

**Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática**

**A Utilização do Sistema *Lean Manufacturing* em Uma  
Empresa de Usinagem**

*Fabio Miguel*

**TG-EP-25-05**

**Maringá - Paraná**

**Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática

**A Utilização do Sistema *Lean Manufacturing* em Uma  
Empresa de Usinagem**

*Fabio Miguel*

**TG-EP-25-05**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá.

Orientador: *Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia Marconde Altimari Samed*

**Maringá - Paraná  
2005**

**Fábio Miguel**

**A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA EMPRESA DE  
USINAGEM**

Monografia apresentada como requisito parcial  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção, do Centro de  
Tecnologia da Universidade Estadual de  
Maringá - Campus de Maringá.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Márcia M. Altimari Samed

MARINGÁ

2005

**Fábio Miguel**

**A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA *LEAN MANUFACTURING* EM UMA EMPRESA DE  
USINAGEM**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de *Bacharel em Engenharia de Produção*, pela Universidade Estadual de Maringá, Campus de Maringá, aprovada pela Comissão formada pelos professores:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Márcia Marconde Altimari Samed  
Departamento de Informática, UEM

---

Prof.<sup>a</sup> M.Sc. Maria de Lourdes Santiago Luzl  
Departamento de Informática, UEM

---

Prof. Michael Stefanuto  
Departamento de Informática, UEM

Maringá, 17 de dezembro de 2005

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a colaboração de algumas pessoas, as quais eu gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente a Deus, que me deu o dom da vida e que me proporcionou coragem e determinação para vencer este desafio.

Ao meu pai José e minha mãe Aparecida, que sempre me ajudam e incentivam na minha caminhada.

À professora orientadora, Márcia Marconde Altimari Samed, pela orientação, incentivo e esforço para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pelos seus ensinamentos e estímulos recebidos.

Ao Sr. Antônio Cláudio da Silva, por ter aberto as portas de sua Empresa para que este trabalho pudesse ser realizado.

A todos os amigos que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho pudesse ser concluído.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1: ETAPAS DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	19
FIGURA 3.2: SIMBOLOS UTILZADOS PARA MAPEAR O FLUXO DE VALOR.....	19
FIGURA 3.3: EXEMPLO DE UM MAPA DO FLUXO DEE VALOR.....	20
FIGURA 4.1: MCP-H250 .....	29
FIGURA 4.2: MC-12.....	29
FIGURA 4.3: BEA -2-HS .....	29
FIGURA 4.4: ECN-40-II .....	29
FIGURA 4.5: COSMOS-20-U.....	30
FIGURA 4.6: GALAXY-15-S .....	30
FIGURA 4.7: INDEX -GU-1000.....	31
FIGURA 4.8: INDEX -GU-800.....	31
FIGURA 4.9: FURADEIRA WEBOB .....	31
FIGURA 4.10: FURADEIRA MULTIPLA BEVET .....	31
FIGURA 4.11: FURADEIRA KONE.....	32
FIGURA 4.12: BANCADA .....	32
FIGURA 4.13: MÁQUINA DE CRAVARINSERTO.....	33
FIGURA 4.14: PRENSA HIDRÁULICA MANUAL.....	33
FIGURA 4.15: ROSCADEIRA .....	33
FIGURA 4.16: OLEADOR .....	33
FIGURA 4.17: ZFA0001 .....	34
FIGURA 4.18: ZFA0002 .....	34
FIGURA 4.19: ZFA0003 .....	35
FIGURA 4.20: SCA0003 .....	35
FIGURA 4.21: SCA0005 .....	35

