

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**Escola de Engenharia de São Carlos
Departamento de Engenharia de Produção**

ROBERTA PINEZI JUNQUEIRA

Utilização de conceitos de células de manufatura no
setor de pesponto (costura) em empresas de
calçados



São Carlos – SP
2006

ROBERTA PINEZI JUNQUEIRA

**Utilização de conceitos de células de manufatura no
setor de pesponto (costura) em empresas de
calçados**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes



São Carlos – SP
2006

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

R95u Junqueira, Roberta Pinezi
Utilização de conceitos de células de manufatura no
setor de pesponto (costura) em empresas de calçados /
Roberta Pinezi Junqueira. -- São Carlos, 2006.

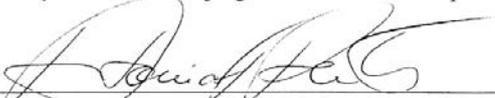
Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2006.
Área: Engenharia de Produção.
Orientador: Prof. Assoc. Antonio Freitas Rentes.

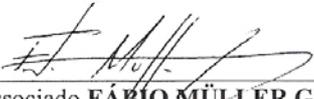
1. Manufatura enxuta. 2. Manufatura celular. 3.
Fabricação de calçados. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheira **ROBERTA PINEZI JUNQUEIRA**

Dissertação defendida e julgada em 02-10-2006 perante a Comissão Julgadora:


Prof. Associado **ANTÔNIO FREITAS RENTES (Orientador)** *Aprovada*
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)


Prof. Associado **FÁBIO MÜLLER GUERRINI** *Aprovada*
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)


Prof. Dr. **ALCEU GOMES ALVES FILHO** *Aprovada*
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)


Prof. Associado **FÁBIO MÜLLER GUERRINI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
em Engenharia de Produção


Profª. Titular **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

DEDICO *este trabalho aos meus pais, Daisy e José Roberto, que com presença, amor e dedicação ensinaram-me como lidar com a vida.*

AGRADEÇO a DEUS;

Aos meus pais, por todo o apoio e carinho;

A minha família pela confiança;

Ao meu orientador Rentes, amigo e mestre, pela atenção oferecida e por quem tenho imensa admiração;

Aos representantes da empresa Hominiss e demais empresas nas quais tive a oportunidade de trabalhar, pelos ensinamentos e pelo convívio extremamente enriquecedor;

Aos professores que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho;

Aos amigos que conviveram comigo nestes anos;

Aos rotaractianos que me apresentaram, nestes anos, um contato perfeito entre o companheirismo, ajuda ao próximo e aprendizado contínuo;

Muito Obrigado!

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.

Albert Einstein

Resumo

JUNQUEIRA, R. P. **Utilização de conceitos de células de manufatura no setor de pesponto (costura) em empresas de calçados**. 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

O conceito de manufatura enxuta está sendo considerado mais e mais um novo paradigma para um número grande de empresas no mundo. Original da indústria automobilística, o conceito “produção enxuta” tem sido espalhado para todos os tipos de indústrias. Este trabalho apresenta uma implementação do Sistema de Produção Enxuta em uma indústria calçadista. Tem como objetivo maior apresentar a aplicação dos conceitos de um sistema de formação de células no setor de costura.

A criação destas células é vital porque a maioria das atividades são operações intensivamente manuais e células promovem a oportunidade para uma melhor utilização do operário no balanceamento e padronização das operações. As células também permitem uma melhor utilização do espaço e menor estoque intermediário. Um grande desafio para esta atividade é a alta variedade de produtos com alta variedade de seqüências nas operações de costura.

Logo, este trabalho apresenta um levantamento bibliográfico, fazendo uma caracterização sobre evoluções dos sistemas de administração da produção salientando a importância do sistema de produção enxuta, bem como conceitos básicos de *layout* e manufatura celular, apresentando neste contexto sua relevância e medidas utilizadas nas empresas para tomada de decisões e ações. Apresenta também um método para a formação de células em empresas deste setor, desenvolvido através de pesquisa-ação. Além disso, é apresentado um caso real de implantação deste método em uma empresa de calçados esportivos e são discutidos os resultados obtidos.

Palavras-chave: manufatura enxuta, manufatura celular, fabricação de calçados.

Abstract

JUNQUEIRA, R. P. **The utilization of cellular manufacturing concepts in the sewing sector in shoes industries.** 2006. 137 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

The concept of lean manufacturing is being considered more and more a new paradigm for a number of companies worldwide. Originally from the automotive industry, the concept of lean production has been spread to all types of industry. This work presents an implementation of the lean production system in a shoe industry. Its main purpose is to present the application of the concepts of this system to the cell formation in the sewing sector.

The creation of these cells is vital because most of the operations are intensely manual and cells provide the opportunity for a better use of the worker in the balancing and standardization of the operations. Cells also allow a better use of the space and less work in process. A great challenge for this activity is the high variety of products with high variety of sequences in the operations of sewing.

Therefore, the study presents a research on the evolution of the production administration system showing the importance of the lean production system, as well as basic concepts of layout and cellular manufacturing, presenting in this context its relevance and the performance measurements used in industries for the decision making and actions. It also presents a method to the cell formation in shoe industries, developed from an action-research. It is presented a real case of implementation of this method in a sportive shoe industry and discussed its results.

Keywords: lean production, cellular manufacturing, shoe industry.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	2
1.3 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	5
1.4 JUSTIFICATIVA	5
1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA E DE DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	7
1.5.1 <i>As diferentes classificações de pesquisa</i>	8
1.5.1.1 Natureza da pesquisa	8
1.5.1.2 Abordagem do problema	8
1.5.1.3 Objetivos de pesquisa	10
1.5.1.4 Procedimentos técnicos de pesquisa	10
1.5.1.4.1 Pesquisa-ação	11
1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	17
2.1.1 <i>Produção artesanal</i>	17
2.1.2 <i>Produção em massa</i>	18
2.1.3 <i>Produção Enxuta</i>	19
2.1.4 <i>Comparação dos sistemas de administração apresentados</i>	20
2.2 PRODUÇÃO ENXUTA	22
2.2.1 <i>Princípios do pensamento enxuto</i>	23
2.2.1.1 Valor.....	23
2.2.1.2 Cadeia de valor	25
2.2.1.3 Fluxo.....	26
2.2.1.4 Produção puxada.....	27
2.2.1.5 Perfeição	27
2.2.2 <i>Ferramentas do sistema</i>	28
2.2.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping)	28
2.2.2.2 Criando fluxo contínuo	35
2.2.2.3 Sistema puxado e nivelamento da produção	36
2.2.2.4 Setup rápido.....	37
2.2.2.5 Manutenção autônoma	40
2.2.2.6 Gerenciamento visual	41
2.2.3 <i>Gestão da mudança e a produção enxuta</i>	45
2.2.3.1 Transmeth – Metodologia para condução de processos de transformação de empresas	46
2.2.3.2 Método de implementação do Sistema de Produção Enxuta.....	50
2.2.4 <i>Lean e seus limites</i>	56
2.3 <i>LAYOUT</i>	56
2.3.1 <i>Definição de layout</i>	56
2.3.2 <i>O porquê de se trabalhar o layout</i>	57
2.3.2.1 Objetivos do uso do layout	58
2.3.3 <i>Planejamento de layout</i>	60
2.3.3.1 Critérios de performance	61
2.3.4 <i>Tipos básicos de arranjos físicos</i>	62
2.3.4.1 Arranjo físico posicional.....	62
2.3.4.2 Arranjo físico por processo.....	62
2.3.4.3 Arranjo físico por produto	63
2.3.4.4 Arranjo físico celular	63
2.3.4.5 Comparações entre os tipos de arranjos	64
2.4 MANUFATURA CELULAR.....	65
2.4.1 <i>Tipos de células de manufatura</i>	69
2.4.2 <i>Projeto do arranjo físico celular</i>	69
2.4.3 <i>Benefícios da Manufatura Celular</i>	71

2.5	IDENTIFICAÇÃO DO SETOR INDUSTRIAL – CALÇADOS	73
2.5.1	<i>O calçado através dos tempos</i>	73
2.5.2	<i>A indústria de Calçados no Brasil</i>	74
2.5.2.1	Fator esteira	78
2.5.2.2	Fator Mão de obra.....	79
2.5.3	<i>A indústria de calçado em Franca</i>	80
2.5.4	<i>Etapas do processo produtivo</i>	80
3	O MÉTODO PRELIMINAR	83
3.1	CONCEITOS	83
3.2	MÉTODO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA	84
3.2.1	<i>Formação da equipe</i>	85
3.2.2	<i>Formação macro do escopo do projeto</i>	86
3.2.3	<i>Escopo do projeto</i>	87
3.3	MÉTODO PRELIMINAR PROPOSTO PARA FORMAÇÃO DE CÉLULA.....	89
4	APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE CALÇADOS	92
4.1	APRESENTAÇÃO DO CASO	92
4.1.1	<i>Descrição do processo de melhoria mais amplo</i>	93
4.1.1.1	Definição da equipe de melhoria	93
4.1.1.2	Definição do escopo do projeto	94
4.1.2	<i>Desenvolvimento do projeto</i>	97
4.1.3	<i>Refinar células existentes e formação de novas células</i>	99
4.1.4	<i>Balanceamento dos operadores</i>	101
4.1.5	<i>Padronização das atividades</i>	105
4.1.6	<i>Criação de fluxo contínuo na célula</i>	106
4.1.7	<i>Procedimento para troca rápida de layout</i>	108
4.1.7.1	Primeiro passo – Separação do setup externo do setup interno.....	108
4.1.7.2	Segundo passo – Converter o setup interno em setup externo	109
4.1.7.3	Terceiro passo – Racionalização das operações do setup	113
4.1.8	<i>Conclusão</i>	114
5	O MÉTODO PARA FORMAÇÃO DE CÉLULA DE PESPONTO	116
5.1	OBJETIVO.....	116
5.2	MÉTODO PRELIMINAR E SUAS MODIFICAÇÕES	116
5.3	MÉTODO PROPOSTO PARA FORMAÇÃO DE CÉLULA DE PESPONTO	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
6.1	ANÁLISE DAS ATIVIDADES E RESULTADOS	121
6.1.1	<i>Pesquisa-ação</i>	121
6.1.2	<i>Método para implantação do sistema de produção enxuta</i>	122
6.1.3	<i>Método para formação de célula</i>	122
6.2	CONCLUSÕES	122
6.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	124
	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS	131
	APÊNDICE	136

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – MÉTODO DA PESQUISA	13
FIGURA 02 - FASES DO TRABALHO	14
FIGURA 03 – CASA DO STP	22
FIGURA 04 - ENFOQUE DA PRODUÇÃO ENXUTA	24
FIGURA 05 – ETAPAS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR	29
FIGURA 06 - DIFERENÇAS ENTRE SITUAÇÃO ATUAL E SITUAÇÃO FUTURA	32
FIGURA 07 – <i>TAKT TIME</i> OPERACIONAL	35
FIGURA 08 - IMPACTO DA TRF NA ESTRATÉGIA COMPETITIVA DE UMA EMPRESA	40
FIGURA 09 - GERENCIAMENTO VISUAL	41
FIGURA 10 - PASSOS DA METODOLOGIA TRANSMETH	47
FIGURA 11 - APLICAÇÃO DA TRANSMETH NA TRANSFORMAÇÃO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO ENXUTA ...	49
FIGURA 12 - PASSOS DO MÉTODO	52
FIGURA 13 - TIPOS DE <i>LAYOUTS</i> CELULAR	69
FIGURA 14 - QUANTIDADE DE EMPRESAS POR ESTADO	78
FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DOS SETORES NA FABRICAÇÃO DE CALÇADOS.	81
FIGURA 16- DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE MELHORIA	85
FIGURA 17 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR MACRO ATUAL DA EMPRESA	95
FIGURA 18 - MFV FUTURO DA EMPRESA COM OBJETIVOS DE MELHORIA	96
FIGURA 19 - EXEMPLO DO <i>LAYOUT</i> DA CÉLULA DE COSTURA	100
FIGURA 20 - <i>LAYOUT</i> COM 5 CÉLULAS EM PARALELO	101
FIGURA 21 - GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DOS OPERADORES	102
FIGURA 22 - <i>LAYOUT</i> DO MODELO 1	104
FIGURA 23 - <i>LAYOUT</i> DO MODELO 2	104
FIGURA 24 - <i>LAYOUT</i> DO MODELO 3	104
FIGURA 25 - <i>LAYOUT</i> DO MODELO 4	104
FIGURA 26 - <i>LAYOUT</i> DO MODELO 5	104
FIGURA 27 - QUADRO DE CONTROLE DIÁRIO	105
FIGURA 28 - QUADRO DE CONTROLE SEMANAL	106
FIGURA 29 - ESTOQUE EM PROCESSO: ANTES E DEPOIS.	107
FIGURA 30- MARCAS NO CHÃO PARA O POSICIONAMENTO DAS ESTAÇÕES NA CÉLULA.	109
FIGURA 31 - MÉTODO PARA A TROCA RÁPIDA DE <i>LAYOUT</i>	110
FIGURA 32 - CARTÃO DE POSICIONAMENTO.	111
FIGURA 33 - QUADRO DO <i>LAYOUT</i> DO MODELO X	112
FIGURA 34 - ANTES E DEPOIS DO TEMPO DA TROCA DO <i>LAYOUT</i>	113

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - DIFERENÇAS ENTRE PRODUÇÃO ARTESANAL, EM MASSA E ENXUTA	21
TABELA 02 - DEFINIÇÃO DOS ESTOQUES	37
TABELA 03 - DIMENSÕES, FRENTE E BARREIRAS ASSOCIADAS AO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO.	50
TABELA 04 - RELAÇÃO ENTRE DESPÉDICIOS E ALGUMAS POSSÍVEIS CAUSAS E SOLUÇÕES.	52
TABELA 05 - <i>LAYOUTS</i> TRADICIONAIS VERSUS <i>LAYOUTS</i> MODERNOS	64
TABELA 06 - COMO O <i>LAYOUT</i> CELULAR DIFERE DO <i>LAYOUT</i> FUNCIONAL.....	65
TABELA 07 - TERMOS PRODUTIVOS PARA SISTEMAS PRODUTIVOS DE MANUFATURA	66
TABELA 08 - PRINCIPAIS PRODUTORES DE CALÇADOS (MILHÕES DE PARES)	76
TABELA 09 - EVOLUÇÃO DO SALÁRIO MÉDIO NA INDÚSTRIA DE CALÇADOS.....	80
TABELA 10 - DADOS SITUAÇÃO ATUAL E FUTURA	98
TABELA 11 - EXEMPLO DE PLANILHA DE BALANCEAMENTO.....	103
TABELA 12 - DIFERENÇAS ENTRE MÉTODO PRELIMINAR E PROPOSTO	117

1 Apresentação do Trabalho

1.1 Introdução

No decorrer da história, podem-se observar modos alternativos de organizar o processo de trabalho que surgiram em resposta a contextos específicos, condicionados por fatores econômicos, sociais, culturais e institucionais. Atualmente, a economia globalizada exige das organizações habilidade para obtenção de maior competitividade.

Novos conceitos e práticas surgem, e diversos deles atentam para estratégias que buscam atender a clientes de forma plena para o estabelecimento de relacionamento leais e duradouros, visando a garantia de lucros a longo prazo. Estes conceitos incorporam a questão da satisfação dos clientes, pois, um produto não possui valor se não estiver no local e tempo desejados para seu consumo a um custo adequado e a uma qualidade satisfatória (SANTA EULÁLIA, 2001).

Acompanhando estas mudanças, Nazareno *et al* (2005) relata o surgimento da Produção Enxuta como um sistema de manufatura cujo objetivo é otimizar os processos e procedimentos por meio da redução contínua de desperdícios, tendo como objetivos fundamentais a qualidade e a flexibilidade do processo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no cenário globalizado.

Segundo SANTOS e CLETO (2002) “... a sobrevivência das organizações depende de sua habilidade e flexibilidade de inovar e efetuar melhorias contínuas.”

Sendo assim, a busca da perfeição é fator estimulante ao ser humano e o mesmo incorpora melhorias aos processos para obter maior competitividade, aqui definida como a capacidade da empresa formular e implementar estratégias, que lhes permitam ampliar ou conservar uma posição sustentável no mercado.

Caracterizado por intensas mudanças tecnológicas, comunicação rápida, abertura econômica e competição global, o atual ambiente competitivo está forçando as empresas a reverem seus modelos de competição e mercados de atuação. A situação é particularmente preocupante para empresas cuja competitividade foi adquirida com base na vantagem comparativa do baixo custo da mão-de-obra, como é o caso da indústria calçadista nacional, e que pouco evoluíram no sentido de desenvolver vantagens

competitivas mais nobres e mais sustentáveis no longo prazo (FENSTERSEIFER, 1995).

Dessa forma, visando contribuir com uma discussão em torno de casos brasileiros de implantação do Sistema de Produção Enxuta em empresas de diversos setores, esta pesquisa busca discutir os conceitos e suas aplicações em empresas do setor calçadista, focando principalmente neste sistema de produção e no uso da manufatura celular no setor de pesponto (costura), setor este representante de alto valor no custo do calçado. Procurando, com isso, permitir à comunidade uma metodologia para implementação deste sistema e formação de células de manufatura.

1.2 Contextualização

A busca por melhores desempenhos, devido à competitividade do mercado, faz com que haja aceleração do desenvolvimento industrial, por sua vez, verifica-se o desenvolvimento e a utilização de filosofias, metodologias e ferramentas que melhor adequem as situações atuais. Segundo Diedrich (2002) estas mudanças sociais, políticas, econômicas e tecnológicas vêm ocorrendo, tornando necessárias significativas modificações nos setores produtivos.

Atualmente as empresas estão enfrentando vários problemas, tais como:

- Mercado globalizado e o consumidor com poder de escolha busca qualidade e baixo custo
- Os produtos têm ciclo de vida cada vez mais curto
- A variedade de produtos está cada vez maior e o volume cada vez menor.

Com isso, surgiram características para a administração da produção, algumas citadas por Womack *et al.* (1992), outras por Luis e Rozenfeld (2003) e algumas por ambos, descritas a seguir: lotes pequenos (menor custo com estoques); troca rápida de ferramentas; produzir quando e quanto necessário para reduzir retrabalho (conforme a demanda); força de trabalho extremamente qualificada e motivada; equipe multifuncional, trabalho em equipe e forte liderança; melhorias contínuas; alta qualidade; relacionamento de cooperação e de longo prazo com fornecedores; *just-in-time* (“na hora certa”); alta adaptabilidade às constantes mudanças do mercado; menor utilização de recursos como estoque, área, tempo, movimentação e esforço físico; utilização da capacidade intelectual dos funcionários; maior variedade de produtos aos

clientes; adequação de novas tecnologias ao sistema de produção atual; fluxo contínuo; manufatura flexível com menor número de máquinas especializadas.

Atualmente, o sistema de produção enxuta tem sido crescentemente estudado em várias partes do mundo. A Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, é uma metodologia que procura melhorar o fluxo produtivo eliminando os desperdícios. Esta visa ganho de produtividade, de qualidade e de espaço físico, retorno de custos operacionais, reduzido *lead time* e reduzido tempo de resposta ao cliente (WOMACK *et al.*, 1992).

Vale ressaltar, neste momento, alguns fatores que, encadeados, indicam o *Lean Thinking* ser fundamental para a competitividade das empresas brasileiras em uma economia globalizada, tais como: a economia aberta é fundamental para o processo de desenvolvimento econômico por permitir a livre concorrência (forçando aumento de produtividade); o processo de integração comercial entre os países deve ser enxergado como importante fonte de oportunidades por parte das economias nacionais; o alto crescimento das exportações; muitos produtos brasileiros ainda não são adequadamente competitivos globalmente; a falta de competitividade é devido à baixa produtividade e para aumentar a mesma é preciso reconhecer a necessidade de fazer a mudança; a melhoria de produtividade decorre de processos mais eficientes e de inovações de produtos e serviços; empresas mais produtivas podem reduzir custos e conseqüentemente preços, estes mais baixos traduzem-se em maior consumo e geração de maior riqueza para a sociedade (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2003).

Tratar o processo de implantação deste sistema torna-se importante, devido ser um processo crítico para o sucesso do sistema *lean* (WOMACK; JONES, 1998), pois sofre adaptações dos seus conceitos e técnicas para melhor funcionamento nas empresas.

Nazareno (2003) relata que muitas empresas ao tentarem implementar projetos de produção enxuta não têm alcançado os resultados desejados, sendo comuns as interrupções no processo de implementação sem saber ao certo como prosseguir, bem como sustentar resultados obtidos. Feld (2000) apresenta algumas razões para o fracasso dos projetos como: falta de visão clara de como deve ser o novo ambiente enxuto; falta de uma definição da direção a ser tomada e dos passos necessários para tal; conhecimento limitado quanto à forma de conduzir a implementação; foco direcionado para os mecanismos de funcionamento dos novos processos. Além disso, este autor relata que pouca atenção é dada à questão do impacto dessas mudanças na organização.

Para Nazareno (2003) as dificuldades de implementação são oriundas de lacunas e limitações em práticas, métodos e ferramentas, podendo citar como exemplo a não adaptação do mapeamento do fluxo de valor para grande variedade de produtos, a falta de habilidade em tratar os aspectos físicos e o restrito conhecimento técnico da equipe para colocar em prática as transformações.

Apesar das limitações e dificuldades várias empresas de diversos setores estão iniciando a aplicação da produção enxuta devido aos seus resultados comprovados e significativos.

A indústria de calçados, apesar de, também, enfrentar um ambiente altamente competitivo tem evoluído pouco no sentido de desenvolver vantagens competitivas mais nobres e mais sustentáveis a longo prazo, segundo Fensterseifer (1995). As vantagens competitivas da indústria nacional de calçados, são centradas no aproveitamento de mão-de-obra de baixo custo e no fácil acesso às matérias-primas abundantes, gradativamente perdem a atratividade num cenário competitivo mundial que prioriza cada vez mais a qualidade dos produtos, o serviço ao cliente, a flexibilidade da produção, a agilidade na entrega, a resposta rápida às variações da demanda e a variedade dos produtos e serviços. Embora, esta contribua com uma parcela significativa das atividades manufatureiras do país, tanto pelo seu volume de produção e expressiva participação na pauta de exportações, como pela sua grande capacidade de geração de empregos (FENSTERSEIFER, 1995).

O desenvolvimento tecnológico lento somado a resistência à mudança faz com que as empresas do setor em estudo ainda utilizem esteiras produtivas em seu processo, inviabilizando a flexibilidade. Outro item, totalmente, relacionado é o desperdício de tempo do operador, reflexo da inexistência de balanceamentos bem feitos. Além disso, este setor apresenta um grande número de terceirização no setor de pesponto (costura), as chamadas bancas de pesponto, isto colabora para o aumento da movimentação, facilitando à exposição a riscos fatais para a competitividade, tais como, os defeitos, a falta de padronização, a falta de conhecimento de racionalização de processos gerando o processamento inadequado e alto índice de desperdícios (refugos).

Esta pesquisa terá como objetivos gerais apresentar conceitos do Sistema de Produção Enxuta, focando no processo de implementação e formação de células de acordo com a literatura. Posteriormente, utilizando informações coletadas em empresa do setor calçadista, por meio da pesquisa ação, serão discutidas variáveis relevantes para a aplicação do *layout* celular. Adicionalmente, pretende-se permitir, aos envolvidos com

a implementação deste sistema em empresas deste setor, **o desenvolvimento de um método para a formação de células de produção no setor de pesponto**, com o intuito de trazer o sucesso da implementação do Sistema de Produção Enxuta para a Indústria de Calçados buscando um aumento de competitividade para a indústria.

1.3 Apresentação do Problema

“O problema é o ponto de partida da pesquisa. Da sua formulação dependerá o desenvolvimento da pesquisa” (SILVA; MENEZES, 2000).

Sendo assim, buscando melhor apresentar o problema desta pesquisa serão estruturadas questões, estas são importantes para mostrar a relevância do trabalho, segundo Yin (1994), além disso, a formação de questões de pesquisa é sugestão de Lakatos e Marconi (1991).

As questões para apresentação do problema de pesquisa são:

Como a ferramenta de fluxo contínuo e células de produção podem colaborar com esta aplicação?

Quais são os problemas inerentes à aplicação de célula no processo de costura?

Basicamente estas são as questões centrais do trabalho. As justificativas para o interesse nestas questões serão detalhadas a seguir.

1.4 Justificativa

A busca pela flexibilidade de processo leva a análise dos *layouts* produtivos, pois estes podem otimizar o processo produtivo com poucos investimentos, pequenas alterações no processo produtivo, bem como a melhor alocação das atividades operacionais, melhorando a produtividade e índices de eficiência da empresa. (TREIN, 2001)

Além disso, as empresas do setor calçadista enfrentam alta competitividade, tanto no mercado interno como no externo, e o seu desenvolvimento tecnológico tem sido lento devido à cultura e a resistência à mudança.

Sendo assim, busca-se apresentar dados qualitativos e quantitativos que justifiquem a escolha pela pesquisa neste setor, são eles:

- Importância econômica

- O calçado é o segundo principal item da balança comercial brasileira, com um faturamento de US\$ 1,8 bilhão com operações internacionais (ABICALÇADOS, 2005);
- O parque calçadista brasileiro hoje contempla mais de 7,2 mil indústrias, que produzem aproximadamente 665 milhões de pares/ano, sendo que 189 milhões são destinados à exportação. O setor é um dos que mais gera emprego no país. Em 2003, cerca de 280 mil trabalhadores atuavam diretamente na indústria (ABICALÇADOS, 2005);
- Considerado um dos setores mais importantes do mundo, com mais de 300 indústrias de componentes instaladas no Brasil, mais de 400 empresas especializadas no curtimento e acabamento do couro, processando anualmente mais de 30 milhões de peles e cerca de uma centena de fábricas de máquinas e equipamentos (ABICALÇADOS, 2005);
- Terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais. Exportador para mais de 100 países. É uma indústria altamente especializada em todos os tipos de calçados: femininos, masculinos e infantis, além de calçados especiais, como ortopédicos e de segurança do trabalhador (ABICALÇADOS, 2005);
- O calçado masculino, produção nacional predominante em Franca, apresenta segundo a Abilcalçados (2005) queda brusca no INPC¹ e IPCA².
- Importância geográfica
 - Praticamente um terço das empresas produtoras de calçados encontram-se no estado de São Paulo;
 - Franca é o pólo calçadista fabricante de produtos masculinos do Brasil.
- Facilidade de acesso
 - O autor tem conhecimento no processo produtivo escolhido, além de manutenção do contato com empresas do setor, bem como a possibilidades de aplicações industriais.

¹ Medição do INPC (Índice Nacional de Preços ao Consumidor), compreendendo produtos consumidos por indivíduos com renda de 0 a 8 salários mínimos

² Medição do IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Ampliado), compreendendo produtos consumidos por indivíduos com renda de 0 a 20 salários mínimos

- Aspectos ligados à concorrência
 - Busca de vantagem competitiva frente a custo, qualidade, produtividade e flexibilidade, características vindas do mercado nacional e internacional. O setor calçadista enfrenta uma grande concorrência mundial. Países como a China, Vietnã, Índia, Indonésia e entre outros têm entrado no mercado devido ao valor da mão de obra e aos subsídios fornecidos ao setor nestes países.

Buscando atingir os objetivos e respondendo as questões citadas anteriormente o trabalho é estruturado seguindo uma metodologia descrita a seguir.

1.5 Metodologia de pesquisa e de desenvolvimento do trabalho

Nesta seção, aborda-se o emprego da metodologia científica de pesquisa, seus métodos, regras e paradigmas.

Segundo Silva e Menezes (2000), pesquisar significa procurar respostas para indagações propostas. “O problema é o ponto de partida da pesquisa e da sua formulação dependerá o desenvolvimento da pesquisa, já que todo o processo de pesquisa irá girar em torno de uma solução (SANTA EULÁLIA, 2001).” Para Gil (1999 *apud* SILVA; MENEZES, 2000) o objetivo da pesquisa é descobrir respostas para problemas, mediante o emprego de processos científicos.

A elaboração de um trabalho de pesquisa científica requer o emprego de métodos e regras de pesquisa sistemática, oriunda da ciência.

O termo ciência, segundo Ruiz (1992) implica em um conhecimento que, além de apreender e registrar fatos, também demonstra suas causas determinantes ou constitutivas.

Vale comentar neste momento que “a utilização de um método para a realização de uma pesquisa científica visa garantir a possibilidade de replicação do procedimento que levou à busca da solução de um problema, mas não garante a chegada à solução” (OLIVEIRA, 2002, p. 68).

Por sua natureza acadêmica, consideram-se ao longo deste estudo, os paradigmas da metodologia científica, voltados à elaboração deste tipo de trabalho. O objetivo da metodologia consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou as implicações de sua utilização (THIOLLENT, 2000). O

mesmo autor comenta que a metodologia, também, é considerada um modo de conduzir a pesquisa, podendo assim orientar o processo de investigação, a tomada de decisões, hipóteses, técnicas e dados adequados, podendo ser entendida como uma disciplina que estuda os métodos. Ainda este autor comenta que as características de cada método ou de cada técnica podem interferir no tipo de interpretação dos dados que produzem. De acordo com Severino (1993), as características do presente tipo de trabalho incluem demonstrar uma posição e não apenas explicar um assunto.

Sendo assim os próximos itens buscam explicar os detalhes dos diferentes tipos de pesquisa.

1.5.1 As diferentes classificações de pesquisa

Segundo Silva e Menezes (2000) existem várias formas de classificar as pesquisas. As formas clássicas de classificação são do ponto de vista da sua natureza, da forma de abordagem do problema, de seus objetivos e dos procedimentos técnicos. Estes são detalhados a seguir.

1.5.1.1 Natureza da pesquisa

Quanto à natureza a pesquisa básica aborda o desenvolvimento de uma teoria, enquanto a pesquisa aplicada se encarrega de solucionar problemas aplicando-se a teoria (SILVA; MENEZES, 2000). Esta pesquisa científica classifica-se como pesquisa aplicada, que possui preocupação centrada na solução rápida para problemas locais.

1.5.1.2 Abordagem do problema

Quanto à abordagem do problema a pesquisa, segundo Silva e Menezes (2000), pode ser caracterizada como pesquisa quantitativa, a qual considera que tudo pode ser quantificável, ou seja, traduzir em números opiniões e informações para classificá-los e analisá-los, esta requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc...). Ou pesquisa qualitativa, segundo Silva e Menezes (2000), a qual considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A

interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicos no processo de pesquisa qualitativa, não requerendo o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave, além disso, é descritiva e os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente.

Esta pesquisa apresenta a pesquisa qualitativa, nesta, como é apresentado por Silva e Menezes (2000), o pesquisador como instrumento chave, interpreta fenômenos e atribui significado através da coleta de dados, não necessitando do uso de métodos e técnicas estatísticas. Os métodos de coleta de dados mais utilizados para pesquisas qualitativas são: observação aplicada, observação estruturada ou entrevista semi-estruturada. (BRYMAN, 1989).

Neste ponto, é importante a apresentação das técnicas de coleta de dados, as quais neste trabalho serão conceituadas segundo Bryman (1989), estas podem ser:

- Questionários auto administrados – coleção de questões que o responsável completa por ele mesmo;
- Entrevista estruturada – coleção específica e precisa de questões formuladas as quais são questionadas por um entrevistador;
- Observação participativa – técnica que envolve o pesquisador gastando um período de tempo fazendo observações no contexto particular da organização;
- Entrevista desestruturada – o pesquisador faz a entrevista de maneira informal, permitindo respostas de grande amplitude;
- Observação estruturada – o pesquisador grava as observações em um planejamento inicial, mas não tem participação no dia a dia da organização;
- Simulação – indivíduos são questionados a imitar o comportamento da vida real para observar como reagem as diferentes ações;
- Informações de arquivos – pesquisa nas fontes dos arquivos.

Este trabalho pode ser caracterizado pelo uso da pesquisa qualitativa, a qual utilizou-se como técnicas de coleta de dados a revisão bibliográfica, considerada informações de arquivos, sendo utilizada para a formação de uma base de dados, visando ampliar e consolidar os dados apresentados na aplicação. Além disso, utilizou a

observação participativa, a qual ocorreu durante toda a aplicação que será apresentada no capítulo 4 deste trabalho.

1.5.1.3 Objetivos de pesquisa

De acordo com Gil (1991 apud Silva; Menezes, 2000) do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa pode ser:

- Pesquisa Exploratória, a qual visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses, envolvendo levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão. “Os estudos exploratórios definem objetivos e buscam maiores informações sobre determinado problema, realizando descrições precisas da situação e desejando descobrir as relações existentes entre os elementos componentes da mesma” (CERVO; BERVIAN, 1996).

- Pesquisa Descritiva, a qual visa descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis, envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática.

- Pesquisa Explicativa, a qual visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofunda o conhecimento da realidade porque explica a razão, o “porquê” das coisas. Quando realizada nas ciências naturais requer o uso do método experimental e nas ciências sociais requer o uso do método observacional.

Este trabalho apresenta-se como uma pesquisa exploratória, já que os objetivos são definidos e o trabalho é desenvolvido na busca de informações e relações para a resolução do problema central.

1.5.1.4 Procedimentos técnicos de pesquisa

Os procedimentos técnicos são chamados por alguns autores como Métodos de Procedimentos, Bryman (1989) ou Estratégia de pesquisa, Yin (1994). Estes são apresentados neste trabalho segundo Gil (1999 apud SILVA; MENEZES, 2000), como:

- Pesquisa Bibliográfica: quando elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet;

- Pesquisa Documental: quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico;

- Pesquisa Experimental: quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definem-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto;

- Levantamento: quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer;

- Estudo de caso: quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento. O estudo de caso é frequentemente utilizado para promover o entendimento das áreas funcionais da organização que são bem documentados e que não são entrosados na investigação (BRYMAN, 1989). Segundo este mesmo autor o objetivo não é interferir no encontro de exemplos da população, mas entender as origens e linkar a importância teórica;

- Pesquisa *Ex-Post-Facto*: quando o “experimento” se realiza depois dos fatos;

- Pesquisa ação: quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo;

- Pesquisa Participante: quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas.

Neste trabalho a pesquisa ação foi utilizada como procedimento técnico de pesquisa e será detalhada no item a seguir.

1.5.1.4.1 *Pesquisa-ação*

A pesquisa-ação é, segundo Thiollent (2000), Bryman (1989) e Silva e Menezes (2000), um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Nesta abordagem o pesquisador é parte integrante do objeto de estudo. Isto significa dizer que ele atua ativamente no meio estudado, tendo influência sobre os resultados, conforme explicado por Thiollent (2000), Bryman (1989) e Westbrook (1995). Proporcionando assim, aos mesmos, meios de tornarem-se capazes de responder com maior eficiência aos problemas da situação de forma transformadora (THIOLLENT, 2000). A técnica de intervenção é adaptada assim que utilizada, assim como o entendimento do escopo e o desenvolvimento de limitações (WESTBROOK, 1995).

Thiollent (2000) descreve, ainda, os principais aspectos da pesquisa-ação: ampla e explícita interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada; o objetivo de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e pelos problemas de diferentes naturezas encontrados nesta situação; durante o processo ocorre um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação; a pesquisa não se limita a uma forma de ação, pretende-se aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento das pessoas e grupos considerados.

Na fase de definição da pesquisa-ação deve-se esclarecer a relação existente entre os objetivos de pesquisa e os objetivos da ação, sendo eles: objetivo prático, contribuindo com equacionamento do problema, com o levantamento de soluções e proposta de ações correspondentes para auxiliar o agente na sua atividade transformadora da situação; objetivo de conhecimento, obter informações que seriam de difícil acesso por meio de outros procedimentos (THIOLLENT, 2000). Os objetivos do conhecimento potencialmente alcançáveis, citados pelo mesmo autor, são: coleta de informação original acerca de situações ou de atores em movimento; concretização de conhecimentos teóricos; a comparação das representações próprias aos vários interlocutores; a produção de regras práticas para resolver os problemas e planejar as correspondentes ações; os ensinamentos positivos e negativos quanto à conduta de ações; possíveis generalizações.

Segundo Westbrook (1995) a pesquisa-ação mostra ser efetiva para o desenvolvimento de uma técnica ou construção de uma teoria. Além disso, apresenta como resultados a produção de conhecimento, a experiência adquirida e a contribuição para a discussão.

Os dados foram analisados indutivamente, sendo o processo e o seu significado, foco principal da abordagem (LAKATOS; MARCONI, 2001). Estes autores citam que a

abordagem indutiva promove a elaboração de generalizações a partir de constatações particulares. Neste trabalho, assim como comentado por Cervo e Bervian (1996), as generalizações derivam de observações de casos da realidade concreta, considerando que o conhecimento é fundamentado na experiência, não levando em conta princípios pré-estabelecidos.

