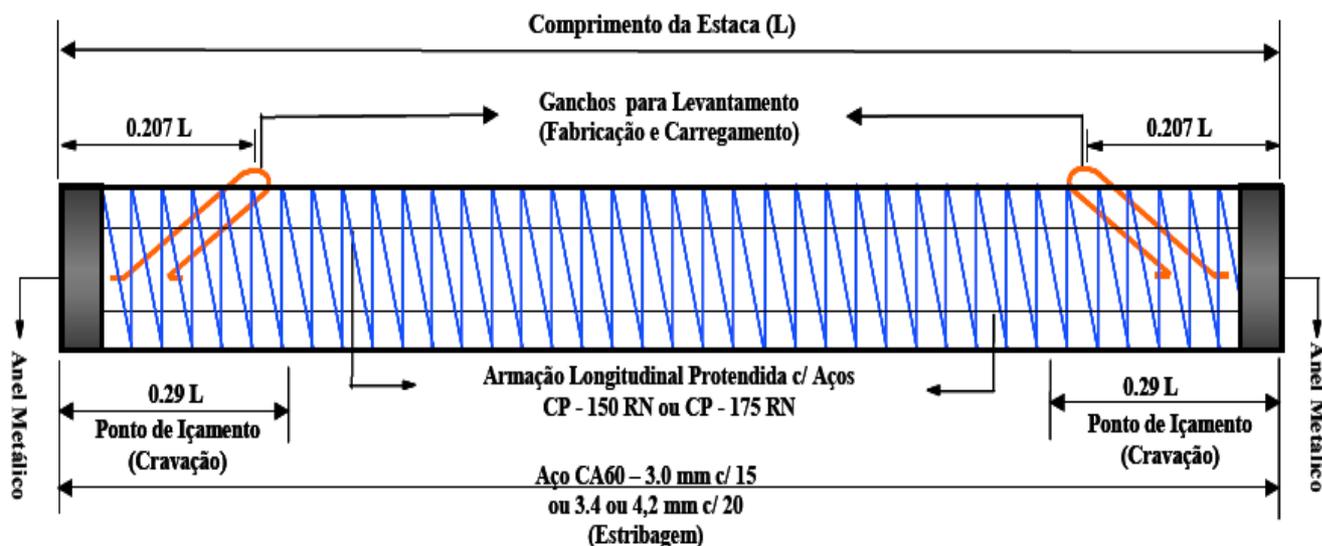


Figura 26: Detalhe construtivo do produto final resultante dos processos da Serralheria e Ferragem.
Fonte: Franco et al., 2004.

4.2.3 Concretagem

A concretagem compreende a preparação das fôrmas, produção e lançamento (moldar) do concreto nas mesmas. Neste setor atuam um oficial habilitado (betoneiro) e seis ajudantes, sendo estes distribuídos da seguinte forma: dois no carregamento da areia, dois no seixo e dois no lançamento do concreto na fôrma. Os responsáveis que atuam neste setor desenvolvem os elementos de trabalho da seguinte forma:

1º passo: Limpeza e passagem de desmoldante nas fôrmas.



Figura 27: Preparação das fôrmas.
Fonte: Barbosa, 2007.

2º passo: Colocação das armaduras de aço e dos anéis. Posteriormente, as fôrmas são fechadas e apertadas.



Figura 28: Montagem das fôrmas.
Fonte: Barbosa, 2007.

3º passo: Carregamento da betoneira com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (seixo), água e cimento.



Figura 29: Carregamento da betoneira.
Fonte: Barbosa, 2007.

4º passo: Produção e lançamento do concreto na fôrma. Uma vez pronto, o concreto é lançado na fôrma e simultaneamente há vibração desta como um todo, por meio de uma mesa vibratória de 1m de largura e 8m de comprimento, com o objetivo de adensar o concreto.



Figura 30: Lançamento do concreto nas fôrmas e vibração das mesmas.

Fonte: Barbosa, 2007.

5º passo: Aliada à moldagem de fôrmas, existe outra atividade que se refere ao içamento de fôrmas moldadas com auxílio da ponte rolante, a qual retira a fôrma de cima da mesa vibratória e coloca-as em um outro local para o processo de cura do concreto.



Figura 31: Fôrmas em processo de cura do concreto e içamento das estacas.

Fonte: Barbosa, 2007.

6º passo: Após 24 horas do lançamento do concreto na forma, as estacas são desformadas e armazenadas no próprio chão da fábrica através da ponte rolante. As estacas passam por um período de cura de 15 a 20 dias para haver liberação e cravação no canteiro de obra.

4.3 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FLUXO CONTÍNUO

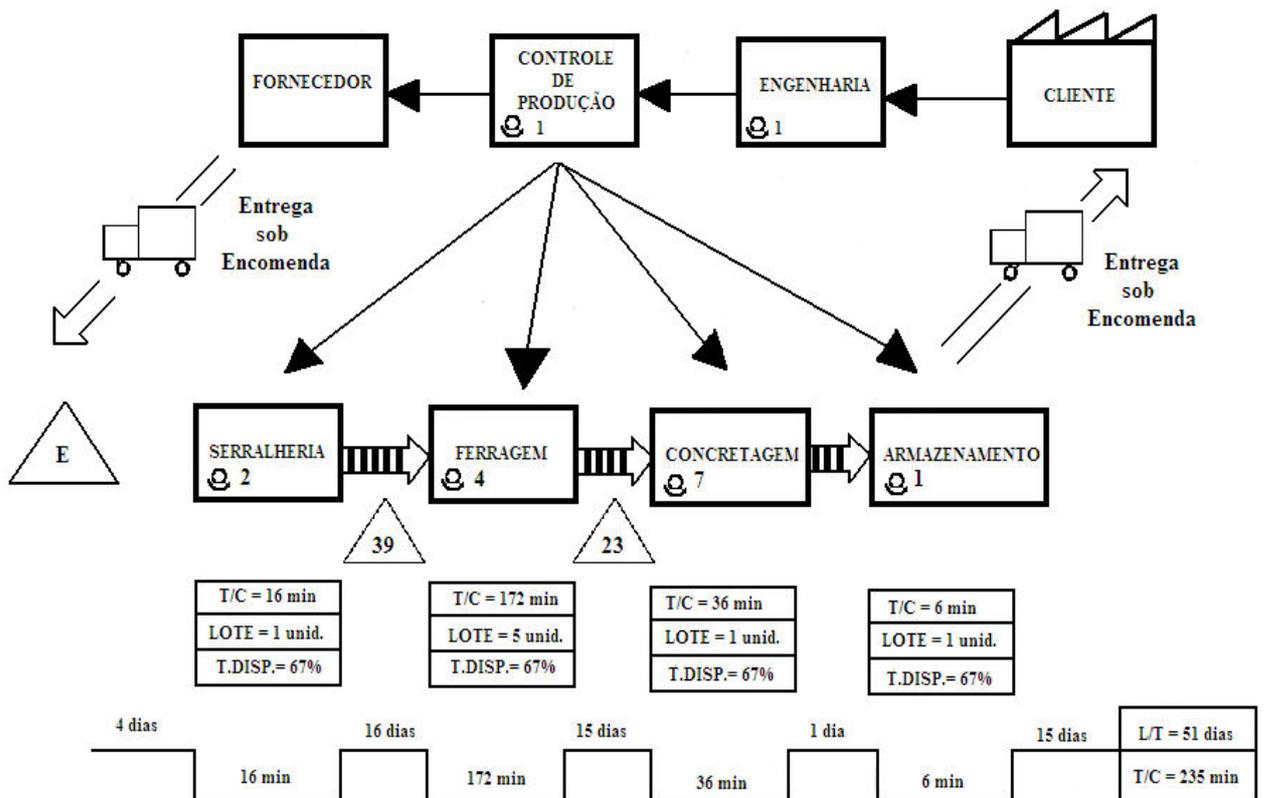
A Produção Enxuta demonstrada por Taichii Ohno, fundamentalmente baseada na eliminação de perdas, inclui técnicas como a filosofia *Just in Time*, *Kaizen* e *Kanban* e, é alcançada na prática, por meio de disciplina e persistência. Para associar estas técnicas ao processo produtivo de estacas pré-moldadas de concreto, é preciso verificar os elementos e as ferramentas mais adequadas que favoreçam a criação do fluxo contínuo.