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 2.1: CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE FORNECEDORES.....	5
TABELA 2.2: TOLERÂNCIA PARA A PONTUALIDADE DE ENTREGA .....	6
TABELA 4.1: MATRIZ DE INCIDÊNCIA PEÇA /MÁQUINA.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PPM	Parte por Milhão
ANC's	Ação de Não Conformidade
<i>JIT</i>	<i>Just-In-Time</i>
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
TPM	Manutenção Produtiva Total
MTS	<i>Make-to-stock</i>
ATO	<i>Assembly-to-order</i>
MTO	<i>Make-to-order</i>
BTO	<i>Buy-to-order</i>
ETO	<i>Engineering-to-order</i>
TRF	Troca Rápida de Ferramenta
OTED	Troca de ferramenta em um único toque
WIP	Estoque em Processo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRTODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	1
<b>2</b>	<b>APRESENTAÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>3</b>
2.1	HISTÓRICO DA EMPRESA.....	3
2.2	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	4
<b>3</b>	<b>LEAN MANUFACTURING.....</b>	<b>7</b>
3.1	O SURGIMENTO DO SISTEMA <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	8
3.1.1	<i>Lean Manufacturing</i> no Brasil.....	9
3.1.2	Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
3.1.3	As Sete Categorias dos Desperdícios.....	11
3.1.4	Práticas e Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> .....	12
3.2	CÉLULAS DE MANUFATURA.....	13
3.3	OPERÁRIOS MULTIFUNCIONAIS.....	14
3.4	PRODUÇÃO PUXADA.....	14
3.5	BALANCEAMENTO DA PRODUÇÃO.....	14
3.6	SISTEMA DE CONTROLE <i>KANBAN</i> .....	14
3.7	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	18
3.8	NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO.....	20
3.9	MECANISMOS DE PREVENÇÃO DE FALHAS <i>POKA-YOKE</i> .....	20
3.10	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	21
3.11	SIMPLIFICAÇÃO.....	21
3.12	LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO.....	21
3.13	QUALIDADE NO PROCESSO.....	22
3.14	CONTROLE VISUAL.....	22
3.15	COMPRAS <i>JUST IN TIME</i> .....	22
3.16	DEFINIÇÃO DAS POLÍTICAS DE ATENDIMENTO DAS DEMANDAS INTERNAS E EXTERNAS.....	23
3.17	CLASSIFICAÇÃO ABC DOS COMPONENTES DE CADA FAMÍLIA.....	23
3.18	REDUÇÃO DE TEMPOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO.....	24
3.19	TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA.....	25
3.20	<i>KAIZEN</i> .....	27
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>28</b>
4.1	ANÁLISE DO ESTADO ATUAL.....	28
4.2	MAQUINÁRIOS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA EMPRESA.....	28
4.2.1	10001-MCP-H-250.....	28
4.2.2	10002-MC-12.....	28
4.2.3	10003-BEA-2HS.....	29
4.2.4	20001-ECN 40 II.....	29
4.2.5	20002-Cosmos-20 U.....	30
4.2.6	20003-Galaxy -15 S.....	30
4.2.7	20004-INDEX GU 1000.....	30
4.2.8	20005-INDEX GU 800.....	30
4.2.9	50001-WEBBO.....	31
4.2.10	50005-Furadeira Multipla Brevet.....	31
4.2.11	50006-Furadeira Kone.....	32
4.2.12	80002-Bancada.....	32
4.2.13	80004-Máquina de Cravar Inserto.....	32
4.2.14	80005-Prensa Hidráulica Manual.....	32
4.2.15	90001-Roscadeira Pneumática.....	33
4.2.16	90002-Oleador.....	33
4.3	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS PRODUZIDAS.....	34
4.3.1	ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003 - Cubo.....	34
4.3.2	SCA0003 e SCA0005 - <i>Timing Gear Plate</i> .....	35
4.4	CONSTRUINDO O MAPA DO FLUXO DE VALOR DO ESTADO ATUAL.....	35
4.4.1	Definir as Famílias de Produtos.....	36

4.4.2	Mapa do Fluxo de Valor Atual (Família 1).....	38
4.4.3	Mapa do Fluxo de Valor Atual (Família 2).....	39
4.5	CONCEPÇÃO DO NOVO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA.....	39
4.5.1	Construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro das Famílias 1 e 2.....	39
4.6	ANÁLISE DA PROPOSTA ELABORADA.....	40
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>42</b>
5.1	ANÁLISE DAS ATIVIDADES.....	42
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>44</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>45</b>

## RESUMO

Este trabalho apresenta como proposta para a melhoria do *Lead time* de produção de uma empresa do setor metal-mecânico, a utilização das técnicas e ferramentas do **Sistema *Lean Manufacturing***.

Com este trabalho, busca-se através de uma revisão bibliográfica realizar um estudo sobre as principais práticas e ferramentas adotadas no Sistema *Lean Manufacturing* e como elas podem contribuir para melhorar o setor produtivo das empresas.

Através de um estudo de caso, buscou-se aplicar estas técnicas de forma a visualizar o sistema produtivo atual da empresa e propor melhorias para que se pudesse reduzir o *Lead Time* de produção de uma empresa de pequeno porte do setor metal-mecânico.