Todo este processo metodológico pode ser mais bem compreendido na Figura 01, a qual apresenta um resumo dos itens apresentados anteriormente. Esta figura apresenta no lado esquerdo as características de pesquisa apresentadas por autores citados acima e no lado direito apresenta as características de pesquisa que foram utilizadas neste trabalho.

Pesquisa	Trabalho
Natureza Pesquisa básica Pesquisa aplicada	Natureza Pesquisa aplicada
Abordagem do Problema Pesquisa quantitativa Pesquisa qualitativa	Abordagem do Problema Pesquisa qualitativa
Objetivos Pesquisa exploratória Pesquisa descritiva Pesquisa explicativa	Objetivos Pesquisa exploratória
Procedimentos técnicos Pesquisa Bibliográfica Pesquisa Documental Pesquisa Experimental Levantamento Estudo de caso Pesquisa Ex-Post-Facto Pesquisa ação Pesquisa Participante	Procedimentos técnicos Pesquisa ação
Técnicas de coleta de dados Questionários auto administrados Entrevista estruturada Observação participativa Entrevista desestruturada Observação estruturada Simulação Informações de arquivos	Técnicas de coleta de dados Observação participativa Informações de arquivos

FIGURA 01 – MÉTODO DA PESQUISA

1.6 Organização do texto

De acordo com Cervo e Bervian (1983 *apud* SANTA EULÁLIA, 2001) o planejamento da pesquisa científica é necessário, pois, “faz a previsão e a provisão dos recursos necessários para atingir o objetivo proposto de solucionar um problema e estabelece a ordem e a natureza das diversas tarefas a serem executadas dentro de um cronograma a ser observado”.

Sendo assim, será apresentado a seguir o processo para realização do trabalho, tais como as especificações das atividades e a forma na qual o trabalho está estruturado. O encadeamento das fases da pesquisa é mostrado na Figura 02 e detalhado a seguir.

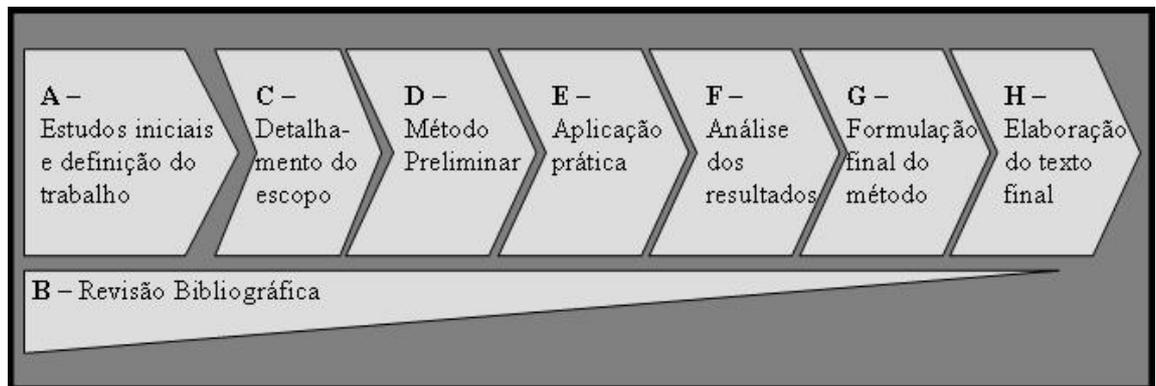


FIGURA 02 - FASES DO TRABALHO

A. Estudos iniciais e definição do trabalho

- Foi realizada uma pesquisa bibliográfica inicial para conhecimento e especificação do tema, macro escopo do trabalho e objetivos, bem como o planejamento inicial do trabalho.

B. Revisão bibliográfica

- Levantamento bibliográfico em livros, artigos, entre outros, e extraído dos mesmos assuntos interessantes e pertinentes ao tema.

C. Detalhamento do escopo

- Detalhamento da intenção do trabalho, seus tópicos, seleção da empresa;
- Detalhamento da empresa, escopo para a aplicação prática.

D. Método Preliminar

- Apresentação de um método para implementação do sistema de produção enxuta baseado nos conceitos de vários autores;
- Desenvolvimento de um método preliminar com passos a serem seguidos para a formação de células.

E. Aplicação Prática

- Aplicação dos métodos em uma empresa com o objetivo de saber como é realizada a implantação da manufatura enxuta e se os métodos têm relevância neste processo.

F. Análise de resultados

- Análise da aplicação prática e levantamento de pontos de melhoria para o método.

G. Formação do método final

- Elaboração do método final baseado na análise dos resultados da aplicação prática.

H. Elaboração do texto final

- Conclusão e elaboração do texto final;
- Melhoramentos e escrita propriamente dita;
- Correção;
- Elaboração da apresentação.

Todos os passos citados anteriormente são estruturados no trabalho da seguinte forma:

Capítulo 1: apresenta considerações iniciais e descrição dos capítulos, a contextualização e a justificativa do trabalho, explanando os motivos que levaram a realização da pesquisa e ressaltando a relevância do tema; descreve o objetivo da pesquisa e questões metodológicas, bem como o planejamento do trabalho;

Capítulo 2: apresenta a revisão bibliográfica sobre o histórico dos sistemas de produção, o sistema de produção enxuta, formas de arranjo físico, conceitos de manufatura celular e sobre a produção de calçados;

Capítulo 3: apresenta o método para aplicação do Sistema de Produção Enxuta e o método preliminar proposto para a formação de células;

Capítulo 4: apresenta a aplicação prática e seus resultados;

Capítulo 5: apresenta o método proposto.

Os tópicos seguintes, aos supracitados, apresentam considerações finais, referências e anexos.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Histórico dos sistemas de administração da produção

Santos e Cleto (2002) afirmam que a experiência histórica tem demonstrado que, sob o capitalismo, não há uma única forma de organizar os elementos do processo de trabalho no interior da manufatura. Como já citado na introdução, o arranjo do processo depende de fatores sócio-econômico-culturais. Quando o processo se mostra eficiente ele tende a difundir-se em resposta ao mercado. Mostrando esta evolução, logo a seguir serão descritos os processos de manufatura, suas relações e diferenciações.

Porém, anteriormente, deve-se definir sistemas de administração da produção:

São sistemas que provêm informações que suportam o gerenciamento eficaz do fluxo de materiais, da utilização de mão-de-obra e dos equipamentos, a coordenação das atividades internas com as atividades dos fornecedores e distribuidores e a comunicação/interface com os clientes no que se refere a suas necessidades operacionais (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Tendo como objetivo comparar os sistemas de administração da produção será feito neste tópico a descrição detalhada da produção artesanal, em massa e enxuta.

2.1.1 Produção artesanal

Para Womack et al. (1992) o sistema de produção artesanal tinha características como: força de trabalho altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento; organizações extremamente descentralizadas; emprego de máquinas e ferramentas de uso geral e volume de produção baixíssimo. Complementando Cardoso *et al.* (2001) afirmam que para este sistema de produção, com produtos individualizados feitos sob encomenda, os custos não diminuem significativamente com o aumento da produção.

Este sistema foi superado por Henry Ford com seu modelo T em 1908 que com características de intercambialidade, simplicidade e facilidade de ajuste proporcionaram vantagens em relação aos seus competidores (GODINHO FILHO, 2001).

2.1.2 Produção em massa

Esse tipo de produção tem sua eficiência nas economias de tempo mediante o aumento na velocidade com que os materiais são trabalhados na produção (CHANDLER *apud* SANTOS; CLETO, 2002).

Suas principais características, ligadas a Ford e a produção automotiva, são (WOMACK *et al.*, 1992):

- Força de trabalho: desqualificada e que não manifesta defeitos ou sugerem aperfeiçoamentos no processo;
- Organização: perseguição da completa verticalização;
- Ferramentas: de alta precisão, baixo custo de preparação de máquinas, reduzido tempo de preparação, totalmente ou quase automatizadas e dedicadas;
- Produto: tem como principal atrativo o baixo custo e não a qualidade ou a variedade;
- Processo: linha de montagem móvel e estação de trabalho fixa, proporcionando maior agilidade.

Enfatizando, a produção em massa é caracterizada por processos dedicados, grandes estoques de matéria-prima, produtos semi-acabados e acabados, elevados tempos de *setup*, organizações departamentalizadas, produtos e processos padronizados, baixa variedade e alto volume, equipamentos dedicados, economia de escala e altos índices de refugo e re-trabalho (CARDOSO *et al.*, 2001).

De acordo com Godinho Filho (2001), Alfred Sloan, presidente da General Motors, desenvolveu uma gama variada de produtos e técnicas gerenciais e de marketing que impulsionaram fortemente a produção em massa. Segundo Womack *et al.* (1992), Sloan foi um complemento a Ford e cita que a produção em massa amadurecida é aquela formada pelas práticas de fabricação de Ford somada às técnicas de marketing, à gerência de Sloan e ao papel desempenhado pelos movimentos sindicais.

Entretanto, a vantagem competitiva da produção em massa perdeu força nos anos 50, quando a mesma se tornou comum em todos os países do mundo surgindo assim a produção enxuta.

2.1.3 Produção Enxuta

O Sistema de produção enxuta é um conjunto de inovações organizacionais que a empresa japonesa produtora de carros, Toyota, vinha desenvolvendo desde a metade da década de 1940. Este conjunto de inovações obteve sua origem na questão de como a Toyota poderia se propor a ser uma empresa viável na fabricação de automóveis de maneira eficiente para um mercado de pequenas dimensões como era o Japão à época do término da II Guerra Mundial (SANTOS; CLETO, 2002).

A melhoria contínua é uma meta para as corporações industriais e organizações que desejam alcançar uma posição sólida no mercado atual. Com isso, grande parte das empresas tem buscado implementar as técnicas da filosofia da Produção Enxuta ou *Lean Production* (NAZARENO *et al.*, 2005).

A Manufatura Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, é uma metodologia que procura melhorar o fluxo produtivo eliminando os desperdícios. Esta visa ganho de produtividade, de qualidade e de espaço físico, retorno de custos operacionais, reduzido *lead time* e reduzido tempo de resposta ao cliente (WOMACK *et al.*, 1992).

Os problemas enfrentados no Japão quando esta empresa resolveu ingressar na fabricação em larga escala, tais como citaram Cardoso *et al.* (2001), Godinho Filho (2001) e Womack e Jones (1998) foram:

- Mercado limitado, os produtos deveriam ser variados para atender ao mercado;
- Força de trabalho era apoiada por novas leis trabalhistas;
- Escassez de recursos para busca de novas tecnologias;
- Mercado competitivo.

Esses elementos não existem claramente na produção em massa, pois neste momento observou-se a necessidade de alta variedade e baixo volume, qualidade assegurada, produtos com ciclo de vida mais curtos, trabalho de acordo com a demanda e custos menores (CARDOSO *et al.*, 2001). Algumas características para este tipo de administração da produção, são citadas por Womack *et al.* (1992), outras por Luis e Rozenfeld (2003) e algumas por ambos, descritas a seguir:

- Lotes pequenos (menor custo com estoques);
- Troca rápida de ferramentas;

- Produzir quando e quanto necessário para reduzir re-trabalho (conforme a demanda);
- Força de trabalho extremamente qualificada e motivada;
- Equipe multifuncional, trabalho em equipe e forte liderança;
- Melhorias contínuas;
- Alta qualidade;
- Relacionamento de cooperação e de longo prazo com fornecedores;
- *Just-in-time*³ (“na hora certa”);
- Alta adaptabilidade às constantes mudanças do mercado;
- Menor utilização de recursos como estoque, área, tempo, movimentação e esforço físico;
- Utilização da capacidade intelectual dos funcionários;
- Maior variedade de produtos aos clientes;
- Adequação de novas tecnologias ao sistema de produção atual;
- Fluxo contínuo;
- Manufatura flexível com menor número de máquinas especializadas.

A metodologia *Lean* também faz algumas suposições:

- Pessoas valorizam o efeito visual do fluxo;
- Perdas são as principais restrições para rentabilidade;
- Pequenas melhorias, com rápido sucesso, são mais benéficas do que o estudo analítico;
- Os efeitos da interação do processo serão resolvidos com a melhoria da cadeia de valor⁴ (NAVE, 2002).

2.1.4 Comparação dos sistemas de administração apresentados

A tabela 01 tem o objetivo de mostrar de forma simplificada as diferenças e/ ou semelhanças dos sistemas de produção.

³ Maneira de coordenar o fluxo de peças no sistema de suprimentos desenvolvido por Ohno, antigo vice-presidente da empresa *Toyota Motors Company*.

⁴ Conjunto de ações específicas necessárias para levar um produto desde a sua concepção as mãos dos clientes. Detalhada no item 4.1.2.

Tabela 01 - Diferenças entre produção artesanal, em massa e enxuta.

Produção Artesanal	Produção em Massa	Produção enxuta
Trabalhadores habilitados	Trabalhadores não habilitados	Trabalhadores habilitados
Ferramentas flexíveis	Ferramentas inflexíveis	Ferramentas flexíveis
Produtos exclusivos	Produtos padronizados	Produtos quase exclusivos
Alta qualidade	Qualidade razoável	Alta qualidade
Baixa quantidade	Alta quantidade	Alta quantidade
Alto custo	Baixo custo	Baixo custo

Fonte: BASTOS *et al.*, 2003.

Como complementação para o quadro, pode ser salientada a citação de Godinho Filho (2001) que comenta outras diferenças implementadas por Ohno e sua produção enxuta, em relação à produção em massa, tais como: bom relacionamento com fornecedores, inclusive participando do projeto do produto, os clientes são o ponto mais importante do processo e os produtos têm ciclo de produção menor do que os produtos da produção em massa, oferecendo sempre variedade aos clientes. A produção artesanal é caracterizada como “sob encomenda”, a produção em massa como “economia de escala” e a produção enxuta como “em fluxo”, já na qualidade, as diferenças são que a artesanal é conseguida “na marra”, a produção em massa “na inspeção” e a produção enxuta “na fonte” (CARDOSO *et al.*, 2001).

Com observação dos dados da tabela 02, a qual mostra diferenças entre tipologias de produção, podemos ter como conclusão as citações abaixo.

A produção em massa tem como resultado preços baixos, pouca variedade e algumas vezes baixa qualidade. Womack *et al.* (1992) salientam que os produtores em massa têm metas limitadas, que resultam em quantidades toleráveis de defeitos, num máximo de estoques aceitável e numa variedade de produtos padronizados. As melhorias não seriam viáveis, pois são caras.

A produção enxuta tem como resultado baixo custo, ampla capacidade produtiva e ampla variedade. Os produtores enxutos têm como meta a perfeição e, para isso, adquirem um número maior de qualificações profissionais, utilizando as suas capacidades de criar no trabalho em equipe (WOMACK *et al.*, 1992).

Com base neste item e nas qualidades do sistema de produção enxuta, frente à sua adaptação ao mercado, o próximo tópico fornecerá maiores detalhes para ressaltar os itens para a utilização deste sistema.

2.2 Produção Enxuta

O pensamento enxuto, ou *Lean Thinking*, é uma filosofia gerencial baseada nas práticas e resultados do Sistema Toyota de Produção (STP) (CARDOSO *et al.*, 2001). O mesmo procura especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita de forma cada vez mais eficaz (CARDOSO *et al.*, 2001; WOMACK; JONES, 1998). Para Liker (2005) o STP não é um kit de ferramentas e sim um sistema sofisticado de produção em que todas as partes contribuem para o todo.

A figura 03, chamada por Liker (2005) de “Casa do STP”, ilustra uma estrutura das ferramentas e dos objetivos do STP.

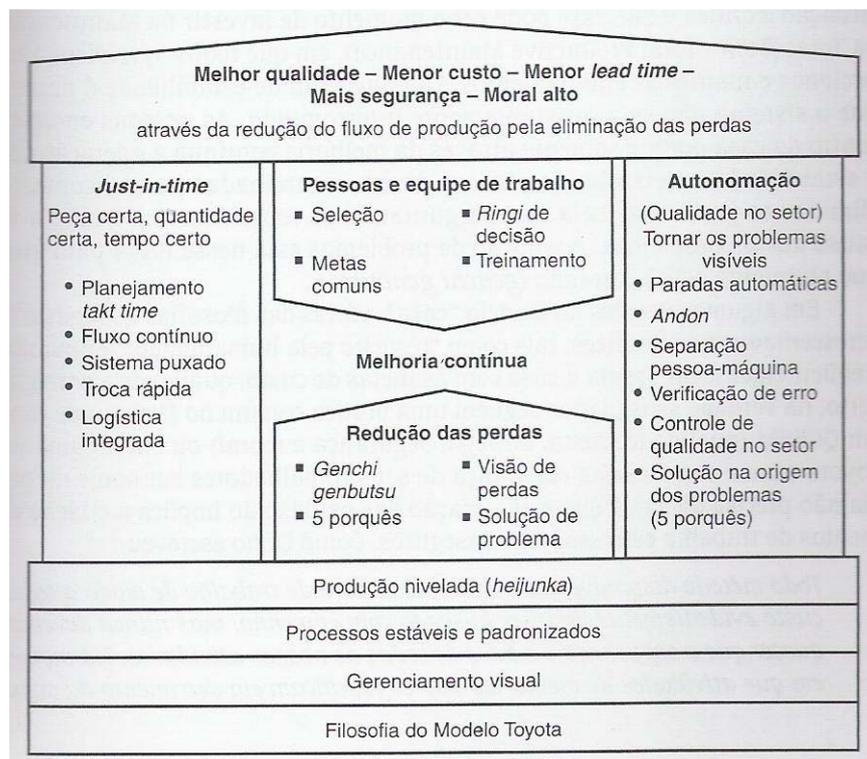


FIGURA 03 – CASA DO STP
Fonte: LIKER, 2005.

Esta metodologia engloba uma série de práticas e técnicas de manufatura, e tem como objetivo principal a eliminação dos desperdícios ao longo do sistema

produtivo. Os desperdícios são classificados como: *superprodução, espera, transporte excessivo, processos inadequados, inventário desnecessário, movimentação desnecessária e produtos defeituosos* (SHINGO, 1996; WOMACK; JONES, 1998).

De acordo com Ohno (1988) o sistema enxuto organiza-se sob dois pilares básicos: a autonomação e o *just-in-time*, pode-se confirmar esta citação anterior através da observação da Figura 03. De acordo com a mesma, o *just-in-time* e o *jidoka* (autonomação) sustentam o cliente, que é o foco principal do sistema, atendendo-o com alta qualidade, baixo custo e baixo *lead time*. Esta estrutura tem como base o nivelamento, a padronização e o *kaizen*, ferramentas e práticas que serão detalhadas em tópicos seguintes. O operador é parte importante do sistema, tendo a segurança moral como apoio à produtividade. Gera-se com isto a estabilidade do sistema.

As técnicas enxutas constituem uma forma viável de reduzir os custos e, ao mesmo tempo, diminuem os *lead times* da produção e o tempo de lançamento do produto no mercado, melhorando a qualidade e oferecendo aos clientes exatamente o que eles querem e exatamente quando querem. Elas também permitem projetar, pedir, produzir e entregar mercadorias em uma escala de produção menor, por meio de equipes de produto dedicadas, sem pagar o preço da escala ou do custo de investimento (WOMACK; JONES, 1998).

2.2.1 Princípios do pensamento enxuto

Segundo Nave (2002) e Womack e Jones (1998), existem cinco princípios para o sistema de produção enxuta: identificar o valor; identificar a cadeia de valor; criar fluxo contínuo; produção puxada; melhoria contínua do processo ou a perfeição.

Estes serão detalhados abaixo para a melhor definição desta filosofia:

2.2.1.1 Valor

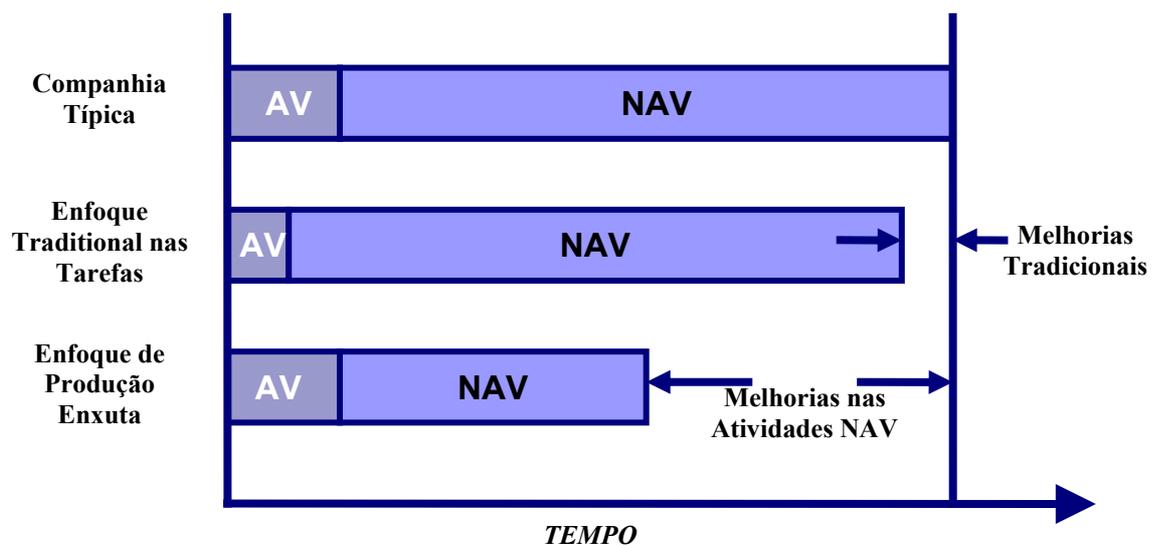
O valor é considerado, por Womack e Jones (1998) e Nave (2002), o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto. O mesmo só pode ser definido pelo cliente final e só é significativo quando expresso em termos de um produto específico (um bem

ou um serviço) que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.

Para esclarecimento das atividades realizadas pela empresa deve-se, primeiramente, identificar as ações necessárias para projetar, pedir e produzir um produto específico e dividi-las em três categorias (HINES; TAYLOR, 2000; WOMACK; JONES, 1998):

- Aquelas que realmente criam valor;
- Aquelas que não criam valor, mas são necessárias;
- Ações que não criam valor conforme percebido pelo cliente e podem ser eliminadas.

A Figura 04, a seguir, mostra graficamente como as atividades que agregam valor (AV) e as que não agregam valor (NAV) estão para as empresas classificadas, como: companhia típica, enfoque tradicional nas tarefas e enfoque na produção enxuta.



Legenda

NAV – atividades que não agregam valor;

AV – atividades que agregam valor.

FIGURA 04 - ENFOQUE DA PRODUÇÃO ENXUTA.

Fonte: Hines e Taylor, 2000

Segundo Hines e Taylor (2000) foram encontrados, nas empresas de manufatura de classe mundial, estes três tipos de atividades, em média, na seguinte proporção: 5% de atividades que agregam valor; 60% de atividades que não agregam valor; e 35% de atividades que não agregam valor, porém necessárias.

“As atividades que não agregam valor, do ponto de vista do cliente final são Desperdícios” (CARDOSO *et al.*, 2003). Shigeo Shingo ressaltam sete tipos de desperdícios para o Sistema Toyota de Produção:

(1) Superprodução: produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;

(2) Espera: longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos;

(3) Transporte excessivo: movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;

(4) Processos inadequados: utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;

(5) Inventário desnecessário: armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixa performance do serviço prestado ao cliente;

(6) Movimentação desnecessária: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando na baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens;

(7) Produtos defeituosos: problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega.

2.2.1.2 Cadeia de valor

Womack e Jones (1998) e Nave (2002) definem cadeia de valor como um conjunto de todas as ações específicas necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em qualquer negócio:

- a tarefa de solução de problemas que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia;
- a tarefa de gerenciamento da informação, que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um detalhado cronograma;

- a tarefa de transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. Esta expõe quantidade enorme de *muda*⁵.

2.2.1.3 Fluxo

Fluxo é o movimento ininterrupto do produto ou serviço pelo sistema até o cliente (NAVE, 2002).

Após identificar o valor e a cadeia de valor deve-se, segundo Womack e Jones (1998): focalizar o objetivo real; ignorar as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais, funções e empresas para criar uma empresa enxuta, eliminando todos os obstáculos ao fluxo contínuo; repensar as práticas e ferramentas de trabalho específicas, a fim de eliminar os retrofluxos.

Estas atividades são realizadas para obter fluxo e pontos positivos, das mesmas, podem ser detalhados, segundo Womack e Jones (1998):

- Repensar o trabalho de acordo com princípios do pensamento enxuto gera um potencial muito maior de experiências de fluxo psicológico. Os operários das células de produção podem ver o fluxo de trabalho da matéria prima ao produto final concluído;
 - O tempo *takt*⁶, o trabalho padronizado e o controle visual dão uma idéia imediata de como o trabalho está evoluindo;
 - As habilidades múltiplas e a rotação de funções utilizam totalmente as habilidades de cada operário e a repetição freqüente de eventos *kaizen*⁷ proporcionando uma oportunidade de participar ativamente do projeto do trabalho;
 - A eliminação constante do desperdício (*muda*), como método eficiente promove meios de descobrir que o trabalho é um desafio constante;
 - Finalmente, há poucas interrupções sob a forma de paralisações de linha e demandas súbitas de mudança para uma tarefa totalmente diferente, a fim de lidar com uma crise.

Para que os sistemas de fluxo contínuo fluam, todas as máquinas e todos os operários precisam ser “capazes”. Isto pode ser observado pela multiplicidade de

⁵ Qualquer atividade que consuma recursos sem agregar valor ao cliente, ou seja, desperdício (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

⁶ definido como o tempo que sincroniza precisamente a velocidade de produção à velocidade da demanda (GODINHO FILHO, 2001)

⁷ Melhoria contínua, será detalhada no decorrer do texto

habilidades, técnicas da Manutenção Produtiva Total⁸ (*MPT*) e também técnicas *poka-yoke*, ou a prova de erros (WOMACK *et al.*, 1992, p. 57-58).

Alvarez e Antunez Júnior (2001 *apud* GODINHO FILHO, 2001) defendem que, dentro do contexto de fluxo de produção, a linearização e o encadeamento do fluxo de materiais são empregados de duas formas gerais: com utilização do sistema *kanban* para conexão de células de produção e através da produção em fluxo unitário em linha.

Resumindo, deve-se exigir que cada etapa no processo seja, de acordo com Cardoso *et al.* (2001), capaz, disponível e adequada.

2.2.1.4 Produção puxada

“Significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente do processo posterior o solicite” (NAVE, 2002; WOMACK; JONES, 1998).

Moura (1989 *apud* CUNHA *et al.*, 2002) enumera os objetivos do “sistema puxado”, sendo eles: minimizar o inventário em processo, minimizar a flutuação de estoque em processo, reduzir o *lead time* da produção, evitar a transmissão ampliada de flutuações de demanda ou de volume entre processos, elevar o nível de controle através da descentralização, reagir mais rapidamente à mudança da demanda e reduzir defeitos. Para isto, faz-se uso de ferramentas e técnicas como controle *kanban*, programação nivelada, modelos mesclados e sincronização.

Uma previsão de demanda precisa é o mais indicado para isso, devendo-se trabalhar junto com o cliente, além de introduzir alguns conceitos, tais como: trabalho padrão e controle visual.

2.2.1.5 Perfeição

“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” (WOMACK; JONES, 1998).

⁸ Caracterizada por uma série de técnicas empregadas para garantir que todas as máquinas do processo de produção estejam sempre aptas a realizar suas tarefas (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

Tentar a perfeição é uma meta para a produção enxuta, porém para atingi-la é necessário à aplicação dos quatro princípios do pensamento enxuto apresentados (valor, cadeia de valor, fluxo e produção puxada) e análise de quais desperdícios ou folgas serão, primeiramente, eliminados com o uso das ferramentas defendidas pelo conceito de produção enxuta (WOMACK; JONES, 1998).

Para buscar a perfeição, as organizações devem implementar dois tipos de melhorias: a radical e a incremental, que serão detalhadas a seguir:

- *Kaikaku* – realinhamento inicial e radical da cadeia de valor;
- *Kaizen* – melhorias contínuas a caminho da perfeição.

Enquanto a filosofia *lean* remove perdas e cria fluxo, existem efeitos secundários, conforme Nave (2002): a qualidade é melhorada e o produto gasta menos tempo em processo, reduzindo chances de prejuízos.

2.2.2 Ferramentas do sistema

Este tópico apresenta práticas comumente encontradas nos ambientes de produção enxuta. Sendo as principais ferramentas deste sistema, segundo Cardoso *et al.* (2003), o mapeamento do fluxo de valor, a criação de fluxo contínuo, o sistema puxado e o nivelamento, o *setup* rápido, a manutenção autônoma e o gerenciamento visual.

2.2.2.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)

Esta ferramenta, introduzida por Rother e Shook (1998), é um método de modelagem de empresas relativamente simples para construção de cenários de manufatura. Esta modelagem leva em consideração tanto o fluxo de materiais quanto o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura.

Por outro lado, ela é uma ferramenta que, assim como as outras da produção enxuta, se concentra mais nas questões relativas à redução do *lead time* (dimensão tempo) dos sistemas. A dimensão tempo parece ser a principal e, às vezes, a única dimensão considerada neste tipo de ferramenta.

O mapa do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta qualitativa com a qual é descrita, em detalhes, como uma unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo (ROTHER; SHOOK, 2002). Estes mesmos autores relatam que o fluxo de valor é toda

ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto.

Nesse sentido, segundo Kaplan e Cooper (1998), é preciso uma análise racional que justifique, também, as vantagens e desvantagens econômicas derivadas do fato de se destinarem certos recursos para a melhoria de um determinado processo de uma organização.

Para Rother e Shook (2002), o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta essencial, pois:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, pode-se enxergar o fluxo;
- Ajuda a identificar as fontes do desperdício;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possam ser discutidas;
- Junta conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- Forma a base de um plano de implementação;
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

A seguir apresentam-se passos a serem seguidos para a realização do mapeamento do fluxo de valor:

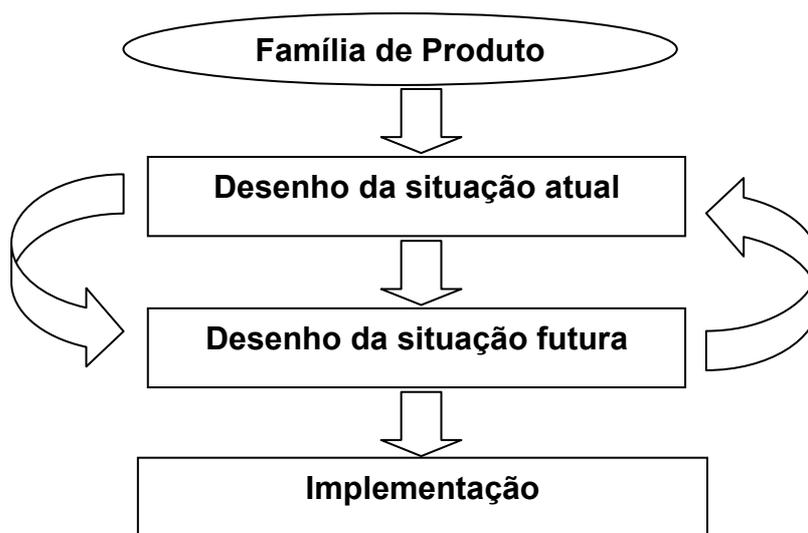


FIGURA 05 – ETAPAS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR
Fonte: ROTHER e SHOOK, 2002.

A construção do mapa do fluxo de valor tem como primeiro passo a definição de famílias de produtos, para isto utilizam-se os seguintes critérios:

Similaridades de processos: trata-se do principal critério, e se aplica aos produtos que geralmente compartilham uma mesma linha de produção.

Frequência e volume da demanda: importante para a definição da política de atendimento da demanda (*ATO – Assemble to order, MTS – Make to stock, MTO – Make to order*), esse critério pode ser decisivo para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família.

Lead time do produto: representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde o pedido até a entrega do cliente. É aconselhável que, para efeito de mapeamento, produtos que compartilhem uma mesma linha, mas que possuem tempos de ciclo muito diferentes sejam incluídos em famílias diferentes.

Os passos seguintes são o mapeamento do fluxo de valor seguindo a abordagem de Rother e Shook (2002). Segundo estes autores deve-se aplicar os seguintes procedimentos para desenvolver o fluxo enxuto de valor:

Procedimento 1 – produza de acordo com o seu *takt time*, sendo o mesmo a frequência com que você deve produzir uma peça ou produto, baseado no ritmo das vendas, para atender a demanda dos clientes, como já citado anteriormente, usado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo das vendas, no processo puxador⁹ em particular. Produzir de acordo com o *takt time* requer esforço concentrado para fornecer respostas rápidas para problemas, eliminar as causas de paradas de máquinas não planejadas e eliminar tempos de troca em processos posteriores;

Procedimento 2 – desenvolva um fluxo contínuo onde possível;

Procedimento 3 – use supermercados¹⁰ para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos anteriores. As razões para isto são: processos projetados para operar em tempos de ciclo muito rápidos ou lentos e necessitam mudar para atender a múltiplas famílias de produtos; alguns processos são distantes e o transporte de uma peça de cada vez não é realista; alguns processos têm *lead time* muito elevado ou não são muito confiáveis para ligarem-se diretamente a outros processos em fluxo contínuo;

⁹ Processos capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente.

¹⁰ Local onde um estoque padrão predeterminado é mantido para o fornecimento aos processos posteriores (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003, p. 75).

Procedimento 4 – tente enviar a programação do cliente para somente um processo de produção, este pode ser chamado processo puxador que é o ponto do fluxo de valor que define o ritmo para todos os processos anteriores;

Procedimento 5 – nivele o *mix* de produção¹¹; pois quanto mais nivelado o *mix* de produto no processo puxador, mais apto estará para responder às diferentes solicitações dos clientes com um pequeno *lead time* enquanto mantem um pequeno estoque de produtos acabados;

Procedimento 6 – nivele o volume de produção. Estabelecer um ritmo de produção consistente ou nivelado cria um fluxo de produção previsível que, por sua natureza, o alerta para os problemas de tal modo que você pode tomar rápidas ações corretivas;

Procedimento 7 – desenvolva a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador, sendo necessário, para isto, a redução dos tempos de troca e produção de lotes menores nos processos anteriores, esses processos são capazes de responder às mudanças posteriores mais rapidamente. Por sua vez, eles requererão ainda menos estoque nos supermercados.

Estes procedimentos podem ser utilizados como um conjunto de questões chaves que auxiliam no desenvolvimento conceitual da situação futura do sistema de produção enxuta. Estas questões, propostas por Rother e Shook (2002) são:

- (1) Qual é o *takt time*, baseado no tempo de trabalho disponível nos processos posteriores que estão mais próximos do cliente?
- (2) A produção será para supermercado (sistema de puxar - *Kanban*) ou atendendo à expedição diretamente?
- (3) Em que parte do processo podemos estabelecer um fluxo contínuo de produção?
- (4) Onde será necessária a utilização de supermercado para puxar a produção?
- (5) Em que parte da cadeia de produção (“processo puxador”) a produção será programada?
- (6) Como nivelar o *mix* de produção no processo puxador?
- (7) Quais incrementos de trabalho são liberados e retirados uniformemente do processo puxador?

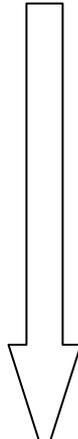
¹¹ Variedade de produtos a serem processados devidamente.

(8) Quais melhorias de processo serão necessárias para fazer fluir o fluxo de valor conforme as especificações do projeto de seu estado futuro?

Deve-se definir o gerente do fluxo de valor, para as etapas do mapeamento do fluxo de valor, devido aos limites organizacionais da companhia que serão cruzados, favorecendo o acontecimento de melhorias que podem ser: do fluxo de materiais e informações, e do processo, que focaliza as pessoas e os processos (ROTHER; SHOOK, 2002);

A Figura 06 mostra o que fazer para chegar na situação futura a partir da situação atual.

Situação Atual



Produção orientada para fluxo específico de família de produtos;
Taxa de produção de acordo com as necessidades dos clientes;
Fluxo contínuo sempre que possível;
Produção puxada sempre que fluxo contínuo for impossível
Layouts com células em U sempre que possível;
Padrão “*Assembly to Order*” ao invés do padrão “*Make to Order*”
ou “*Make to Stock*”;
Trabalhadores multifuncionais e “*empowered*” nas células de
produção;
Controle de produção visual;
Fluxo contínuo ou produção puxada com fornecedores.

Situação Futura

FIGURA 06 - DIFERENÇAS ENTRE SITUAÇÃO ATUAL E SITUAÇÃO FUTURA
Fonte: RENTES, 2000.