Desta forma, elementos da produção enxuta como o *just in time* (JIT), *kanban* e *kaizen* e as ferramentas do Mapeamento do Fluxo de Valor, Sistema *kanban* de controle da produção e Fluxo Contínuo, além do Gerenciamento Visual foram utilizados na implementação do fluxo contínuo nesta fábrica de estacas pré-moldadas de concreto.

O cronograma previsto para implementar o fluxo contínuo nesta fábrica, foi previsto para 8 meses. Durante os dois primeiros meses foram realizadas observações e análises a partir da cronometragem cada um dos elementos de trabalho que compõem o processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundação. Com base nos dados obtidos e da análise proveniente do uso das técnicas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta, realizou-se uma reunião com os funcionários, incluindo o setor administrativo, para divulgação dos resultados.

Neste primeiro momento foi analisado o processo de produção das estacas sem considerar suas dimensões, mesmo sabendo que o volume de concreto entre elas difere e influenciam no *lead time* final, porém o processo de produção é similar.

Em seguida, foi utilizada a ferramenta do VSM, cronometrando cada uma das etapas, que originou ao seguinte mapa, denominado de Mapa do Estado Atual, mostrado na Figura 32.



MAPA DO ESTADO ATUAL

Figura 32: Mapa do Estado Atual (VSM 1) da produção de estacas pré-moldadas.

Fonte: Barbosa, 2007.

Com base na metodologia de definição do mapeamento do fluxo de valor descrito no Capítulo 2 e análise do mapa do estado atual (VSM 1) foi possível verificar e listar as seguintes características do processo de produção:

- Informação concentrada no controle de produção: o gerente de produção diariamente distribuía a todas as etapas do processo, a demanda da produção;
- Entrega de matéria-prima pelos fornecedores: acumuladas em estoques iniciais, a matéria-prima era fornecida pelo próprio cliente, considerando a área destinada ao armazenamento da mesma;
- Os processos atuam de maneira isolada: sem considerar o estoque de peças acabadas entre os processos, cada etapa continuava a produzir diariamente;

- As etapas produzem peças intermediárias para estoque (WIP): a falta de controle das peças semi-acabadas em cada uma das etapas contribuía para um elevado estoque;
- Produção empurrada: cada etapa do processo produzia para estoque, sem considerar a quantidade de peças existentes;
- As caixas de dados localizadas abaixo de cada uma das etapas de processamento, evidenciam seus respectivos tempos de ciclo de processamento, correspondente à análise do lote unitário de peças;
- Abaixo das caixas de dados, existem duas “régua”: a superior refere-se ao tempo *lead time*, o qual considera todos os tipos de esperas e processamento das peças, enquanto que a “régua inferior” corresponde ao tempo de ciclo de cada uma das etapas do processo produtivo;
- *Lead time* elevado, de 51 dias: considerando todas as esperas, para a produção de uma unidade;
- Geram um elevado armazenamento de produtos acabados (estacas), os quais ocupam uma área elevada e nobre na fábrica.

Desta forma, verificaram-se as principais características deste modelo de produção, destacando diversas possibilidades de intervenção na promoção de melhorias na linha de produção com base na literatura e metodologia adequada.

Dentre as peculiaridades apresentadas no VSM 1, outras ferramentas como o sistema *kanban* de produção, técnicas de formação de células e leiaute celular foram idealizadas como melhorias visando eliminar a produção empurrada, fazer fluir a informação entre os processos e ordenar a linha de produção, bem como o uso de supermercados e a criação do fluxo contínuo para eliminar estoques em processo e determinar a produção puxada.

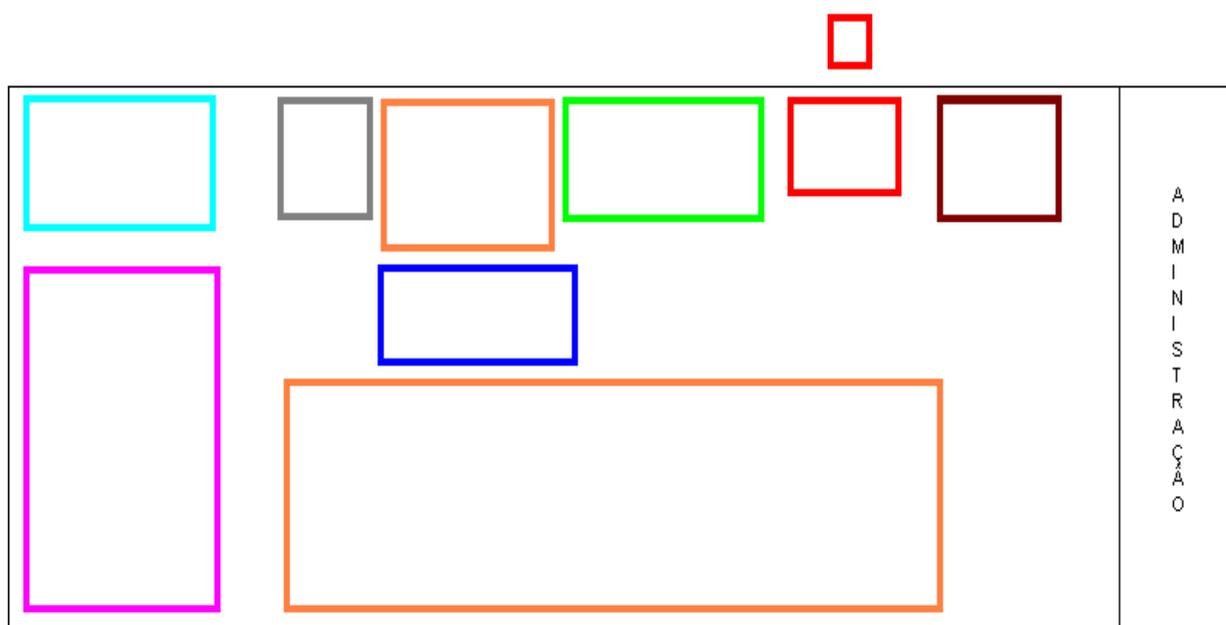
Para melhor visualizar os estoques em processo e a produção empurrada, a Figura 33 ilustra por meio de fotos, a análise acima descrita, tendo em vista os três processos de fabricação de estacas pré-moldadas de concreto.



Figura 33: Estoques dos processos de produção de estacas pré-moldadas.
Fonte: Barbosa, 2007.

O leiaute da fábrica quanto à distribuição de equipamentos e de matéria-prima é ilustrado na Figura 34. A referida figura destaca, por meio de cores, todos os processos de produção da estaca pré-moldada assim como as demais atividades realizadas como manutenção de equipamentos, área destinada ao armazenamento de cimento e de fôrmas.

O destaque da figura corresponde à elevada área destinada à cura do concreto. O leiaute era assim disposto dentro da fábrica, entretanto, certas operações eram realizadas fora da linha de produção. Equipamentos estavam dispersos por toda a fábrica e cabia aos trabalhadores se deslocarem em demasia e realizar carregamentos de peças, a fim de iniciar ou concluir uma etapa do processo.



LEGENDA:

CONCRETAGEM	FERRAGEM	SERRALHERIA	ARMAZENAMENTO DO FÔRMAS
DEPÓSITO DE CIMENTO	ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA	MANUTENÇÃO	ARMAZENAMENTO DE ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO

Figura 34: Leiaute da fábrica quanto a distribuição de equipamentos e de matéria-prima.

Fonte: Barbosa, 2007.

Algumas dessas características foram registradas em fotos conforme Figura 35. A Figura 35 ilustrada acima se refere à serralheria, ou seja, à fabricação de anéis. A foto 2 destaca na cor vermelha a posição da “célula” da serralheria no chão de fábrica, os equipamentos e o local da matéria-prima utilizada pela mesma. Além do uso de equipamentos localizados fora da linha de produção (Figura 35a), existiam também atividades sendo realizada, como a manutenção de outros equipamentos paralelos à produção de estacas, o que dificultava o fluxo de material e de pessoas (Figura 35b).