**Palavras-chave:** *Lean Manufacturing*, *Lead Time*, Produção Enxuta

## 1 – INTRODUÇÃO

O cenário industrial brasileiro está passando por grandes transformações, principalmente nas indústrias automobilísticas de grande porte e sua cadeia de fornecimento, onde a aplicação de novas técnicas e ferramentas do Sistema *Lean Manufacturing*, tem aumentado a flexibilidade e qualidade de seus produtos.

No entanto, algumas empresas de pequeno porte que fazem parte da cadeia de suprimento destas gigantes automotiva não estão preparadas para acompanhar o desenvolvimento tecnológico das mesmas, principalmente pelo fato de não conhecer ou não conseguirem utilizar da melhor forma estas ferramentas e técnicas adotadas pelas montadoras.

Por este motivo, é comum ocorrer atrasos na entrega e a fabricação de produtos com baixa qualidade o que acaba influenciando na própria sobrevivência destas empresas.

Portanto, o objetivo deste trabalho é propor, através de um estudo de caso realizado em uma empresa de pequeno porte do setor metal mecânico, como a utilização das ferramentas e técnicas do Sistema *Lean Manufacturing* podem ajudar a visualizar e melhorar o sistema de produção das empresas de pequeno porte, tornando-as assim mais competitivas.

Por fim, entende-se que o processo de melhoria do sistema de produção de uma empresa é um processo contínuo, logo num primeiro momento nem todas as ferramentas e técnicas poderão ser adotadas.

Além disto, este trabalho busca, através da análise da situação atual, propor soluções para que se possa reduzir o *lead time* da empresa.

### 1.1 – Estrutura do Trabalho

O trabalho é desenvolvido ao longo de cinco capítulos. O capítulo 1 compreende esta introdução, contendo o objetivo deste trabalho e a importância do assunto estudado.

O Capítulo 2 apresenta o histórico da empresa onde foi realizado o estudo, a apresentação do problema que a empresa está passando para atingir suas metas.

O Capítulo 3 traz a revisão bibliográfica, que foi a base teórica para o desenvolvimento deste trabalho, apresentando o histórico do Sistema *Lean Manufacturing*, os principais conceitos, as práticas e ferramentas do sistema, e sua importância no processo produtivo,

O Capítulo 4 apresenta um estudo de caso realizado contendo a análise do estado atual da empresa, os maquinários e equipamentos por ela utilizados, a descrição das peças estudadas, a construção do mapa do fluxo de valor atual e a concepção do novo sistema de produção contendo o mapa do fluxo de valor da situação futura.

No Capítulo 5 são feitas as considerações finais relatando a importância do trabalho para a minha formação profissional e os resultados obtidos.

## 2 – APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

### 2.1 – Histórico da Empresa

Com o aumento da concorrência e a necessidade de resultados positivos devido à globalização da economia, as empresas têm se preocupado cada vez mais em produzir seus produtos com o menor custo possível, melhor qualidade e pontualidade na hora da entrega.

A Empresa onde será realizado o estudo, iniciou suas atividades na cidade de Maringá em julho de 2002, pertencente ao setor metal-mecânico, fornece peças para os seguintes segmentos:

- Montadoras de caminhão e ônibus;
- Montadora de máquinas agrícolas e;
- Indústria de autopeças.

Entre os principais produtos fornecidos pela Empresa, podemos citar:

- Carcaça do Volante, *Timing Gear Plate*,
- *Transmission Case, Cover Rear, Coverter Housing*;
- Medidores de Combustível;
- Semi-Eixos; Caixas Satélites, Cubos de Roda, etc...

Para a fabricação desses produtos, utilizam-se máquinas com Comando Numérico Computadorizado (CNC), centros de usinagem, tornos e máquinas convencionais como furadeira, roscadeira e, dependendo do produto e do volume de produção, pode-se utilizar equipamentos especiais.

A Empresa possui um sistema de qualidade certificado segundo as normas TS16949:2002 e está caminhando para conseguir a certificação ISO14001 e ISO9001 em 2006.

A Empresa surgiu após uma pesquisa de mercado que detectou que havia uma carência por empresas especializadas na área de usinagem, principalmente no estado do Paraná. Outro fator decisivo foi o crescimento da indústria automobilística, impulsionada principalmente pelas exportações o que tornou o setor muito atrativo para investidores de todas as regiões.