O mapeamento do fluxo de valor permite às empresas enxergar os seus desperdícios, servindo para direcionar as melhorias de fluxo que efetivamente contribuem para o seu desempenho. O mapeamento ajuda ainda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *lean*, tais como: células para criar verdadeiro fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, *setup* rápido, *TPM*, gestão visual, etc, e a enxergar melhor a integração entre elas (ROTHER; SHOOK, 2002).

“A meta que se pretende alcançar pela análise do fluxo de valor é a obtenção de um fluxo contínuo, orientado pelas necessidades dos clientes, desde a matéria prima até o produto final” (NAZARENO *et al.*, 2005).

Ferro (2002) argumenta que a ferramenta, mapeamento do fluxo de valor, tem ajudado empresas no Brasil a mover-se de melhorias pontuais para uma eficiência sistêmica. Porém, alguns equívocos ainda ocorrem, tais como Ferro (2002) cita:

- Confundir meio com o fim. A ferramenta é considerada um meio para se atingir o objetivo que é aumentar o desempenho de sua organização;
- Não delegar o mapeamento do fluxo de valor que é responsabilidade da alta administração, pois visa o gerenciamento adequado para o desenvolvimento das atividades e a precisão das tomadas de ação e determinação de ganhos;
- O mapeamento do fluxo de valor é diferente dos tradicionais mapas de processos, pois os mesmos focalizam processos individuais e não o fluxo de materiais e informação;
- Não se deve ficar deslumbrado com os níveis de estoque e a possibilidade de reduzi-los, o importante é entender o porque do estoque e identificar melhorias para o fluxo de matérias-primas ao produto acabado;
- Não polua os mapas com informações desnecessárias tais como, custo dos estoques, distância entre estações de trabalho, entre outras;
- Escolha a atitude certa, observe o estado atual, inicialmente, sem detalhes nos processos individuais;
- Defina melhorias que possam ser realizadas em até um ano;
- Elabore planos de ação, não de estudos, e monitore sua implementação diariamente.

Para escolher um ponto inicial para implantação do mapa do estado futuro deve-se observar onde o processo está bem entendido pelo pessoal, onde a probabilidade de sucesso é alta e onde você pode prever um grande impacto financeiro, de acordo com Rother e Shook (2002).

A melhoria do fluxo de valor é responsabilidade da administração, sendo necessário, segundo Rother e Shook (2002):

- Trabalhar constantemente para eliminar o excesso de produção;
- Os princípios enxutos podem ser adaptados para funcionar no seu ambiente;
- A administração precisa dedicar tempo em aprender a ponto de poder ensinar;
- Focalizar a sua organização em um número relativamente pequeno de metas específicas;

- Apoio próximo da operação, ou melhor, operações indiretas são suporte para as operações diretas agregadoras de valor;
- Mudar o foco organizacional de departamentos para equipes de produtos;
- Um gerente do fluxo de valor deve liderar as pessoas que operam os processos e assumir a responsabilidade pelos custos, qualidade e entrega de produtos no estado atual enquanto mapeia e lidera a implementação do estado futuro;
- Especialistas em *lean* que possam ajudar os gerentes do fluxo de valor a enxergar os desperdícios e a introduzir as práticas necessárias para remover as causas básicas;
- Um novo conjunto de indicadores de desempenho para equipes de produtos focalizado na redução do *lead time*, do espaço, do esforço, dos defeitos e das falhas na entrega, ao invés das métricas financeiras tradicionais de utilização de ativos ou grau de endividamento.

Resumindo, “O objetivo de mapear o fluxo de valor é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um ‘estado futuro’ que pode tornar-se uma realidade em um curto período de tempo” (ROTHER; SHOOK, 2002).

Vale ressaltar que o mapeamento do fluxo de valor vem sendo a ferramenta mais utilizada no universo de aplicações da produção enxuta (LEAN SUMMIT, 1999 *apud* NAZARENO, 2003).

Comenta-se ainda, neste momento como deve ser realizado o cálculo do *Takt Time*. Como já comentado, o *takt time* representa o tempo de produção disponível dividido pela demanda diária. Este pode ser representado pela seguinte fórmula.

$$\textit{Takt time} = \frac{\text{Tempo de Produção disponível por dia}}{\text{Demanda diária}}$$

Neste trabalho é utilizado o conceito do *takt time* operacional. Este consiste na mesma base de cálculo, ou seja, tempo de produção disponível por dia dividido pela demanda diária, porém do tempo de produção disponível por dia são subtraídas as perdas que podem ser: tempo pedido e atividades não cíclicas, como apresentado na Figura 07 a seguir. O tempo perdido pode ser espera, transporte, inspeção e *setup*.

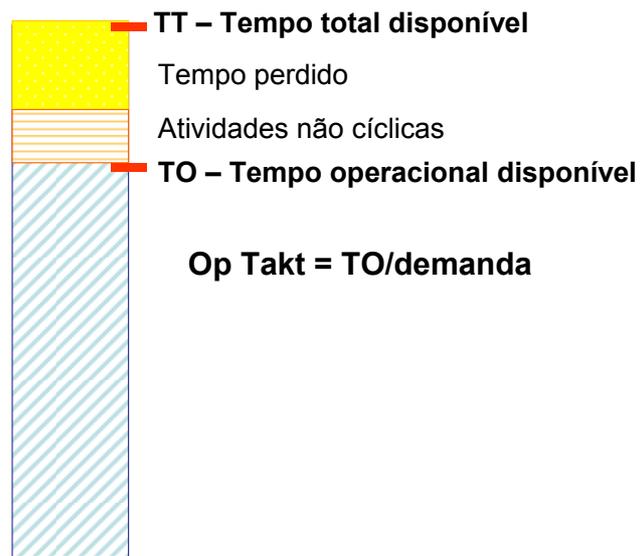


FIGURA 07 – TAKT TIME OPERACIONAL
Fonte: Rentes, 2006.

Utilizando esta base de cálculo pode-se verificar maior consistência entre as atividades realizadas e o resultado teórico identificado.

2.2.2.2 Criando fluxo contínuo

Fluxo contínuo, também, chamado de fluxo de uma peça ou *one-piece flow*, tem como definição a produção e movimentação de um item por vez ao longo do processo, sendo realizado em cada etapa somente o exigido pela etapa seguinte (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003). Como principais vantagens são apresentados: aumento da produtividade, redução do estoque em processo, redução da movimentação das peças, redução da área necessária à fabricação e aumento da flexibilidade tanto do produto como da mão-de-obra segundo Cardoso *et al.* (2001). O fluxo, de acordo com Marchiwinski e Shook (2003), pode ser de informação ou de material. O fluxo de informação vem de clientes até os pontos onde a informação é necessária para direcionar cada operação. Esta ferramenta está sendo adotada para a simplificação dos fluxos e para o estabelecimento de pontos únicos de programação para a produção. O fluxo de materiais corresponde à movimentação de itens físicos ao longo da cadeia de valor.

2.2.2.3 Sistema puxado e nivelamento da produção

A *produção puxada* pode ser definida como um método de controle da produção em que as atividades posteriores avisam às atividades anteriores sobre suas necessidades, tentando eliminar a produção em excesso (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003).

Nivelamento, ou seja, produzir todos os itens em um mesmo intervalo de tempo, e quanto menores estes intervalos, maior o grau de nivelamento, significando assim ter capacidade de fazer pequenos lotes de produção. Porém existe o problema de requerer muitas trocas de ferramentas (CARDOSO *et al.*, 2001). Pode ser também, chamado de *heijunka*, ou nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo, permitindo o atendimento eficiente das exigências do cliente, evitando o excesso de estoque, reduzindo custos, mão de obra e *lead time* de produção em todo o fluxo de valor (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003). Utilizado como ferramenta para nivelar o *mix* e o volume de produção o *heijunka box*, conhecido como caixa de nivelamento, distribui o *kanban* em uma instalação em intervalos fixos (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003).

Supermercado, quantidade de peças controladas (máximo e mínimo estabelecido), usada para a programação da produção do processo anterior. Deve ser aplicado onde não é possível fluxo contínuo como: processos não dedicados, processos não confiáveis, diferentes tempos de *setup*, distância e longo *lead time* (CARDOSO *et al.*, 2001);

Estoque, “Materiais (e informações) presentes ao longo de um fluxo de valor entre as etapas de processamento” (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003). Categorizados pelos mesmos autores em dois grupos, de acordo com posição no fluxo de valor e pelo objetivo como descritos na Tabela 02.

Tabela 02 - Definição dos estoques

Classificação	Estoque	Descrição
Posição que ocupa no fluxo de valor	Matéria prima	itens antes do processamento;
	Em processo (<i>WIP</i>)	itens entre etapas de processamento necessárias para manter o fluxo;
	Produtos acabados	itens aguardando expedição
Objetivo	De segurança	produtos que podem evitar que clientes fiquem desabastecidos caso haja ineficácia do processo de produção;
	Pulmão	produtos mantidos no final do fluxo para proteger o cliente em caso de aumento repentino da demanda;
	Expedição	itens em fila para atender o próximo carregamento.

Fonte: Adaptado de MARCHWINSKI e SHOOK, 2003.

Kanban, “...Dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).” O *kanban* possui a função de instruir os processo para fabricar os produtos e instruir os movimentadores para mover os produtos, são respectivamente citados como *kanban* de produção e *kanban* de retirada (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

2.2.2.4 Setup rápido

Setup, tempo de troca decorrido entre a última peça no ciclo recém terminada e a primeira peça boa após a troca, também chamado de troca do modelo ou *changeover* de acordo com Marchwinski e Shook (2003), os quais citam o *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*) como meta para redução dos tempos de troca para um dígito, ou menos de dez minutos, orientada pelo trabalho em grupo para avaliar e reduzir o tempo do processo.

Shingo (2000) propôs uma metodologia para o processo de redução dos tempos de setup. Ela está fundamentada em três estágios. São eles:

- Estágio 1: Separação entre *setup* interno e externo.

Define-se *setup* externo como operações que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento. Já o *setup* interno refere-se às operações que precisam ser executadas enquanto a máquina está parada. A idéia central da troca rápida de ferramentas é transformar todo ou grande parte do *setup* interno em *setup* externo. Esse

estágio é extremamente importante na implementação da troca rápida de ferramenta, e grandes ganhos poderão ser obtidos a partir da separação entre *setup* interno e *setup* externo. Geralmente, nesta primeira etapa, os tempos de *setup* podem ser reduzidos de 30 à 50% do tempo total de *setup* (SHINGO, 2000).

Exemplos de algumas atividades que ocorrem como *setup* interno mas que poderiam ser realizadas facilmente como *setup* externo são: transporte de produtos acabados pelo operador para o próximo processo durante o *setup* interno; disponibilização de matrizes e ferramentas somente após o início do *setup* interno; caminhadas do operador para pegar ferramentas; ferramentas ou peças defeituosas descobertas somente durante o *setup* interno e; dificuldades em se encontrar ferramentas.

Algumas técnicas recomendadas para que tarefas executadas no *setup* interno passem a ser realizadas durante o *setup* externo são: utilização de *checklists*: fazer uma lista de verificação dos componentes e passos necessários para realizar a operação de *setup*; condições de funcionamento: verificar se todos os elementos e ferramentais necessários para realizar o *setup* estão onde deveriam estar e em perfeitas condições de funcionamento; melhoria de transporte de matrizes e componentes: utilizar um abastecedor para que o operador não precise se deslocar do seu posto de trabalho para pegar alguma ferramenta que se fizer necessário. Além disso, deixar as ferramentas, sempre que possível, próximas do posto de trabalho.

- Estágio 2: Converter *setup* interno em externo

Shingo (2000) e Slack (1997) apontam métodos que auxiliam na conversão dos *setups* interno em *setups* externos: utilizar ferramentas pré-montadas: possibilita que uma unidade completa seja fixada na máquina; preparar antecipadamente as condições operacionais: condições como temperatura e pressão freqüentemente podem ser preparadas externamente, enquanto a máquina está trabalhando; padronizar as funções: manter peças e ferramentas iguais ou padronizadas, para que possam ser utilizadas de uma operação para outra; utilizar guias intermediárias: para que a fixação e o ajuste de ferramentas se tornem mais rápido e mais preciso.

Os ganhos obtidos nessa etapa estão por volta de 10 à 30% do *setup* interno resultante da etapa anterior (SHINGO, 2000).

- Estágio 3: Racionalizar todos os aspectos das operações de *setup*

É nesse estágio em que deve haver esforços concentrados na racionalização de cada elemento da operação de *setup* interno para se atingir a meta de tempos de *setup* inferiores à 10 minutos.

De acordo com Shingo (2000), algumas técnicas utilizadas nesse estágio são: implementar operações em paralelo: quando uma única pessoa realiza operações na parte frontal e na parte posterior de uma máquina, movimentos são desperdiçados continuamente enquanto se caminha ao redor dessa máquina; utilizar fixadores funcionais: são dispositivos que servem para prender objetos com um mínimo esforço. A utilização de parafusos deve ser eliminada no processo de troca rápida de ferramentas, pois na operação de apertá-los desperdiça-se grande quantidade de movimentos. eliminar ajustes: Os ajustes e as corridas de teste normalmente somam 50% do tempo de *setup*. Eliminá-los, portanto, sempre levará a um enorme ganho de tempo. Note que a eliminação dos ajustes significa exatamente isto – *eliminação* – não apenas redução no tempo gasto com eles; mecanizar: o uso da tecnologia para a redução dos tempos de *setup* sempre será bem vindo quando a relação custo benefício estiver a favor da sua aplicabilidade.

Mardegan (2006) apresenta uma figura, Figura 8, que foi desenvolvida visando mostrar, através de uma relação de causa e efeito, o impacto da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) na qualidade, na velocidade de entrega e nas margens de lucro de uma empresa. Pois, sabe-se que diminuindo os tempos de *setup* para menos de 10 minutos, deixa de existir a necessidade de otimização do tamanho dos lotes, ou seja, os lotes de produção começam a corresponder exatamente à demanda diária dos clientes. Nesse sentido, reduz-se o nível dos estoques e conseqüentemente, reduz o *lead time* e aumenta-se a velocidade de entrega (MARDEGAN, 2006).

Outro benefício da redução do nível dos estoques é a facilidade de se identificar problemas no chão de fábrica. Nesse sentido, o nível de qualidade dos produtos também aumenta (MARDEGAN, 2006). Este autor ainda comenta que paralelamente a um aumento de qualidade e a um aumento da velocidade de entrega, teremos a um aumento da satisfação dos clientes e como conseqüência, a um aumento das margens de lucro.

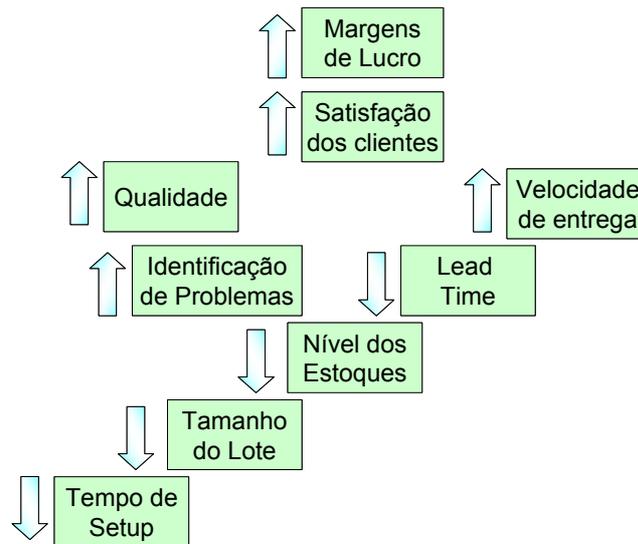


FIGURA 08 - IMPACTO DA TRF NA ESTRATÉGIA COMPETITIVA DE UMA EMPRESA
Fonte: Mardegan, 2006.

2.2.2.5 Manutenção autônoma

Manutenção produtiva total (Total Productive Maintenance – TPM) requer a participação de todos os funcionários, busca a produtividade total do equipamento e concentra-se no ciclo de vida total do equipamento, revisando as práticas e as atividades de manutenção em relação ao estado em que se encontra o equipamento em seu ciclo de vida.

Pode ser chamada de manutenção autônoma e busca a quebra zero através de pequenos grupos, formados por operadores e manutencistas. As etapas de implantação são: limpeza inicial, na qual os operadores realizam a limpeza com o foco na inspeção do equipamento; identificação de fontes de contaminação e locais de difícil acesso, nas quais os operadores passam a identificar quais fontes geraram sujeira; elaboração de padrões de limpeza e lubrificação, realizando *checklists* provisórios de limpeza e inspeção; treinamento em inspeção autônoma, sendo realizado o treinamento básico do funcionamento dos equipamentos, para que os operários possam aprimorar suas habilidades; inspeção autônoma, na qual os operadores irão realizar a revisão nos *checklists* provisórios e criar padrões de inspeção definitivos; padronização, criando padrões de trabalho para que os operários possam ter um ambiente e equipamentos melhores e controle autônomo, estabelecendo aos times uma rotina de trabalho que permite aos operários avaliar e manter todas as atividades e aprimorá-las (CARDOSO *et al.*, 2001).

2.2.2.6 Gerenciamento visual

O Gerenciamento visual faz com que os problemas fiquem visíveis, permitindo a ação imediata. Oferece autonomia aos times e propiciando a redução de tempo em localização de informações e materiais (CARDOSO *et al.*, 2001);

Os objetivos e utilizações do gerenciamento visual podem ser mais bem observados pela Figura 09, a seguir:



FIGURA 09 - GERENCIAMENTO VISUAL.

Fonte: FORD apud CARDOSO *et al.*, 2001.

5S são termos que descrevem práticas para o ambiente de trabalho, úteis para o gerenciamento visual e para a produção *lean*, tais como: senso de utilização, senso de organização, senso de limpeza, senso de padronização e senso de autodisciplina, concebidos por Kaoru Ishikawa em 1950, no Japão do pós-guerra. Para Liker (2005) o 5S consiste em uma série de atividades para eliminar as perdas que contribuem para ocorrência de erros, defeitos e danos.

Andon, dispositivo (em *display* ou lâmpada) que auxilia na identificação e comunicação visual do andamento do processo produtivo (PROFETA, 2003), mostram de forma clara onde está ocorrendo o problema. Funciona quando um operador detecta um problema, o mesmo aciona um botão ou corda que acende a lâmpada correspondente

da posição no quadro *andon*, o supervisor toma a ação de contenção imediata e apaga a lâmpada do *andon* (CARDOSO *et al.*, 2001);

Máquina visual facilita a identificação de condições anormais de operação da máquina, propiciando agilidade nas manutenções.

Outras ferramentas e conceitos do sistema de Produção enxuta são listados logo abaixo:

Jidoka, ou “Qualidade na fonte” (CARDOSO *et al.*, 2001). Fornece às máquinas e aos operadores a habilidade de detectar quando uma condição anormal ocorreu e interromper imediatamente o trabalho, levando a melhoria do processo de garantia de qualidade, eliminando as causas-raiz dos defeitos, segundo Marchwinski e Shook (2003). Os mesmos autores salientam que o *jidoka*, um dos pilares do sistema de produção Toyota junto com o *just-in-time*, pode ser chamado de autonomia, ou seja, automação com inteligência humana.

5 porquês é a prática utilizada para descobrir a causa-raiz de um problema em questão. São realizadas perguntas sucessivas, sobre o porquê do problema, porém o número de questões não é importante desde que atinja a meta (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003). Shingo (1996) define os 5 porquês como: quem (sujeito da produção), o quê (objetos da produção), quando (tempo), onde (espaço), porquê (encontrar a causa de cada pergunta acima), como (métodos).

Trabalho padronizado é o mesmo que o estabelecimento de procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores baseados em um processo de produção, considerando para isso o tempo *takt*, a seqüência exata em que o operador realiza suas tarefas dentro do tempo *takt* e o estoque padrão. Visa redução de variabilidade, treinamento mais fácil com operadores, redução de acidentes e riscos. Para isso são realizados quadros de capacidade do processo, para calcular a capacidade de cada máquina em processo, tabela de combinação do trabalho padronizado que mostra a combinação do tempo de trabalho manual, tempo de caminhada e tempo de processamento da máquina para cada operador e o diagrama de trabalho padronizado que mostra a movimentação do operador e a localização do material (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003). O processo para a padronização do trabalho deve ser, segundo Cornner (2001):

- Observar e documentar cada atividade;
- Atribuir cada atividade a um operador;

- Distribuir o trabalho para os operadores, aproximadamente em quantidades iguais. Observa-se que nesta distribuição o tempo de ciclo de cada operador deve ser coerente com o *Takt Time*;
- Documentar atividade ou conjunto delas para cada operador;
- Repetir o processo para cada *Takt Time*.

Se uma operação é incapaz de ocorrer dentro do *Takt Time*, então o time deve tentar solucionar o problema. Caso o time não possa melhorar o processo deve-se duplicar o operador ou a máquina (CORNNER, 2001).

Kaikaku, definido como “melhoria radical e revolucionária de um fluxo de valor a fim de criar mais valor com menos desperdício” (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003).

Kaizen, definido como “melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de processo individual, a fim de se agregar valor com menos desperdício” (MARCHWINSKI; SHOOK, 2003). É dividido em dois níveis: *kaizen* de sistema ou fluxo que enfoca no fluxo total de valor, é dirigido ao gerenciamento, e *kaizen* de processo que enfoca em processos individuais, é dirigido a equipes de trabalho e líderes de equipe. “*Kaizen* significa mudar para melhor, ou seja, refere-se à melhoria contínua não somente para a empresa, mas também para os empregados (LOBO; MARCHIORI, 2003)”.

Poka-yoke, ou dispositivos à prova de erros, são métodos que ajudam os operadores a evitar erros em seu trabalho (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003).

Célula em U é comum nos processos, que utilizam o Sistema de Produção Enxuta, pois evita que se percorra distâncias grandes e possibilita combinações diferentes de tarefas para os operadores (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003), isso ocorre, pois tem como principal vantagem: a permissão do fluxo contínuo e emprego de funcionários multifuncionais (NAZARENO, 2003).

Fluxo de uma peça (one piece flow) é o estado que existe quando os produtos movem-se pelo processo uma unidade por vez, com a taxa determinada pelo cliente (PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, 1999). Estes mesmos autores descrevem como benefícios deste, os itens: permite que a empresa entregue o fluxo de produto para o cliente com menos atraso, reduz os recursos de estoque e transporte, reduz o risco de defeitos, deterioração e obsolescência, além disso, caso seja exposto a problemas ele pode ser identificado.

Operários multifuncionais, devido à responsabilidade pela qualidade do produto, constante busca de eliminação de desperdícios e ao arranjo físico organizado de maneira celular, os operários devem ser treinados para operar diferentes equipamentos (NAZARENO, 2003).

JIT (just-in-time) ou sistema de produção que produz e entrega apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária. Este forma com o *jidoka* os dois pilares do Sistema Toyota de Produção, está baseado no *heijunka* e é formado por elementos operacionais como o sistema puxado, o tempo *takt* e o fluxo contínuo. Tem como objetivo a total eliminação de desperdícios para atingir melhor qualidade, menor custo e menor *lead time* (MARCHWISNSKI; SHOOK, 2003).

Liker (2005) comenta que algumas empresas aproveitam as ferramentas enxutas, mas não compreendem o que as faz funcionarem juntas em um sistema, mas compreende que o que está por trás do verdadeiro STP é a cultura de melhoria contínua necessária para sustentar os princípios do sistema. O autor comenta apresenta o Modelo Toyota como uma cultura, sendo muito mais que um conjunto de técnicas para eficiência e melhoria. Este modelo é composto por 14 princípios que serão apresentados a seguir. Estes estão separados em 4 categorias amplas: filosofia de longo prazo, o processo certo produzirá os resultados certos, valorização da organização através do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros e a solução contínua de problemas na origem estimulam a aprendizagem organizacional.

A categoria “Filosofia de longo prazo” é constituída pelo princípio número um. Este princípio representa o quão importante é a estrutura montada para atender o cliente no futuro. Sendo ele:

Princípio 1 – Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo;

A categoria “O processo certo produzirá os resultados certos” é composta por 7 princípios, sendo eles:

Princípio 2 – Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona;

Princípio 3 – Usar sistemas puxados para evitar a superprodução;

Princípio 4 – Nivelar a carga de trabalho;

Princípio 5 – Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa;

Princípio 6 – Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários;

Princípio 7 – Usar o controle visual para que nenhum problema fique oculto;

Princípio 8 – Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos;

A categoria “Valorização da Organização através do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros” é composta por 3 princípios, sendo eles:

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

Princípio 10 – Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;

Princípio 11 – Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar;

A categoria “A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional” é composta por outros 3 princípios, sendo eles:

Princípio 12 – Ver por si mesmo para compreender completamente a situação;

Princípio 13 – Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez;

Princípio 14 – Tornar-se uma organização de aprendizagem através da reflexão incansável e da melhoria contínua.

Liker (2005) afirma ainda que a organização que pratica verdadeiramente o conjunto completo de princípios do Modelo Toyota estará no caminho de uma vantagem competitiva sustentável.

2.2.3 Gestão da mudança e a produção enxuta

O poder da macroeconomia está ficando cada vez mais forte e como resultado, cada vez mais as organizações têm que reduzir os custos, melhorar a qualidade dos produtos e serviços, localizar novas oportunidades para crescer e aumentar a produtividade (KOTER, 1996). O gerenciamento de mudança é definido como “o processo contínuo de alinhamento de uma organização com o seu mercado, tornando-se mais ágil e eficiente que as suas competidoras” (BERGER; SIKORA, 1994 apud RENTES, 2000).

Este item do trabalho apresentará duas metodologias de mudança, sendo elas a Transmeth, Metodologia para condução da mudança apresentada por Rentes (2000) e o Método de Implementação do SPE apresentado por Nazareno (2003). Ambas as metodologias auxiliam as empresas a buscar maior competitividade.

2.2.3.1 Transmeth – Metodologia para condução de processos de transformação de empresas

A metodologia Transmeth, proposta por Rentes (2000), é uma proposta de abordagem estratégica, abrangente e integrada para gerenciar o processo de melhoria organizacional. Esta adota para o seu desenvolvimento conceitos de diversas metodologias de transformação. Apresenta os seguintes objetivos:

- Criar alinhamento horizontal entre a organização e o seu ambiente externo, assim como criar alinhamento vertical dos elementos internos, procurando maximizar a probabilidade de sucesso do processo de transformação;
- Auxiliar na condução do processo de mudança de forma aberta e honesta, estimulando a participação de elementos chaves da empresa de todos os níveis organizacionais na identificação dos problemas raízes, remoção de obstáculos e criação das idéias de melhoria;
- Oferecer subsídios para um detalhamento eficaz das iniciativas de melhorias organizacionais, criando etapas de curto prazo com a comunicação claro dos ganhos a serem alcançados;
- Auxiliar o alinhamento das estratégias organizacionais e iniciativas com ações e medidas de desempenho, com mecanismos de revisão periódica do progresso o processo de melhoria;
- Auxiliar na comunicação eficaz de todo o processo de mudança, tornando transparente a necessidade de mudar, a visão da empresa, os obstáculos existentes, os problemas raízes, os objetivos de curto prazo e as melhorias alcançadas.

Os estágios propostos para a metodologia TransMeth são ilustrados na Figura

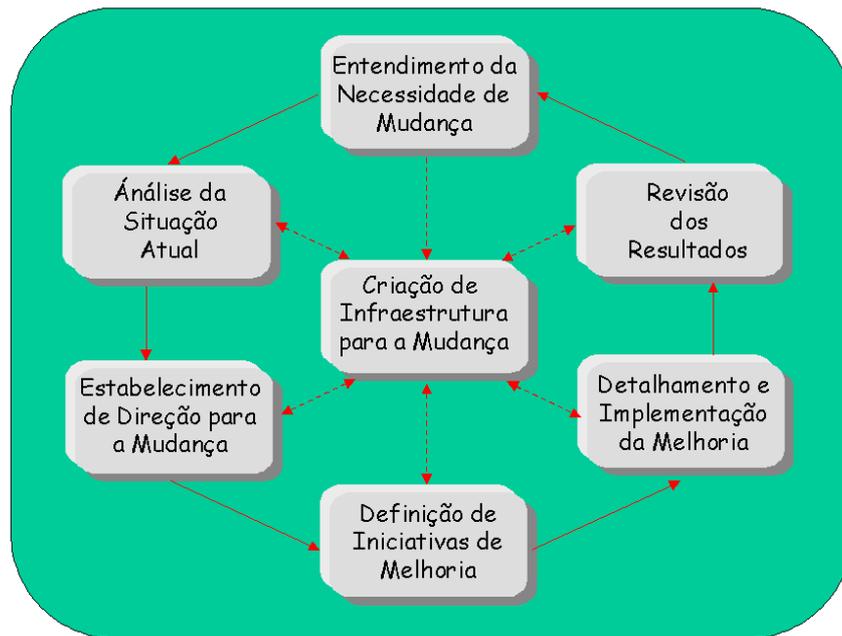


FIGURA 10 - PASSOS DA METODOLOGIA TRANSMETH
Fonte: Rentes, 2000

Apesar dos estágios serem apresentados como passos discretos e seqüenciais, em determinadas aplicações uma organização pode desenvolver atividades paralelas pertencentes a passos diferentes. Segue o detalhamento dos passos da Transmeth:

1. Entendimento da mudança

Este primeiro estágio representa a necessidade de membros da organização em identificar e formular disparadores de mudanças para a organização alvo, possibilitando os primeiros passos para o processo de transformação.

2. Criação de Infraestrutura para a mudança

Esta etapa inclui diversos elementos, tais como: a criação de equipe necessária para liderar o esforço de transformação, o desenvolvimento de um programa de treinamento para essa equipe, a elaboração de um sistema de medidas de desempenho para esta equipe e para o processo de transformação, e a disponibilização de recursos para o processo de mudança.

Vale comentar que as equipes devem ser: multifuncionais contendo membros com formações e conhecimentos diferentes; multiníveis, contando com membros de diversos níveis da organização; compostas por indivíduos com reconhecida habilidade e competência; compostas por indivíduos motivados; autogerida; devidamente treinada

para o processo de transformação; dotada de poderes para efetivamente proceder à transformação e reconhecidas com base nos resultados obtidos no processo.

3. Análise da Situação Atual

Nesta etapa é realizada a definição da estrutura de negócios da organização para a obtenção de um entendimento abrangente da questão “Onde estamos agora?”. Para isto, pode-se utilizar as ferramentas de análise de input-output do sistema organizacional e mapeamento de processos.

4. Estabelecimento de direção para a mudança

Nesta etapa é formalizada e detalhada uma visão consensual da situação futura. Podendo ser um conjunto de objetivos numéricos, bem definidos, a serem atingidos. Ainda, pode ser um projeto conceitual de medidas a serem desenvolvidas ou o desenho de um processo a ser implementado. Muitas vezes é necessário a criação de novos sub-grupos para o desenvolvimento conceitual de partes específicas do projeto.

5. Definição de iniciativas de mudança

As iniciativas de mudança são consideradas objetivos específicos ou ações planejadas que levam a situação atual a se transformar em situação futura. Nesta etapa pode-se utilizar os seguintes critérios para a definição do conjunto de iniciativas, sendo eles: identificação de poucas e vitais iniciativas, que vão ter impacto na performance; as iniciativas devem representar um equilíbrio entre a obtenção de resultados de curto prazo versus a obtenção de resultados de longo prazo; devem, também, representar um equilíbrio entre o desenvolvimento/aplicação de tecnologia e desenvolvimento de pessoas.

6. Detalhamento e Implementação da Mudança

Esta etapa é realizada para aumentar a visibilidade do desenvolvimento do conjunto de iniciativas e do processo de transformação como um todo, recomenda-se a utilização de um plano de ação visível, que possa atuar como um cronograma mestre para o processo de mudança.

7. Revisão dos Resultados

A revisão dos resultados deve ser desenvolvida de forma a avaliar a mudança e registrar os aprendizados ocorridos ao longo do processo, podendo ser realizada durante todo o decorrer do processo de mudança.

Como foi apresentado, a Transmeth auxilia a conduzir todo o processo de mudança, propiciando um caminho mais seguro no processo de implementação, complementando a ferramenta de análise do fluxo de valor apresentada por Rother e

Shook (2002). Nesse sentido, ela contempla aspectos particularmente interessantes, tais como: o entendimento da necessidade de mudança, os disparadores e expectativas dessa mudança, a importância de se estabelecer um senso de urgência entre as pessoas, o diagnóstico de problemas e causas raízes e a definição de um sistema de medição de desempenho.

Ainda, Rentes (2000) apresenta uma versão mais específica da Transmeth para a aplicação de Produção Enxuta, a qual é aplicada a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor proposta por Rother e Shook. Esta versão é apresentada na Figura 11.

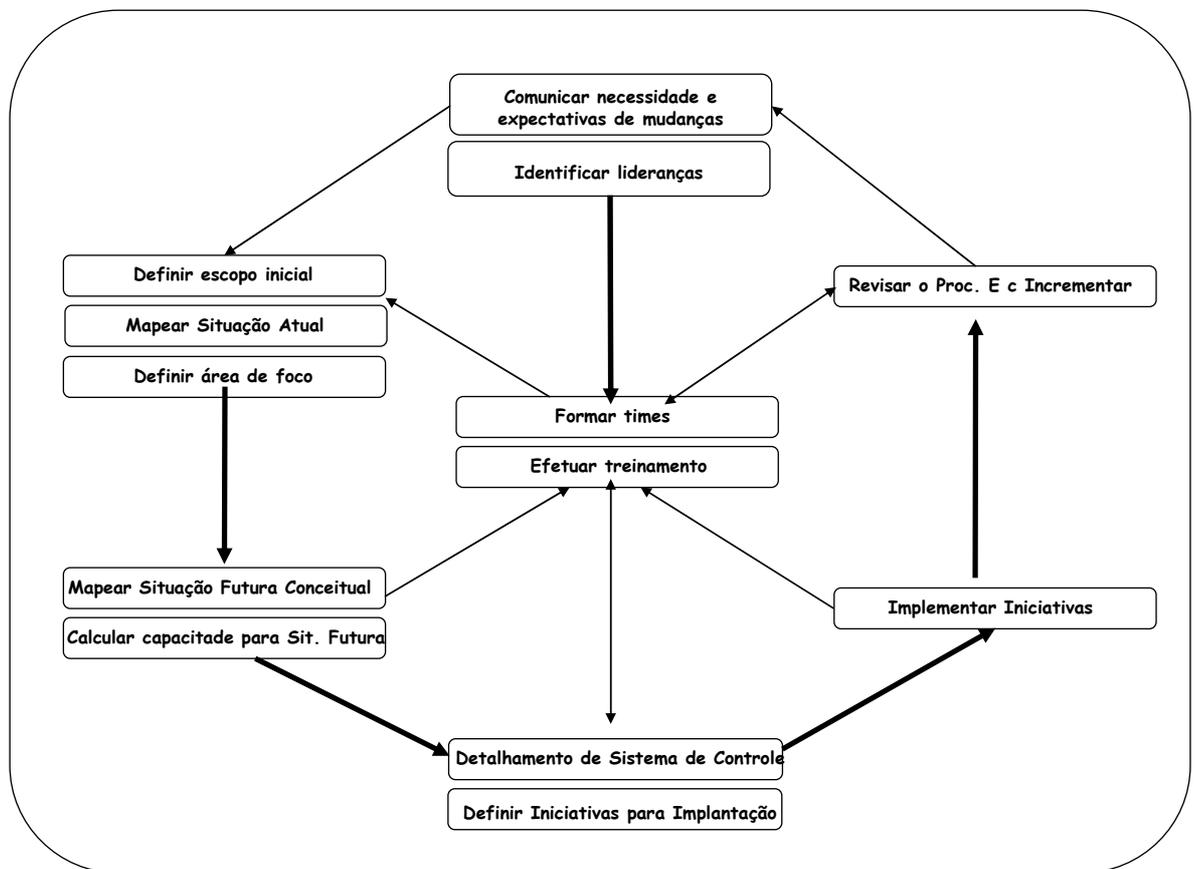


FIGURA 11 - APLICAÇÃO DA TRANSMETH NA TRANSFORMAÇÃO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO ENXUTA

Fonte: Rentes, 2000

Vale apresentar neste momento uma estrutura de classificação e uma relação de falhas a serem consideradas e evitadas no processo de transformação, Tabela 03. Esta auxilia no processo de aplicação da Transmeth, indicando os pontos onde a aplicação falhou ou tem sucesso.

Tabela 03 - Dimensões, frentes e barreiras associadas ao processo de transformação.