Figura 35: Equipamentos fora da linha de produção (Foto 1) e disposição física da serralheria e interrupções na linha de produção de estacas pré-moldadas.

Fonte: Barbosa, 2007.

Verifica-se, portanto, a dispersão de equipamentos e uma falsa linha de produção, que gera desperdícios como movimentação excessiva de peças e pessoas, transportes desnecessários, estoques em processo, dentre outros.

Seguindo a metodologia do VSM, a partir do mapa do estado atual foram idealizados outros mapas para um estado futuro com as ações de melhorias. Inicialmente idealizaram-se os processos da serralheria e da ferragem atuando por elementos de trabalho conforme etapas e equipamentos semelhantes (corte, dobra) dispostos fisicamente em paralelo, uma vez que ambos possuem como matéria-prima base as barras de aço. Desta forma, viabilizaria também o uso do sistema *kanban* de produção como uma ferramenta necessária ao fluxo de informação e de material.

No entanto, estes mapas tiveram sua aplicação estendida devido ao baixo comprometimento inicial do controle de produção e da gerência geral, aos quais detinham todo o projeto de melhoria e a cada reunião era posto em questão um novo leiaute para a linha de produção.

Com base nas observações obtidas, o ideal seria a criação de células de produção, especialmente devido ao espaço físico destinado à linha de produção. O mapa final do estado futuro proposto para fábrica com base na produção puxada foi o seguinte:

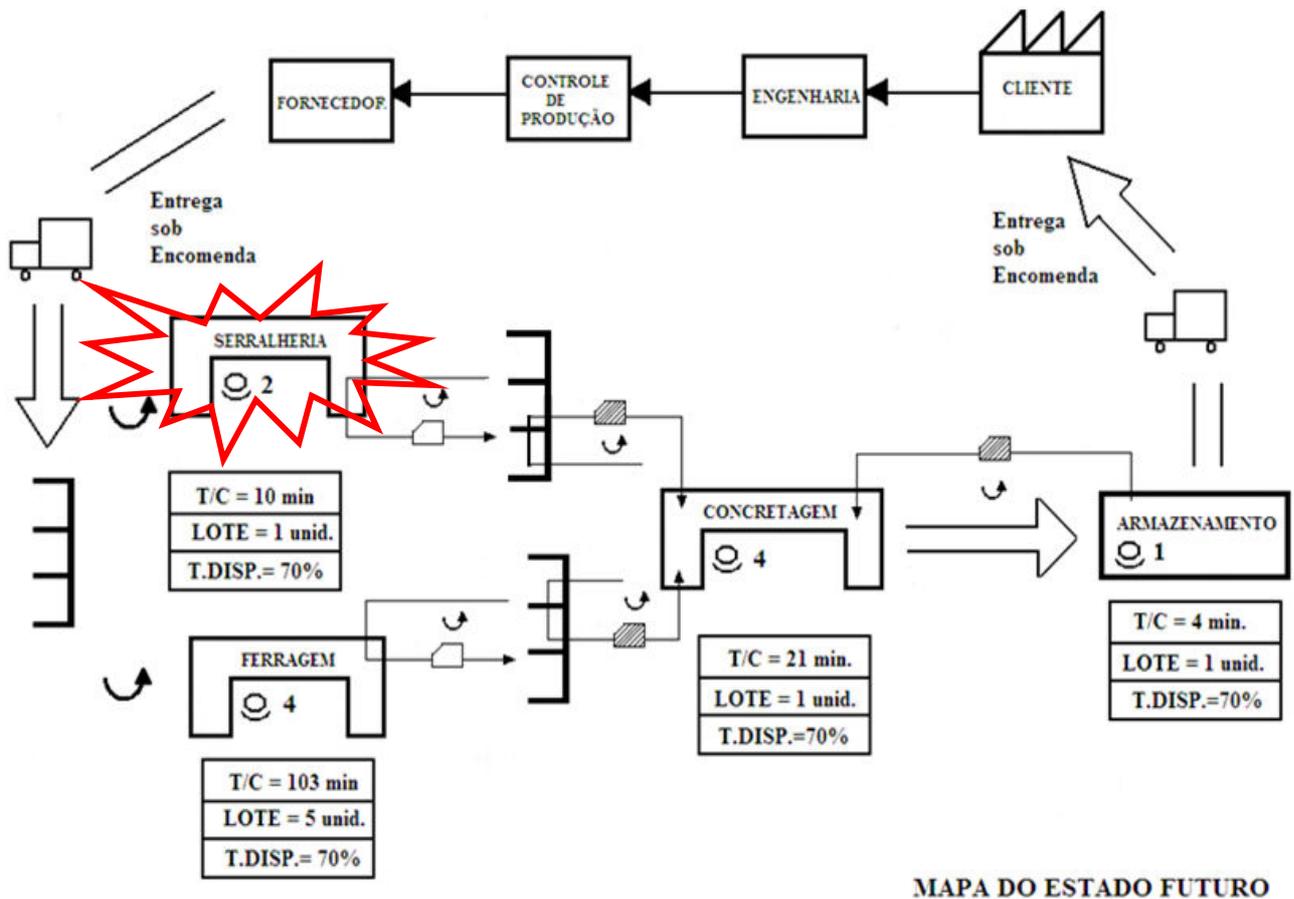


Figura 36: Mapa do estado futuro (VSM 2) da produção de estacas pré-moldadas.

Fonte: Barbosa, 2007.

Após várias reuniões com a gerente geral e o gerente de produção acerca das mudanças do layout da fábrica visando o mapa do estado futuro acima. As principais ações de melhorias previstas conforme o mapa do estado futuro final são:

- Entrega de matéria-prima pelo fornecedor para repor apenas o supermercado, de forma a regular o estoque inicial e menor ocupação de área na linha de produção;
- Produção puxada: regulada conforme a demanda e a solicitação do processo seguinte;
- Criação de células de produção;
- Uso do sistema *kanban* de produção: melhorar o fluxo de informação entre as etapas de produção;

- Uso de supermercados: evitar estoques entre os processos (WIP);
- Multifuncionalidade e redução do número de operadores: realocação de operadores entre os outros tipos de serviços realizados pela empresa;
- Fluxo da informação entre as células de produção.

Os mapas do estado atual e futuro foram apresentados à direção e funcionários da empresa no mês de Outubro de 2007, juntamente com um plano de ação, constando as ações a serem iniciadas (ANEXO B).

No entanto, após a apresentação dos resultados frente aos funcionários e a determinação de um plano de ações, as mudanças ocorreram lentamente devido às barreiras quanto ao estilo gerencial e ao processo produtivo. Ainda que a alta direção estivesse comprometida com o processo de melhorias, os empecilhos recaíam sobre a gerência e as mudanças na linha de produção dependiam do consentimento da gerente geral.

As ações iniciais concentraram-se em uma limpeza e organização do chão de fábrica, envolvendo seleção e descarte dos itens não pertencentes à linha de produção. Como existiam equipamentos em manutenção e ao mesmo tempo outros tipos de equipamentos armazenados na linha de produção de estacas pré-moldadas de concreto, os trabalhos inicialmente concentraram-se na área destinada ao armazenamento (Figura 37), visando liberação desta área para então haver a retirada dos que interrompiam a linha de produção.



Figura 37: Área destinada ao armazenamento de equipamentos.
Fonte: Barbosa, 2007.

O plano de ação foi entregue no mês de Novembro à gerência da empresa, a qual assumiu a responsabilidade em realizar as mudanças juntamente ao investigador da pesquisa. No entanto, o tempo previsto de 11 dias foi estendido por 3 meses, e somente após este período e com a saída da gerente, as mudanças foram mais expressivas e o novo layout estabelecido.

As ações posteriores correspondiam à montagem do novo leiaute. Entretanto, esta etapa de melhoria foi a mais demorada, especialmente devido à dependência quanto à disponibilidade do gerente de produção, de operadores e de tempo, ou seja, à não delegação de poderes por parte da gerência geral para que as mudanças pudessem ser realizadas.