Atualmente, são clientes da Empresa:

- Scania Latin América Ltda;
- Dana S/A;
- Volffer;
- ZF do Brasil Ltda;
- Dresser Weny.

Essas empresas são consideradas como os principais clientes, devido ao grande volume de produtos solicitados e da frequência com que ocorrem esses pedidos.

A confiabilidade acerca do pagamento dos serviços prestados também faz destas empresas os principais clientes.

## **2.2 – Apresentação do Problema**

O mercado consumidor, que antes era submetido às vontades das empresas, hoje em dia exige cada vez mais produtos confiáveis, tanto do ponto de vista da qualidade, custo e também do prazo de entrega.

Embora a Empresa se encontre bem desenvolvida, com programas de qualidade, pessoas capacitadas, boa infra-estrutura, esta passa por alguns sérios problemas. A Empresa tem dificuldades para conseguir entregar os seus produtos na data certa para o cliente. Logo, um dos principais objetivos hoje, é conseguir reverter esse quadro, pois, caso isto não ocorra, pode afetar o nível de qualidade da Empresa diante de seus clientes. Se este nível abaixar muito, pode até ocorrer a perda do cliente devido à política de qualidade destas empresas.

Segundo a ZF do Brasil (2003), o seu departamento *Suplly Chain* monitora o desempenho dos seus fornecedores produtivos utilizando-se de um gráfico farol, sendo este composto por cinco indicadores que compõem a metodologia de cálculo do índice de satisfação da ZF, os quais são: Parte por Milhão Acumulado (PPM), Pontualidade na Entrega, Avaliação do Sistema de Qualidade, Número de Ação de Não Conformidade (ANC's) e Número de ANC's do Cliente.

Ainda segundo este procedimento, a pontualidade na entrega é calculada de acordo com um *software* corporativo do grupo ZF denominado "BENSBERG". Este *software* calcula mensalmente a pontualidade de entrega considerando que toda peça tem um tempo de segurança que serve de referência para determinar se a mesma está chegando atrasada. Igualmente é calculado se a quantidade solicitada é igual à quantidade efetivamente entregue. A classificação dos fornecedores ocorre conforme Tabela 2.1

Tabela 2.1: Critério de Classificação de Fornecedores

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>NOTA</b>	<b>COR NO GRÁFICO DE DESEMPENHO</b>
Boa Performance	95 a 100%	VERDE
Performance Regular	60 a 94,99%	AMARELO
Péssima Performance	Abaixo de 59,99%	VERMELHO

Fonte: ZF do Brasil Ltda.

Tendo em vista que o cálculo da Pontualidade de Entrega tem como base os resultados de desempenho quanto a prazos e quantidades, são estabelecidas tolerâncias para esses dois fatores, conforme Tabela 2.2.

Para a pontualidade de entrega o fator índice é calculado pela média dos últimos três meses.

Fica claro que as empresas que não conseguirem se enquadrar no novo cenário da manufatura mundial, estarão fadadas ao desaparecimento.



Tabela 2.2: Tolerância para a Pontualidade de Entrega

<b>Fatores</b>	<b>Tolerância p/ Nacional</b>	<b>Tolerância p/ Importado</b>
Data	± 3 dias	Conforme frete marítimo <sup>1</sup>
Quantidade	± 10%	± 10%

Fonte: ZF do Brasil Ltda

Em virtude disto, a adoção de ferramentas e técnicas do Sistema *Lean Manufacturing*, se tornam importantes aliados para empresas de todos os tamanhos e segmentos, pois somente com a adoção de novas tecnologias será possível elas sobreviverem e se tornarem mais competitivas.

---

<sup>1</sup> Específico para cada fornecedor, podendo variar em função da localização (distância) do fornecedor.

### 3 – *LEAN MANUFACTURING*

Segundo Nazareno *apud* Womack e Jones (1997), o Sistema *Lean Manufacturing*, é um sistema de produção que tem como objetivo permitir respostas rápidas aos clientes através da flexibilidade do *mix* e do volume, produzindo produtos de qualidade a baixo custo de produção e de forma rápida. A maneira de se atingir isto é a eliminação de desperdício e a agregação de valor ao longo de toda a cadeia produtiva. Segundo Ohno (1997), os pilares para a sustentação desse sistema são:

- *Just-In-Time*; e
- Automação, ou automação com toque humano (*Jidoka*).