Dimensões	Frentes	Barreiras
Negócios	Burning Platform	Não identificação de uma clara burning platform
		Excesso de complacência
	Liderança	Falhar na criação de lideranças para o processo
	Visão	Falta de uma visão clara para o processo de mudança
	Focalização	Falha na focalização de processos e problemas raízes
		Falha na orientação/focalização nas necessidades dos clientes
Declarar vitória cedo demais		
Alinhamento	Falhar no alinhamento de objetivos	
	Falhar na criação de objetivos de curto prazo	
Cultura	Crenças e Valores	Subestimar crenças e valores vigentes
		Supervalorizar crenças e valores vigentes
		Negligenciar a ancoragem das mudanças na cultura
	Comunicação	Falhar no processo de comunicação da visão e burning platform
		Negligenciar a comunicação durante o processo de mudança
		Não colher feed back 360°
	Motivação	Ausência de um claro sistema de compensações e recompensas
		Permitir que obstáculos bloqueiem a visão
		Falta de empowerment aos agentes de mudança e equipe
	Participação	Conduzir a transformação de forma apenas topdown
Ignorar os receios das pessoas participantes do processo		
Recursos	Infra-estrutura	Confundir estrutura de transformação com estrutura operacional
		Falha na adaptação da estrutura organizacional à mudança
		Não criar disponibilidade de tempo na agenda dos participantes
		Falha na alocação de pessoas à equipes de transformação
	Tecnologia	Subestimar a importância de novas tecnologias
		Falha na adequação entre a necessidade e a tecnologia selecionada
	Sist. de Informação	Falha na obtenção de dados relevantes para a transformação
		Falha no sistema de divulgação dos resultados da transformação
	Educ./e Treinam.	Falta de conhecimento sobre o processo e ferramentas de transt.
		Falha no compartilhamento de conhecimentos
Falha no treinamento sobre novas tecnologias a serem utilizadas		
Operações	Planejamento	Inexistência de cronograma de transformação
		Falha na escolha do momento de iniciar a mudança
		Conduzir o processo vagarosamente
	Ger. de Processos	Falha na criação de uma visão de processos consensual e clara
		Fragmentação dos processos entre subgrupos durante a transform.
	Med. Desempenho	Falha no estabelecimento de critérios de avaliação da transform.
Não manter aderência dos grupos às medidas de avaliação		

Fonte: Rentes, 2000

2.2.3.2 Método de implementação do Sistema de Produção Enxuta

Este método é proposto por Nazareno (2003) e visa auxiliar os gerentes na concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um processo de transformação enxuta de suas empresas. A idéia é abordar particularidades para o sucesso da implementação, tais como:

- O diagnóstico da existência de desperdícios de produção;

- A utilização do MFV como ferramenta de visualização e análise da situação atual e proposição da situação futura;
- A definição de políticas de atendimento da demanda interna e externa para os produtos, peças e matérias-primas;
- A definição de sistemas de controle mais apropriados para os produtos, peças e matérias-primas;
- A definição de métricas de dimensionamento e ajuste periódico do nível de supermercados de peças e matérias-primas;
- A definição da quantidade de container e demais formas de armazenamento;
- A utilização de uma ferramenta computacional para o cadastramento e modificação dos *kanbans*;
- A definição de políticas para a análise de capacidade, com base nos gargalos de produção;
- A definição de políticas para a análise de alguns aspectos físicos;
- O impacto do processo de produção enxuta em outros setores da empresa.

Utiliza como metodologia de referência a *Transmeth* (RENTES, 2000). O mesmo foi desenvolvido para atender àquelas aplicações que apresentam algumas características que complementam o padrão apresentado nos exemplos de Rother e Shook (1998). Estas características são:

- Produtos complexos com grande variedade de peças;
- Processos de produção em paralelo;
- Peças com diferentes características de demanda e que compartilham uma mesma linha de produção;
- Grandes flutuações da demanda ao longo do tempo.

O método é formado por um conjunto de passos que são ilustrados na Figura 12 e detalhados a seguir.

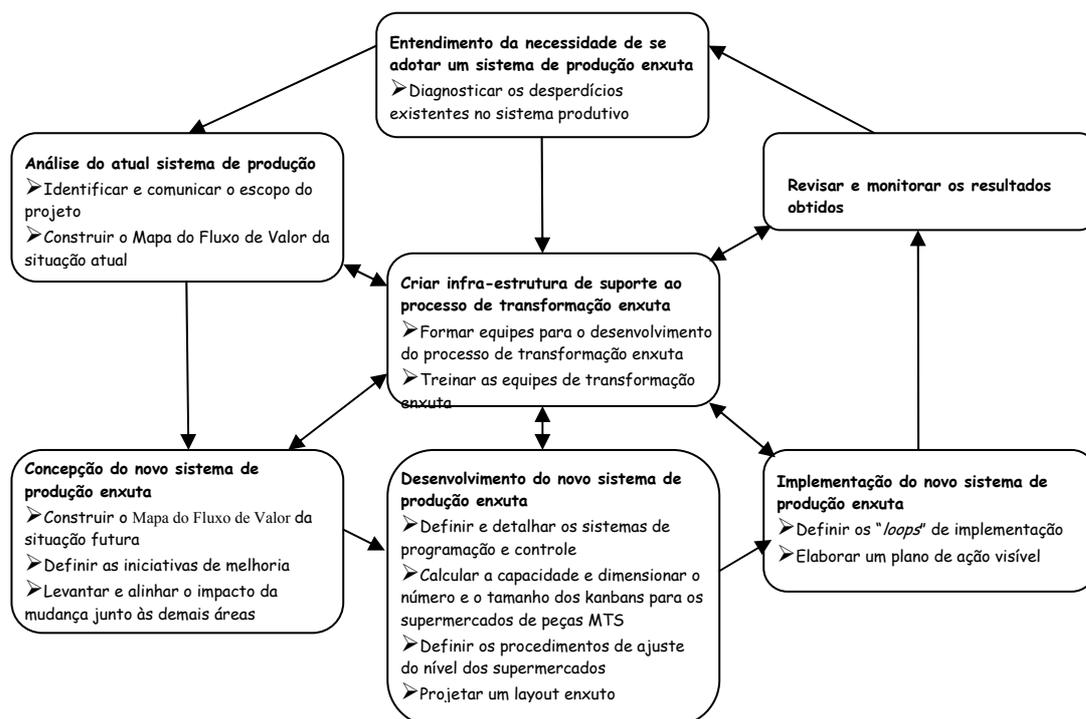


FIGURA 12 - PASSOS DO MÉTODO

Fonte: Nazareno, 2003.

1. Entendimento da necessidade de se adotar um sistema de produção enxuta

Este passo utiliza uma lista de desperdícios, apresentados na Tabela 04, como um modelo de referência para a identificação e formulação dos disparadores de mudança para a produção.

Tabela 04 - Relação entre desperdícios e algumas possíveis causas e soluções.

Desperdícios	Possíveis causas:	Possíveis soluções:
1. Perda por superprodução	Áreas grandes de depósito	Reduzir o <i>setup</i>
	Custos elevados de transporte	Fazer só o necessário
	Falhas no PCP	“Puxar” a produção
2. Perdas por transporte	<i>Layout</i> inadequado	Projetar <i>layout</i> para minimização de transporte
	Lotes grandes	Reduzir a movimentação de material
	Produção com grande antecedência	
3. Perda por estoques	Aceitar superprodução	Sincronizar o fluxo
		Reduzir o <i>setup</i>

Continua

Continuação...

Desperdícios	Possíveis causas:	Possíveis soluções:
3. Perda por estoques	Produto obsoleto	Reduzir lead times Realizar produção acompanhando a demanda
	Grande flutuação da demanda	Promover a utilização de projeto modular Reduzir os demais tipos de desperdícios
4. Perda por espera	Espera por matérias	Sincronizar o fluxo de material
	Espera por informações	Balancear a linha com trabalhadores flexíveis
	<i>Layout</i> inadequado	Realizar manutenção preventiva
	Imprevistos de produção	
5. Perdas por produzir produtos com defeito	Processos de fabricação inadequados	Utilizar mecanismos de prevenção de falhas
	Falta de treinamento	Não aceitar defeitos
	Matéria-prima defeituosa	
6. Perda no processamento	Ferramentas e dispositivos inadequados	Analisar e padronizar processos
	Falta de padronização	
	Material inadequado	Garantir a qualidade do material, ferramentas e dispositivos.
	Erros ao longo do processo	
7. Perda por movimentos desnecessários	<i>Layout</i> inadequado de ergonomia	Reduzir deslocamentos
	Disposição e/ou controle inadequado de peças, matérias-primas, material de consumo, ferramentas e dispositivos.	Adotar sistemas de controle pertinentes
	Itens perdidos	

Fonte: Nazareno, 2003.

O primeiro diagnóstico básico deve ser feito com a equipe de liderança de forma a se definir os pontos fracos a serem atacados e os principais objetivos para a manufatura.

2. Criar infra-estrutura de suporte ao processo de transformação enxuta

Este passo é composto pela formação de equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta e o treinamento das equipes de transformação enxuta.

A equipe deve ser composta pelo patrocinador, que pode ser o presidente, o diretor, o gerente, ou “primeiro-homem” encabeçando esta organização no processo de mudança. Outro papel a ser definido no processo é o de coordenador ou líder do projeto, responsável por gerenciar operacionalmente e orquestrar o plano de transformação.

Além disso, pode ser necessária a figura do assessor ou orientador do projeto, que auxilia na condução do processo. Ainda outras pessoas são necessárias para compor a equipe, estas devem apresentar características para melhor desempenho operacional.

O treinamento da equipe deve ser realizado em informações tecnológicas, informações do negócio e informações da metodologia de condução do processo de mudança.

3. Análise do atual sistema de produção

Nesta etapa é realizada a análise da situação atual, composta por diagnóstico do escopo do projeto, comunicação do escopo do projeto e construção do mapa do fluxo de valor da situação atual.

O diagnóstico e comunicação do escopo do projeto é o momento no qual algumas disfunções da empresa são levantadas, podendo ser realizadas com a utilização de várias ferramentas dentre elas o “*brainstorming*” de problemas, ferramenta que explora o lado da percepção que cada indivíduo tem da organização e seus problemas, ou formulários, entrevistas individuais/grupos, ou ferramentas gráficas como o diagrama de causa e efeito de Ishikawa. Outras ferramentas mais sofisticadas seriam a Árvore da Realidade Atual, ferramenta lógica de diagnóstico organizacional desenvolvida por Elyiahu Goldratt, ou o Mapeamento do Processo Atual ou Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 2002). Esta última foi utilizada pelo autor que a apresenta como uma ferramenta que possibilita um compartilhamento do conhecimento sobre o processo e localização de pontos de melhoria.

4. Concepção do novo sistema de produção enxuta

Esta etapa é composta pela construção do MFV da situação futura. O mapa da situação futura é desenvolvido seguindo as diretrizes apresentadas por Rother e Shook (2002), já detalhadas neste trabalho. Os pontos de melhoria e ações que devem ser tomadas em relação à situação atual correspondem ao plano de implementação de melhorias, que pode ser composto por uma ferramenta ou um conjunto de ferramentas, também, já apresentadas anteriormente. Toda mudança pode impactar em diversos setores, para isso deve-se prever e buscar possíveis ajustes e alinhamento de procedimentos.

5. Desenvolvimento do novo Sistema de Produção Enxuta

Esta etapa é composta pela definição e detalhamento dos sistemas de programação e controle, pelo cálculo da capacidade e dimensionamento do número e tamanho dos *kanbans* para os supermercados de peças MTS (*make-to-stock*), pela

definição dos procedimentos de ajuste periódico do nível dos supermercados e pelo projeto de um *layout* enxuto.

A definição e detalhamento dos sistemas de controle podem ser realizadas para fluxos puxados, empurrados ou contínuos. Respectivamente os mesmos podem ser controle de inventário utilizando pedidos com quantidades constantes ou ciclo de pedidos constantes, política de atendimento MTO (*make-to-order*) e atendimento da demanda MTS (*make-to-stock*).

O cálculo da capacidade visa a comprovação da capacidade de produção para um determinado número e tamanho de lote, sendo feito a partir da definição da frequência máxima possível de troca de ferramentas, considerando o tempo necessário para o processamento e o tempo total disponível no recurso gargalo.

O projeto do *layout* enxuto é colocado como passos, baseado no conceito de mini-fábricas, sendo eles: levantamento dimensional e definição dos grupos de peças, definição da quantidade movimentada por grupos de peças, levantamento dos fluxos e cálculo da movimentação atual, determinação de alternativas de *layout*, identificação dos fluxos, cálculo das movimentações e comparação entre as alternativas.

6. Implementação do novo sistema de produção enxuta

Esta etapa é composta pela definição dos *loops* de implementação, elaboração do plano de ação visível. Os *loops* são uma maneira de dividir os esforços de implementação da situação futura em partes administráveis.

A elaboração de um plano de ação visível consiste basicamente em:

- Consolidar e detalhar os objetivos e melhorias necessárias para cada *loop*;
- Estabelecer metas quantificáveis;
- Definir prazos e responsáveis.

7. Revisão e monitoramento dos resultados obtidos

Etapa que ocorre continuamente a partir da definição da equipe do projeto e do respectivo plano de trabalho. Devendo ocorrer pela observação das melhorias e do impacto causado por elas nas medidas de desempenho da organização, além da revisão do método proposto, verificando a adequação do mesmo e as melhorias que podem ser propostas ao mesmo.

Após a apresentação dos conceitos e metodologias de transformação enxuta, vale apresentar alguns limites do *Lean* apresentados por Cusumano (1994).

2.2.4 Lean e seus limites

Cusumano (1994) relata as práticas da produção enxuta na indústria automobilística e como estas foram utilizadas em outros países, tornando-se, nos anos 90, não mais uma diferença competitiva para o Japão, relatando que agora é necessário buscar outras diferenças competitivas.

Segundo o autor, o Japão sofre com algumas conseqüências do processo de implementação da produção enxuta, tais como o aumento do tráfego devido às entregas *JIT*, a falta de operários que realizam trabalho físico pesado, a grande variedade de produtos, a tensão excessiva dos fornecedores e a falta de dinheiro para o desenvolvimento de novos produtos. Criando assim, oportunidade para os competidores mundiais obterem vantagens competitivas como, por exemplo, a automação, novos materiais, novas tecnologias, inovação nas características dos produtos e expansão do mercado.

O autor relata que nem sempre os resultados da melhoria em manufaturas *JIT* e o desenvolvimento rápido de produtos são favoráveis. Supondo-se que o que está sendo oferecido não seja esperado pelo cliente, causando assim a má adaptação dos conceitos deste sistema. Verifica-se, portanto, que o processo de implantação *Lean* deve ser balanceado e adaptado às realidades de cultura, economia, sociais para obter melhor desempenho competitivo.

2.3 LAYOUT

Este tópico apresenta o conceito de *layout*, bem como a descrição de suas diversas formas, vantagens e desvantagens.

2.3.1 Definição de *layout*

O arranjo físico, também chamado *layout* na literatura inglesa, é a organização física das instalações para promover o eficiente uso dos equipamentos, materiais, pessoas e energia (CORRÊA; CORRÊA, 2004; MEYERS, 1993).

Trein (2001) baseado nos conceitos de Malick e Gaudreau (1957) e Bartlett *et al.* (1994) intitula o layout de planta como uma impressão geral do gerenciamento da produção, sendo este o plano mestre que integra e coordena fisicamente os 5 fatores do gerenciamento industrial: homem, material, dinheiro, máquinas e mercado.

Considerando estes itens Muther (1978) descreve três conceitos fundamentais nos quais todos arranjos se baseiam, são eles:

1. Inter-relações – grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
2. Espaço – quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;
3. Ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

As decisões sobre arranjo físico, segundo Corrêa e Corrêa (2004), podem não ser tomadas exclusivamente quando se projeta uma nova instalação, mas dadas às implicações que o arranjo físico pode ter no próprio desempenho da operação, as decisões devem ser reavaliadas, eventualmente refeitas sempre que:

- Um novo recurso “consumidor de espaço” é acrescentado ou retirado ou se decide pela modificação de sua localização;
- Há uma expansão ou redução da área da instalação;
- Ocorre uma mudança relevante de procedimentos ou de fluxos físicos;
- Ocorre uma mudança substancial dos *mix* relativos de produtos que afetem substancialmente os fluxos;
- Ocorre uma mudança substancial na estratégia competitiva da operação.

2.3.2 O porquê de se trabalhar o *layout*

O *layout* da fábrica e o roteiro dos materiais afetam a produtividade e a rentabilidade de uma empresa quase mais do que qualquer outra decisão na corporação. (MEYERS, 1993). Devido a isto existem algumas razões pelas quais as decisões de arranjo físico são importantes, de acordo com Slack *et al.* (1997): o arranjo físico é uma atividade de difícil e longa duração devido às dimensões físicas dos recursos de transformação; o re-arranjo de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente e a perdas na produção; o re-arranjo incorreto pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos e confusos, estoque de materiais, filas de clientes, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

Ainda de acordo com estes fatos Corrêa e Corrêa (2004) citam a decisão de arranjo físico como uma parte importante da estratégia da operação, já que o mesmo pode influenciar na característica de fluxo, bem como afetar os níveis de eficiência e

eficácia das operações. (CORRÊA; CORRÊA, 2004). Muther (1978) afirma que os problemas de arranjo físico geralmente recaem sobre dois elementos básicos: os produtos (material ou serviço) e a quantidade (volume), já que o arranjo físico deve atender estes dois elementos.

2.3.2.1 Objetivos do uso do layout

Apoiar a estratégia competitiva é o objetivo principal das decisões sobre o arranjo físico, este através do alinhamento das características do arranjo físico e as prioridades competitivas da organização (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Neste tópico serão apresentados os objetivos do uso do *layout* descritos por diversos autores. Buscando detalhar o porquê de se trabalhar o *layout* estes objetivos serão apresentados de forma geral, de forma detalhada, para operações de manufatura e com foco na produção enxuta.

Slack *et al.* (1997) citam alguns objetivos gerais deste:

- Segurança inerente;
- Extensão do fluxo;
- Clareza de fluxo;
- Conforto da mão de obra;
- Coordenação gerencial;
- Acesso;
- Uso do espaço;
- Flexibilidade de longo prazo.

Os objetivos detalhados de um bom *layout* descritos por Trein (2001) são:

- Proporcionar uma simplificação geral;
- Minimizar o custo com manuseio de material;
- Manter a flexibilidade do arranjo e das operações;
- Minimizar o *WIP* (*work-in-process*);
- Promover uma efetiva utilização de espaço;
- Promover uma máxima visibilidade;
- Promover a conveniência, satisfação e segurança dos trabalhadores;
- Eliminar investimentos de capital desnecessários;
- Estimular a efetiva utilização da mão de obra;

- Estabelecer um fluxo unidirecional;
- Definir rotinas visíveis.

Gaither e Frazier (2001) apresentam, de forma detalhada, os objetivos dos *layouts* para a operação de manufatura.

- Fornecer suficiente capacidade de produção;
- Reduzir o custo de manuseio do material;
- Adequar-se a restrições do lugar e do prédio;
- Garantir espaço para as máquinas de produção;
- Permitir elevada utilização de mão de obra, máquinas e espaço;
- Fornecer flexibilidade de volume e produto;
- Garantir espaço para banheiros e outros cuidados pessoais dos funcionários;
- Garantir segurança e saúde para os empregados;
- Permitir facilidade de supervisão;
- Atingir os objetivos com o menor investimento de capital.

Ainda, tratando-se dos detalhes e buscando mostrar estes de acordo com os objetivos da produção enxuta constatada na citação de Corrêa e Corrêa (2004) que diz “Um bom projeto de arranjo físico pode visar tanto eliminar atividades que não agreguem valor como enfatizar atividades que agreguem”, tais como:

- Minimizar os custos de manuseio e movimentação interna de materiais;
- Utilizar o espaço físico disponível de forma eficiente;
- Apoiar o uso eficiente da mão-de-obra, evitando que esta se movimente desnecessariamente;
- Facilitar comunicação entre as pessoas envolvidas na operação, quando adequado;
- Reduzir tempo de ciclo dentro da operação, garantindo fluxos mais linearizados, sempre que possível e coerente com a estratégia;
- Facilitar a entrada, saída e movimentação dos fluxos de pessoas e de materiais;
- Incorporar medidas de qualidade e atender a exigências legais de segurança no trabalho;
- Facilitar manutenção dos recursos, garantindo fácil acesso;
- Facilitar acesso visual às operações, quando adequado;

- Encorajar determinados fluxos;
- Auxiliar na criação determinadas percepções nos clientes.

O item seguinte apresenta a importância, bem como algumas maneiras de realizar o planejamento do *layout*.

2.3.3 Planejamento de *layout*

“Projetar o arranjo físico de uma operação produtiva, assim como qualquer atividade de projeto, deve iniciar-se com uma análise sobre o que se pretende que o arranjo físico propicie. Neste caso, são os objetivos estratégicos da produção que devem ser muito bem compreendidos (SLACK *et al.*, 1997)”.

Muther (1978) alega que para muitas empresas o planejamento de *layout* significa perda de tempo, ociosidade de equipamento e interrupção no trabalho dos funcionários. Porém, afirma que o tempo despendido no planejamento do arranjo antes da sua implantação evita que as perdas assumam grandes proporções e permite a todas as modificações se integrarem segundo um programa global e coerente, que permite o estabelecimento de uma seqüência lógica para as mudanças, além de facilitá-las.

A base para o planejamento das instalações é formada pelos seguintes elementos: produto, quantidade, roteiro ou processo produtivo, serviços de suporte ou infra-estrutura e tempo (MUTHER, 1978).

Os autores Corrêa e Corrêa (2004) citam que as decisões sobre o arranjo físico devem ser tomadas na fase de projeto das instalações, porém o desempenho deste pode levar à sua reavaliação. Sendo assim, apresenta-se a seguir uma forma de planejamento de *layout*, obrigações para esta atividade de planejamento e algumas implicações práticas.

Segundo Muther (1978) as fases para o planejamento do arranjo físico são:

- Fase I: Localização
 - Determina a localização da área para a qual faremos o planejamento das instalações
- Fase II: Arranjo físico geral
 - Estabelece a posição entre várias áreas.
- Fase III: Arranjo físico detalhado
 - Envolve a localização de cada máquina e equipamento
- Fase IV: Implantação

Nesta fase são planejados os passos para a implementação, é tratada a apropriação de capital e feitas as movimentações necessárias.

Existem algumas obrigações para o planejamento do *layout*, segundo Singh e Rajamani (1996), são elas:

- Uma ou mais atividades fixas;
- Atividades que precisam ser separadas;
- Limitações de arquitetura;
- Limitações do material a ser manuseado;
- Restrições organizacionais;
- Tempo;
- Orçamento.

Algumas implicações práticas e estratégicas, descritas por Trein (2001), são:

- Facilitar o fluxo de materiais e de informações;
- Aumentar a eficiência de utilização de mão de obra e dos equipamentos;
- Aumentar a conveniência dos clientes e vendas;
- Reduzir os riscos dos trabalhadores;
- Melhorar a moral dos trabalhadores;
- Melhorar a comunicação.

2.3.3.1 Critérios de performance

Para um bom acompanhamento e controle do planejamento deve-se utilizar critérios de performance, os quais segundo Krajewski e Ritzman (1999 *apud* TREIN, 2001), podem incluir um ou mais de um dos fatores abaixo listados:

- Nível de investimento de capital;
- Necessidades de manuseio de materiais;
- Facilidade da movimentação do estoque;
- A natureza e o ambiente de trabalho;
- Facilidade da manutenção dos equipamentos;
- Atitudes dos funcionários;
- Quantidade de flexibilidade necessária;
- Conveniência dos clientes e nível de vendas.

2.3.4 Tipos básicos de arranjos físicos

Neste tópico será descrito, brevemente, os tipos básicos de arranjos físicos, bem como suas vantagens e desvantagens.

2.3.4.1 Arranjo físico posicional

O arranjo físico posicional, fixo ou *project shop* é formado por recursos transformadores que se movimentam enquanto o recurso transformado está fixo (SLACK *et al.*, 1997; SINGH; RAJAMANI, 1996). Este tipo de arranjo é utilizado quando o recurso transformado é muito grande ou está debilitado para ser movido. Apresenta algumas características, tais como: pequena movimentação de materiais, porém grande movimentação de pessoas e equipamentos, alta flexibilidade de processos e produtos (*design*, volume e *mix* segundo SINGH; RAJAMANI, 1996), baixa utilização de equipamentos e possibilidade de duplicidade, centros de trabalho quase autônomos, alta qualificação de mão de obra. (TREIN, 2001; SINGH; RAJAMANI, 1996). Sua principal marca é a baixa produtividade (SILVA *et. al*, 2003).

2.3.4.2 Arranjo físico por processo

O arranjo físico por processo, funcional ou *job shop* é formado porque processos similares ou com necessidades similares são localizados juntos um do outro (SINGH; RAJAMANI, 1996; BLACK, 1998). Segundo Krajewski e Ritzman (1999 *apud* TREIN, 2001), esse *layout* é usado quando o volume de atividade das peças ou grupos de peças não é suficiente para justificar o *layout* celular ou em linha. Ele é particularmente utilizado com uma estratégia de fluxo flexível, na qual é mais aconselhável um baixo volume e produção de alta variedade, onde o gerenciamento das operações deve organizar recursos (trabalhadores e equipamentos) ao longo do processo. (TREIN, 2001; SINGH; RAJAMANI, 1996). Segundo Black (1998) sua característica distinta é a grande quantidade de produtos, que resulta em pequenos lotes de produção.

Apresenta algumas características, tais como: equipamentos versáteis e com baixa ociosidade, flexibilidade de processo e *mix* na alocação de pessoal e equipamentos, flexibilidade de produto, supervisão especializada acarretando em altos

custos, juntamente com os custos indiretos e os custos de movimentação, altos *lead times* e altos estoques intermediários. (TREIN, 2001)

2.3.4.3 Arranjo físico por produto

O arranjo físico por produto, linha ou *flow shop* localiza os recursos produtivos transformadores segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado, segundo Slack *et al.* (1997; SINGH; RAJAMANI, 1996). Caracterizado, segundo Black (1998), por grandes lotes, máquinas para fins específicos, menor variedade e maior mecanização.

Este tipo de *layout* apresenta algumas características, tais como: fluxo simples, baixos estoques intermediários, pouca movimentação de partes, pouco treinamento de mão de obra devido à simplicidade das tarefas, alto contato entre as atividades e estações de trabalho fazendo com que uma parada em um posto de trabalho ocasione a parada de toda a linha, acarretando a baixa utilização de recursos e a necessidade de um supervisor geral. (TREIN, 2001, p. 18)

Pode ser definido de acordo com o tipo de produtos em fluxo ou linha. O primeiro relacionado com a produção contínua, tal como a indústria química, o segundo associado à produção de manufatura discreta, tal como a indústria automotiva.

2.3.4.4 Arranjo físico celular

Segundo Slack *et al.* (1997) o *layout* celular é aquele em que os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram. Este tipo de *layout* apresenta algumas características, tais como: grande utilização de equipamentos pequenos e móveis, grupos multifuncionais que tem alto custo de treinamento, maior controle do sistema e confiabilidade de entregas, alta flexibilidade de *mix* de produtos devido ao tamanho de lote ocasionando em curtos *lead times* e estoques pequenos. (Trein, 2001)

Este tipo de arranjo físico tenta aumentar as eficiências do arranjo físico funcional, tentando não perder muito de sua desejável flexibilidade. Baseado num conceito, às vezes chamado de tecnologia de grupo, recursos não similares são

agrupados de forma que com suficiência consigam processar um grupo de itens que requeiram similares etapas de processamento. (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

Este tipo de arranjo será detalhado no tópico “Manufatura Celular”, a seguir, devido às suas características irem de encontro com as necessidades da produção enxuta.

2.3.4.5 Comparações entre os tipos de arranjos

Contribuindo para a diferenciação dos tipos de *layout* serão apresentadas algumas características dos *layouts* tradicionais *versus layouts* modernos (celular), de acordo com Gaither e Frazier (2001).

Tabela 05 - *Layouts* Tradicionais versus *Layouts* Modernos

Características dos *Layouts* Tradicionais

Objetivo Principal: Elevada utilização de máquina e operador

Meios para atingir o objetivo: Longos turnos de produção, atribuição de tarefas fixas para os trabalhadores a fim de obter os benefícios da especialização de mão-de-obra, estoques para se resguardar de quebras de máquinas, taxas de produção constantes e produtos com defeitos separados para posterior retrabalho, e grandes máquinas de produção que são mantidas em sua capacidade de utilização total.

Aparência dos *layouts*: Plantas da instalação de manufatura muito grandes, extensas áreas reservadas para estoques, muito espaço usado para longas esteiras transportadoras e outros dispositivos de manuseio de materiais, grandes máquinas de produção que exigem muito espaço de piso, linhas de produção lineares ou em forma de L e espaço de piso geralmente subutilizado

Características dos *Layouts* Modernos

Objetivo Principal: Qualidade do produto e flexibilidade, que é a capacidade de modificar volumes de produção rapidamente e mudar para modelos de produtos diferentes.

Meios para atingir o objetivo: Trabalhadores treinados em muitas tarefas, forte investimento em manutenção preventiva, máquinas pequenas facilmente mudadas para diferentes modelos de produto, trabalhadores estimulados a exercer a iniciativa de resolver problemas de qualidade e outros problemas de produção quando eles ocorrem, trabalhadores e máquinas mudados quando necessários para resolver problemas de produção, linhas de produção desaceleradas e quebras de máquinas ou problemas de qualidade sendo resolvidos quando ocorrem, manutenção de pouco estoque e estações de trabalho dispostas próximo umas das outras.

Aparência dos *layouts*: Plantas da instalação de manufatura relativamente pequenas, *layouts* compactos e estreitamente dispostos, grande porcentagem de espaço de piso usado para a produção, menos espaço de piso ocupado por estoques ou dispositivos de manuseio de materiais e linhas em formato de U.

Fonte: Gaither e Frazier, 2001

Detalhando ainda mais serão apresentadas as diferenças típicas entre o *layout* funcional, mais utilizado, e o *layout* celular na tabela 06 a seguir.

Tabela 06 - Como o *layout* celular difere do *layout* funcional

Fatores	<i>Layout</i> celular	<i>Layout</i> funcional
Estoques	Um problema..	Um recurso.
Tamanho dos lotes	Manter a redução no tamanho dos lotes.	Fórmulas. (Baseada no balanço do custo dos estoques e do custo de <i>setup</i>)
<i>Setups</i>	Eliminá-los.	Baixa prioridade.
Fornecedores	Fornecedores são células afastadas, parte do time.	Adversários..
Qualidade	Zero defeitos.	Toleram alguma sucata ou refugo
Manutenção de equipamento	Constante e eficaz	Conforme o requisitado
Tempo de atravessamento	Mantenha ele curto	Quanto mais longo melhor
Trabalhadores	O cliente interno	Gerenciamento por ordens

Fonte: Black (1998)

Barbosa (1999) afirma que as células de manufatura, em comparação aos *layouts* tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra direta. Também trazem como benefício a diminuição entre 70 e 90% dos equipamentos de movimentação e manuseio dos materiais, a redução de 95% dos estoques em processo e a diminuição de 50% na área de fabricação.

Baseado nos benefícios apresentados será detalhado a manufatura celular, conceito no qual o *layout* celular é aplicado, na busca de provar sua contribuição às características atuais do mercado.

2.4 Manufatura celular

Uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos com os passos do processo colocados bem próximos uns dos outros, em ordem seqüencial, pelo qual as peças são processadas em fluxo contínuo (ou em alguns casos, em tamanho de lote consistente e pequeno que é mantido pela seqüência de passos do processo). Atingir e manter o fluxo contínuo é o propósito da célula, tendo na flexibilidade de ajuste do volume de produção sua grande vantagem. (ROTHER; HARRIS, 2002; PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, 1999).

Complementarmente as células de produção são definidas por Singh e Rajamari (1996) e Singh (1993) como a aplicação da tecnologia de grupo. Esta tecnologia refere-se, segundo Ransa (1972 *apud* SINGH; RAJAMANI, 1996), ao arranjo lógico e a seqüência das operações da empresa com o objetivo de trazer os benefícios da produção em massa (redução de custos de produção, melhoria da

qualidade e redução de *lead time*) para processos com alta variedade e baixo volume. Identifica e explora similaridades dos produtos e processos, tais como funções, tamanhos e formatos. Como, também, citado por Ribeiro e Meguelati (2002) “Este conceito repousa sobre o agrupamento de peças similares em famílias com o objetivo de fabricá-las em células ou ilhas que reúnem máquinas especialmente selecionadas para este fim”.

Neste ponto vale ressaltar em qual nível do sistema produtivo as células encontram-se. Sistema produtivo diz respeito a toda empresa e inclui sistemas fabris. Black (1998) apresenta a hierarquia dos termos produtivos através da tabela a seguir.

Tabela 07 - Termos produtivos para sistemas produtivos de manufatura

Termos	Significados
Sistema produtivo (toda a empresa)	A empresa inteira; todos aspectos de pessoal, máquinas, materiais e informações, considerados coletivamente.
Sistema fabril (conjunto de processos)	Uma série de processos de fabricação resultando em produtos finais específicos; arranjo ou <i>layout</i> para todos os processos, equipamentos e pessoas.
Processo de manufatura (máquina ou máquina ferramenta)	Um equipamento específico projetado para realizar processos específicos; muitas vezes chamado de máquina ferramenta; máquinas-ferramentas são agrupadas para formarem um sistema de manufatura.
Tarefa (Posto de trabalho)	Um conjunto ou seqüência de operações realizadas em máquinas, ou um conjunto de tarefas realizadas por um trabalhador em uma posição numa linha de montagem.
Operação	Uma ação ou tratamento específico para o conjunto do qual é composta a tarefa de um trabalhador
Ferramental	Os implementos utilizados para fixar, cortar, moldar o conformar os materiais de trabalho.

Fonte: Black (1998)

Observa-se nesta tabela que as células encontram-se caracterizadas como sistema fabril, sendo um conjunto de processos.

Ribeiro e Meguelati (2002) citam que um sistema de produção organizado em células tem sua administração mais simples e eficiente em decorrência da decomposição do sistema global de produção em subsistemas de menor dimensão.

Lembrando que devido a competição internacional o foco do trabalho é o cliente, interno ou externo, da empresa e para isso o projeto do sistema fabril busca apresentar qualidade superior, preços competitivos e entrega no prazo. Sendo assim, deve apresentar alguns fatores citados por Black (1998). São eles:

- Segurança, apresentando concordância com normas projetadas para prevenir acidentes;
- Flexibilidade, apresentando facilidade de ser alterado pelo usuário;
- Confiabilidade, apresentando consistência e boa manutenção;
- Envolvimento dos empregados, apresentando o apoio às sugestões;
- Bons serviços, apresentando bom suporte técnico e de engenharia, bons manuais de treinamento e operacionais;
- Compreensibilidade, apresentando ao usuário facilidade em operar e controlar.

A aplicação das células apresenta uma grande variedade de impactos no processo, de acordo com Singh e Rajamani (1996), estes podem ser divididos em: impactos no sistema de performance, impacto em outras áreas funcionais e impacto em outras tecnologias. A seguir será realizado o detalhamento em cada um dos itens:

Os impactos no sistema de performance podem ser descritos pelo conjunto de itens citados a seguir: redução do tempo e da distância da movimentação de material; redução do tempo de atravessamento devido à proximidade das máquinas; redução do tempo de *setup* devido à troca rápida de ferramentas, o agrupamento das peças e a possibilidade de acomodação de um menor número de trocas; redução do tamanho do lote; redução do *work-in-process*; redução do tempo de entrega e melhoria da acuracidade e realidade das mesmas; aumento nos investimentos, que são frequentemente baixos devido à utilização de pequenas máquinas e devido aos custos que são frequentemente revertidos com a boa utilização dos equipamentos, mão-de-obra e material em processo; a utilização de máquinas, frequentemente reduzida devido a quantidade de *setups* que se quer realizar, encontrando-se entre 60 e 70% do nível geral de utilização com exceção das máquinas gargalo; a utilização da força de trabalho tem a possibilidade de aumentar seu nível devido à quantidade de máquinas que deve operar; a qualidade aumenta, já que as peças são processadas em operações distintas e pequenas, somado a alta facilidade de identificação de falhas quando existe a colaboração dos funcionários; redução do espaço físico (BLACK, 1998; MAHMOOD *et al.*, 1990 *apud* RIBEIRO; MIGUELATI, 2002; SINGH, 1993).

Os impactos em outras áreas funcionais, de acordo com Singh e Rajamari (1996), são:

- Design das partes – promove a identificação das partes similares, reduzindo a variedade, promovendo a padronização e reduzindo o número de partes desenhadas;
- Controle de produção – a produção das partes é realizada diretamente nos períodos de alta e baixa demanda e o tamanho dos lotes é variável em uma frequência. O controle é mais simples sendo os quadros de controle suficientes para determinar a seqüência de produção;
- Manutenção – essencial porque não existe variedade de rotas de produção. Com treinamento os operadores podem realizar as manutenções regulares, aumentando o tempo de vida útil da máquina e responsabilidade do grupo.
- Custos – mais corretos devido às informações da célula.