Efetivamente, as ações de implementação do leiaute decorreram com maior facilidade no mês de Março de 2008. Este longo período de tempo deveu-se às barreiras organizacionais e principalmente físicas, visto que na área destinada à nova linha de produção houve a montagem de uma nova mesa vibratória, o armazenamento de estacas pré-moldadas de concreto, reparo e manutenção de equipamentos diversos, ou seja, a área que estava limpa e livre de interrupções, sempre era ocupada de alguma forma, ainda que estivesse delimitada.

O mapa do estado futuro contemplava toda a linha de produção, com total modificação do layout, inclusive com estudos futuros quanto ao uso de silos (areia e cimento), outras formas de adensamento do concreto, uso de carrinhos para o transporte de anéis até a etapa da concretagem, por exemplo.

A partir do mapeamento do fluxo de valor (VSM atual) foi possível enxergar a serralheria como o processo crítico para a fabricação das estacas, conforme destacado no Mapa do Estado Futuro, devido suas características de superprodução, deslocamentos desnecessários e produção empurrada. Esta constatação direcionou então, esforços para esta unidade de produção na fábrica, objeto de estudo analisado e relatado neste trabalho.

4.4 ESTUDO DO PROCESSO CRÍTICO

A análise do processo crítico (Serralheria) e a definição dos elementos de trabalho das atividades no processo de produção dos anéis das estacas foram estabelecidos em uma unidade de produção de estacas com dimensões 20 x 20 cm, mostrado na Figura 38.

As medições ocorreram em unidades de produção em lotes de 10 peças cada, onde foram registrados os tempos (em segundos) dos elementos de trabalho dos processos de corte, dobra e solda.



Figura 38: Ilustração de um anel com dimensões 20 x 20 cm.
Fonte: Barbosa, 2007.

No primeiro mapa do estado atual, os operadores trabalhavam em operações específicas, ou seja, um fazia o corte do aço, um outro a dobra, alinhamento e esquadro e um profissional soldador realizava a solda das peças dobradas e já alinhadas. Em média, de duas a três pessoas operavam neste setor, variando conforme o número de trabalhadores presentes no dia e das atividades a serem desenvolvidas.

No VSM 1, percebeu-se um elevado deslocamento dos trabalhadores entre os postos de trabalho, uma vez que os equipamentos encontravam-se dispersos pela fábrica gerando assim bastantes desperdícios.

A Tabela 2 reúne o estudo do processo de fabricação dos anéis, considerando as etapas e os elementos de trabalho. A metodologia consistiu em dez medições para cada elemento observado “*in loco*” tal qual este se processa. Para análise e estudo, no entanto, se retira da amostra o menor repetido de todos os tempos para cada elemento de trabalho.

Tabela 2: Matriz de estudo do processo crítico, VSM 1 (em segundos).

Estudo do Processo Crítico			Processo: SERRALHERIA				Observador Christiane Lima				Data:	Página		
Etapas do Processo	Elementos de Trabalho	Operador											Tempo de Ciclo	Observações
		Tempo Observado												
Corte	Posicionar barra	35	30	28	32	31	30	35	36	29	31	30		
	Ajustar medida	13	10	11	11	14	13	12	12	14	9	11		
	Cortar	20	13	18	13	20	15	16	13	13	16	13		
	Retirar rebarba	13	16	12	19	10	12	23	17	12	14	12		
Dobra	Dobrar	23	20	21	25	26	21	17	24	21	23	21		
	Alinhar	68	85	81	57	49	54	73	76	70	76	76		
	Esquadrejar	63	72	47	54	62	65	56	38	54	62	54		
Solda	Soldar anel	61	73	83	116	78	88	66	62	73	74	73		
	Soldar vergalhões	230	156	155	178	226	239	191	217	178	182	178		

Os resultados apresentados na tabela acima definiu o tempo de ciclo (T/C) do processo de produção dos anéis igual a 953 segundos e o *Lead Time* (L/T) de 7600 segundos, o que evidenciava um desperdício de movimentação de peças e deslocamento excessivo do operador dentro da fábrica.

A área destinada à serralheria corresponde a 72 m². Para fabricação diária de estacas 20 x 20 cm, especificamente quanto ao deslocamento de pessoas e considerando que cada operador carregava apenas 4 peças por vez, no VSM 1 tem-se os seguintes deslocamentos quanto à serralheria:

- 6m do local de corte ao de dobra de barra chata;
- 6m para transportar as peças dobradas até a mesa de solda;
- 12m para cortar as barras de aço;
- 36m de transporte das barras de aço cortadas até o local de dobra (vergalhões);

Para melhor visualização destes deslocamentos na produção do anel, tem-se a Figura 39 (a) e (b). Devido à dispersão de equipamentos, era grande o desperdício quanto ao deslocamento

excessivo de pessoas e peças, como indicam as setas nas fotos. A etapa de processamento da barra chata e do vergalhão era realizada separadamente, a matéria-prima em locais diferentes e equipamentos diversos, quase que específicos a cada elemento de trabalho.



Figura 39: Deslocamentos quanto ao processo de corte, dobra e solda da barra chata (a) e corte, dobra e solda dos vergalhões (b).

Fonte: Barbosa, 2007.

Conforme a montagem do novo *layout* foram realizados treinamentos *in loco* (*on job training* – OJT) de forma a estruturar adequadamente o posicionamento dos equipamentos que iriam compor a célula de produção da serralheria com base nos dados do VSM atual.

O passo seguinte foi calcular o *takt time* do processo que determina o ritmo da produção, cujo resultado foi de 14 minutos, valor este considerado no cálculo de operadores necessários ao funcionamento da célula de produção dos anéis.

Com a definição do novo mapa, foi possível dimensionar o *Pitch* que é um conceito de tempo de resposta aos clientes da célula, sendo calculado pela multiplicação do *Takt time* pelo número de peças que dá o tempo para liberação e retirada de peças prontas da célula. Este valor foi calculado com base em 10 ordens por carrinho, ou seja, o *Pitch* é aproximadamente igual a 2 horas e 20 minutos.

O valor do *Pitch* calculado fornece uma resposta à gerência de produção, de quanto em quanto tempo, pode movimentar os carrinhos de anéis prontos para a célula posterior. Porém, para que o gerente tenha total controle desta célula com base no *Pitch*, precisa conhecer a meta de produção, checar o progresso para identificar as anormalidades e respondê-las de forma rápida.

Para atender ao *takt time*, outro passo importante para o VSM futuro é o cálculo do número de operadores necessários para a célula. Considerou-se nesta análise o conteúdo total de trabalho dividido pelo *takt time*, o que resultou em 1,16 operários para atender ao processo puxador dos anéis.

Originalmente, a “célula” da serralheria operava com 2 pessoas. Entretanto, com o cálculo do número de operadores, inicialmente optou-se por manter os 2 operários para compor a célula de serralheria, mesmo entendendo que apenas um seria necessário. Porém a opção foi para oportunizar outras melhorias no processo, uma vez que naquele momento, o treinamento proposto ainda não havia permitido atingir o efeito desejado.

Portanto, para o processo de fabricação dos anéis, dimensionou-se a produção dentro de uma célula em linha, onde os equipamentos foram aproximados para garantir a redução dos movimentos de peças e deslocamento dos operadores, conforme ilustra a Figura 40.



Figura 40: Formação da célula da serralheria e distribuição dos equipamentos.
Fonte: Barbosa, 2007.

Outras análises foram consideradas na formação da célula que permitiram reduzir o tempo de deslocamento do soldador, tais como: juntar elementos de trabalho que podem ser executados conjuntamente; e, a produção dos vergalhões em tempo fora do ciclo de produção dos aros, estocando-os em supermercados de pequenos lotes em frente à máquina de solda.

Esta rotina foi eliminada em função de que na mesma célula, aproveitando os tempos improdutivos dos operadores assim que estes atendem a demanda do processo puxador, passam a processar o corte e dobra dos vergalhões, iniciando um novo fluxo do valor abastecendo o supermercado.

O resultado dos elementos de trabalho no VSM futuro é mostrado na Tabela 3. É possível visualizar a junção dos elementos cortar/rebarba, este fato foi possível ocorrer uma vez que foi substituído o procedimento de corte, antes era feito com uso de maçarico e no novo mapa

passou a ser utilizado uma máquina *policorte*, onde a rebarba é imediatamente retirada na própria *policorte*, como mostra a Figura 41.