*Just in Time* (JIT) significa produzir o produto necessário na quantidade necessária no momento necessário. A relação entre clientes e fornecedores internos e externos é alterada, pois o fornecedor deverá prover seu cliente de seus produtos somente na quantidade e no momento que esse for utilizado pelo processo do cliente, o que implica entregas frequentes em quantidades pequenas, para que não haja formação de estoques de matéria-prima e de produtos em processo. A disseminação desta atitude por toda a empresa implicará em uma significativa redução de custo e a rotatividade do capital de giro é aumentada.

A automação pode ser interpretada como um controle autônomo de defeitos. É uma técnica para detectar e corrigir defeitos de produção através de dispositivos para detectar anormalidades ou defeitos, aliada a uma maior autonomia dada aos trabalhadores de chão de fábrica, que têm liberdade para buscar soluções para problemas de produção e até mesmo a possibilidade de parar a linha ou a máquina quando a anormalidade ou defeito são detectados.

Desta forma, a automação apóia o JIT, pois impede a fabricação de produtos defeituosos, elimina a superprodução e pára automaticamente no caso de anormalidades na linha. Outra vantagem da automação é a possibilidade de se poder valer do saber do funcionário, não só para evitar produtos defeituosos, mas também para evitar que os problemas se repitam.

### 3.1 – O Surgimento do Sistema *Lean Manufacturing*

Segundo Womack *et al.* (2004), o Sistema *Lean Manufacturing*, foi desenvolvido no Japão, mais precisamente na *Toyota Motor Company*, fundada em 1937.

Seus fundadores, os Toyodas, obtiveram êxito primeiramente na indústria têxtil, desenvolvendo teares tecnicamente superiores. Depois de instalada, a *Toyota Motor Company* iniciou suas atividades na fabricação de veículos motorizados, especializando-se em caminhões militares, devido à guerra.

Porém acabada a guerra, Toyoda resolveu ingressar firmemente na fabricação de carros e caminhões em larga escala. No entanto, ocorreram uma série de problemas.

O mercado doméstico requeria uma vasta gama de veículos, tais como: carros para autoridades governamentais, caminhões grandes utilizados no transporte de mercadorias, caminhões pequenos para agricultores menores, carros pequenos adequados para as cidades populosas e para o alto custo do combustível no Japão.

A força de trabalho japonesa estava mais fortalecida devido às novas leis trabalhistas introduzidas pelos Estados Unidos no Japão. Os sindicatos passaram a representar todos, sem distinguir categorias, passando a assegurar o direito sobre a participação nos lucros da empresa.

Além do que, no oriente inexistiam trabalhadores-hóspedes, que são imigrantes temporários dispostos a trabalhar em condições precárias, enquanto que no ocidente, esses trabalhadores haviam constituído o grosso da força de trabalho das companhias de produção em massa.

A economia do país, devastada pela guerra, estava necessitando de capitais e trocas comerciais, sendo quase impossível efetuar compras maciças das tecnologias de produção mais recente do ocidente.

O mundo exterior estava repleto de produtores de veículos motorizados, querendo operar no Japão e dispostos a defenderem seus mercados contra as exportações japoneses.

Devido a essa última dificuldade o governo japonês proibiu investimentos externos direto na indústria automobilística japonesa. Esta proibição foi fundamental para a conquista da Toyota no ramo automobilístico.

Além disso, o governo japonês acreditava que para se ter uma indústria automobilística internacionalmente competitiva seria necessário se ter uma produção em escala elevada. O governo propôs fundir as empresas surgidas em duas ou três grandes para que pudessem concorrer com as *Big Tree* (Grandes indústrias automobilísticas dos Estados Unidos localizadas em Detroit: *Ford, GM, etc*). Essas novas companhias deveriam especializar-se em diferentes tamanhos de carros para que não houvesse competição interna.

Porém, a Toyota, a Nissan e outras companhias se tornaram produtores completos, produzindo uma gama de veículos, desafiando o governo.

Taichii Ohno que era o principal engenheiro da Toyota percebeu que não poderia aplicar os conceitos e métodos de produção de Detroit. Os métodos de manufatura artesanal eram uma alternativa bem conhecida, no entanto pareciam não levar a lugar algum caso a companhia quisesse fabricar veículos em massa. Ohno sabia que precisava de um novo enfoque, e o encontrou: o Sistema *Lean Manufacturing*, ou Produção Enxuta.