Os impactos em outras tecnologias podem ser exemplificados pelo uso de máquinas de controle numérico, a expansão pode ser facilmente justificada no aspecto econômico com o uso da tecnologia de grupo.

Na manufatura celular para facilitar o fluxo do produto pelo processo os operadores precisam trabalhar, preferencialmente em pé, isto porque esta posição facilita a movimentação dos operadores pela célula (PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM, 1999). Além disso, o uso de máquinas pequenas pode ser benéfico para a liberação de produtos em pequenos lotes, com maior variedade e ocupam pouco espaço, quando alocadas próximas ainda reduzem o transporte de material e o acúmulo de estoque em processo. Productivity Development Team (1999) relata, ainda, que as máquinas devem ser flexíveis para maximizar o uso e o *setup* rápido.

Para o desenvolvimento de um bom *layout* é essencial o entendimento profundo do sistema, então pode-se fazer melhorias nos métodos científicos viáveis e ferramentas (BLACK, 1998; HU; KOREN, 2005). Segundo Hu e Koren (2005) diferentes configurações têm profunda importância não somente na adaptação da demanda do mercado, mas também na confiabilidade, produtividade, qualidade de produto e custo.

As diferentes configurações serão apresentadas a seguir.

2.4.1 Tipos de células de manufatura

As células de manufatura podem apresentar vários tipos de fluxo. A Figura 13 apresenta estas diferentes configurações bem como os seus benefícios básicos.

TIPO DE FLUXO	BENEFÍCIOS BÁSICOS
Fluxo Reto 	1 - Fácil de programar, seguir e controlar; 2 - Possibilita um método de movimentação econômica e retilínea; 3 - Facilita o acesso aos dois lados do equipamento.
Fluxo em forma de U ou Circular 	1 - Acessórios ou contenedores retornam automaticamente ao ponto de partida; 2 - Movimentação de entrada e saída (carga, descarga, acondicionamento) estão juntos em um local de fácil acesso; 3 - Trabalhadores concentrados em um local, podem ajudar uns aos outros mais prontamente.
Fluxo em forma de L 	1 - Possibilita uma longa série de operações em um espaço limitado; 2 - Permite que a linha de alimentação inicie no corredor e termine no ponto de uso; 3 - Fácil de segregar o fluxo de entrada e o fluxo de saída de materiais fisicamente diferentes, produtos, materiais, serviços especiais.
Fluxo Pente ou Espinha 	1 - Ideal para seqüências de operações que mudam ou variam de tarefa a tarefa ou de peça a peça; 2 - Permite rotinas múltiplas com integração automatizada ao processo, movimento e controle;

FIGURA 13 - TIPOS DE *LAYOUTS* CELULAR
 Fonte: Araújo, 2005

2.4.2 Projeto do arranjo físico celular

Segundo Black (1998) a exigência chave de um projeto para uma célula de manufatura é a flexibilidade. Para ser flexível, ainda de acordo com este autor, o processo deve ser capaz de lidar com mudanças no projeto, bem como em projetos para novos produtos, combinação de produtos e mudança no volume existente. “Isto é, a taxa de produção para a célula pode ser trocada rapidamente aumentando ou diminuindo alguns trabalhadores” (BLACK, 1998).

Um arranjo físico celular, segundo Corrêa e Corrêa (2004, pág 416), é desenvolvido em etapas:

1. Identificar famílias de itens produzidos que tenham volume suficiente e similar conjunto de recursos para serem processados – devem ser preparados para que “sobrem” determinados itens de grande variedade e que não conseguem ser colocados em nenhuma célula -, estes continuarão, em geral, a ser processados num setor com arranjo funcional;
2. Identificar e agrupar recursos de forma que consigam, com suficiência, processar as famílias de itens identificados, definindo células;

3. Para cada célula, arranjar os recursos usando os princípios gerais do arranjo por produto, estabelecendo uma pequena operação dentro da operação, de forma que a movimentação e os fluxos daquelas famílias identificadas em 1 sejam mais ordeiros, simples e ágeis;

4. Localizar máquinas grandes ou que não possam ser divididas para fazerem parte de células específicas para próximo das células.

Complementando, segundo Singh e Rajamari (1996); Singh (1993), o planejamento do *layout* pode ser considerado como o envolvimento de um processo hierárquico com os seguintes estágios.

1. Determinar a família de produtos baseado no *design* e similaridades de processo;
2. Designar as famílias de produtos por grupos de máquinas;
3. Racionalizar as famílias de produtos e frequências do trabalho;
4. Selecionar o tipo de *layout*;
5. Planejar máquinas e instalações auxiliares para a célula.

Porém, antes do planejamento do *layout* são necessárias as seguintes informações:

- Características de produtos e materiais: tipos, tamanhos e formatos;
- Quantidades – importante saber o presente e o futuro;
- Seqüência do processo;
- Serviços – informações sobre serviços de suporte, inspeção e outros;
- Frequência.

São apresentadas por Singh e Rajamani (1996) as informações para o desenvolvimento do plano para o arranjo físico celular. Estas informações podem ser apresentadas mais detalhadamente com os seguintes itens:

- Estimativa da demanda futura;
- Rotas alternativas para diferentes produtos;
- Produção padrão com informações de *setup* para cada máquina;
- Capacidade disponível;
- Estoque atual;
- Mão de obra atual;
- Gerenciamento das políticas de horas extras.

Informações de saída

- Número de unidades a ser produzida por produto;
- Número de unidades a ser produzida por produto em cada alternativa de processo;
- Meta de inventário para cada produto;
- Nível de mão de obra;
- Quantidade de material a ser transportado dentro e entre as células;
- Compra de material necessário.

Além disso, deve-se considerar, segundo Standard e Davis (1999 *apud* SILVA *et. al*, 2003) algumas recomendações importantes sobre as células de produção são:

- Superprodução não é permitida;
- Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto;
- Trabalhadores se movimentam entre as estações de trabalho;
- Usar sistemas de fixar e prender ao invés de sistemas de ajustamento;
- Fazer trabalho manual em paralelo com o trabalho das máquinas;
- Nunca passar um defeito.

Singh (1993) cita que o desenho da célula é um problema muito complexo. Silva *et. al* (2003) comenta que métodos visuais e computacionais tem sido desenvolvidos com o intuito de solucionar o arranjo ou o rearranjo físico. Os problemas com os métodos de arranjo físico além de não serem de simples aplicação ainda não garantem que a resposta encontrada será a solução ótima (SILVA *et. al* (2003). Entre estes métodos, são citados por Ribeiro e Miguelati: a programação matemática: Shafer *et al* (1992); *branch and bound*: Qatani (1990); lógica *fuzzi*: Xu e Wang (1989) e Chu e Hayya (1991); algoritmos genéticos: Vezugopal e Narendran (1992); redes neurais: Kusiak e Chung (1991), Lec e Malave (1992), Moon Chu (1992); metaheurísticos como *cusca tabu* e *simulated annealing*: Vezugopal e Narendran (1992).

2.4.3 Benefícios da Manufatura Celular

A conversão para sistemas de manufatura celular resulta em economia significativa de custo em um período de 2 a 3 anos, principalmente em empresas que relatam reduções significativas em estoques e matéria-prima e em processos, custos de *setup*, tempos de atravessamento, mão de obra direta e indireta, pedidos atrasados, custos de ferramentas, custos de qualidade e os custos de trazer novos projetos para a linha. (BLACK, 1998).

Além destas vantagens pode ser apresentadas outras, tais como:

- A realimentação de qualidade entre as operações de manufatura e montagem é muito mais rápida;
- O manuseio de material é drasticamente reduzido;
- O tempo de *setup* é reduzido ou até eliminado;
- O monitoramento do processo, controle e realimentação de estoques e a qualidade são melhor desenvolvidos;
- É atingido um fluxo mais suave e rápido dos produtos através das operações;
- As variáveis do tempo de ciclo e limitações do balanceamento de linha são reduzidos;
- A implementação da automação das operações é mais fácil;
- Capabilidade e confiabilidade do processo são melhoradas.

Os resultados apresentados com o uso da manufatura celular e descritos segundo Corrêa e Corrêa (2004) são:

- Não se perde flexibilidade, pois o mesmo conjunto original de itens continua sendo processado;
- Ganham-se velocidade e eficiência de fluxo, pois os recursos da particular célula estão próximos numa “pequena operação”;
- As distâncias percorridas pelos fluxos dentro das células são muito menores;
- Simplificam-se os fluxos no restante da operação, que fica “aliviada” das famílias de itens que conseguem ser processadas pelas células estabelecidas;
- Tempos de preparação dos equipamentos nas células tendem a ser menores, já que processam itens de forma e dimensões similares;
- Melhora-se a qualidade, já que o grupo de funcionários a cargo de gerenciar e operar os recursos das células tende a desenvolver mais a sensação de propriedade e responsabilidade por uma família inteira de itens e não apenas por uma etapa produtiva;
- Melhor controle de produção, pois cada célula é focada num pequeno grupo de itens. Normalmente, iniciativas de formação de semi-autonomia dos grupos de funcionários responsáveis pela célula acompanham as iniciativas de celularização.

2.5 Identificação do setor industrial – Calçados

2.5.1 O calçado através dos tempos

Esta seção, O calçado através dos tempos, é toda baseada na História do Calçado (2005), mostrando como foi o surgimento dos calçados e seu desenvolvimento.

A história do sapato começa a partir de 10.000 a. C., ou seja, no final do período paleolítico. Nos hipogeus¹² egípcios, que têm idade entre 6 e 7 mil anos, foram descobertas pinturas que representavam os diversos estados do preparo do couro e dos calçados. O modelo do sapato ou o adereço era símbolo de posição social.

A primeira referência conhecida da manufatura do calçado na Inglaterra é de 1642 quando Thomas Pendleton forneceu 4.000 pares de sapatos e 600 pares de botas para o exército. As campanhas militares desta época iniciaram uma demanda substancial por botas e sapatos.

O sapato passou a ser mais acessível em meados do século 19, com o surgimento das máquinas para auxiliar na confecção. A partir da quarta década do século 20, grandes mudanças começam a acontecer nas indústrias calçadistas como a troca do couro pela borracha e pelos materiais sintéticos principalmente nos calçados femininos e infantis. Provavelmente os funcionários fizeram os sapatos do início ao fim, mas na moderna indústria o processo é quebrado em várias e distintas etapas como : modelagem, almoxarifado, corte, chanfração, costura, pré-fabricado, distribuição, montagem, acabamento e expedição.

A produção de calçados, propriamente dita, teve início no início do século XX e concentrou-se em determinadas regiões devido à construção dos meios de transporte. De acordo com Costa e Passos (2004, p. 10) e com Abicalçados (2005) até os fins do século XIX a produção de calçados era um subproduto da manufatura de arreios e selas. Mercado pela produção caseira ganhou força com a Guerra do Paraguai entre 1864 a 1870, tendo que ampliar o mercado para calçados, curtumes e fabricação de máquinas. (ABICALÇADOS, 2005)

Ainda de acordo a Abicalçados (2005) o processo de desenvolvimento econômico da indústria calçadista brasileira iniciou no Rio Grande do Sul, com a chegada dos primeiros imigrantes alemães, em junho de 1824, os quais se instalaram no Vale do Rio dos Sinos. A primeira fábrica de calçados do Brasil surgiu nesta região em

¹² Câmaras subterrâneas usadas para enterros múltiplos

1888. Com o passar do tempo o Rio Grande do Sul, na região de São Leopoldo e Novo Hamburgo especializou-se em calçados femininos, e em São Paulo, a cidade de Franca especializou-se em calçados masculinos.

A primeira exportação brasileira em larga escala ocorreu em 1968, com o embarque das sandálias Franciscano, da empresa Strassburguer, para os Estados Unidos. Nesta época a produção nacional era de 80 milhões de pares anuais. Novos mercados começaram a surgir no exterior e os negócios prosperaram. As empresas faziam os contatos com os compradores internacionais e trabalhavam diretamente com os *line builder* - responsáveis pela criação das linhas. Hoje, o calçado é o segundo principal item da balança comercial brasileira, com um faturamento de US\$ 1,8 bilhão com operações internacionais. (ABICALÇADOS, 2005)

A história no setor mostra que as grandes empresas têm em suas origens cunho, comumente, familiar. O segmento de pequenas firmas ocupa um número razoável de pessoas, constituindo-se em fonte de renda e inserção social. (COSTA; PASSOS, 2004).

2.5.2 A indústria de Calçados no Brasil

A produção de calçados é uma atividade tradicional na economia brasileira, constituindo-se em um dos ramos fundadores da indústria no país. (COSTA; PASSOS, 2004). Contribui com uma parcela significativa das atividades manufatureiras do país, tanto pelo seu volume de produção e expressiva participação na pauta de exportações, como pela sua grande capacidade de geração de empregos. Detêm o terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais. Esta indústria movimentava anualmente cerca de 2% do Produto Interno Bruto e gera em torno de 280.000 empregos, o que permite projetar que cerca de 1.000.000 de pessoas gravitam em torno da mesma. (FENSTERSEIFER, 1995).

As características da indústria, segundo Costa e Passos (2004), são citadas a seguir.

Até o final dos anos 60, a produção apresentava-se com forte conteúdo artesanal, baixas barreiras à entrada e à saída, uma produção com mão-de-obra intensiva e o predomínio de pequenas e médias empresas fabris. Com o início da década de 70 a indústria de calçados nacional modificou-se lentamente no âmbito tecnológico e nas dimensões de seus estabelecimentos, desenvolvendo um complexo produtivo apto à responder à demanda estrangeira pelos calçados nacionais.

As mudanças no ambiente competitivo para o setor calçadista brasileiro, iniciaram-se na década de 90 com a abertura da economia, com queda das barreiras tarifárias e não-tarifárias, e a política de estabilização do Plano Real. A entrada de mercadorias importadas somado a modificação do padrão de consumo (calçados atléticos e diferentes materiais) traduziu-se em um abalo às empresas nacionais (COSTA; PASSOS, 2004).

Atualmente a indústria calçadista brasileira enfrenta desafios como a necessidade de aumento da produtividade, qualificação da mão-de-obra, redução de custos e agilidade dos processos produtivos (SCHNEIDER, 2004 *apud* DIEHL, 2005)

O atual ambiente competitivo, caracterizado por intensas mudanças tecnológicas, comunicação rápida, abertura econômica e competição global, está forçando as empresas a reverem seus modelos de competição e mercados de atuação. Segundo Fensterseifer (1995) a situação é particularmente preocupante para as empresas calçadistas nacionais cuja competitividade foi adquirida na vantagem comparativa do baixo custo da mão-de-obra e que pouco evoluiu no sentido de desenvolver vantagens competitivas mais nobres e mais sustentáveis no longo prazo.

Alguns fatores caracterizam este problema, de acordo com Diedrich (2002) são:

- Baixa utilização dos recursos disponíveis, devido à presença de uma cultura familiar em que às decisões são centralizadas e o desperdício dos executivos;
- A variação do câmbio;
- A intensificação da concorrência internacional;
- A redução do poder aquisitivo global;
- O aumento da variedade de modelos de calçado em fabricação, reduzindo assim o tamanho médio dos pedidos;
- Entre outros como: o desperdício de mão-de-obra, matéria prima, tempo, equipamento, energia e até de talentos sempre estiveram presentes neste setor.

Fensterseifer (1995), também, cita três importantes agravantes para a indústria calçadista nacional, sendo eles: a abertura econômica, fazendo com que a ameaça dos países de baixo custo de mão-de-obra não se limitem aos mercados externos do calçado brasileiro, mas também ao até aqui protegido mercado interno; o problema do desemprego em alguns países europeus, produtores de calçados, que começam a estimular esta indústria devido ao seu alto potencial de absorção de mão-de-obra; o terceiro agravante advém das novas tecnologias, que poderão a médio prazo reduzir, ou

mesmo eliminar, a vantagem da mão-de-obra barata dos países em desenvolvimento e viabilizar novamente importantes segmentos desta indústria nos países desenvolvidos, revertendo assim seu ciclo de vida internacional.

Em consequência destes fatos, Diedrich (2002) relata que os fatos anteriormente citados, os custos gerados pelas perdas de produção, que antes não eram percebidos e acabavam sendo diluídos em grandes pedidos de um mesmo produto, passaram a ser significativos. Tais perdas, no atual contexto em que a indústria calçadista se encontra, precisam ser identificadas e rapidamente eliminadas ou reduzidas, objetivando adaptar a indústria às atuais necessidades do mercado.

O Brasil encontra-se em terceiro no ranking dos maiores produtores, como é mostrado na tabela 08.

Tabela 08 - Principais Produtores de Calçados (milhões de pares)

Países	2002	2003
China/ China	6.950,00	7.800,00
India/ India	750	780
Brasil/ Brazil	642	665
Indonésia/ Indonésia	509	511
Vietna/ Vietnam	360	416,6

Fonte: Abicalçados, 2005

A produção de calçados, processo de trabalho com uso intensivo de mão de obra, tem nos salários relativamente baixos e na abundância de força de trabalho os seus principais fatores de competitividade. O fator custo de mão de obra tem atuado como orientador na localização geográfica dessa atividade produtiva no mundo. Pode-se perceber na tabela 06 que as maiores produções concentram-se nas regiões com maior oferta de mão de obra.

O preço médio do calçado brasileiro é superior ao calçado chinês, devido ao tipo de produto fabricado, qualidade dos materiais empregados, qualificação da mão-de-obra e tecnologia. Estas condições somadas com a confiabilidade nos prazos de entrega dos produtos constituem um diferencial que as empresas brasileiras possuem para enfrentar este mercado tão competitivo. (FENSTERSEIFER, 1995)

As tendências do mercado calçadista apontam para uma intensificação da concorrência na faixa de preço e qualidade do mercado brasileiro (FENSTERSEIFER, 1995). Segundo Teixeira (2000 *apud* Diedrich, 2002) a indústria de calçados brasileira já se equipara à italiana em qualidade e rapidez de entrega, superando a concorrente em

pontualidade e flexibilidade para atender a grandes encomendas. O Brasil não é competitivo, segundo este mesmo autor, na questão do preço, razão principal de os compradores recorrerem à China e à Índia. A China, além do baixo preço, está sendo reconhecida pela qualidade e pontualidade na entrega dos pedidos.

Todos os itens, citados anteriormente, podem ser comprovados com o seguinte dizer de Fensterseifer (1995):

“As vantagens competitivas da indústria nacional de calçados, centradas no aproveitamento de mão-de-obra de baixo custo e no fácil acesso às matérias-primas abundantes, gradativamente perdem a atratividade num cenário competitivo mundial que prioriza cada vez mais a qualidade dos produtos, o serviço ao cliente, a flexibilidade da produção, a agilidade na entrega, a resposta rápida às variações da demanda e a variedade dos produtos e serviços”.

No mercado interno pode-se observar, também, o deslocamentos de fabricantes de calçados de alguns estados para outros que apresentam alguns incentivos, dentre os incentivos mais expressivos outorgados às empresas podem-se destacar, segundo Costa e Passos (2004):

- i) Aqueles associados ao ICMS para o financiamento de capital fixo ou capital de giro das empresas em novos projetos de investimento, ou ampliação dos existentes, e isenção de imposto de renda.
- ii) Os vinculados ao estabelecimento de infra-estrutura e isenção de impostos municipais.
- iii) Financiamento automática às exportações correspondente a um percentual.
- iv) Os referentes ao salário da mão-de-obra, que se manifesta em um valor em torno de um salário mínimo e sem a incidência de encargos sociais, pois a mão-de-obra é contratada indiretamente pelas empresas por meio de cooperativas de trabalho, em que não há vínculo empregatício e a remuneração é sobre serviços prestados. Acrescenta-se ainda que a organização dessas cooperativas cabem aos próprios estados da região, bem como a seleção e o treinamento da força de trabalho.

Busca-se então o estabelecimento de estratégias empresariais, principalmente por parte das médias e grandes empresas, com foco em uma maior modernização tecnológica, diversificação de mercados, ampliação do número de linhas e modelos de calçados fabricados, bem como preocupações em aumentar a qualidade, reduzir desperdícios e adotar práticas de gestão mais flexíveis e profissionais (COSTA; PASSOS, 2004).

Pode-se observar a concentração de empresas por estado na ilustração a seguir:

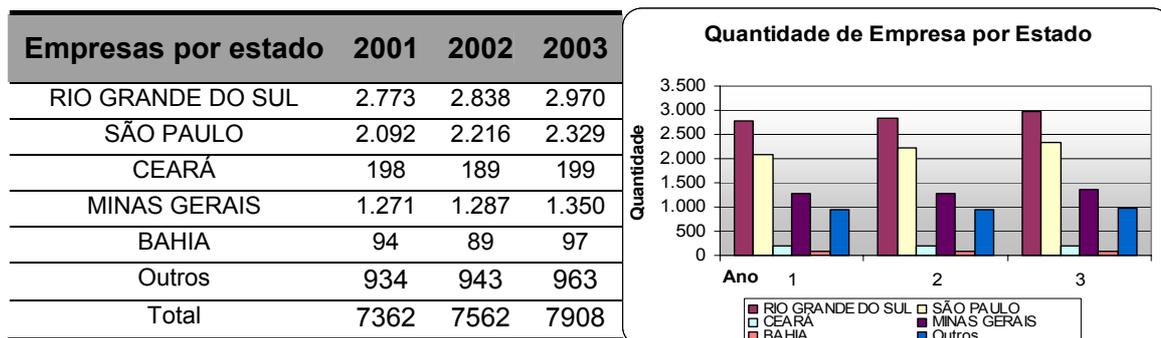


FIGURA 14 - QUANTIDADE DE EMPRESAS POR ESTADO

Fonte: Abicalçados, 2005

Mody et. al (1991 *apud* FENSTERSEIFER, 1995) comentam que devido à característica fundamental da indústria calçadista brasileira, que está baseada na competitividade de preços associada aos baixos custos de mão-de-obra empregada, pode-se estimar que no curto e médio prazo, as inovações tecnológicas gerenciais e as inovações referentes aos sistemas gerenciais computadorizados, provocariam maior benefícios para as empresas, principalmente pela melhoria da qualidade dos produtos, economia de matéria-prima e estoques, diminuição das ineficiências produtivas e dos custos associados. Estas inovações também ocasionariam um aumento da flexibilidade produtiva, acarretando uma diminuição do prazo de entrega e do tempo de resposta ao mercado. As inovações tecnológicas-gerenciais proporcionam uma geração de aprendizagem nas empresas, constituindo-se ponto crítico na concorrência internacional, principalmente para países em desenvolvimento.

A empresa produtora de calçado nacional, mesmo pertencendo a um setor considerado tradicional, busca uma atualização tecnológico-organizacional, mesmo que de uma forma mais lenta ou desorganizada, estando ainda longe de uma automatização pelas condições específicas da economia do setor que ainda conta com uma mão-de-obra extremamente barata (COSTA; PASSOS, 2004). No entanto Fensterseifer (1995), constata em algumas empresas, consideradas “de ponta”, esforços para uma atualização tecnológica e/ou organizacional para enfrentarem a concorrência.

2.5.2.1 Fator esteira

Atualmente várias empresas apresentam esteiras transportadoras em seus processos produtivos. Esta forma de trabalho faz uso de operadores em pontos fixos,

bem como suas tarefas, inviabilizando o balanceamento dos operadores, acarretando em desperdícios de espera.

Porém, vale comentar as vantagens e desvantagens desta, apresentadas por Sule (1998). As vantagens das esteiras são: sua alta capacidade permite movimentar uma grande quantidade de itens; sua velocidade é ajustável; o processamento manual é possível em conjunto com os processos de inspeção; são versáteis e podem ser localizadas no chão ou sob a cabeça; estoques temporários entre as estações de trabalho são possíveis; a transferência da carga é automática e não necessita da ajuda do operador; esteiras linhas de trajeto ou ilhas não são requeridas; A utilização de todo o espaço da esteira é praticável através da utilização de esteiras suspensas.

As desvantagens da esteira são: elas seguem um trajeto fixo, servindo a áreas limitadas; gargalos podem se desenvolver no sistema; uma quebra em um pedaço da esteira provoca a parada de toda a linha; desde que as esteiras estejam em posições fixas, elas impedem a movimentação de equipamentos móveis no chão de fábrica. Ou seja, além de não deixar flexível o processo a esteira ainda vai contra os conceitos da produção enxuta, já que não é projetada para a redução ou eliminação da superprodução, não contempla a redução de estoques, entre outros.

2.5.2.2 Fator Mão de obra

Vários autores citam o uso intensivo em mão-de-obra na produção de calçados. Também, como já citado anteriormente a mão-de-obra é abundante e recebe baixos salários.

A capacitação da mão de obra é principalmente *on the job*. A força de trabalho mais qualificada, com conhecimentos da produção de calçados em geral, como os supervisores de linha, tem como fonte de oferta instituições ligadas ao ensino técnico.

A fabricação do calçado exige certo nível de qualificação da maioria dos operários e, segundo o nível de exigência da produção industrial, “o operário só é verdadeiramente competente após um ou dois anos de experiência.” – (FENSTERSEIFER, 1995).

O nível salarial brasileiro encontra-se em patamares inferiores aos de países como Itália, Inglaterra, França, Alemanha e outros, e superiores aos países asiáticos (COSTA; PASSOS, 2004). Observa-se na tabela 09 a evolução do salário médio na indústria de calçados.

Tabela 09 - Evolução do Salário Médio na Indústria de Calçados

ANO	SALÁRIO MÉDIO (EM R\$)
Dez/2002	366
Dez/2003	447
Dez/2004	467

FONTE: Abicalçados, 2005

2.5.3 A indústria de calçado em Franca

Franca é o maior pólo produtor de calçados masculinos do Brasil.

A produção de Franca, apesar de apresentar altos salários e possuir pouca vantagem competitiva em relação a preço, é procurada pela sua longa tradição como comentado por Costa e Passos (1995).

No Brasil, várias regiões apresentavam-se aptas a receber esta demanda, podendo citar o Nordeste, o Norte, o Centro-Oeste e mesmo alguns municípios naqueles estados mais desenvolvidos, onde os salários também eram reduzidos. Porém a região do Vale dos Sinos e Franca receberam os pedidos dos importadores de calçados devido ao fato da longa tradição de produção, o que não ocorria em outras regiões brasileiras.

2.5.4 Etapas do processo produtivo

O processo produtivo na indústria de calçados é formado basicamente pelas seguintes etapas, como descrito na figura 15, a seguir:

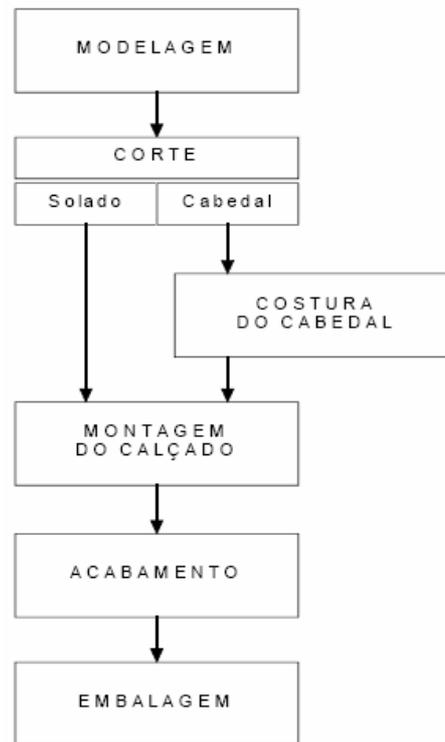


FIGURA 15 - DISTRIBUIÇÃO DOS SETORES NA FABRICAÇÃO DE CALÇADOS.

Fonte: Fensterseifer, 1995.

1. Modelagem

Etapa em que o calçado é definido. Nesta é realizada a definição do design do calçado, combinações de cores, detalhes, modelo de salto. Bem como, o projeto da forma, o material a ser utilizado e o custo. Além disso, são definidos os padrões que serão utilizados na fabricação do calçado, as ferramentas necessárias e preparação de máquinas. Define-se simultaneamente a carga, as máquinas e o número de trabalhadores necessários para realizar o pedido, bem como as necessidades de material, subcontratação, etc (FENSTERSEIFER, 1995).

2. Corte

“Na fase de corte é cortada a matéria-prima que comporá o cabedal e o solado do calçado, conforme definido pela modelagem. O corte de matérias-primas sintéticas pode ser realizado manualmente, ou através de máquinas de controle numérico programadas para o melhor aproveitamento da matéria-prima, como é feito com as chapas de aço na indústria metal-mecânica. O corte do couro pode ser realizado manualmente através de facas e moldes de cartolina reforçados por um filete de metal nas bordas, ou então, através de balancins, que são prensas hidráulicas com navalha de fita de aço afixada ao cabeçote ” (FENSTERSEIFER, 1995).

3. Pesponto

Na costura, como o próprio nome diz, são costuradas as partes cortadas que compõem o cabedal do calçado. O conjunto das máquinas utilizadas não é homogêneo: instrumentos manuais coexistem com instrumentos mecânicos, de marcas, modelos e anos de fabricação diferentes.

O desenvolvimento cada vez maior de máquinas programáveis torna possível a automação de várias tarefas que dificilmente seriam realizadas com a mesma qualidade pelos costureiros. Porém, as máquinas de Costura a Controle Numérico são destinadas principalmente à união de peças. Já foram desenvolvidos dispositivos para a alimentação de material, posicionamento da agulha, controle do número de pontos e controle da velocidade de costura.

O principal problema enfrentado neste setor da empresa de calçados é que a utilização de máquinas computadorizadas depende da produção de poucos modelos em grandes quantidades, pois os moldes são relativamente caros e não há vantagem importante em termos de tempos de preparação da máquina. (FENSTERSEIFER, 1995)

4. Montagem

Nesta etapa ocorre a montagem do calçado, a partir da montagem do cabedal e da sola na fôrma. Esta é a etapa de fabricação que proporciona o maior nível de automação, pois depende apenas da capacidade da empresa de investir e do balanceamento do fluxo de produção de acordo com o gargalo da empresa.

5. Acabamento

Nesta seção de acabamento fixa-se o cabedal (colagem ou costura ou ambas), realizam-se as operações de acabamento necessárias no calçado (frisar, lixar, pintar, secar), retira-se a fôrma do calçado, faz-se a inspeção final e embala-se o calçado (FENSTERSEIFER, 1995).

3 O Método Preliminar

Neste capítulo serão apresentados os conceitos dos métodos, o método para aplicação do sistema de produção enxuta desenvolvido no trabalho e o método preliminar para a formação de células.

3.1 Conceitos

Em seu sentido mais geral o método é a ordem que se deve impor aos diferentes processos necessários para atingir um dado ou um resultado desejado (CERVO; BERVIAN,1996). Este não é um modelo, fórmula ou receita, é apenas um conjunto ordenado de procedimentos que se mostraram eficientes na busca do saber.

Existe, segundo Cervo e Bervian (1996), um método fundamentalmente idêntico para todas as ciências, que compreende certo número de procedimentos ou operações científicas levadas a efeito em qualquer tipo de pesquisa. Estes procedimentos podem ser descritos da seguinte forma:

- Formular questões ou propor problemas e levantar hipóteses;
- Efetuar observações e medidas;
- Registrar tão cuidadosamente quanto possível os dados observados com o intuito de responder às perguntas formuladas ou comprovar a hipótese levantada;
- Elaborar explicações ou rever conclusões, idéias ou opiniões que estejam em desacordo com as observações ou com as respostas resultantes;
- Generalizar, isto é, estender as conclusões obtidas a todos os casos que envolvem condições similares; a generalização é tarefa do processo chamado indução;
- Prever ou predizer, isto é, antecipar que, dadas certas condições, é de se esperar que surjam certas relações.

Este trabalho foi estruturado na busca de um método para a formação de células de manufatura enxuta, porém antes da apresentação deste vale apresentar o método para a implementação do sistema de produção enxuta.

3.2 Método para a implementação do Sistema de Produção Enxuta

Neste tópico é apresentado o método para a implementação do Sistema de Produção Enxuta em empresas de diversos setores.

O método foi desenvolvido baseado nos modelos de gestão da mudança apresentados na revisão bibliográfica, sendo eles a Transmeth (RENTES, 2000), o método para Implementação do Sistema de Produção Enxuta apresentado por Nazareno (2003), o Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 2002) e os itens a serem realizados na transformação da situação atual para a situação futura apresentada por Rentes (2000).

Para tanto o método apresenta características genéricas para o processo de transformação de empresas que apresentam características de alta variedade de produtos, grande variedade de peças e componentes, alta variedade de volume de produção e alta variedade de processos produtivos.

Portanto, este método tem o objetivo de:

- Diagnosticar a existência de desperdícios de produção
- Utilizar o MFV como ferramenta de visualização e análise da situação atual e definição da situação futura
- Criar alinhamento entre todos os níveis hierárquicos da empresa
- Procurar maximizar a probabilidade de sucesso do processo de implementação, auxiliando na condução do processo de mudança
- Estimular a participação de elementos chaves da empresa de todos os níveis organizacionais na identificação dos problemas raízes, remoção de obstáculos e criação de melhorias.

A figura seguinte apresenta uma estrutura visual do método anteriormente citado.

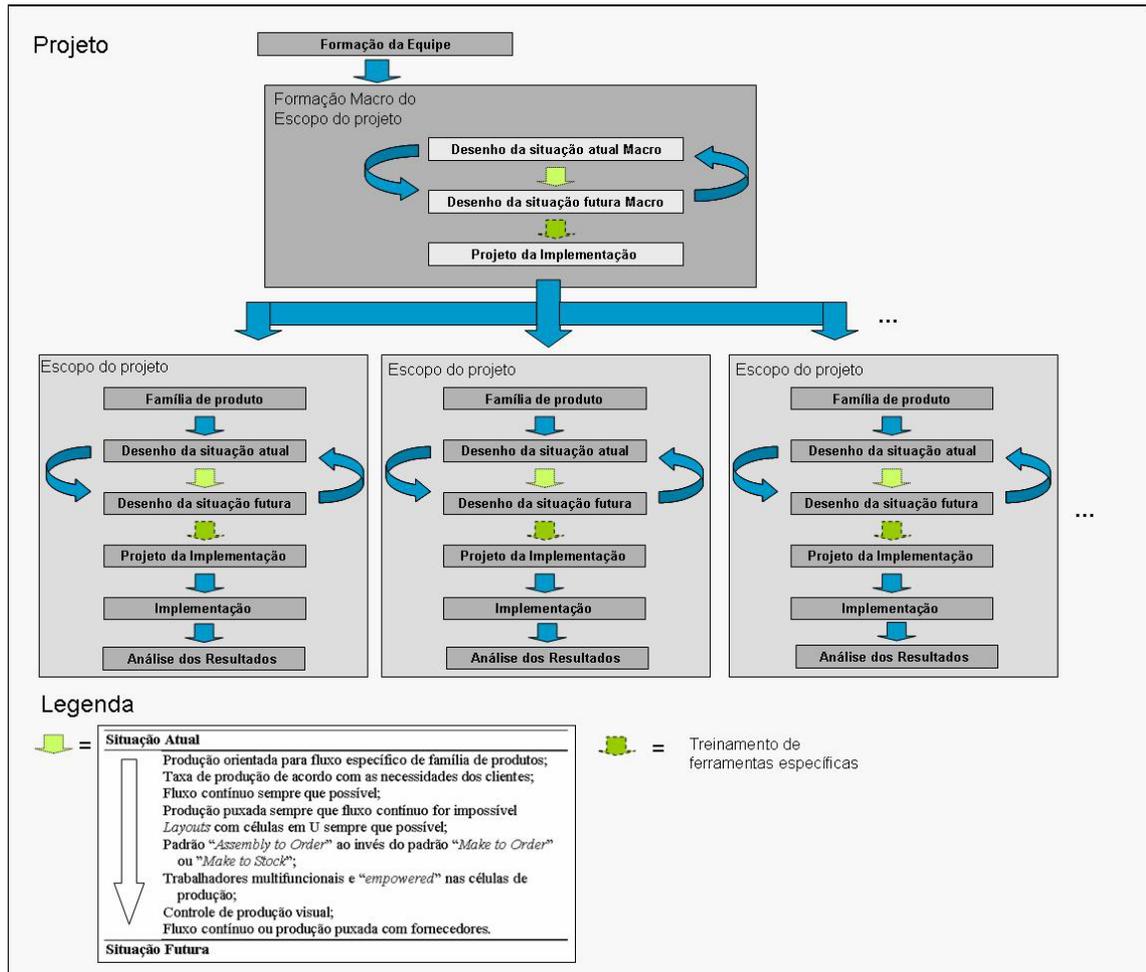


FIGURA 16- DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE MELHORIA

Esta Figura 16 apresenta de forma resumida e geral como pode ser realizada a implementação do sistema nas empresas. Neste trabalho trata-se o processo de transformação como “projeto”. Este será detalhado nos tópicos seguintes, sendo eles: formação da equipe, formação do macro do escopo do projeto e escopo do projeto.