Figura 41: Introdução de novos equipamentos na célula da serralheria.

Fonte: Barbosa, 2007.

Outra junção de elemento de trabalho foi dobrar/esquadro, onde o operador ao realiza a dobra das barras de aço e imediatamente verifica o esquadro do aro, o mesmo ocorre na solda/esquadro, ficando para o final do processo a solda dos vergalhões no aro.

Tabela 3 – Matriz de estudo do processo crítico, VSM-02.

Estudo do Processo Crítico			Processo: SERRALHERIA					Observador Christiane Lima					Data:	Página
Etapas do Processo	Elementos de Trabalho	Operador											Tempo de Ciclo	Observações
		<i>Tempo Observado</i>												
Corte	Posicionar barra	22	19	20	18	19	18	17	18	21	20	18		
	Ajustar medida	12	10	11	9	9	10	9	8	11	10	9		
	Cortar/rebarba	21	23	21	29	24	25	27	28	22	21	21		
Dobra	Dobrar/esquadro	91	156	153	159	73	79	132	110	79	76	79		
Solda	Soldar/esquadro	92	117	142	89	69	91	97	87	69	73	69		
	Soldar vergalhões	295	211	266	312	335	245	292	324	245	246	225		

Com base nos resultados apresentados na tabela acima, o tempo de ciclo do processo de produção dos anéis é igual a 743 segundos e o *Lead Time* de 6293 segundo o que evidencia uma redução dos tempos de ciclo em função da redução dos desperdícios de movimentação e deslocamento excessivo do operador dentro da fábrica. Em termos de melhor análise visual desta melhoria, tem-se a Figura 42.



Figura 42: Operacionalização da nova célula da serralheria.

Fonte: Barbosa, 2007.

Com estes novos resultados encontrados na célula de serralheria verifica-se na Figura 43 que foi possível reduzir o tempo de ciclo da produção dos anéis para valores abaixo do *takt time*. No VSM 1, o processo não possuía um ritmo determinado e cabia ao gerente de produção estabelecer a demanda diária a todas as etapas, além de efetuar constantes cobranças acerca do aumento de produtividade e mesmo realocação de outros operadores para este setor, uma vez que a produção parava por falta de peças acabadas, necessárias ao processo seguinte, o que prejudicava o fluxo do processo.

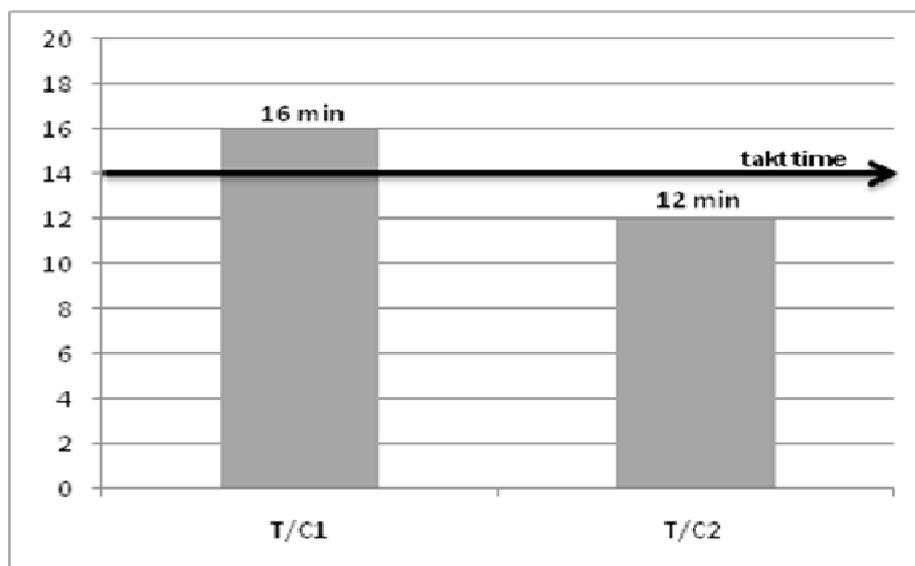


Figura 43: Quadro comparativo dos tempos de ciclo antes e depois do *lean*.
 Fonte: Barbosa e Lima, 2008.

A solução de redistribuir os elementos de trabalho e fazer com que os operadores estivessem ocupados com tarefas desempenhadas próximas do *takt time* foi a melhor opção *lean* encontrada, uma vez que permitiu destacar os desperdícios escondidos no processo, criando uma oportunidade para novas melhorias. Então, os gerentes poderiam aproveitar estas ocasiões para melhorar o desempenho da célula para operar com um único operador e com isso reduzir os custos operacionais.

Trabalhar com o tempo de ciclo próximo do *takt time* disponibiliza para os gerentes da fábrica várias análises que ajudam a gerenciar a linha de produção. Porém, segundo Rother & Harris (2002), se o tempo de ciclo for muito menor que o *takt* evidencia que o processo está fora de controle e pode começar a gerar desperdício por superprodução, além de estar utilizando operadores a mais.

É importante ressaltar que esta análise é útil para garantir as melhorias do processo puxador, porém, disciplina, envolvimento e comprometimento de gerentes e operadores são fundamentais para o sucesso da criação do fluxo contínuo, processo este dificultoso no início em consequência das barreiras gerenciais.

Outra medida de melhoria implementada no projeto de criação do fluxo contínuo foi o posicionamento do armazenamento da matéria-prima com o auxílio do controle visual, que passou para próximo das células de serralheria e da ferragem, reduzindo o tempo de deslocamento de matéria prima e a movimentação desnecessária dos operadores dentro da fábrica, conforme Figura 44. No entanto, a falta de disciplina e orientação, não foi possível manter o controle visual.



Figura 44: Posicionamento da matéria-prima antes e depois do *lean*.

Fonte: Barbosa, 2007.

Com a adoção das práticas da Produção Enxuta, foi possível agregar valor na produção das estacas pré-moldadas, com melhorias em todos os processos especialmente na célula de serralheria caracterizada como processo crítico, no estudo em questão.

Resultados consistentes da aplicação do Fluxo Contínuo como ferramenta lean são evidenciados na Tabela 4, mostrada abaixo. Verifica-se portanto, que não havia qualquer medição que determinasse o ritmo da produção (*takt time*), sendo este caracterizado apenas pela demanda e de forma desordenada. Com a introdução do fluxo contínuo, o *takt time* de 14 minutos permitiu dimensionar e fazer funcionar a célula de produção da serralheria.

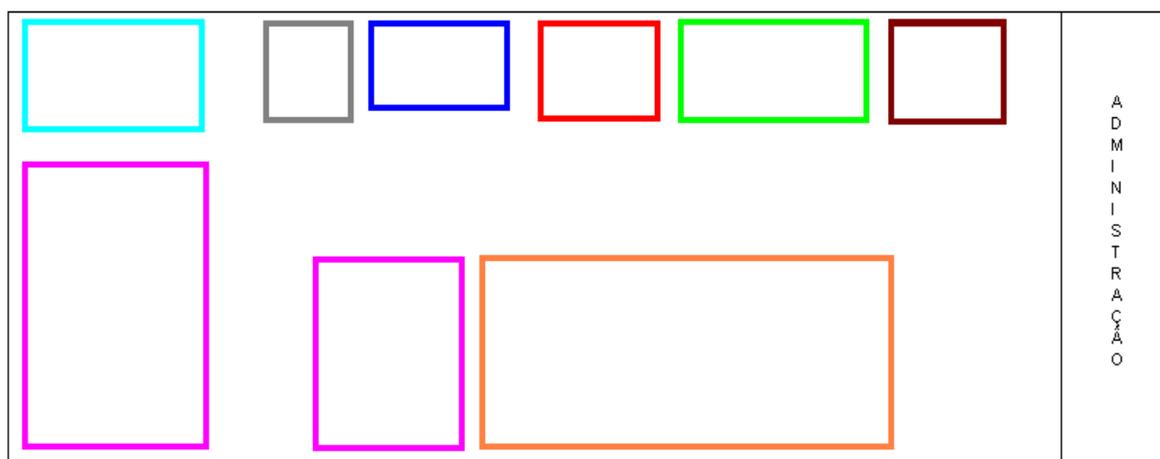
Outros ganhos também foram possíveis quanto a redução de desperdícios em 80% na movimentação no chão de fábrica como um todo, em especial na própria serralheria, com 66,5%. A adoção de carrinhos para transportar peças dentro e fora desta célula foi uma solução cogitada, no entanto, a não efetivação do processo de compra das rodas impediu que esta melhoria fosse posta em prática, embora o carrinho já existisse e não era utilizado para qualquer fim.