Inicialmente, a Toyota procurou remover as ineficiências entre as atividades de processamento, inspeção e transporte. Feito isto, atacou o problema da estocagem a fim de eliminar a geração de estoques intermediários e produtos acabados ao longo do processo de produção.

Isto só foi possível devido à criação de ferramentas que auxiliassem na implementação das idéias. Essas ferramentas serão discutidas com mais detalhes no item 3.1.4.

### **3.1.1 – *Lean Manufacturing* no Brasil**

Segundo Womack *et al.* (2004), ao mesmo tempo em que a Volkswagen deu início às linhas de montagem do Fusca e da Kombi em São Bernardo do Campo, transferindo efetivamente o sistema de produção em massa para o Brasil, no Japão Taiichi Ohno, estabelecia as bases da produção enxuta.

Desde então, o sistema de produção enxuta tem se mostrado imensamente superior.

O Sistema de Produção Enxuta é mais eficiente porque exige menor utilização de recursos, aproveita mais a capacidade intelectual humano, e é capaz de atender melhor as mudanças e gostos individuais dos consumidores.

No início da década de 80 deu-se o início, embora de forma pouco integrada e dispersa, a difusão de determinados elementos da produção enxuta no Brasil.

Com o passar dos tempos, ferramentas voltadas para a eliminação de desperdícios, melhoria do fluxo produtivo e redução de tarefas de baixo valor agregado, a utilização dos conceitos de *Lean Manufacturing* tem crescido sensivelmente na indústria brasileira, em especial entre montadoras e os fabricantes de autopeças.

### 3.1.2 – Princípios do *Lean Manufacturing*

Segundo Womack e Jones (1997), o Sistema *Lean Manufacturing* possui cinco princípios básicos que tem como objetivo tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder com mais rapidez às necessidades do mercado.

Estes princípios são:

- i. Determinar precisamente o valor por produto específico, que é o ponto de partida e deve ser definido segundo as perspectivas dos clientes finais.
- ii. Identificar a cadeia de valor para cada produto, que é o conjunto de todas as atividades para se levar um produto específico a passar pelas tarefas de desenvolvimento, de gerenciamento da informação e da transformação física propriamente dita.
- iii. Fazer o valor fluir sem interrupções, que é necessário fazer com que as etapas que criam valor fluam. Isso exige uma mudança de mentalidade, o produto e suas necessidade devem ser o foco, e não as máquinas e equipamentos, o objetivo é reduzir as atividades que não agregam valor.
- iv. Deixar com que o cliente puxe o valor do produto, que consiste em fazer o que o cliente (internos e externos) precisa no momento certo, fazendo com que o produto seja

“puxado” quando necessário isso minimiza os desperdícios comumente encontrados nos sistemas empurrados.

- v. Buscar a perfeição, ou seja, fazer os quatro princípios anteriores interagirem em um processo contínuo na eliminação dos desperdícios.

### 3.1.3 – As Sete Categorias dos Desperdícios

Segundo Ohno (1997), a fim de reconhecer o desperdício, é preciso entender a sua natureza. O desperdício na produção pode ser dividido em sete categorias que são:

- i. Superprodução - produzir cedo demais ou excessivamente, resultando em um fluxo pobre de peças e informações ou excesso de inventário;
- ii. Espera - longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informações, resultando em um fluxo pobre, bem como em *lead times* longos;
- iii. Transporte excessivo - movimento excessivo de pessoas, informações e peças, resultando em consumo desnecessário de capital, tempo e energia;
- iv. Inventário desnecessário - armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos altos e baixa performance do serviço prestado ao cliente;
- v. Processos inadequados - utilização de ferramentas erradas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma abordagem mais simples pode ser mais efetiva;
- vi. Movimentação desnecessária - desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perdas freqüentes dos itens;
- vii. Produtos defeituosos - problemas freqüentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixa performance na entrega do produto.

Ainda nesse contexto, Hines e Taylor (*apud* Nazareno, 2003) definem três diferentes tipos de atividades: atividades que agregam valor, atividades desnecessárias e que não agregam valor e atividades necessárias mas que não agregam valor.

- i. Atividades que agregam valor que são atividades que na visão do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço, ou seja, atividades pelas quais os consumidores ficam felizes em pagar.
- ii. Atividades desnecessárias e que não agregam valor que são atividades que na visão do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, e que não são necessárias em qualquer circunstância. Essas atividades são nitidamente desperdícios, e devem ser eliminadas a curto e médio prazo; e
- iii. Atividades necessárias, mas que não agregam valor que são as atividades que na visão do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que infelizmente são necessárias. Trata-se de desperdícios difíceis de serem eliminados, em curto prazo e que, portanto, necessitam de um tratamento em longo prazo, a menos que sejam submetidas a um processo de transformação radical.