3.2.1 Formação da equipe

Este item de definição da equipe do projeto foi definido com base no processo de formar equipes para o desenvolvimento do processo de transformação enxuta apresentado por Nazareno (2003), bem como apresentado pela Transmeth (RENTES, 2000).

O primeiro passo para o desenvolvimento do projeto é a formação da equipe. Para isso, inicialmente é definido o papel de patrocinador do projeto, este deverá ocupar o cargo de presidente, gerente ou “primeiro homem” encabeçando a organização no

processo de mudança, para isso precisa ser alguém com autoridade para legitimar o processo de mudança.

O seguinte papel a ser definido na equipe é o de coordenador ou líder do projeto. Este é responsável durante o projeto por gerenciar operacionalmente e orquestrar o plano de implementação, sendo ele necessariamente um membro interno da empresa.

Outro papel a ser definido é a figura do orientador ou assessor do projeto, podendo ser um consultor que auxilia na condução do processo com treinamentos e planejamento das atividades.

Além destes integrantes citados acima devem ser alocados a equipe pessoas adequadas, que apresentem as melhores características e desempenho organizacional, e a estas devem ser dadas alta prioridade para o trabalho no projeto, podendo sua carga de trabalho ser redimensionada para que isto aconteça. Além dos requisitos acima, outro requisito importante para a participação das pessoas na equipe do projeto é a influência e o conhecimento no setor que pode ser modificado.

Os integrantes da equipe de mudança devem receber treinamento nos seguintes tópicos:

- Informações tecnológicas: treinamento sobre produção enxuta e ferramentas a serem aplicadas;
- Informações do negócio: mostrando para toda a equipe as disfunções e desperdícios diagnosticados, bem como as respectivas expectativas de mudança;
- Informações da metodologia de condução do processo de mudança: apresentar todos os passos para o processo de transformação.

Vale comentar neste momento que o poder por trás do STP é o comprometimento administrativo de uma empresa com o permanente investimento em seu pessoal e promoção de uma cultura de melhoria contínua (LIKER, 2005).

3.2.2 Formação macro do escopo do projeto

Este passo busca diagnosticar e analisar a situação atual da empresa, apresentando as disfunções direta ou indiretamente relacionadas com o ambiente e o desenvolvimento da situação futura do projeto de melhoria.

Para isso, inicialmente é realizado o mapeamento do fluxo de valor atual que permite às empresas enxergar os seus desperdícios, servindo para direcionar as melhorias de fluxo que efetivamente contribuem para o seu desempenho, ajudando para o estabelecimento da real necessidade, do foco adequado das ferramentas e da integração das mesmas.

Os passos para o desenvolvimento do fluxo de valor enxuto são apresentados no capítulo 2 de revisão bibliográfica, em resumo são eles: produzir de acordo com o seu *takt time*, desenvolver um fluxo contínuo onde possível, usar supermercados, enviar a programação do cliente para o processo puxador, nivelar o *mix* de produção, nivelar o volume de produção e desenvolver a habilidade de fazer “toda parte todo dia” nos processos de fabricação anteriores ao processo puxador.

Para o desenvolvimento, deste mapa do fluxo de valor enxuto, deve-se definir o gerente do fluxo de valor, para coordenar as etapas do mapeamento do fluxo de valor, devido aos limites organizacionais da companhia que serão cruzados, favorecendo o acontecimento de melhorias que podem ser: do fluxo de materiais e informações, e do processo, que focaliza as pessoas e os processos desempenhados por elas.

A etapa seguinte é a formulação do Mapa do Fluxo de Valor Futuro seguindo as informações anteriormente citadas e as sugestões apresentadas por Rentes (2000).

Ambos os mapas devem ser construídos pela equipe do projeto, já que este grupo tem suporte no conhecimento do processo, dados para o mapeamento, além de influência e liberdade para a coleta de mais informações caso necessário.

Após a etapa de mapeamento devem-se reunir os responsáveis pelo projeto de mudança e, com base no planejamento estratégico da empresa, estabelecer metas de curto e longo prazo, dividindo os itens em projetos menores e mais detalhados.

Em seguida é realizada a etapa de planejamento da implementação, a qual consiste na definição das ações do projeto e na definição das etapas que serão realizadas. Este item deve considerar sempre o espaço de tempo disponível para que as atividades ocorram baseadas no planejamento e metas definidos pela diretoria.

3.2.3 Escopo do projeto

Como comentado por Nazareno (2003) os exemplos dos mapas abordados por Rother e Shook (2002) envolvem um conjunto de processos de poucas peças e que estão dispostos na seqüência. No entanto, segundo Nazareno (2003), outras situações podem

ser encontradas, tais como: grande variedade de produtos, grande variedade de peças e componentes, diferentes fluxos de valor compartilhando uma mesma linha de produção e fluxos de valor de uma mesma família ocorrendo em paralelo.

Seguindo a sugestão de Nazareno (2003) os projetos de transformação enxuta para empresas com estas características utilizam o MFV em camadas, ou seja, mapeia-se um conjunto de diversos fluxos de valor inter-relacionados. Sendo assim, após o desenvolvimento macro do escopo do projeto foi aplicada para cada setor apresentado a metodologia de desenvolvimento do MFV, ou seja, divisão de famílias de produtos, mapeamento do fluxo de valor atual e futuro, tendo como base para suas soluções a forma de divisão de famílias, apresentado por Rother e Shook (2002), e as diferenças entre a situação atual e futura, descritas por Rentes (2000).

Além disso, nas áreas definidas no escopo do projeto devem ser realizados treinamentos para os funcionários ligados ao projeto ou funcionários das áreas que serão impactadas pelas mudanças.

Nesta etapa podem ser adicionados integrantes a equipe pré-estabelecida na etapa de planejamento da implementação do macro escopo. Estes integrantes são pessoas que não foram inicialmente escolhidas, pois sua participação não seria necessária, porém nesta fase é essencial para a quebra de barreiras entre as diversas áreas da empresa, tendo mais relevância nas etapas seguintes de implementação. Além disso, é necessário que mais pessoas estejam alinhadas ao novo sistema, principalmente para guiar os impactos do processo de mudança.

O passo seguinte a ser realizado é o planejamento da implementação, o qual apresenta um conjunto de itens a serem realizados e suas respectivas ordens de ocorrência. Neste são definidas as ações que devem ser realizadas, bem como a definição de tempo, de ferramentas, entre outros. O conhecimento da equipe da empresa é fundamental para a estruturação deste, já que a equipe fará o levantamento e enfrentará as barreiras relevantes para o desenvolvimento do projeto.

A implementação nada mais é do que a atividade de execução do passo anterior, porém nesta fase a contribuição da equipe da empresa para a realização das tarefas é fundamental, pois caso uma atividade não dê resultado o projeto pode tornar-se não confiável pelos operários e cair em descrédito dentro da empresa.

A fase de análise dos resultados é o momento de avaliação dos benefícios adquiridos e sua comparação com metas pré-estabelecidas na fase do projeto do MFV futuro, além disso, nesta etapa podem surgir novos projetos de melhoria. Vale a pena

relembrar que o Sistema de Produção Enxuta tem a melhoria contínua um de seus princípios.

3.3 Método preliminar proposto para formação de célula

Este tópico visa apresentar um método preliminar para formação de células no ambiente enxuto em empresas de calçados.

Vale comentar, novamente que este setor é o gargalo produtivo da empresa, agrega uma alta quantidade de mão-de-obra, representando alto custo de produção, possui alta variedade de processos e vários tipos de desperdícios. Portanto, o método aplicado neste setor tem como objetivo: reduzir os desperdícios de processo, flexibilizar a produção, auxiliar na transformação deste setor. Para isso será apresentado, neste momento, um método preliminar para formação de células de manufatura.

O método preliminar é uma reunião de itens necessários, teóricos e lógicos, para a formação de células que foram definidos durante a etapa de revisão bibliográfica e contou com o apoio de toda a equipe da aplicação que será apresentada no capítulo seguinte. A listagem destes itens é apresentada a seguir:

- Definir as famílias de produtos que serão produzidas na célula;
- Calcular o *Takt Time* desta família;
- Coletar os dados do processo necessários para o desenvolvimento do MFV atual e até mesmo futuro, sendo estes:
 - Estimativa da demanda futura dos produtos por família;
 - Número de unidades a serem produzidas por produto, ou levantamento da demanda atual;
 - Rotas alternativas para diferentes produtos da mesma família;
 - Capacidade disponível do processo;
 - Estoque atual de matérias-primas e material em processo;
 - Quantidade de mão-de-obra atual;
 - Qualificação da mão-de-obra;
 - Verificação das políticas de horas extras, levantando os dados atuais;
 - Verificação da quantidade de material a ser transportado dentro e entre as células, forma de transporte e lotes mínimo e máximo;

- Sistema de controle do processo, podendo este ser produção puxada ou empurrada;
- Tempo de ciclo dos processos;
- *Lead time* do produto por família;
- Tempo de *setup* das operações;
- Mapear o fluxo de valor atual;
- Projetar o mapa do fluxo de valor futuro;
- Identificar métricas de desempenho;
- Identificar e analisar das limitações do espaço disponível;
- Identificar as restrições que podem ocorrer no processo produtivo e no processo de transformação:
 - Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto na busca de permitir ao operário melhor qualidade de vida dentro e fora do trabalho;
 - As formas de trabalho e de passagem do material devem ser levantadas;
 - As formas de abastecimento das matérias-primas devem ser observadas;
- Planejar a implementação do estado futuro, com base nos dados coletados e nas metas a serem atingidas;
- Desenvolver o *layout* da célula para cada família de produto, definindo assim, o padrão de divisão dos espaços físicos a serem ocupados pelas bancadas e equipamentos;
- Organizar as atividades produtivas nos espaços definidos no passo anterior;
- Fazer o balanceamento das operações e operadores utilizando planilhas, utilizando o conhecimento do supervisor no processo, baseado no tempo de ciclo das operações, capacidade dos operadores e qualificação;
- Implementar quadros de controle, estes terão a função de nortear a produção quanto aos dados produtivos presentes, realizando assim a gestão visual do processo e facilitando o gerenciamento do mesmo;
- Treinar os funcionários nas ferramentas de fluxo contínuo e visão geral do sistema de produção enxuta;

- Implementar o *layout* proposto;
- Avaliar os resultados adquiridos com a utilização deste método.

Este método preliminar proposto visa apresentar um conjunto de itens que podem auxiliar a flexibilidade e a redução de desperdícios do processo. Ele é sugerido para a formação de célula em empresas de calçado, especificamente para o pesponto manual. Porém, o mesmo apresenta nesta fase um caráter preliminar, já que com a aplicação deste podem-se analisar pontos de melhoria, sendo necessárias adaptações no mesmo. A aplicação deste será apresentada no tópico seguinte e o método proposto, reestruturado após a aplicação, será apresentado no capítulo 5.

4 Aplicação em uma empresa de calçados

O interesse do sistema de produção enxuta é fortemente baseado na evidência de que melhora a competitividade da empresa, tendo como, objetivo melhorar a produtividade, reduzir *lead time*, custos e melhorar qualidade (WOMACK *et al.*,1992).

Segundo Hadjimichael (1990 *apud* FENSTEREIFER, 1995), o sucesso das empresas calçadistas depende basicamente da implementação de mudanças organizacionais que possibilitem a re-organização da produção e o aumento da resposta às variações do mercado.

Buscando atender a estes fatores e com o conhecimento dos conceitos de formação de célula, objetiva-se nesta fase apresentar a aplicação prática do método preliminar para a formação de célula de manufatura flexível utilizado em um setor de pesponto (costura) da indústria calçadista. Será inicialmente apresentada uma visão ampla de implementação do sistema de produção enxuta, a seguir será descrito o processo de mudança no setor de pesponto.

Vale reforçar que este trabalho não tem a pretensão de abordar todas as práticas e ferramentas da produção enxuta e o foco principal será na formação de célula de pesponto.

4.1 Apresentação do caso

Esta aplicação foi realizada em uma empresa de calçados especializada na produção de tênis (calçados esportivos) na cidade de Franca- SP.

Esta empresa foi fundada há 15 anos atrás e há 6 anos produz calçados esportivos, exclusivamente para uma das marcas líderes de produtos esportivos. Possui cerca de 500 funcionários diretos e indiretos, sendo 150 terceirizados. Apresenta uma produção diária de 2500 a 2800 pares, divididos em modelos que variam de 10 a 12 tipos. No entanto a variedade de cores, solados e materiais é muito alta, gerando uma alta variedade de produtos finais.

Os produtos têm ciclo de vida de aproximadamente seis meses. Estes estão inseridos em um mercado de alta vulnerabilidade, por isso as evoluções tecnológicas de material e de produto são freqüentes.

A empresa está segmentada em duas unidades fabris, uma delas é formada pelos setores de corte, preparação, montagem e pré-fresado (montagem da sola), que estão localizados em um mesmo espaço físico na cidade de Franca. A outra unidade é formada pelo setor de pesponto e está localizada em Pedregulho, a 40 km de distância de Franca. Isto ocorre porque a cidade de Pedregulho oferece vários benefícios em impostos e também porque a mão-de-obra oferecida é mais barata. Além disso, a empresa conta com 11 empresas terceirizadas em Franca, especificamente para pesponto. Quando este projeto foi iniciado, a unidade de Pedregulho era responsável pela produção de 1000 a 1200 pares pespontados por dia, enquanto que os fornecedores terceirizados eram responsáveis por cerca de 1500 a 1700 pares.

A política de atendimento da demanda apresentada pela empresa é MTO (*make-to-order*)¹³. Os pedidos são recebidos pelo setor de vendas, examinados juntamente ao setor de planejamento e controle da produção (PCP) e após aprovados são convertidos em ordens de produção e encaminhados para a fabricação, propriamente dita.

4.1.1 Descrição do processo de melhoria mais amplo

Neste tópico será apresentado o processo de melhoria ocorrido na empresa em estudo e suas características produtivas. Para a condução deste processo foi aplicada a metodologia, de implementação do sistema de produção enxuta, proposta no capítulo anterior, apresentada na Figura 17.

4.1.1.1 Definição da equipe de melhoria

O primeiro passo para o desenvolvimento do trabalho foi a formação da equipe do projeto. Sendo assim, inicialmente foi definido o papel do patrocinador do projeto, ocupado pelo diretor industrial da empresa, legitimando o processo de mudança. O papel seguinte definido na equipe foi o de líder do projeto. Este foi ocupado pelo gerente de produção da empresa, sendo o mesmo responsável por gerenciar o plano de implementação. Além destes integrantes citados acima foram alocados a equipe pessoas responsáveis por vários setores da empresa, sendo eles: montagem, pesponto, pré-fresado, almoxarifado, corte, planejamento e controle da produção e compras. Todos os

¹³ Produção sob encomenda

participantes da equipe do projeto têm influência e conhecimento nos respectivos setores.

Para a assessoria do projeto foi contratada uma empresa especializada em implementação de Sistemas de Produção Enxuta. Desta equipe foram alocados três consultores que auxiliaram na condução do processo com treinamentos, planejamento das atividades e orientação do processo de mudança.

Os integrantes da equipe de mudança receberam treinamento nos seguintes tópicos:

- Visão geral de produção enxuta;
- Diagnóstico da situação da empresa e as mudanças identificadas para serem realizadas;
- Informações sobre a metodologia de condução do processo de mudança, apresentando os passos para o processo de mudança.

4.1.1.2 Definição do escopo do projeto

Este passo busca analisar a situação atual da empresa, apresentando as disfunções direta ou indiretamente relacionadas com o ambiente. Para isso foi utilizada a ferramenta de Mapeamento do Fluxo de Valor Atual, como descrito no capítulo anterior. Com esta ferramenta foi feito um mapa da Situação Atual. Através deste mapa foram identificados os principais problemas encontrados no fluxo de produção de calçados.

A Figura 17 apresenta o Mapeamento do Fluxo de Valor Atual da empresa em estudo.

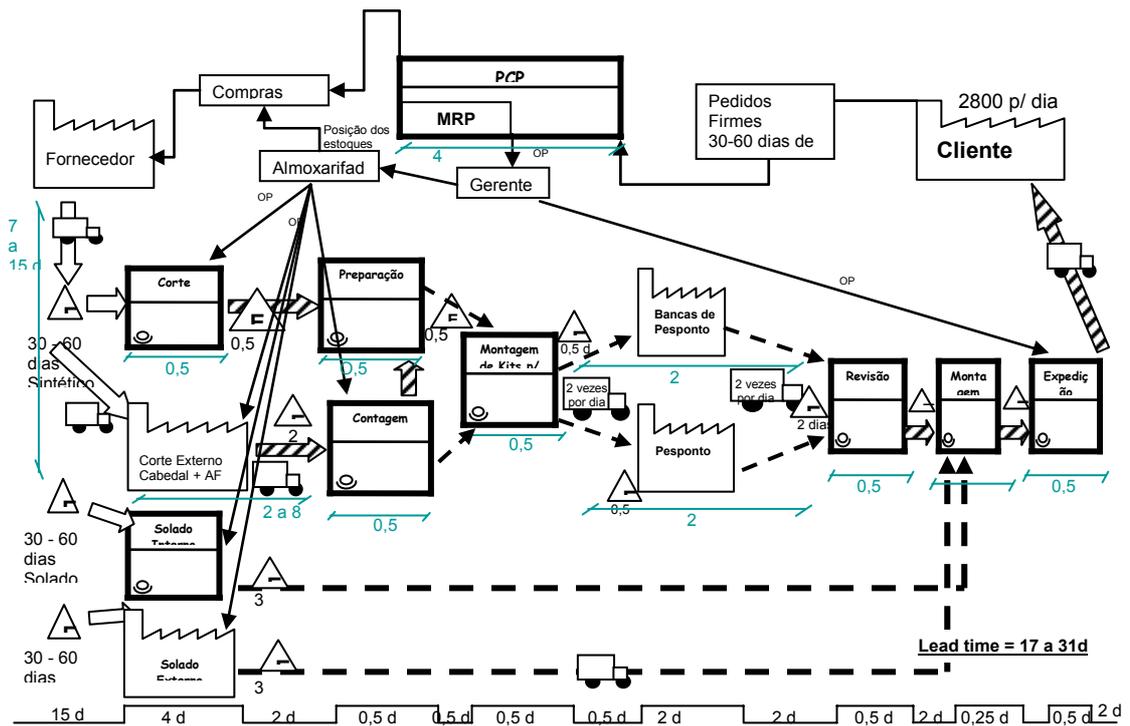


FIGURA 17 - MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR MACRO ATUAL DA EMPRESA

Inicialmente diagnosticou-se que grande parte dos estoques intermediários existentes decorria da forma de programação realizada mensalmente, bem como as compras, provocando o fenômeno de falta e sobra (superprodução), ficando assim os lotes em processamento ou matéria-prima aguardando dias para a sua utilização no processo seguinte (estoques desnecessários e espera). Vale a pena comentar que o envio de itens aos processos consumidores era feito de forma empurrada e não de acordo com a taxa de consumo. O transporte desnecessário, como pode ser observado no mapa, também, representa outro desperdício.

Após este mapeamento foram definidos pontos de melhoria, com o auxílio da gerência do projeto e do grupo do projeto, para responder às necessidades a curto e médio prazo apresentados pela empresa. Destacaram-se com isto as disfunções gerais do processo e buscou-se avaliar e decidir quais destas disfunções estariam sob influência do projeto, deixando claro quais eram os objetivos e resultados possíveis, para que não houvesse a frustração da equipe. Desta análise foi desenvolvido o MFV futuro.

O MFV Futuro, Figura 18, apresenta os respectivos pontos de melhoria definidos pela equipe do projeto bem como, pela numeração, a ordem de importância das disfunções a serem solucionadas.

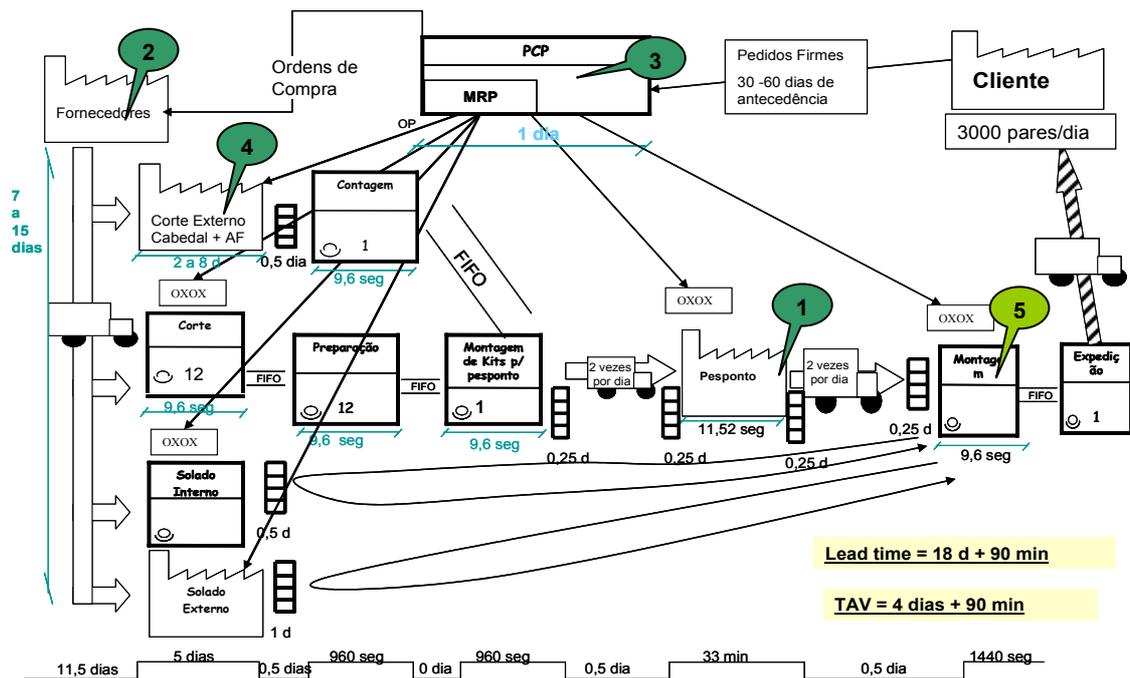


FIGURA 18 - MFV FUTURO DA EMPRESA COM OBJETIVOS DE MELHORIA

As áreas definidas como alvos do processo de melhoria são:

- 1 – Pesponto, este setor apresentava falta de padronização de atividades, baixa produtividade, necessidade de aumentar a produção, baixa flexibilidade e alto estoque de matéria-prima, inventário em processo e produto final;
- 2 – Fornecedores, estes apresentavam alto índice de atrasos de entrega do material;
- 3 – PCP (planejamento e controle da produção), este apresentava atrasos na entrega da programação para a produção e incoerência com os princípios enxutos;
- 4 – Empresa terceirizada que realizava um tipo de *silk screen* nas peças, esta empresa apresentava baixa flexibilidade e atrasos na entrega de produtos;
- 5 - Montagem final do calçado, este setor da empresa apresentava baixa flexibilidade e alto índice de refugos.

Como comentado anteriormente em situações de grande variedade de produtos, grande variedade de peças e componentes, diferentes fluxos de valor compartilhando uma mesma linha de produção e fluxos de valor de uma mesma família ocorrem em paralelo. Sendo assim, após o desenvolvimento do projeto macro foi aplicada para cada setor a metodologia de desenvolvimento de Produção Enxuta. As ações de melhoria foram definidas à partir da construção do mapa da situação futura. Este trabalho

apresenta apenas o desenvolvimento feito na área 1 - Pesponto, que será apresentado nos tópicos a seguir.

4.1.2 Desenvolvimento do projeto

Este caso apresenta a aplicação dos conceitos da Produção Enxuta somente na área de costura, considerada o maior gargalo de produção em toda a cadeia de valor e o principal item de melhoria da empresa. Isto pode ser explicado devido ao intenso uso de mão-de-obra, ao alto custo de produção e a forte percepção entre os agentes de mudança de vários desperdícios no trabalho, principalmente na alocação de mão de obra ao processo produtivo. Além disso, vale ressaltar que houve, também, neste setor a necessidade de redução da terceirização, exigida pelo cliente final devido a este tipo de terceirização potencialmente ocasionar uma série de problemas trabalhistas. Ainda, apresentava desperdícios com movimentação, alto índice de retrabalho devido aos defeitos no produto e falta de incentivo para a melhoria do processo produtivo.

Outros problemas identificados por meio da prática de observação e da análise dos dados de produção são: parada de produção devido à falta de material; alto índice de paradas devido à manutenção; troca de *layout* realizada em no mínimo 1 hora, além desta ser evitada porque causava grandes perdas na produção, de produtividade e de qualidade; dupla revisão do produto final (uma revisão no final do pesponto e outra no início da montagem).

Estes fatores são motivadores de projetos de melhoria, sob o ponto de vista da Produção Enxuta, permitindo, a curto prazo a redução dos desperdícios e a médio prazo a possível integração de todas as atividades produtivas (corte, costura e montagem), localizadas no mesmo espaço físico, sem transporte desnecessário.

Antes deste projeto de melhoria, a produção do pesponto era realizada e movimentada em lotes de 10 pares entre as estações de trabalho. A produção era constituída por células as quais foram desenhadas para acomodar de um a três tipos de calçados, com considerável quantidade de desperdícios. Estas células utilizavam uma quantidade fixa de operários, variando a quantidade de produção diária, de acordo com a complexidade de produtos. Basicamente, poucos tipos de máquinas eram utilizadas em todas as diferentes estações de trabalho.

Ocasionalmente o *setup* de reposicionamento das máquinas era necessário para a mudança para outra família de produtos. Estes *setups* eram iniciados quando a

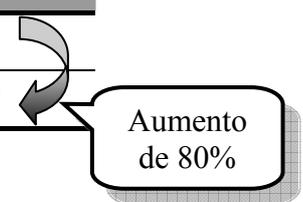
produção de um modelo fosse finalizada e a montagem da célula para outro modelo fosse necessária. Cerca de uma hora era gasto para coletar e distribuir informação sobre o novo posicionamento. Somado a isto, também, está o posicionamento do material necessário para o início da produção.

Para este projeto, baseado na apresentação dos dados e análise do MFV macro foram priorizados os elementos de flexibilidade de processos e de produtividade. Sendo assim, a montagem da célula, possivelmente, poderia ser variável no processo e nas suas atividades de mão-de-obra. Porém, devido às necessidades do processo cliente (montagem), bem como a demanda da fábrica, foi fixado que a saída do processo deveria fornecer 2500 pares/dia.

Detalhando ainda mais, foi definido pela equipe que a intenção deste projeto era aumentar a produção de 1200 pares por dia para 2500 pares por dia com o acréscimo de no máximo 25 funcionários, como apresentado na tabela 10 abaixo. A medida produtividade apresenta os pares de calçados produzidos por pessoa por dia. Sendo assim, a produtividade inicial era de 7,5 pares produzidos por pessoa por dia e a produtividade prevista é de 13,5 pares produzidos por pessoa por dia.

Tabela 10 - Dados Situação Atual e Futura

	Pares/Dia	Quantidade Funcionários	Produtividade
Situação Inicial	1200	160	7,5
Situação Prevista	2500	185	13,5



A curved arrow points from the productivity value of 7,5 in the 'Situação Inicial' row to the productivity value of 13,5 in the 'Situação Prevista' row. A callout box with a pointer to the 13,5 value contains the text 'Aumento de 80%'.

Considerando os objetivos a serem alcançados e as características das atividades produtivas, foram definidos os seguintes itens de melhoria:

- Refinar células existentes e formação de novas células;
- Criar o balanceamento e a padronização das células para todos os modelos produzidos pela empresa;
- Implementar o fluxo contínuo “*one-piece-flow*” na célula;
- Implementar o procedimento de troca rápida das células.

Estes objetivos, bem como, o desenvolvimento e a implementação dos itens são apresentados em detalhes a seguir.

4.1.3 Refinar células existentes e formação de novas células

Inicialmente o time do projeto analisou o processo produtivo para cada produto e tentou agrupá-los em famílias. Para esta definição das famílias de produtos foram utilizados os seguintes critérios, como descrito por Nazareno (2003): similaridades de processos, frequência e volume da demanda e *lead time* do produto.

Logo, foi consenso que a variedade dos produtos é muito alta em termos de operações e seqüências operacionais. Além disso, o tempo de processamento era extremamente diferente, demandando diferentes quantidades de recursos de trabalho em paralelo para conseguir produtividade. Então, o time do projeto decidiu que cada produto deveria ser considerado uma única família, com variações somente de materiais e tamanhos.

Devido a restrições físicas da empresa foi decidido que a produção devia ser montada em um layout de 5 células. Cada uma delas balanceadas para 500 pares/dia. Com isso cada célula deveria produzir um tipo de produto sempre com o mesmo *takt time*, variando a quantidade de recursos de um tipo de produto para o outro.

Como já comentado, considerando a diversidade de produtos com diferentes tempos de processamento e diferentes seqüências de operações, ficou claro que cada produto deveria ser uma única família, envolvendo diferentes números de operadores. Sendo 12 diferentes modelos de produtos para serem produzidos cada mês, o propósito do *layout* deve acomodar na produção até 5 diferentes modelos ao mesmo tempo, considerando a existência de 5 células em paralelo.

Como mostra a Figura 07 o *takt time* operacional é o resultado entre o tempo operacional disponível e a demanda. Para propósito de cálculo, o tempo operacional disponível de produção era 25000 segundos, correspondendo a 6,94 horas de produção. A produção diária média para atender a demanda era de 500 pares por célula. Sendo assim, o cálculo de *takt time* operacional foi o seguinte:

$$\text{Takt time operacional} = \frac{25000}{500} = 50 \text{ segundos}$$

O *takt time* utilizado para o balanceamento e desenho das células foi 50 segundos.

Baseado nas informações anteriores e somado a semelhança de tamanho de cada estação de trabalho, o *layout* físico foi desenhado com um padrão de posicionamento das estações de trabalho. Devido a imposições de seguranças impostas pelo cliente da empresa, o *layout* não pôde ser desenhado em “U”, mas sim com características do tipo fluxo de espinha de peixe (RENTES *et al*, 2006). A Figura 19 mostra um exemplo do *layout* da célula de costura com fluxos de produção em paralelo.

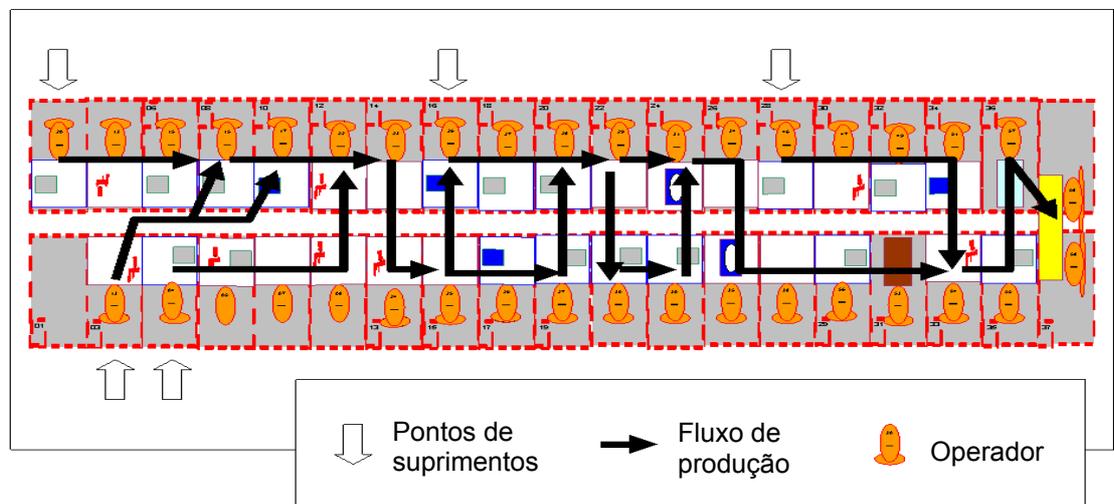


FIGURA 19 - EXEMPLO DO *LAYOUT* DA CÉLULA DE COSTURA.
Fonte: Rentes *et al*, 2006

Neste exemplo a célula de produção é composta por 37 estações de trabalho, mas as diferentes configurações criadas para os 12 modelos variavam de 30 a 38 estações de trabalho. O número 30 refere-se a quantidade mínima de operações de transformação deste setor e o número 38 corresponde a quantidade máxima de operações.

Além das características do *layout* celular espinha de peixe, o posicionamento físico era linear. Este formato facilmente permitiu a alocação das 5 células em paralelo na área previamente reservada para o processo de costura, com 38 posições demarcadas em cada célula (RENTES *et al*, 2006). A Figura 20 apresenta a localização das 5 células de costura no *layout* implementado.

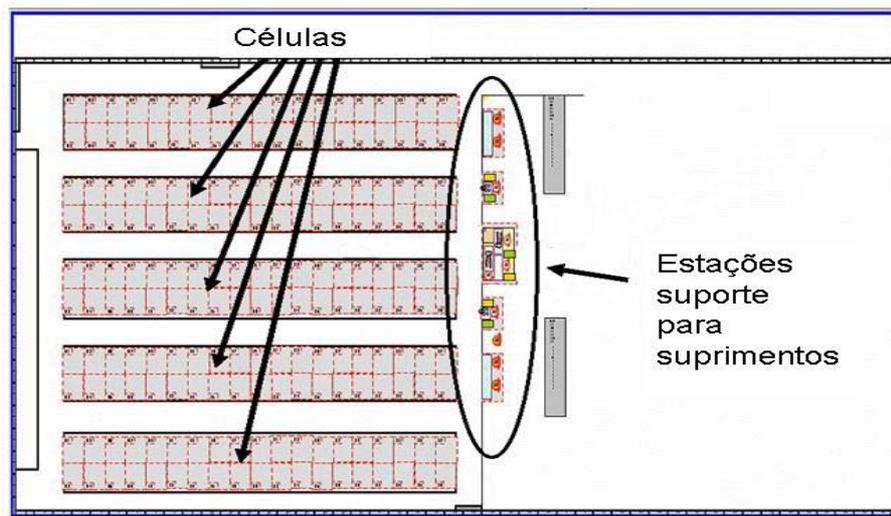


FIGURA 20 - LAYOUT COM 5 CÉLULAS EM PARALELO.

Fonte: Rentes *et al*, 2006

Outro item implementado na célula e considerado muito importante para o bom desempenho da célula foi o procedimento de suprimento da matéria-prima e componentes nas estações de trabalho. Este procedimento permitiu a conferência e o correto posicionamento das matérias-primas e componentes perto de cada estação de trabalho, distribuídos da melhor maneira para serem manuseados, reduzindo o tempo de parada por falha de abastecimento e formação de gargalos em algumas estações de trabalho (RENTES *et al*, 2006). Para isso, foram alocados 6 operadores para recebimento de componentes e abastecimento das células. A Figura 20 ilustra o posicionamento desta área de suprimento no *layout* do setor.

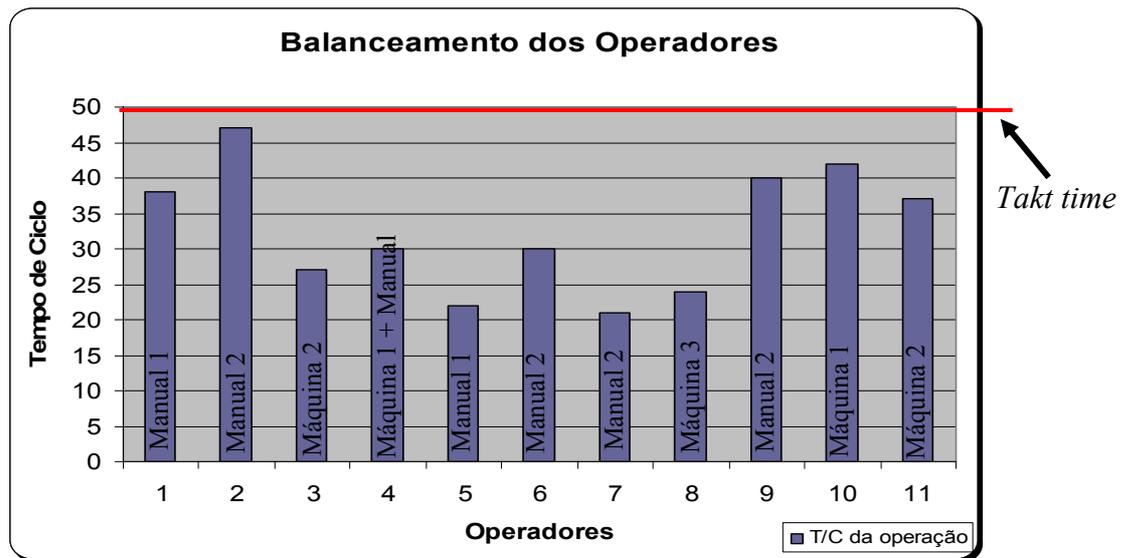
4.1.4 Balanceamento dos operadores

O objetivo do balanceamento da linha é ter certeza que os operadores têm aproximadamente a mesma quantidade de trabalho, sendo assim o balanceamento foi realizado da seguinte forma:

- Coletaram-se todas as atividades de produção necessárias para o modelo;
- Coletaram-se os tempos para cada atividade;
- Alocaram-se atividades para cada operador considerando o *takt time* operacional como limitador. Ou seja, caso uma atividade apresentasse o *lead time* sendo o dobro do *takt time* deveria ser alocado dois funcionários para a atividade específica, não permitindo assim que o tempo de ciclo ultrapassasse o

takt time operacional. Além disso, outras características do processo influenciaram na alocação de atividades, tais como o uso da mesma máquina, uso de mesma linha de costura e capacitação dos operadores.