A redução de 22% do tempo ciclo permitiram que a adoção do fluxo contínuo e a criação da célula de produção na serralheria, agregassem maior valor ao produto final com a redução de desperdícios.

Tabela 4 – Melhorias alcançadas no processo de produção de estacas.

ATIVIDADES	ANTES	DEPOIS	% GANHOS
<i>Takt time</i>	Sem medição	14 minutos	---
<i>Tempo de Ciclo</i>	953 seg	743 seg	22
<i>Lead time</i>	7600 seg	6293 seg	17
<i>Movimentação no chão da fábrica</i>	499,90 m	96 m	80
<i>Ganho de área</i>	582,4 m ²	494,4 m ²	15
<i>Deslocamento na Serralheria</i>	60 m	20,1 m	66,5

Como o processo crítico era a etapa da serralheria, os esforços concentrados para melhoria desta refletiu nos demais processos de Ferragem e Concretagem, com modificações e resultados significativos, conforme o novo leiaute de equipamentos e de matéria-prima, abaixo ilustrado.



LEGENDA:

- | | | | |
|---------------------|--------------------------------|-------------|---|
| CONCRETAGEM | FERRAGEM | SERRALHERIA | ARMAZENAMENTO DO FÔRMAS |
| DEPÓSITO DE CIMENTO | ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA | MANUTENÇÃO | ARMAZENAMENTO DE ESTACAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO |

Figura 45: Leiaute da fábrica quanto a distribuição de equipamentos e de matéria-prima, após as melhorias.
 Fonte: Barbosa, 2007.

As demais etapas do processo ficaram passíveis de melhorias devido as mudanças com o leiaute. No entanto, devido ao pouco tempo e à falta de comprometimento dos funcionários, não foi possível prosseguir até a implementação do sistema *kanban* de controle da produção, por exemplo, conforme previsto no mapa do estado futuro.

Na ferragem, foi possível a realocação na linha de produção com delimitação da área, uma vez que não mais existiam estacas ou equipamentos diversos interrompendo o local de trabalho. Além de um posicionamento fixo para a montagem de armaduras, os equipamentos encontravam-se mais próximos e um espaço físico mais amplo e organizado, o que favoreceu um melhor e menor deslocamento dos operadores. A introdução da máquina policorte também foi um fator importante para esta etapa do processo de fabricação de estacas, uma vez que liberou o cutelo apenas para a utilização destes operadores.

No VSM 1, a ferragem operava em uma área de 121m² e o deslocamento total dos operadores era de 160m. Com a modificação do layout e a criação do fluxo contínuo, este setor passou a operar em uma área de 66 m² e deslocamentos de 42 m.

A formação da célula da serralheria e do supermercado permitiu que os operadores da Concretagem se deslocassem menos para buscar anéis (no VSM 1, 108m e, no VSM futuro, 30m), uma vez que o local de armazenamento dos anéis estava mais próximo o que gerou uma redução de 72% de movimentação desnecessária, além desta etapa receber uma nova mesa vibratória de maior dimensão (8m x 2m), o que favoreceu o aumento de produtividade devido ao número de estacas vibradas simultaneamente, sendo apenas limitada pelo peso.

Não foi objeto deste estudo, avaliar os ganhos financeiros diretos da produção das estacas, porém é possível observar que houve uma redução dos custos operacionais, a partir das evidências de agregação de valor no processo de produção e eliminação dos desperdícios.

Outros aspectos dos resultados encontrados são visíveis na prática de gerenciar os processos de produção, uma vez que o trabalho padronizado desenvolvido por célula favorece o auto-gerenciamento das atividades, proporcionando ao Gerente de Produção tempo para planejamento de melhorias a outros setores dentro do chão de fábrica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle das etapas do processo produtivo, adoção de novos equipamentos, materiais e produtos, redução de custos e o treinamento e a qualificação da mão-de-obra, são alguns dos objetivos de empresas que utilizam de aprimoramento tecnológico e formação de parcerias estratégicas, como meio de ganhar eficiência, diluir custos e diminuir desperdícios.

No entanto, a aquisição de novas tecnologias pode não ser a solução dos problemas e sim, por exemplo, mudanças quanto à gestão de processos. A aplicação dos conceitos do sistema de Produção Enxuta no processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto, objeto de estudo deste trabalho, mostrou avanços significativos, especialmente com a aplicação da metodologia adequada, onde foi possível atingir índices satisfatórios de melhoria da produtividade, observados pelos resultados encontrados.

Para a aplicação do fluxo contínuo foi necessário modificar o leiaute da linha de produção por meio da realocação dos equipamentos conforme utilizados pelas etapas. Esta mudança favoreceu a todas as demais etapas do processo de fabricação de estacas pré-moldadas de concreto, facilitando o fluxo de pessoas e materiais. No entanto, estas alterações custaram a ocorrer em virtude dos condicionantes norteadores da pesquisa.

Localizar o armazenamento de matéria-prima no início da linha de produção consistiu na melhor solução para a criação, por exemplo, de áreas de circulação de pessoas entre as fases, favorecendo a liberação do “corredor” central para o trânsito da ponte rolante e de materiais.

A criação da célula da serralheria permitiu ganhos expressivos com a redução de movimentações somente nesta etapa (66,5%) além da reaproximação e introdução de equipamentos, permitindo assim a junção de elementos de trabalho e redução do tempo de ciclo (10 minutos).

Por meio dessas modificações, foi possível reduzir 26,25% e 72% de movimentações desnecessárias dos operadores da “ferragem” e “concretagem”, respectivamente, uma vez que os três processos encontravam-se mais próximos, sequenciados, livres de interrupções e conectados. A produtividade também foi beneficiada, em especial o setor da concretagem, devido à troca da mesa vibratória com maior dimensão, ou seja, uma maior número de fôrmas era vibrada simultaneamente.

A criação do fluxo contínuo revelou a necessidade de avançar o estudo no processo de produção dos anéis das estacas, onde diversas dificuldades foram encontradas até a criação do VSM-02 em especial quanto às práticas gerenciais. As principais dificuldades reincidiram na falta de comprometimento do gerente do fluxo de valor, informações ainda concentradas na alta gerência, tempo elevado de espera na implementação das ações de melhoria após apresentação do VSM 1, como a mudança no leiaute, dentre outras.

No entanto, o trabalho não termina na fase do projeto de implementação de uma célula e uma linha de produção *lean*, que se desenvolvem em um fluxo contínuo. Na visão do Mapa do Estado Futuro, outras áreas do processo tem potencial de também se desenvolverem em um fluxo contínuo.

Para tanto, devem ser avaliadas e principalmente requer disciplina dos operadores e gerentes das células na manutenção e perpetuação nas buscas por melhorias. Os resultados com a criação da célula de produção permitiu iniciar o uso de um outro elemento *lean* denominado de controle visual, porém, a falta de disciplina impediu sua funcionalidade.

Entende-se, que o processo mesmo trabalhando no Mapa do Estado Futuro, com leiaute celular, ainda precisa de novas ações que venham melhorar outros pontos dentro da linha de produção como utilização do gerenciamento visual, multifuncionalidade e fornecimento JIT.

Observa-se também, que além da produtividade, é possível reduzir os riscos de acidente no trabalho com adoção de políticas que contemple a qualidade de vida dos colaboradores no ambiente fabril, utilizando palestras, ginástica laboral, entre outras ações.

No seguimento do projeto de melhoria da empresa, como sugestões à empresa, ficaram a adoção de carrinhos para o transporte de anéis, uso do concreto autoadensável e de silos para os

agregados graúdo e miúdo, por exemplo, além de melhorar o fluxo de informação e materiais, estendendo-o para fora da planta da fábrica, buscando informações diretamente na obra para que esta influencie diretamente a linha de produção, ou seja, pretendendo-se enxergar ao fluxo do processo estendido.