O gráfico ilustrado a seguir apresenta um exemplo da alocação das atividades para os operadores.



Legenda: T/C = tempo de ciclo

FIGURA 21 - GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DOS OPERADORES.

O tempo de ciclo apresentado no gráfico ilustra as atividades que foram alocadas para os operadores considerando as restrições de máquinas, seqüência produtiva, uso de linha e capacitação dos operadores. Observa-se que o operador 1 realiza a operação manual 1; o operador 2 realiza a operação manual 2; o operador 3 realiza uma determinada operação na máquina modelo 2; o operador 4 realiza a operação na máquina modelo 1 e uma atividade manual; o operador 5 realiza a operação manual 1; o operador 6 realiza a operação manual 2; o operador 7, também, realiza a operação manual 2, mas esta não pode ser alocada ao operador 6 devido à soma dos tempos de ciclo ser maior que o *takt time*; o operador 8 realiza a operação na máquina 3; o operador 9 realiza a operação manual 2; o operador 10 realiza a operação na máquina 1 e o operador 11 realiza a operação na máquina 2.

Cada gráfico de balanceamento, como este apresentado na figura 21, foi gerado por uma planilha de balanceamento. Pode-se observar um exemplo desta planilha de balanceamento das atividades na Tabela 11. Este pode ser descrito da seguinte forma: a

coluna “Seqüência” apresenta a seqüência na qual as operações são realizadas; a coluna “Maq. ou atividade manual” apresenta a descrição da máquina; a coluna “Atividade” apresenta a descrição da atividade; a coluna “T/C da operação” apresenta a descrição do tempo de ciclo de cada atividade descrita; a coluna de “T/C total” apresenta a soma dos tempos de ciclo que foram alocados para uma quantidade de operadores; a coluna “Quantidade de Operadores” apresenta a quantidade de operadores necessários para a execução das atividades propostas e a coluna do “T/C da operação” apresenta o tempo de ciclo final para cada operador. Note que um operador não pode ter seu tempo de ciclo maior que o *takt time*, estipulado em 50s (cálculo apresentado no tópico anterior).

Tabela 11 - Exemplo de planilha de Balanceamento

Seqüência	Maq. ou atividade manual	Atividade	T/C da operação	T/C total	Quant. de Operadores	T/C da operação
1	Manual	Passar cola no ref. da gaspea e na gáspea	38	38	1	38
2	Manual	colar ref. da gaspea	47	47	1	47
3	Maq. 2	Pespointo fantasia (3 primeiras)	27	27	1	27
4	Maq. 1	Pesp. Do colarinho na gáspea	16			
5	Manual	Aparação do ponto Luva (Colarinho e gaspea)	30	46	1	46
6	Manual	Passar cola no forro/Gáspea/Ref. Do colarinho	22	22	1	22
7	Manual	Colar forro na gáspea	30			
8	Manual	Colar ref do pespointo do colarinho/gáspea	20	50	1	50
9	Maq. 3	Zig dos canos/colarinhos	21	21	1	21
10	Manual	Passar cola cami/cano - colar os camis/canos	63			
11	Manual	Passar cola no cano e nas stripes	24	87	2	43,5
12	Manual	Colar stripe nos canos	40	40	1	40
13	Maq. 1	Pespointar as stripes	84	84	2	42
14	Maq. 2	Pespointo da taloneira no cano (A seco)	37	37	1	37

Atividades de produção

Tempos das atividades

Quantidade de operadores e tempo máximo de operação, baseado em restrições.

Foram elaboradas planilhas de balanceamento de vários modelos, baseadas nas seqüências produtivas. A partir daí foram desenvolvidos os *layouts* para a alocação das atividades e posterior implementação. Os *layouts* foram desenvolvidos pela equipe do projeto e contou, principalmente, com a colaboração do supervisor do pespointo. Vale ressaltar que várias melhorias foram realizadas durante a implementação, já que os testes de produção mostraram inconsistência, erros e melhorias na passagem de material e gargalos de produção.

As figuras a seguir apresentam vários *layouts* desenvolvidos no projeto, utilizando esta técnica, um para cada produto, especificado neste tópico como Modelo 1, Modelo 2, Modelo 3, Modelo 4, Modelo 5. São eles:

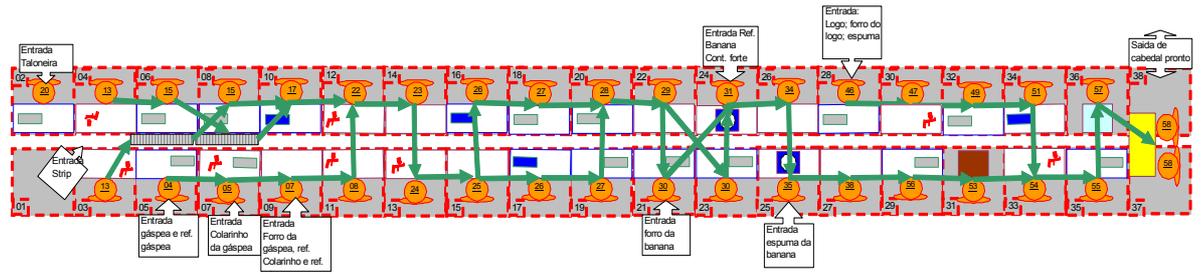


FIGURA 22 - LAYOUT DO MODELO 1

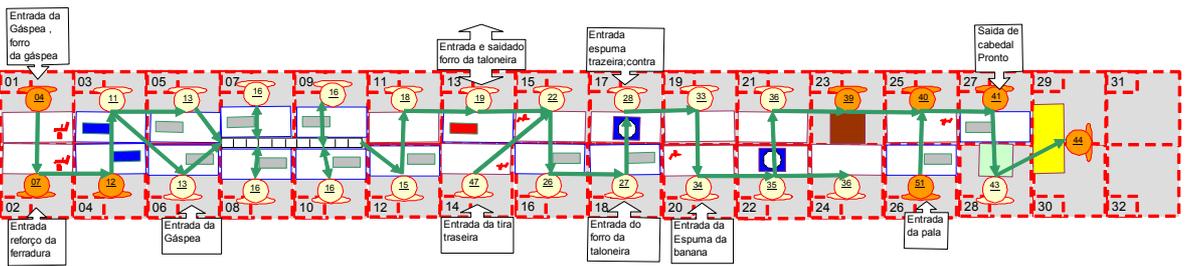


FIGURA 23 - LAYOUT DO MODELO 2

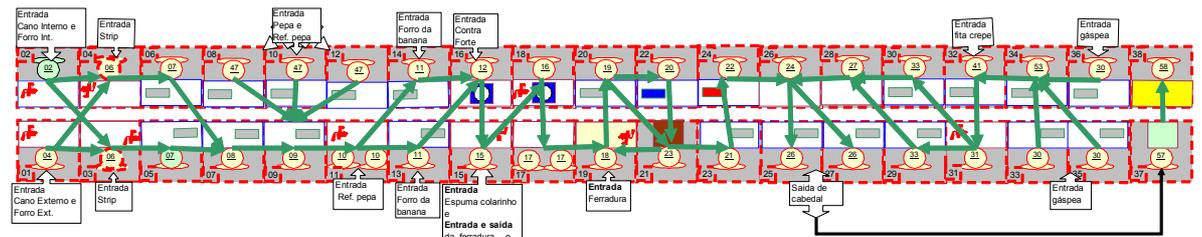


FIGURA 24 - LAYOUT DO MODELO 3

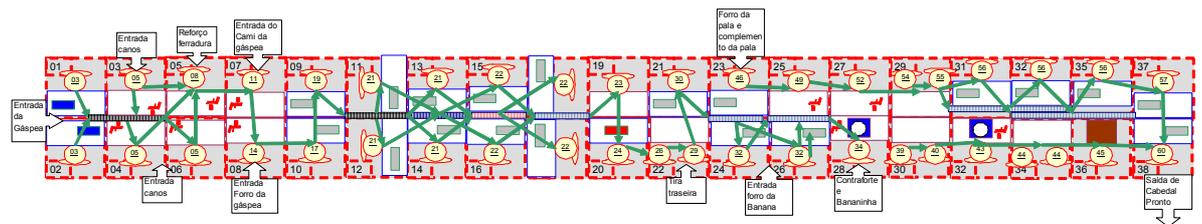


FIGURA 25 - LAYOUT DO MODELO 4

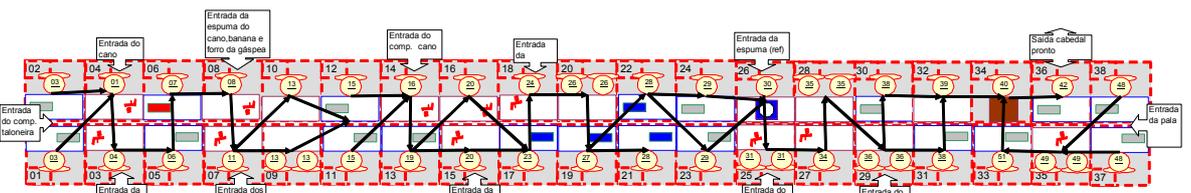


FIGURA 26 - LAYOUT DO MODELO 5

4.1.5 Padronização das atividades

O processo para a padronização do trabalho realizado foi:

- Observação e documentação de cada atividade do processo produtivo;
- Atribuição de cada atividade a um operador;
- Realização da redistribuição do trabalho para os operadores, aproximadamente em quantidades iguais. Observando nesta distribuição que o valor do tempo de ciclo atribuído a cada operador não deveria ser superior ao *Takt Time*, caso isso ocorresse e o time não conseguisse melhorar a operação o operador, no caso das bancadas, ou operador e a máquina, no caso das máquinas deveriam ser duplicados;
- Documentação da atividade ou conjunto delas para cada operador;
- Além disso, repetiu-se este processo para outros *Takt Times*. Estes foram definidos no caso de ocorrência de gargalos produtivos ou quebra de máquinas.

A padronização da passagem de material entre as operações consistiu em definir que entre cada estação de trabalho teria no máximo um par de produto parado, enquanto a operação é desempenhada pelo funcionário. Isso procura garantir o padrão *one-piece-flow*, reduzindo significativamente o volume de inventário em processo.

Além destes itens, pode se apresentar o desenvolvimento de quadros para a gestão visual da célula. Estes tiveram o importante papel de guias para os operadores quanto desempenho das operações e as decisões que deveriam ser tomadas. Sendo eles:

- Quadro de controle diário do setor hora a hora, este apresentava os itens de quantidade prevista, quantidade executada e acumulada, além de apresentar os motivos de parada.

KARLITOS				
Quadro de Controle de Produção Diário do Pesponto				
Célula 1				
Dia ____ / ____				
Hora	Quant. Prevista	Quant. Executada	Quant. Acumulada	Motivo de Atraso
6:30 - 7:00 hs				
7:00 - 8:00 hs				
8:00 - 9:00 hs				
9:00 - 10:00 hs				
10:00 - 11:00 hs				
12:30 - 13:00 hs				
13:00 - 14:00 hs				
14:00 - 15:00 hs				
15:00 - 16:00 hs				
16:00 - 17:00 hs				

KARLITOS				
Quadro de Controle de Produção Diário do Pesponto				
Célula 1				
Dia ____ / ____				
Hora	Quant. Prevista	Quant. Executada	Quant. Acumulada	Motivo de Atraso
6:30-7:00hs	30	30		
7:00-8:00hs	50	20	50	
8:00-9:00hs	50	20	50	
9:00-10:00hs	50	20	50	
10:00-11:00hs	50			
12:30-13:00hs	50			
13:00-14:00hs	50			
14:00-15:00hs	50			
15:00-16:00hs	50			
16:00-17:00hs	50			

FIGURA 27 - QUADRO DE CONTROLE DIÁRIO

Este quadro de controle foi implementado para cada célula, para tanto o supervisor foi treinado para analisar, bem como, proceder em casos de queda de produção. Todos os funcionários foram informados quanto ao seu funcionamento e importância.

- Quadro de controle semanal, este apresentava a quantidade prevista, a quantidade acumulada e a eficiência total do dia, por célula.

KARLITOS																			
Quadro de Controle de Produção do Pesponto																			
Célula 1				Célula 2				Célula 3				Célula 4				Célula 5			
Total da Semana				Total da Semana				Total da Semana				Total da Semana				Total da Semana			
Dia da Semana	Quant. Prevista	Quant. Executada	Eficiência Total	Dia da Semana	Quant. Prevista	Quant. Executada	Eficiência Total	Dia da Semana	Quant. Prevista	Quant. Executada	Eficiência Total	Dia da Semana	Quant. Prevista	Quant. Executada	Eficiência Total	Dia da Semana	Quant. Prevista	Quant. Executada	Eficiência Total
Segunda				Segunda				Segunda				Segunda				Segunda			
Terça				Terça				Terça				Terça				Terça			
Quarta				Quarta				Quarta				Quarta				Quarta			
Quinta				Quinta				Quinta				Quinta				Quinta			
Sexta				Sexta				Sexta				Sexta				Sexta			
Total Real				Total Real				Total Real				Total Real				Total Real			
Total Previsto				Total Previsto				Total Previsto				Total Previsto				Total Previsto			
EF. Total				EF. Total				EF. Total				EF. Total				EF. Total			

FIGURA 28 - QUADRO DE CONTROLE SEMANAL

Este quadro foi implementado no setor de pesponto e apresenta o conjunto de resultados diários de cada célula.

Nesta etapa o fluxo das atividades do processo produtivo foi analisado e criou-se um padrão de como as atividades deveriam ser realizadas.

4.1.6 Criação de fluxo contínuo na célula

A produção inicial no pesponto era realizada em lotes de transferências padrões de 10 pares. A situação implementada contou com o fluxo unitário de peças, já que buscava-se a redução do *lead time* e WIP.

Para contar com o apoio dos operadores foi realizado um treinamento com os mesmos. Durante este o time do projeto apresentou a importância do conceito “*one-single-piece-flow*” no contexto da produção enxuta, mostrando através de simulação os ganhos de flexibilidade de produção e processos de trabalho. Este treinamento foi realizado com todos os operadores.

A implementação do fluxo de uma única peça (*one-single-piece flow*) resultou em cerca de 91% de redução do lead time do processo de costura. O estoque em processo também foi significativamente reduzido em cerca de 76% (RENTES *et al*, 2006). O benefício de redução de estoque em processo foi, também, observado no visual da célula, como pode ser observado na figura 29. Além disso, a redução do estoque trouxe a necessidade da rápida solução de problemas assim que eles surgiam

(identificação de defeitos no produto, necessidade de melhoria da manutenção dos equipamentos).



FIGURA 29 - ESTOQUE EM PROCESSO: ANTES E DEPOIS.
Fonte: Rentes *et al*, 2006

Além destes benefícios quantitativos, a performance da qualidade e o tempo de saída da primeira peça também foram melhorados devido à identificação prematura dos defeitos no fluxo.

Com a aplicação destas ferramentas foram obtidos os seguintes resultados. Estes dados são referentes a um modelo específico médio.

- *WIP* da célula
 - Antes: em média 284 pares
 - Depois: em média 66 pares (redução de 76%)
- *Lead time* de produção
 - Antes: em média 6.6 horas
 - Depois: em média 0.55 horas (redução de 91%)
- Produção da célula
 - Antes: em média 360 pares/célula
 - Depois: em média 460 pares/célula (aumento de 19%)

- Produtividade da célula
 - Antes: 9.00 pares/operador/dia
 - Depois: 12.51 pares/operador/dia (aumento de 36,6%)

A seguir será apresentado o procedimento de troca rápida de *layout* que foi desenvolvido e apresentou significativa melhoria na flexibilidade da célula.

4.1.7 Procedimento para troca rápida de *layout*

O conceito de troca rápida de *layout* foi utilizado para mudanças de *layout*, considerando as necessidades de flexibilidade de produção. Anteriormente, não havia preocupação com o tempo de *setup*, já que o alto *setup* era considerado “fato da vida”. A média de tempo era cerca de 1 hora desde o final do último par do lote anterior até a produção do primeiro par bom do novo lote. Ainda, cada operador sabia a seqüência de operações produtivas, porém não sabia em qual local do *layout* ele deveria alocar sua máquina ou bancada, ficando dependente das operações anteriores. Sendo assim, o operador deveria saber onde posicionar-se somente depois do operador cadeia acima tivesse encontrado sua posição. Isto também resultava em vários reposicionamentos, no caso de um único operador confundisse o local especificado (RENTES *et al*, 2006).

Foi utilizada a técnica de SMED (SHINGO, 2000) para a redução do *setup*. Esta será apresentada a seguir:

4.1.7.1 Primeiro passo – Separação do *setup* externo do *setup* interno.

O primeiro passo a ser realizado é a separação do *setup* externo do *setup* interno. Foi realizada neste passo a técnica de filmagem do *setup*. À partir deste filme coletou-se todos os dados das operações e definiram-se as atividades que faziam parte do *setup* externo e quais faziam parte do *setup* interno. Verificou-se com isso que, anteriormente, o último lote tinha que ser finalizado para o início das instruções de posicionamento para o próximo produto, devido a vários fatores, tais como: as máquinas utilizadas no final da célula seriam necessárias no início da célula a ser formada, não existia um procedimento padrão e na maioria das situações o supervisor tinha que participar ativamente, improvisando os lugares das pessoas, tomando muito tempo do processo de *setup*. Além disso, durante o tempo de *setup* todos os operadores

realizavam a mudança ao mesmo tempo, causando confusão e conseqüentemente perdia-se tempo.

4.1.7.2 Segundo passo – Converter o setup interno em setup externo

Para a realização destas atividades foram criadas marcações no chão e o procedimento para a troca do *layout*. Este inclui, além do procedimento propriamente dito, as ferramentas que fazem parte deste, tais como o mapa do *layout* e os cartões de posicionamento. Realizando assim toda uma estrutura necessária para transformar o *setup* interno em externo, acelerando assim o tempo de troca de *layout*. Todos estes itens serão detalhados a seguir.

O chão foi marcado indicando as posições, que variavam de 1 a 38 para cada célula. Como comentado anteriormente este foi realizado devido à similaridade de tamanho das estações de trabalho e com base na quantidade máxima de operações produtivas. Estas marcações no chão foram possíveis, pois as máquinas e bancadas apresentavam pequena variedade e possuíam padrões de tamanhos bastante parecidos. A Figura 30 mostra as marcações no chão de fábrica.

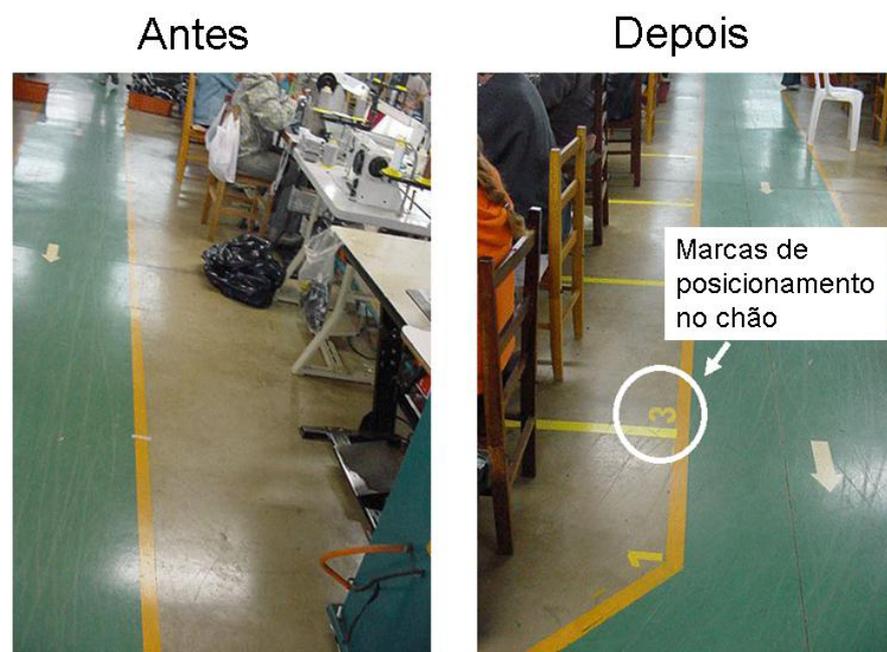


FIGURA 30- MARCAS NO CHÃO PARA O POSICIONAMENTO DAS ESTAÇÕES NA CÉLULA.
Fonte: Rentes *et al*, 2006

Outra melhoria foi a possibilidade de início do *setup* interno durante o lote de produção anterior. Esta atividade seria possível porque os operadores localizados no início da célula, quando terminassem seu lote de produção, podiam começar o posicionamento para o próximo lote de produção enquanto os demais operadores estivessem ainda produzindo o lote anterior. Sendo assim, foi desenvolvido um procedimento de troca rápida de *layout*, como ilustrado na Figura 31.

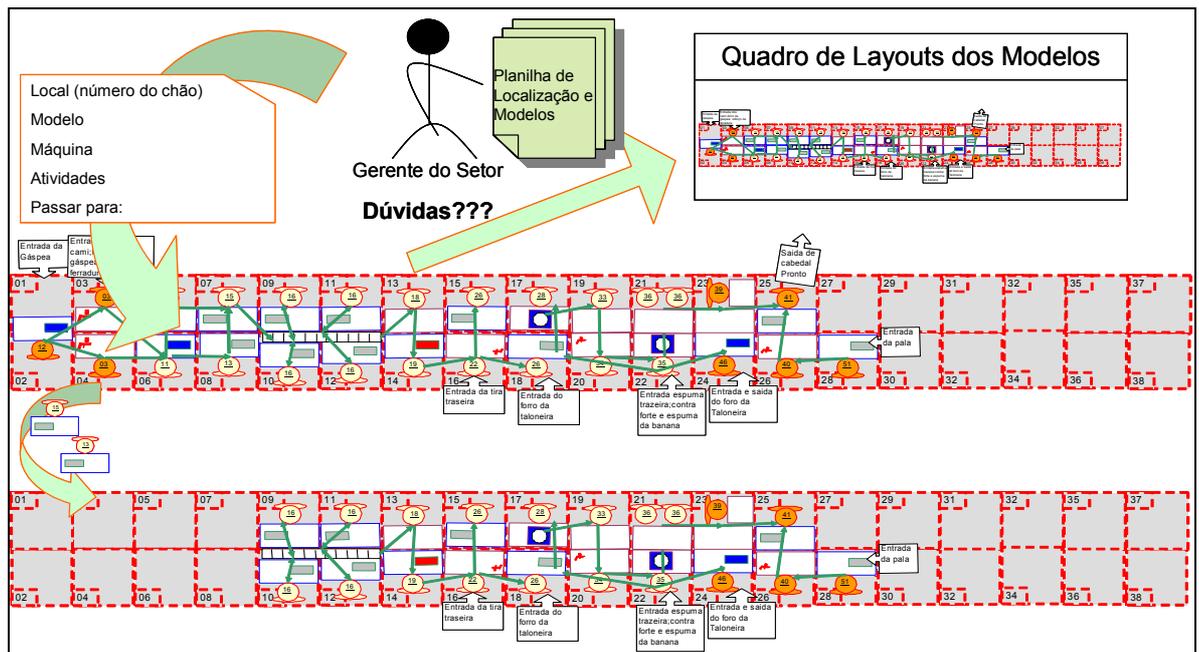


FIGURA 31 - MÉTODO PARA A TROCA RÁPIDA DE *LAYOUT*

O procedimento para a troca rápida de *layout* pode ser descrito da seguinte forma: 30 minutos antes de iniciar a mudança cada funcionário recebe um cartão de localização indicando onde ele deveria estar localizado no próximo *layout*. O gerente ou supervisor de produção faz a distribuição do cartão de localização para cada funcionário, baseado no mapa de posicionamento desenvolvido para cada produto. Assim que o primeiro operador do processo terminar a última peça do lote de processamento ele deve levar sua máquina para o local que será realizada a operação no próximo modelo, indicado no cartão que foi recebido. Este procedimento se repete em todas as operações da célula. Caso o operador tenha dúvida quanto à disposição de sua máquina ele pode consultar o quadro de *layout* que estará disponível para a célula.

Para a viabilidade deste procedimento foram desenvolvidos ou realizados os seguintes itens:

- Criação e impressão dos cartões que apresentem a localização e a atividade a ser realizada;
- Criação e impressão dos quadros de *layout*;
- Treinamento dos funcionários.

Cada um destes itens será detalhado a seguir.

- Criação e impressão dos cartões que apresentem a localização e a atividade a ser realizada.

Os cartões de posicionamento foram desenvolvidos para indicar o posicionamento e a estação de trabalho de cada operação no *layout*, independente do operador anterior ou o próximo já estivesse localizado. Estes eram utilizados em cada mudança e além de indicar o local da estação de trabalho apresenta características do produto e do processo. Cada operador recebia do supervisor um cartão de posicionamento, exemplificado na figura 32, indicando a posição que ele deveria ocupar no próximo *layout*. O supervisor distribuía os cartões baseado no mapa de posicionamento desenvolvido para cada produto que será apresentado no item seguinte.

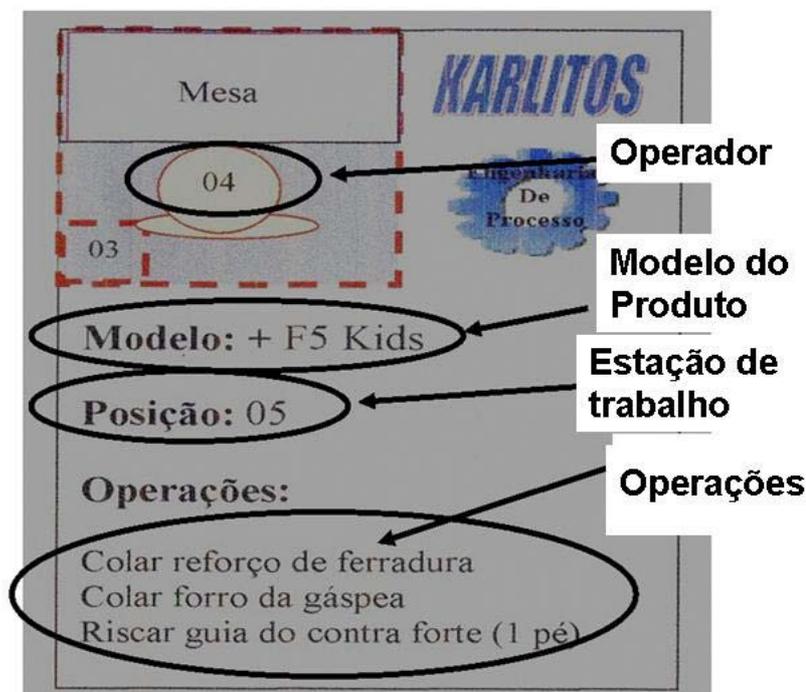


FIGURA 32 - CARTÃO DE POSICIONAMENTO.
Fonte: Rentes *et al*, 2006

- Criação e impressão dos quadros de *layout*,

Este quadro permitia que cada operador visualizasse seu lugar na célula. O objetivo deste quadro ou mapa em conjunto com o cartão de posicionamento é facilitar que cada operador seja alocado na célula independente de suas operações vizinhas estarem alocadas. O mapa de alocação das células foi possível de ser realizado, pois todas as máquinas e bancadas foram padronizadas para o mesmo tamanho, necessitando assim do mesmo espaço físico.

Com isso o mapa ou as configurações do *layout* celular, exemplificado na Figura 33, foram disponibilizados em um painel como informação adicional para o posicionamento dos operadores. No caso de dúvidas sobre o posicionamento de máquinas, o operador e o supervisor poderiam consultar o *layout* disponível.

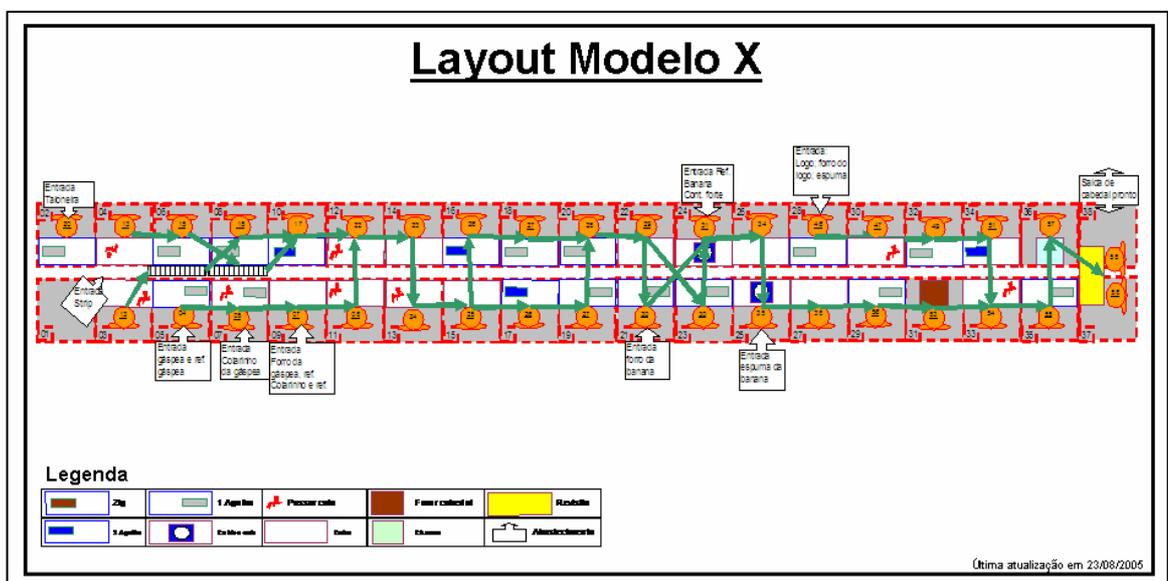


FIGURA 33 - QUADRO DO *LAYOUT* DO MODELO X

- Treinamento dos funcionários

Todos os funcionários foram treinados quanto a ferramenta de fluxo contínuo, procedimento de troca rápida de *layout* e visão básica de redução de desperdícios.

Além da conseqüente eliminação de desperdícios de tempo de posicionamento do *setup*, o procedimento também facilitou a utilização de operadores entre as diferentes células.

Ainda, outro *setup* externo implementado na célula foi o procedimento de suprimento da matéria-prima e componentes nas estações de trabalho. Esta atividade permitiu a conferência e correto posicionamento de matéria-prima e componentes perto de cada estação de trabalho logo após o seu correto posicionamento.

4.1.7.3 Terceiro passo – Racionalização das operações do setup

Anteriormente cada máquina ou bancada utilizada na estação de trabalho precisava de duas pessoas para fazer a mudança durante o processo de posicionamento. Durante a implementação as máquinas e bancadas foram modificadas para um padrão de tamanho e altura para servir em qualquer posicionamento. Rodas para movimentação foram adaptadas às máquinas e bancadas, bem como os dispositivos de travamento de maneira a facilitar a sua movimentação e posicionamento nas estações de trabalho.

Outra melhoria significativa foi a possibilidade de iniciar o *setup* interno durante a execução do lote. Isto se tornou possível porque os operadores conforme finalizavam suas operações no lote podiam iniciar o posicionamento na próxima formatação necessária. Reduzindo significativamente o *setup* interno.

A média do *setup* de posicionamento saiu de 1 hora para 10 minutos em cada célula. Para alguns produtos, quando os operadores estavam com processo ocorrendo um gargalo e pequenos estoques eram formados, a diferença de tempo entre a saída do ultimo lote e a saída do primeiro lote bom era de 50 segundos.

Os resultados, desta aplicação, podem ser observados na Figura 34, a qual apresenta a linha do tempo para a troca atual e troca futura.

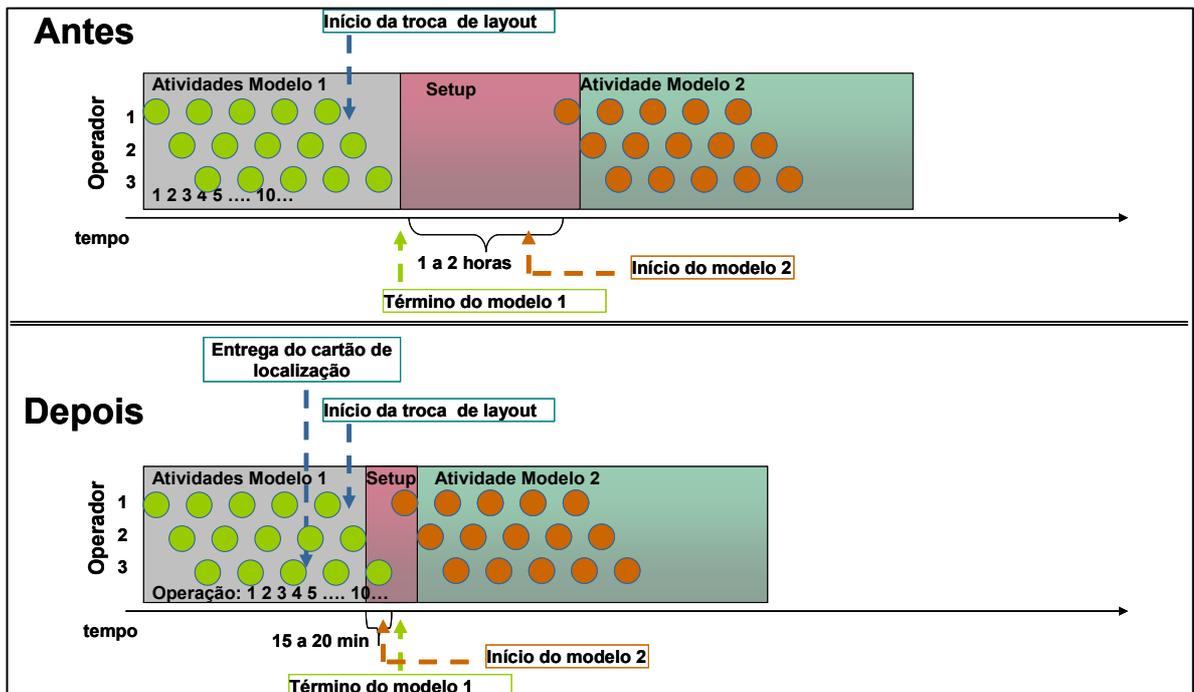


FIGURA 34 - ANTES E DEPOIS DO TEMPO DA TROCA DO LAYOUT

Na situação inicial, praticamente, todas as atividades do modelo 1 eram finalizadas para o início do *setup*. Como pode ser observada, na Figura 35, a troca de *layout* da situação inicial (antes) apresentava a duração de uma a duas horas. A troca de *layout* rápido proposto apresentou uma redução para 15 a 20 minutos, pois como é apresentado na figura as atividades do modelo 1 não precisavam estar finalizadas para a troca do *layout*. Reduzindo significativamente este tempo e aumentando a flexibilidade das células produtivas.

4.1.8 Conclusão

Como dito anteriormente, esta presente aplicação é parte de um projeto de implementação do conceito de produção enxuta em uma empresa, envolvendo todos os processos da cadeia de valor, entretanto, esta aplicação foi considerada muito importante porque foi focada no processo gargalo da empresa.

A impossibilidade de uso dos operadores multifuncionais, devido à união de algumas restrições, tais como, deixar o operador trabalhar em pé no processo de costura e a impossibilidade do formato em U, limitaram as opções de *layout* celular.

Além disso, o procedimento foi desenhado para auxiliar a passagem de produtos para outros processos na célula. Isto permitiu que grandes quantidades de produtos fossem feitos sem defeitos, prevenindo a realização de *setups* extras para retrabalho.

Para o controle da célula de produção, um sistema de gestão visual foi desenvolvido, basicamente utilizando o painel “*Day-by-the-Hour*”, dados hora a hora, controlando a quantidade de produção e a quantidade planejada no período de tempo. Outras poucas medidas de desempenho, propostas por Maskell & Baggaley (2004), tais como, a Eficiência Operacional do Equipamento (*Overall Equipment Efficiency*) e o Tempo de Passagem da Primeira Peça (*First-Time-Through*), serão implementados em um futuro próximo.

Esta implementação de célula resultou em vários benefícios, tais como:

- Redução do estoque em processo na célula, de uma média de 284 pares para uma média de 66 pares, representando a redução de 76%.
- A melhoria do *lead time* de produção em média de 6,6 horas para 0,55 horas, representando uma redução de 91%. Significando uma melhoria de flexibilidade para toda a cadeia de produção.

- Produtividade da célula aumentada de 9 para 12 pares/por pessoa/dia no processo de costura. Resultando principalmente em um aumento da média de produção de 360 pares/cada para 460 pares/cada (horas extras não estão inclusas)
- Média do tempo de *setup* foi melhorada de 1 hora para 10 minutos, representando uma melhoria de 83%.
- Outros benefícios qualitativos também foram alcançados. O novo desenho e a implementação da célula resultaram em um time de trabalho mais alinhado e melhor comunicação entre operadores e supervisão. Foi também obtida uma melhor resposta da manutenção, devido ao controle visual da célula.
- A implementação também permitiu um melhor entendimento das capacidades dos recursos e dos processos gargalos, resultando em mais recursos para a coordenação e um melhor gerenciamento da produção.

A implementação da produção enxuta nesta empresa ainda está em andamento, mas o processo de acompanhamento foi finalizado. Este é um projeto típico que, de acordo com a filosofia *lean*, nunca termina, porque está sempre em busca da perfeição através da melhoria contínua do processo.

O tópico seguinte apresenta uma avaliação do método preliminar, baseado na aplicação prática que foi realizada e citada anteriormente.

5 O Método para Formação de Célula de Pesponto

O desenvolvimento do método foi realizado com base nos conceitos apresentados nos tópicos anteriores deste trabalho e na aplicação do método preliminar desenvolvido. Neste tópico será apresentado o método preliminar, suas alterações e o método estruturado e proposto para a formação de células.

5.1 Objetivo

O método proposto visa auxiliar o processo de formação de célula no ambiente enxuto em empresas de calçado, mais especificamente para o pesponto manual.

Como já apresentado as características deste tipo de indústria são:

- Alta variedade de produtos, dificultando a formação de famílias;
- Alta variedade de processo;
- Produtos com diferentes características de demanda (alto e baixo volume; alta e baixa frequência), e que compartilham uma mesma linha de produção;
- Grandes flutuações de demanda ao longo do tempo;
- Máquinas pequenas e com movimentação individual.

Sendo assim, o método aplicado neste setor tem como objetivo:

- Reduzir os desperdícios de processo;
- Flexibilizar a produção;
- Auxiliar na transformação deste setor;
- Formar células “mutantes”, ou seja, que possam ter seu processo modificado rapidamente para o processamento de outro produto.

5.2 Método preliminar e suas modificações

O método preliminar será apresentado neste item com a intenção de mostrar as modificações necessárias adquiridas por meio da aplicação prática. O método preliminar e o método proposto são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Diferenças entre método preliminar e proposto

Método Preliminar	Método Proposto
Definição de família	Definição de família
Cálculo do Takt Time	Cálculo do Takt Time
	Cálculo do Takt Time Operacional
Coleta de dados do processo	Coleta de dados do processo
Estimativa da demanda futura	Estimativa da demanda futura
Número de unidades a ser produzida por produto	Número de unidades a ser produzida por produto
Rotas alternativas para diferentes produtos	Rotas alternativas para diferentes produtos
Capacidade disponível do processo	Capacidade disponível do processo
Estoque atual de matéria prima e material em processo	Estoque atual de matéria prima e material em processo
Quantidade de Mão-de-obra atual	Quantidade de Mão-de-obra atual
Qualificação da mão-de-obra	Qualificação da mão-de-obra
Verificação das políticas de horas extras	Verificação das políticas de horas extras
Verificação da quantidade de material a ser transportado dentro e entre as células	Verificação da quantidade de material a ser transportado dentro e entre as células
Sistemas de controle	Sistemas de controle
Tempo de ciclo dos processos	Tempo de ciclo dos processos
Lead time do processo	Lead time do processo
Tempo de setup	Tempo de setup
MFV Atual	MFV Atual e Futuro
MFV Futuro	MFV Futuro
Identificação de métricas de desempenho	Identificação de métricas de desempenho
Identificação e análise das limitações do espaço disponível	Identificação e análise das limitações do espaço disponível
Identificação de restrições do processo produtivo	Identificação de restrições do processo produtivo
Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto;	Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto;
As formas de trabalho e de passagem do material	As formas de trabalho e de passagem do material
As formas de abastecimento das matérias-primas	As formas de abastecimento das matérias-primas
	Agrupamento das atividades
	Considerar os acessos disponíveis para a movimentação dos operadores e equipamentos
Plano de implementação do estado futuro	Plano de implementação do estado futuro
Desenvolvimento do layout	Desenvolvimento do layout
Definição do padrão de divisão dos espaços físicos	Definição do padrão de divisão dos espaços físicos
Organização das atividades nos espaços	Organização das atividades nos espaços
Balaceamento das operações e operadores	Balaceamento das operações e operadores
	Realização do estudo dos processos gargalo para possíveis melhorias
	Definição dos pontos de abastecimento de matérias-primas
	Definição do padrão de passagem do material
	Desenvolvimento do mapa do layout para cada modelo
	Desenvolvimento de um procedimento para troca rápida de layout
	Desenvolvimento de cartões de localização
	Quadros de layout para gestão visual
	Racionalização das operações de setup interno
	Colocação dos dispositivos de movimentação nas estações de trabalho
Implementação de quadros de controle	Implementação de quadros de controle
Treinamento dos funcionários	Treinamento dos funcionários
Implementação do Layout proposto	Implementação do Layout proposto
	Implementar o setup rápido de layout
	Acompanhar os setups
Avaliação dos resultados	Avaliação dos resultados

As considerações de cada item adicional ao método preliminar serão apresentadas a seguir.

5.3 Método proposto para formação de célula de pesponto

Este método é uma reunião de itens, práticos e teóricos, de diferentes processos necessários para atingir o resultado desejado de formação de células. A listagem destes itens é apresentada a seguir:

- Definir as famílias de produtos que serão produzidas na célula;
- Calcular o *Takt Time* desta família;

- Cálculo do *Takt Time* Operacional;
- Coletar os dados do processo necessários para o desenvolvimento do MFV atual e até mesmo futuro, sendo estes:
 - Estimativa da demanda futura dos produtos por família;
 - Número de unidades a serem produzidas por produto, ou levantamento da demanda atual;
 - Rotas alternativas para diferentes produtos da mesma família;
 - Capacidade disponível do processo;
 - Estoque atual de matérias-primas e material em processo;
 - Quantidade de mão-de-obra atual;
 - Qualificação da mão-de-obra;
 - Verificação das políticas de horas extras, levantando os dados atuais;
 - Verificação da quantidade de material a ser transportado dentro e entre as células, forma de transporte e lotes mínimo e máximo;
 - Sistema de controle do processo, podendo este ser produção puxada ou empurrada;
 - Tempo de ciclo dos processos;
 - *Lead time* do produto por família;
 - Tempo de *setup* das operações;
- Mapear o fluxo de valor atual;
- Projetar o mapa do fluxo de valor futuro;
- Identificar métricas de desempenho, sendo elas as métricas de produtividade, *lead time*, *WIP*, eficiência diária, eficiência semanal e tempo de *setup* da célula;
- Identificar e analisar das limitações do espaço disponível;
- Identificar as restrições que podem ocorrer no processo produtivo e no processo de transformação:
 - Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto na busca de permitir ao operário melhor qualidade de vida dentro e fora do trabalho;
 - As formas de trabalho e de passagem do material devem ser levantadas;

- As formas de abastecimento das matérias-primas devem ser observadas, tanto quanto à frequência como quanto a disposição dos itens;
- Agrupamento das atividades, já que os operadores não têm as mesmas qualificações para execução das atividades;
- Considerar os acessos disponíveis para a movimentação dos operadores e máquinas ou bancadas, bem como áreas de acesso para de segurança;
- Planejar a implementação do estado futuro, com base nos dados coletados e nas metas a serem atingidas;
- Desenvolver o *layout* da célula para cada família de produto, definindo assim, o padrão de divisão dos espaços físicos a serem ocupados pelas bancadas e equipamentos;
- Organizar as atividades produtivas nos espaços definidos no passo anterior;
- Fazer o balanceamento das operações e operadores utilizando planilhas, utilizando o conhecimento do supervisor no processo, baseado no tempo de ciclo das operações, capacidade dos operadores e qualificação;
- Realizar o estudo dos processos gargalos para possíveis melhorias;
- Definição dos pontos de abastecimento de matéria-prima;
- Definição do padrão de passagem do material e suprimentos entre as estações de trabalho;
- Desenvolvimento do mapa do *layout* de cada modelo;
- Desenvolvimento de um procedimento para troca rápida de *layout*;
 - Desenvolvimento de cartões de localização;
 - Quadros de *layout* para gestão visual;
 - Racionalização das operações de *setup* interno;
- Colocação de dispositivos de movimentação nas estações de trabalho;
- Implementar quadros de controle, estes terão a função de nortear a produção quanto aos dados produtivos presentes, realizando assim a gestão visual do processo e facilitando o gerenciamento do mesmo;
- Treinar os funcionários nas ferramentas de fluxo contínuo e visão geral do sistema de produção enxuta;

- Implementar o *layout* proposto;
- Implementar o *setup* rápido;
- Acompanhar os *setups* para identificação de melhorias;
- Avaliar os resultados adquiridos com a utilização deste método.

Além destes passos destacados, outras ferramentas podem ser aplicadas para a viabilização de um melhor retorno do processo, são elas:

- Aplicação do 5S;
- Gestão visual;
- Autonomia para a execução das atividades, bem como solução dos problemas que surgirem pelos operadores;
- Equipamento em boas condições de manutenção, procedimentos para manutenção corretiva de máquinas devem ser bem claros.

Importante destacar neste momento, como comentado por Productivity Development Team (1999), que o sucesso da manufatura celular depende do trabalho em grupo, já que várias operações são combinadas em seqüência e o principal objetivo das pessoas na célula é manter o fluxo.

Vale comentar que o método proposto estará sujeito à introdução contínua dos conceitos, técnicas e ferramentas, e que alguns casos, de novos passos. Deve-se, portanto, considerar a seqüência proposta como um modelo de referência, um guia de ações, e não como uma regra rígida de condução.

6 Considerações finais

Neste capítulo do trabalho são apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir dos objetivos propostos. Será apresentada a análise das atividades, os resultados e as conclusões gerais. Por fim, serão apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 Análise das atividades e resultados

Este trabalho apresentou e aplicou um método de implantação do sistema de produção enxuta. Este método teve como base a Transmeth (RENTES, 2000), o método para Implementação do Sistema de Produção Enxuta apresentado por Nazareno (2003), o Mapeamento do Fluxo de Valor (ROTHER; SHOOK, 2002) e os passos a serem realizados na transformação da situação atual para a situação futura. Além disso, desenvolveu, aplicou e consolidou um método para formação de células de produção para empresas do setor calçadista, mais específico para o pesponto manual. Este método para formação de células teve como base os conceitos apresentados sobre produção enxuta, *layout* e células de produção.

Para tanto, buscou-se obter dados para a discussão através da pesquisa-ação em uma empresa de calçados, sendo para isto realizada uma implementação de célula nesta empresa de calçado. A partir deste foi realizada uma análise da aplicação e consolidado o método para formação de células de pesponto para empresas calçadistas.

6.1.1 Pesquisa-ação

A aplicação prática deste trabalho, considerado nos conceitos metodológicos como pesquisa ação atingiu seus objetivos práticos e de conhecimento. O objetivo prático foi atingido com a contribuição para o equacionamento do problema, como o levantamento das soluções e proposição de ações durante o projeto estudado. O objetivo de conhecimento foi atingido, já que concretizou-se o conhecimento teórico, coletou-se informações originais do projeto efetuado e realizou-se generalizações quanto ao conhecimento adquirido.

6.1.2 Método para implantação do sistema de produção enxuta

O método para implantação do Sistema de Produção Enxuta apresentado mostrou-se adequado para a utilização em empresas do setor estudado. A seqüência de operações, bem como a apresentação de como proceder mostra à comunidade uma estrutura de fácil aplicação e que combate possíveis falhas que poderiam ocorrer durante o processo.

Ainda, pode-se comentar que este plano de implementação alinhado à realidade da organização pode resultar em ganhos expressivos na organização e, também, realimentar o processo de mudança de forma positiva.

6.1.3 Método para formação de célula

O método para formação de células mostrou-se adequado para o entendimento dos passos e ou etapas que devem ser realizadas para a atividade de criação ou reestruturação do setor produtivo para células de manufatura. Além disso, apresentou à comunidade uma descrição de passos para o entendimento das restrições que podem ocorrer no método para formação de célula e observações que devem ser realizadas durante este processo de melhoria.

Além do mais, o método proposto apresenta-se bastante útil para organizações que possuem as características de alta variedade de produtos e de processos, grandes flutuações de demanda, sendo assim, uma forma de flexibilizar o processo de costura do calçado, outros setores da empresa em questão ou processos similares de diversas organizações.

Por fim, as ferramentas apresentadas mostraram-se de fácil entendimento e aplicação, podendo ser realizado por várias pessoas dentro da organização.

6.2 Conclusões

Verifica-se neste ponto a obtenção das metas do trabalho, já que a aplicação do Sistema de Produção Enxuta foi realizada e com resultados significativos. Neste a ferramenta de fluxo contínuo e células de manufatura tiveram caráter determinante na flexibilização e redução dos desperdícios. Pode-se destacar os seguintes itens como inerentes à aplicação de célula no setor de pesponto em indústria de calçados:

- Restrições de ordem físicas, como espaço disponível;

- Restrições de segurança dos operadores, tais como áreas de saída e equipamentos e áreas de risco;
- Restrições quanto às condições ergonômicas dos operários;
- Restrições sindicais, pois na região de Franca o operário não pode trabalhar em pé nas operações de pesponto;
- Mão-de-obra intensiva, deve-se ficar atento quanto ao treinamento dos operários já que as falhas humanas pode inviabilizar o bom desempenho do processo;
- O acompanhamento da implementação das melhorias é fundamental.

Pode-se observar o atendimento destes objetivos no caso apresentado por meio dos resultados, qualitativos e quantitativos, apresentados a seguir.

- Redução do *lead time* produtivo de 6,6 horas para 0,55 horas, representando 91%;
- Aumento da produtividade em 33%;
- Redução do estoque em processo em 76%;
- Redução dos defeitos da produção;
- Time de trabalho mais alinhado;
- Sincronização dos operadores;
- Melhor fluxo de produção;
- Redução da movimentação do produto;
- Proximidade do ferramental (ganhos na preparação);
- Melhor aproveitamento da mão-de-obra (movimentação e processamento adequado);
- Melhoria na resposta da manutenção;
- Facilidade para a identificação de gargalos produtivos nos fluxos;
- Maior capacidade de coordenar e gerenciar a produção (identificação de ocupação de máquinas, tomada de decisão quanto aos operários e processo por meio da gestão visual);
- Melhor controle de produção por hora;
- Maiores identificações de como os fornecedores poderiam colaborar com a produção;

Vale comentar que todo este trabalho teve a intenção de mostrar de uma maneira fácil e acessível à toda a comunidade, um método de aplicação do Sistema de

Produção Enxuta é um método de formação de células de produção. Este pode ser considerado a seqüência proposta como um modelo de referência, um guia de ações, e não como uma regra rígida de condução. Buscando assim, servir como exemplo para organizações que precisam de maior flexibilidade produtiva.

6.3 Sugestões para trabalhos futuros

Com vista à continuidade do trabalho, pode se verificar a possibilidade de estudar um maior número de empresas e aplicar o método. Pretende-se realizar análises comparativas entre os casos e reestruturar o método nos pontos não estudados na aplicação, ou que são explorados de uma forma simplista na aplicação apresentada.

Há, também, a possibilidade de desenvolvimento de planos de ações para melhoria dos demais setores da empresa calçadista, buscando a melhoria em todo o processo produtivo.

Finalmente, outro item que pode ser realizado é a comparação dos resultados com estudos disponíveis na literatura, como artigos e livros, bem como realizar uma comparação dos resultados com empresas do setor calçadista de outros países.

REFERÊNCIAS*

ABICALÇADOS. **Resenha Estatística 2005**. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br>>. Acesso em 19 de jul. 2005.

ARAUJO, C. A. C. **Layout Celular**. Curso ministrado, Franca, 2005.

BARBOSA, F. A., **Um estudo da Implantação da Filosofia Just In Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRPII**, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

BASTOS, C. E. S.; BALDO, M. das G. de A.; SOUZA, M. L. de. **Mudanças na sociedade, mudanças na educação: o fazer e o compreender**. Disponível em: <<http://www.nec.prudente.unesp.br/inclusão/dados/MudaSoc.doc>>. Acesso em: 20 mar. 2003.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Tradução Gustavo Kannenbreg. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BRYMAN, A. **Research Methods and Organization Studies**. New York: Routledge, 1989.

CARDOSO, A. et al. **Apostila de conceitos e aplicações**. Curso Introdução à Mentalidade Enxuta/ Lean Thinking. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2001. 95p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CORNNER, G. **Lean Manufacturing for the Small Shop**. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2001. 258p.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2004.

* De acordo com:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR6023:informações e documentação; referências; elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Administração Estratégica de Serviços**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

COSTA, A. B.; PASSOS, M. C. **A indústria calçadista no Rio Grande do Sul**. São Leopoldo: Unisinos, 2004.

CUNHA, C. A. C.; SEVERIANO FILHO, C.; WANDERLEY, J. M. C. Produtividade de manufatura celular puxada versus linear empurrada: estudo de caso em uma fábrica de calçados esportivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Porto Alegre: ABEPRO, 2002.

CUSUMANO, M. A. The limits of lean. **MIT Sloan Management Review**, Summer, v. 35, n. 4, p.27-32, 1994.

DIEDRICH, H. **Utilização de Conceitos do Sistema Toyota de Produção na Melhoria de um Processo de Fabricação de Calçados**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

DIEHL, A. L. **Mudança de layout para Melhoria de Produtividade no Setor de Costura em uma Indústria Calçadista**. 2005. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FELD, W. M. **Lean Manufacturing: Tools, techniques and how to use them**. New York: Simon & Schuster, 2000.

FENSTERSEIFER, J. E. **O Complexo Calçadista em perspectiva: tecnologia e competitividade**. Estudo sobre a competitividade da indústria calçadista sob a ótica da tecnologia. Rio Grande do Sul: Ortiz, 1995.

FERRO, J. R. **A essência da ferramenta mapeamento do fluxo de valor**. Disponível em: <<http://www.lean.org.br/pg1.htm>>. Acesso em 10 de mar. 2003.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. Tradução José Carlos Barbosa dos Santos. 8 ed. São Paulo: Pioneira Thomson, 2001.

GODINHO FILHO, M. **Contribuição para o estudo da competitividade das empresas por meio da integração dos processos de Controle da Produção (CP) e Controle da Qualidade (CQ) no âmbito da Produção Enxuta**. 2001. 221p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

HINER P.; TAYLOR D. **Going lean**. Cardiff, United Kingdom: Text Matters, 2000.

HISTÓRIA DO CALÇADO. Disponível em < <http://www.sapatosite.com.br/>>. Acesso em . Acesso em: 20 out. 2005.

HU, J. S.; KOREN, Y. **Reconsider Machine Layout to Optimize Production. Engineering Research Center for Reconfigurable Manufacturing Systems, Manufacturing Engineering**. v. 134. n. 2, fev. 2005 Disponível em: <<http://www.sme.org/manufacturingengineering>>. Acesso em: 10 fev. 2005.

KOTER, J. P. **Leading Change**. Boston: Harvard Business School, 1996. 186p.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 1991.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Conceitos e aplicações: por que o Lean no Brasil?** Disponível em <<http://www.lean.org.br/pg1.htm>>. Acesso em 19 de out. 2003.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LOBO, C.; MARCHIORI, N. **Kaizen**. Curso de Kaizen Lean na Eaton, Tática Consultoria em Manufatura, Guarulhos, 2003.

LUIS, S.; ROZENFELD, H. **Lean production**. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/lean.html>. Acesso em: 15 jul. 2003

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean**. Tradução de Adriana C. C. Maciel, São Paulo: The Lean Enterprise Institute, 2003.

MARDEGAN, R. **SMED**. Curso ministrado, Ribeirão Preto, 2006.

MASKELL, B.; BAGGALEY, B. **Practical Lean Accounting**. New York: Productivity Press, 2004.

MEYERS, F. E. **Plant layout and material handling**. New Jersey: Prentice-Hall, 1993.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP; supervisão**(da editora brasileira por) Itiro lida; Tradução Elisabeth Moura Vieira, Jorge Aiub Hajar e Miguel de Simoni. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

NAVE, D. H. **How to compare six sigma, lean and the theory of constraints.** Quality Progress, p. 73-78. 2002.

NAZARENO *et al.* **Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integrada à dimensão de análise de custos.** Disponível em: <<http://www.numa.org.br/gmo/itens/ferramprodenxuta.htm>>. Acesso em: 19 nov. 2005.

NAZARENO, R. R. **Proposta de um método para a concepção, desenvolvimento, implementação e monitoramento de um sistema de produção enxuta.** 2003. 167 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

NEUMAN, M; MARQUINA, F. A good fit in Argentina, Industrial Engineer; ABI/Inform Global, n.36, p. 40, jan. 2004.

OLIVEIRA, R. M. **A Cooperação da Universidade Federal de São Carlos com a Sociedade.** 2002. 158 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

PRODUCTIVITY DEVELOPMENT TEAM. **Cellular Manufacturing: one piece flow for work teams.** Portland: Productivity, 1999. 69p.

PROFETA, R. A. **JIT: um estudo de caso dos fatores críticos de implementação.** 2003. 221 f. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

RENTES, A. F. et al. One-Piece-Flow shoe manufacturing cells with quick layout setup: na example of implementation at a Brazilian manufacturer. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUP TECHNOLOGY & CELLULAR MANUFACTURING, 3., Groningen, **Anais...** Netherlands: University of Groningen, 2006.

RENTES, A. F. **Transmeth: Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas.** 2000. 229 f. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

RIBEIRO, J. F. F; MEGUELATI, S. Organização de um sistema de produção em células de fabricação. **Gestão & Produção**, v. 9, n 1, p. 62-77, abr. 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. Tradução José Roberto Ferro e Telma Rodrigues. São Paulo: The Lean Enterprise Institute, 2002.

ROTHER, M; HARRIS. **Fluxo Contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1992.

SANCHÉZ, A. M.; PÉREZ, M. P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 27, n. 11, p. 1433-1451, 2001.

SANTA EULÁLIA, L. A. de. **Uma contribuição para a formalização do processo de gestão da demanda no âmbito do planejamento e controle da produção de empresas MTS (make-to-stock)**. 2001. 217p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001.

SANTOS, C. A. dos; CLETO, M. G. Produção enxuta: um estudo de caso de aplicação numa multinacional instalada no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., Curitiba. **Anais...** Porto Alegre: ABEPRO, 2002.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 19.ed. São Paulo: Cortez Editora, 1993.

SHINGO, S. O. **Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução Eduardo Schaan. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**: uma revolução nos sistemas produtivos. Bookman, 2000. 327 p.

SILVA et al. Melhorando o layout físico através da aplicação do conceito de célula de produção e redução de movimentação: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10, Bauru. **Anais...** São Paulo: UNESP, 2003.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 2000. 118p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS DE FRANCA, **Informações gerais sobre o setor calçadista**. Dep. Estatística 23/01/2006. email: sindifranca@sindifranca.org.br

SINGH, N. Design of cellular manufacturing systems: An invited review. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, n. 69, p. 284-291, 1993.

SINGH, N.; RAJAMANI, D. **Celular Manufacturing Systems**. Grã-Bretanha: Chapman & Hall, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SULE, D. R. **Manufacturing facilities: location, planning and design**. Boston: PWS-Kent Publishing Company, 1988.

THIOLLENT, M. **A metodologia da pesquisa-ação**. 10 ed. São Paulo: Cortez, 2000.

TREIN, F. A. **Análise e Melhoria de layout de processo na indústria de beneficiamento de Couro**. 2001. 133 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

WESTBROOK, R. Action Research: a new paradigm for research in production and operations management. **Internacional Journal of Operation and Production Management**. Londres, Vol. 15, n. 2. MCB University, 1995.

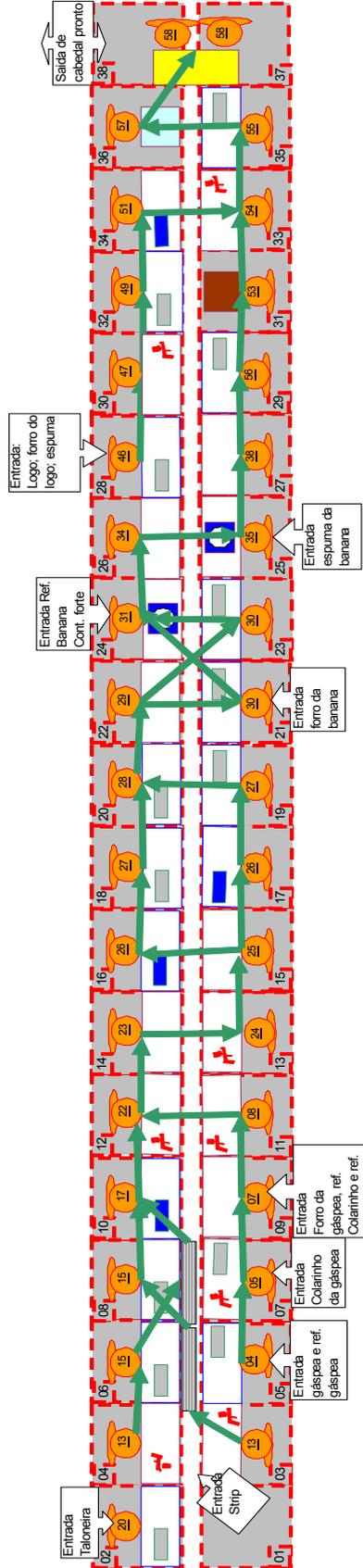
WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riquezas**. Tradução Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Tradução de Ivo Korytovski. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

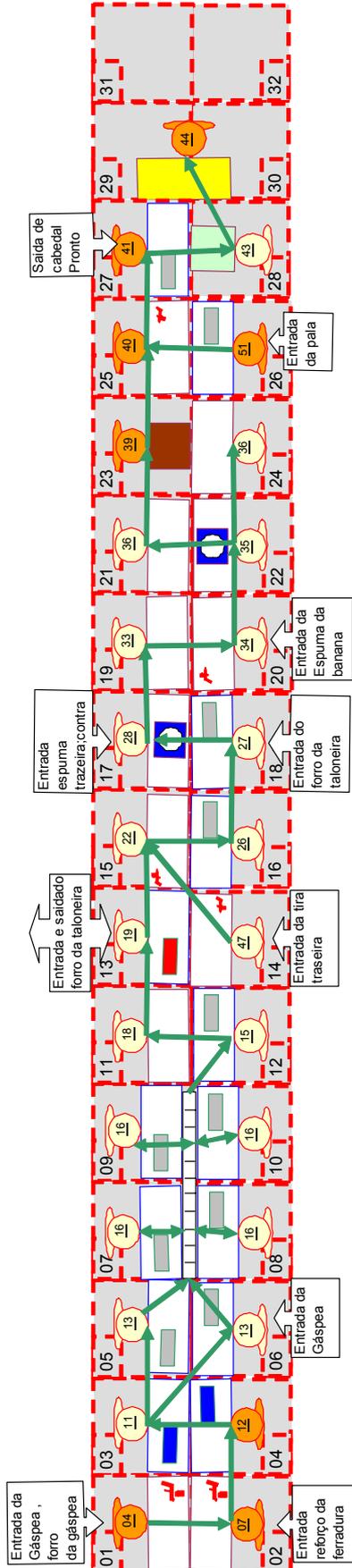
YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos**. 2a. ed. Porto Alegre: Bookman, 1994.

ANEXOS

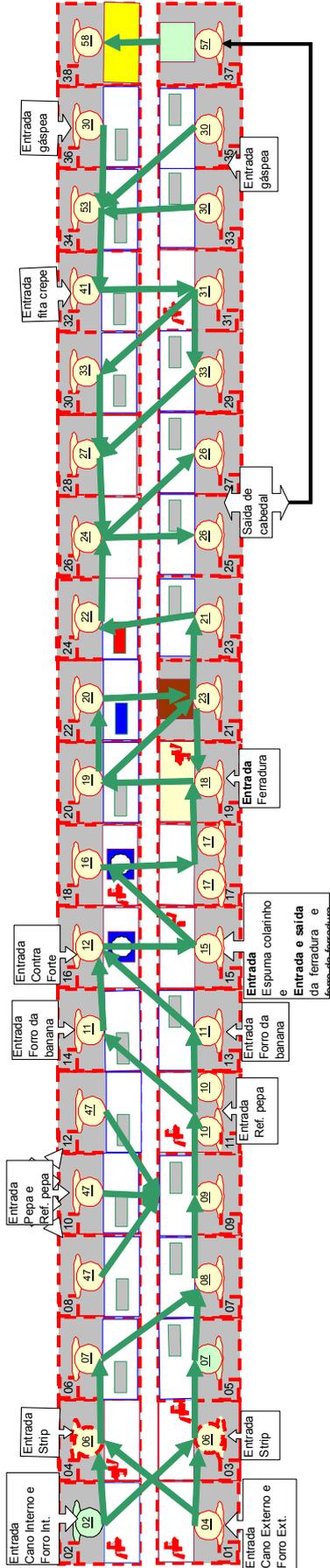
1. Figura 22 - Layout do Modelo 1



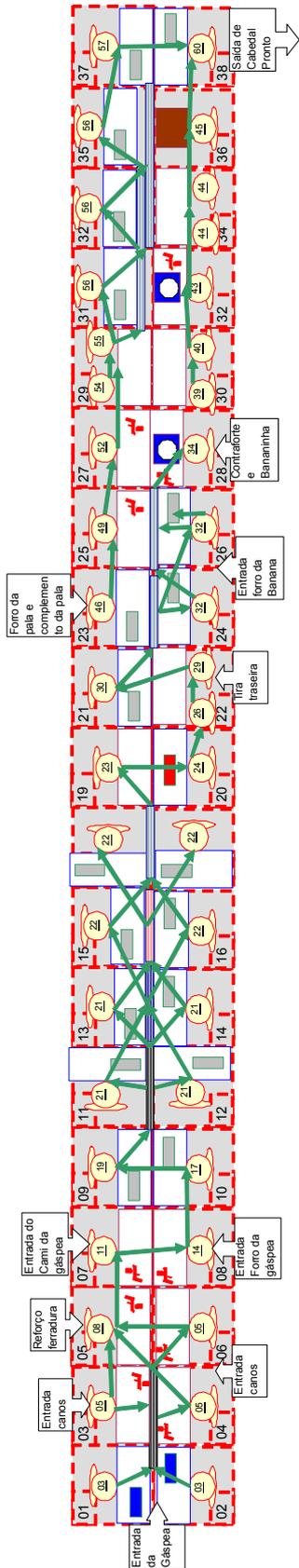
2. Figura 23 - Layout do Modelo 2



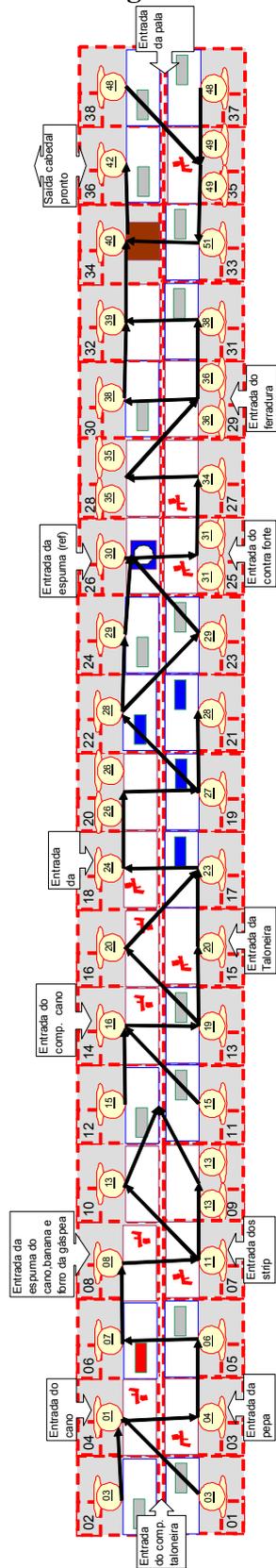
3. Figura 24 - Layout do Modelo 3



4. Figura 25 - Layout do Modelo 4



5. Figura 26 - Layout do Modelo 5



APÊNDICE

1. Vantagens e limitações dos tipos de *layouts*

A seguir são descritos as características de cada tipo de *layout*. As vantagens estão descritas na Tabela 01 e as limitações estão descritas no Tabela 02, a seguir.

Vantagens dos Tipos de <i>layouts</i>	
<i>Layout</i> Funcional ou por Processo	<i>Layout</i> Posicional
<ul style="list-style-type: none"> • A não necessidade de duplicação de máquinas, baixa ociosidade das mesmas e do investimento fixo; • Equipamentos versáteis para várias atividades podem ser usados; • Flexibilidade de processo e mix (estática) na alocação de pessoal e equipamento: o impacto em uma mudança do mix de produção por uma estratégia de marketing, por exemplo, é menor; • Flexibilidade de produto (dinâmica) quando da alteração de fluxos de produção; • Supervisão mais especializada; fator importante quando o trabalho requer um conhecimento técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma pequena movimentação de materiais; • O enriquecimento de tarefas; • O trabalho em times; • Uma alta flexibilidade de processo e produto; • Centros de trabalho quase autônomos: rapidez;
<i>Layout</i> por Produto ou Linha	<i>Layout</i> Celular
<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo lógico, simples e suave em pequenos espaços; • Baixos estoques intermediários; • Pouca movimentação e manejo de partes resultando em diminuição de tempos produtivos; • Tarefas simples que requeiram pouco treinamento da mão de obra; • Um simples planejamento e controle da mão de obra; • Um curto tempo de produção unitário; • A utilização de equipamentos específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma grande utilização de equipamentos/ baixa ociosidade; • A criação de grupos multifuncionais e visão de produto; • Um maior controle do sistema e confiabilidade de entregas; • Um melhor fluxo e uso do espaço do que o <i>layout</i> funcional; • Uma boa combinação de flexibilidade e integração; • Uma melhoria de lotes, estoques, set-ups e tempos;

Tabela 01: Vantagens dos tipos de *layout*

Fonte: baseado em Thompkins et al. (1996) e Silveir (1998 apud Trein, 2001)

Limitações dos Tipos de <i>layouts</i>	
<i>Layout</i> Funcional ou por Processo	<i>Layout</i> Posicional
<ul style="list-style-type: none"> • Os altos custos indiretos; movimentação, supervisão; • O difícil planejamento e controle de produção; • Tempos de produção normalmente longos: principalmente entre o final de uma operação e o início da operação seguinte; • Altos estoques intermediários; • A baixa integração entre atividades; • A diversidade nas rotinas e fluxos variáveis necessitam de dispositivos variáveis, tais como ora correta, ora esteira 	<ul style="list-style-type: none"> • A grande movimentação de pessoas e equipamentos; • A grande necessidade de supervisão; • O posicionamento de equipamento e pessoas que pode ser inseguro, não ergonômico ou pouco prático; • A baixa utilização do equipamento; • A grande qualificação de mão de obra; • A possibilidade de duplicidade de equipamentos
<i>Layout</i> por Produto ou Linha	<i>Layout</i> Celular
<ul style="list-style-type: none"> • A parada de uma das estações ocasiona a parada de toda a linha; • Que as mudanças em projeto do produto podem exigir mudanças em layout (baixa flexibilidade); • Que gargalos têm grande efeito no sistema; • Que as linhas múltiplas requerem duplicação de máquinas; • A baixa utilização dos recursos para produtos ou serviços de baixo volume; • A necessidade de uma supervisão geral. 	<ul style="list-style-type: none"> • O alto custo com o treinamento da mão de obra; • Que o balanceamento do fluxo de materiais na célula deve ser razoável para não gerar ociosidades; • A necessidade de máquinas pequenas e móveis; • A possibilidade de duplicação de máquinas;

Tabela 02: Limitações dos tipos de layout

Fonte: baseado em Thompkins et al. (1996) e Silveir (1998 apud Trein, 2001)