Portanto, o processo de criação de fluxo contínuo é uma forma eficaz para melhorar o desempenho organizacional, aliviar a carga de trabalho dos operadores, eliminar os desperdícios e acima de tudo reduzir os custos operacionais.

Como recomendação para trabalhos futuros e de prosseguimento na atividade acadêmica, é interessante a aplicação do *Lean Office* para que o escritório entenda o processo de produção da fábrica e contribua com as práticas de melhoria estendida, cujos objetivos principais são: suprir de recursos a linha de produção, facilitar os cálculos dos custos operacionais e consequentemente a adoção de preço de venda mais competitivo no mercado.

REFERÊNCIAS

ADLER, P. S. GOLDOFTAS, B. LEVINE, D. I. *Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota Production System*. *Organization Science*, v.10, n.1, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023:08/2002: Informação e documentação – Referências – Elaboração*.

_____. *NBR 6024: Informação e documentação – Numeração progressiva das sessões de um documento escrito – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 6027: Informação e documentação – Sumário – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 6028: Informação e documentação – Resumo – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2003.

_____. *NBR 10520: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2002.

_____. *NBR 14724: Informação e documentação – Manual de elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos – Apresentação*. Rio de Janeiro, 2006.

BARBOSA, A.L.S.F.; HAGA, H.C.R.; INOUE, K.P. *O futuro da construção civil no Brasil – resultados de um estudo de prospecção tecnológica da cadeia produtiva da construção habitacional*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP. São Paulo, 2003.

BARBOSA, C. L.; LIMA, A. C. *Aplicação do fluxo contínuo no processo de produção de estacas pré-moldadas para fundação*. *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. Rio de Janeiro, 2008.

BORGES, B. *Medidas vão favorecer a setor da construção civil*. *Agência SEBRAE de Notícias*. Brasília - DF, 2006.

BORNIA, A. C. *Análise gerencial de custos em empresas modernas*. Porto Alegre: Boockman, 2002.

BULHÕES, I. R. PICCHI, F. GRANJA, A. D. CARIA, J. *Fluxo contínuo na construção civil: um estudo de caso exploratório*. IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção (SIBRAGEC) – I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia na Construção (ELAGEC). Porto Alegre - RS, 2005.

BULHÕES, I. R. PICCHI, F. FOLCH, A. T. *Ações para implementar fluxo contínuo na montagem de estrutura pré-fabricada*. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis – SC, 2006.

CALADO, R. D. *Aplicação de conceitos da manufatura enxuta no processo de injeção e tampografia de peças plásticas*. 2006. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. São Paulo, Campinas.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC), 2001. *Situação Econômica da Indústria da Construção no Brasil – análise e perspectivas*. Belo Horizonte – MG, 2001.

_____. Definição de pequena e média empresa no setor da construção brasileira. *Banco de dados* – Comissão de Economia e Estatística. Belo Horizonte – MG, 2003.

CARTAXO, E. As 4 regras da Excelência do TPS (Toyota Production System). Interpretação do artigo Decodificando o DNA da Toyota. *Harvard Business Review*, 2000.

CORREA H. L., GIANESI G. N. *Just in Time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico*. 2ª edição São Paulo, 1996.

CRUZ, A. L. G. *Método para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da Construção Civil*. Uma abordagem logística. 2002. 401p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção / Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DAVIS, M.M. AQUILANO, N.J. CHASE, R.B. *Fundamentos da administração da produção*. 3ª edição. Porto Alegre, RS. 2003.

DICKENS, L. WATKINS, K. *Action research: rethinking lewin management learning*. Thousand Oaks, Geographic Names – US, 1999.

DOLCEMASCOLO, D. *Implementing Continuous Flow Cells*. March, 2005. In: www.emsstrategies.com Acesso em: 13mar. 2008.

DYER, J. H. HATCH, N. W. A Toyota e as redes de aprendizado. *HS Management*, nº27, p. 164-170. Utha – US, 2004.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. *Revista Educar*, nº 16, p.181-191. Curitiba – PR, 2000.

FORMOSO, C. T. LANTELME, E. M. V. Conceitos, princípios e práticas da medição de desempenho no setor da Construção Civil. *Coletânea Habitare*, v.2. 255-281, 2000.

FRANCO, L.S.; SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.B.; ALY, V.L.C. *Fundações*. Rio Grande do Sul: UFRS, 2004. 96 dispositivos, color.

FUJIMOTO, T. *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. Oxford University Press, New York, 1999.

FUJIMOTO, T. TAKEISHI, A. *Automobiles: strategy-based lean production system*. Cirje Discussion Paper, Tokyo University, v.1, 6-19, 2001.

GSTETTNER, S.; KUHN, H. Analysis of production control systems kanban and CONWIP. *International Journal of Production Research*, v.34, n.11, p.3253-3273, 1996.

HEINECK, L.F.M. Programação da execução das alvenarias – um caminho para a competitividade. *III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes da Construção Civil*. Florianópolis – SC, 1991.

HOLANDA, V. B. RICCIO, E. L. *A utilização da pesquisa ação para perceber e implementar sistemas de informações empresariais*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2002.

HYES, N.L.; BROWN, K.A. The discipline of real cells. *Journal of operations management*, v. 17, p. 557- 574, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2007. *Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2005*. Rio de Janeiro – RJ, 2007.

JONES, D. WOMACK, J. *Enxergando o todo: mapeando o fluxo de valor estendido*. São Paulo – SP. 2004.

KERN, A. P. *Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção*. 2005. 234p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil / Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KISHIDA, M. SILVA, A.H. GUERRA, E. *Benefícios da implementação do trabalho padronizado*, 2007. Lean Institute Brasil. In: www.lean.org.br Acesso em: 07 dez. 2008.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, Finland, 1992.

KOURGANOFF, W. *A face oculta da universidade*. Tradução Cláudia Schilling e Fátima Mura. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1999.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. *Fundamentos da metodologia científica*. 3 ed. rev. ampl. São Paulo. Atlas. 1995. 214 p.

LEAN INSTITUTE BRASIL. 2007. WOMACK, J. *O problema com o trabalho criativo e o gerenciamento criativo*. Disponível em www.lean.org.br Acesso em: 07 dez. 2008.

LEITE, W. R. *Sistema de Administração da Produção Just in Time (JIT)*. Belo Horizonte, 2006 (Monografia de Especialização – Instituto de Educação Tecnológica Continuada).

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

LIKER, J.K. MEIER, D. *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIMA, A. C. *Práticas do pensamento enxuto em ambientes administrativos: aplicação na divisão de suprimentos de um hospital público*. 2007. 201p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica / Universidade Estadual de Campinas.

LIMA, J.C.O. Construção Civil aponta o caminho do desenvolvimento. *Jornal Informa – Sinaprocim e Sinprocim*, edição especial. São Paulo, 2007, 8p.

MAIA, M.F. BARBOSA, W.M. *Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MVF) para eliminação dos desperdícios da produção*. Viçosa, 2006 (Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Viçosa) 22p.

MARTINS, Dileta Silveira. *Português Instrumental*. 17a ed, Porto alegre, Prodil/Sagra, 1999.

MAY, M. E. *Toyota: a fórmula da inovação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MELO, M.B. RODRIGUES, J.S. *Modelo estruturado para a implementação do lean production*. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

MONTEIRO, S. B. SERRÃO, M. I. B. ISHIHARA, C. A. SILVÉRIO, M. S. ARAÚJO, M. I. O. GOMES, M. O. *Considerações críticas sobre a concepção de pesquisa-ação em Joe Kincheloe*. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

ODERICH, C.L.; TEHEMAYER, C.A.; Toyotismo, Fordismo e Volvismo. *Revista de Ciência e Tecnologia*, v.11, n31, p.13-21, Fevereiro, 2008.

OLIVEIRA, D. LIMA, M. MEIRA, A. *Identificação das ferramentas lean nas construtoras de João Pessoa*. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. João Pessoa – PB, 2007.

OUCHI, W. *Teoria Z: como as empresas podem enfrentar o desafio japonês*. 10. ed.. São Paulo: Nobel, 1993.

PANTALEÃO, L. H. ANTUNES JR, J. A. V. *Avaliação da aprendizagem organizacional a respeito do sistema Toyota de produção / lean production system: uma proposição metodológica*. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto – MG, 2003.

PASQUALINI, F. Mapeamento do fluxo de valor na construção: estudo de caso em uma construtora brasileira. *IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção (SIBRAGEC) – I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia na Construção (ELAGEC)*. Porto Alegre - RS, 2005.

PEREIRA, M. PIRES, S.R.I. *Implantação do sistema kanban em uma empresa fabricante de armações de óculos*. Revista de Ciência e Tecnologia, v.8, nº18, p.21-29, Dezembro, 2001.

PICCHI, F.A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. *Ambiente Construído*, v.3, n.1, p.7-23. Porto Alegre, 2003.

QUEIROZ, J.A. RENTES, A.F. ARAÚJO, C.A.C. *Transformação enxuta: aplicação do mapeamento do fluxo de valor em uma situação real*. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Florianópolis, SC, 2004.

REIS, T.; PICCHI, F. A. *Aplicação da mentalidade enxuta ao fluxo de negócios na construção civil*. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC. Universidade Federal de São Carlos, SP, 2003.

RODRIGUES, I. A. *Implementação de técnicas da produção enxuta numa empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico*. 2006. 111p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROTHER, M. SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício – manual de trabalho de uma ferramenta enxuta*. The Lean Institute Brasil, São Paulo, 1999.

ROTHER, M. HARRIS, R. *Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção*. The Lean Institute Brasil, São Paulo, 2002.

SANTOS, A. R. *Metodologia científica: construção conhecimento*. 5ed. Rio Janeiro: DP&A, 2002.

SANTOS, A.R.; PACHECO, F.F.; PEREIRA, H.J.; BASTOS JÚNIOR, P. *Gestão do conhecimento como modelo empresarial*, 2007. Disponível em http://www1.serpro.gov.br/publicacoes/gco_site/m_capitulo01.htm Acesso em: 11 jun. 2009.

SILVA, A. L. 2006. *Ferramentas da Produção Enxuta*. Disponível em www.numa.org.br/gmo/arquivos/ferrenxuta.doc Acesso em: 05 fev. 2009.

SLACK,N; CHAMBERS,S; HARLAND,C; HARRISON,A & JOHNSTON,R. *Administração da Produção*. Ed. Atlas S.A., 1999.

SOMMER, R. AMICK, T. Pesquisa-ação: ligando pesquisa à mudança organizacional. *Planejamento de pesquisa nas ciências sociais*, nº4. Brasília, DF: UNB, Laboratório de Psicologia Social, 2003.

SPEAR, S. BOWEN, K. *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review, 1999.

SPEARMAN, M.L.; WOODRUFF, D.L.; HOPP, W.J. CONWIP: a pull alternative to Kanban. *International Journal of Production Research*, v.28, n.5, p.879-894, 1990.

STRATEGOS, 2007. *Kanban scheduling systems: the challenge of simplicity*. Disponível em www.strategosinc.com Acesso em: 04 fev. 2008.

SUGIMORE, Y.; KUSUNOKI, K.; CHO, F. UCHIKAWA, S. Toyota production system and kanban system – Materialization of just-in-time and respective-for-human system. *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, Mortimer House. London, UK, 2008.

TAPPING, D. SHUKER, T. *Value Stream Management for Lean Office: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas*. New York – NY. 2003.

THIOLLENT, M. *Pesquisa-ação nas organizações*. São Paulo: Atlas São Paulo: Atlas, 1997.

TOGNETI, M. A. R. *Metodologia da pesquisa científica*. São Paulo: IFSC, 2006. 37 dispositivos, color.

UPTON, D., M. - Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing - *Journal of Operations Management*. Vol. 12, pp. 205-224, 1995.

WOMACK, J. JONES, D. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro – RJ. 1998.

XAMBRE, A.; VILARINHO, P.M. *A simulated annealing approach for manufacturing cell formation with multiple identical machine*. London, v. 151, n. 2, p. 434-446, 2003.

XAVIER, G. V.; SARMENTO, S. S. 2006. Lean Production e Mapeamento do Fluxo de Valor. *TEC HOJE Uma revista de opinião*. Disponível em: <www.itec.com.br> Acesso em: 03 março 2007.

ANEXOS

ANEXO A

CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA MICRO, PEQUENAS, MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS NO BRASIL,
SEGUNDO N.º DE EMPREGADOS, RECEITA OPERACIONAL BRUTA ANUAL E FATURAMENTO BRUTO ANUAL,
POR GRANDE GRUPO DE ATIVIDADE ECONÔMICA

INSTITUIÇÃO	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE EMPRESAS															
	INDÚSTRIA						COMÉRCIO						SERVIÇOS			
	MICRO	PEQUENA	MEDIA	GRANDE	MICRO	PEQUENA	MEDIA	GRANDE	MICRO	PEQUENA	MEDIA	GRANDE				
SEBRAE ⁽¹⁾	até 19	20 a 99	100 a 499	mais 499	até 9	10 a 49	50 a 99	mais 99	até 9	10 a 49	50 a 99	mais 99	até 9	10 a 49	50 a 99	mais 99
FUNCEX ⁽²⁾	1 a 19	20 a 99	100 a 499	500 -mais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PORTE DAS EMPRESAS SEGUNDO RECEITA OPERACIONAL BRUTA ANUAL (EM R\$)																
BNDES ⁽³⁾	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões
BDMG ⁽⁴⁾	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões	até 1.200 mil	1.200 mil a 10.500 mil	10.500 mil a 60 milhões	acima de 60 milhões
PORTE DAS EMPRESAS SEGUNDO FATURAMENTO BRUTO ANUAL (EM R\$)																
BANCO DO BRASIL ⁽⁵⁾	até 5 milhões	até 5 milhões	entre 5 e 100 milhões	entre 5 e 100 milhões	até 5 milhões	até 5 milhões	entre 5 e 100 milhões	entre 5 e 100 milhões	até 5 milhões	até 5 milhões	entre 5 e 100 milhões	entre 5 e 100 milhões	até 5 milhões	até 5 milhões	entre 5 e 100 milhões	entre 5 e 100 milhões
SIMPLES ⁽⁶⁾	120.000	1.200.000	-	-	120.000	1.200.000	-	-	120.000	1.200.000	-	-	120.000	1.200.000	-	-

FONTE: SEBRAE-MG.

ELABORAÇÃO: BANCO DE DADOS DA CBIC.

NOTAS:

1) SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS.

2) FUNDAÇÃO DE COMÉRCIO EXTERIOR.

3) BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL.

4) BANCO DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DE MINAS GERAIS.

5) BANCO DO BRASIL - Critério de Classificação segundo faturamento anual.

ANEXO B

		PROJETO DE MELHORIA PLANO DE AÇÃO		EQUIPE:			
				DATA: 20 / 11 / 2007	Rev: 000000		
OPORTUNIDADE DE MELHORIA	ONDE	COMO FAZER	POR QUE FAZER?	RESPONSÁVEL	PRAZO	INVESTIMENTO	SITUAÇÃO
1. Arrumação	Manutenção	Deslocar equipamentos em manutenção da linha de produção	Liberar espaço na linha de produção do novo layout	Manutenção, operador de ponte, ajudantes e controle de produção	2 dias	0	
2. Classificação	Manutenção	Selecionar de acordo com a funcionalidade	Melhor visualização dos equipamentos em manutenção	Manutenção, operador de ponte, ajudantes e controle de produção	2 dias	0	
3. Limpeza	Em toda fábrica	Recolher pontas de aço, entulhos, etc.	Liberar espaço para o novo fluxo do processo de produção	Ajudantes e controle de produção	1 dia	0	
4. Montagem do novo leiaute	Em toda fábrica	Montar as células de acordo com o projeto	Otimizar o fluxo de produção	Todos	5 dias	0	
5. Descarte	Em toda fábrica	Selecionar o local para deposição de resíduos gerados na produção (aço, latas, pontas, etc.)	Destinar adequadamente os resíduos	Todos	1 dia	0	