Esses três tipos de atividades podem ser encontrados na indústria nas seguintes proporções:

- Atividades que agregam valor: 5%;
- Atividades desnecessárias e que não agregam valor: 60%; e
- Atividades necessárias, mas que não agregam valor: 35%.

Observa-se que existem muitas atividades que não agregam valor, desperdícios, que devem ser eliminados.

O *Lean Manufacturing* engloba uma série de conceitos e ferramentas para que se possa reduzir e até eliminar esses desperdícios.

### **3.1.4 – Práticas e Ferramentas do *Lean Manufacturing***

Algumas práticas comumente encontradas no sistema *Lean Manufacturing* necessitam de condições específicas para que possam ser implantadas, já outras podem ser implantadas facilmente em quaisquer ambientes de manufatura.

De acordo com Tubino (1999), algumas dessas práticas e ferramentas do sistema *Lean* são: Células de Manufatura, Operários Multifuncionais, Produção Puxada, Balanceamento da Produção, *Kanban*, Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), Nivelamento da Produção, *Poka-Yoke*, Manutenção Produtiva Total, entre outros

### 3.2 - Células de Manufatura

Refere-se ao arranjo físico das máquinas, que deve ser definido segundo o fluxo de operações necessárias para a fabricação do produto. Com a implantação do sistema celular de manufatura pode-se ter benefícios significativos na produção, tais como:

- i. Tempo de espera na fila - é eliminado pela disposição adequada das máquinas segundo o roteiro de fabricação do item e pela produção em fluxo unitário. Dessa forma, evita-se a formação de estoques internos à célula, eliminando-se as filas de espera nas máquinas e o conseqüente sequenciamento das ordens nas filas, que acarretam tempos e custos indesejáveis;
- ii. Tempo de *setup* - só pelo fato de organizar o fluxo de produção por item, ou famílias de itens, já faz com que as máquinas fiquem alocadas prioritariamente aos itens, evitando-se o *setups* para o processamento de itens diferentes. Contudo a própria mudança de filosofia e a adoção do layout celular estimulam e facilitam a implantação de técnicas de redução de *setups*;
- iii. Tempo de processamento - reduzindo o tempo de *setup*, estimulada pelo *layout* celular, pode-se diminuir economicamente o tamanho dos lotes de fabricação, fazendo com que o tempo médio de processamento dos itens em cada máquina seja reduzido, acelerando seu fluxo de conversão em produto acabado;
- iv. Tempo de movimentação - a aproximação das máquinas faz com que as movimentações dos itens entre elas sejam mínimas, por outro lado, a produção em fluxo unitário ou em pequenos lotes permite que a movimentação possa ser feita pelo próprio operador manualmente, evitando-se assim o uso de equipamentos dispendiosos.



### 3.3 - Operários Multifuncionais

Num sistema *lean*, os operários têm responsabilidade pela qualidade do produto e devem sempre buscar eliminar os desperdícios. Com o arranjo físico celular os operários devem ser treinados de forma que possam operar vários equipamentos diferentes.

### 3.4 - Produção Puxada

A produção deve ser feita no máximo que possível de acordo com o pedido real do cliente e não de acordo com previsões. Isso porque esses dois quase sempre não são iguais, acarretando inventários e excesso de produção.

### 3.5 - Balanceamento da Produção

Refere-se à sincronização dos tempos de operação e visa equalizar as cargas de trabalho, bem como reduzir os tempos que não agregam valor, tais como os tempos de espera. Logo o ajuste entre o tempo e o volume são críticos.

Para Shingo (1996), a Toyota utiliza o sistema *Kanban* para sincronizar seus processos e suas próprias plantas e fornecedores de componentes. Logo, os efeitos negativos das inconsistências são transmitidos em cadeia do processo precedente aos fornecedores.

Para que se possa evitar esse tipo de problema, o balanceamento deve ser feito no final da linha.

### 3.6 - Sistema de Controle *Kanban*

Segundo Shingo (1996), é dito que o sistema *Kanban* foi inspirado pelo sistema de supermercados americanos em uma das viagens que Ohno fez aos Estados Unidos.

Os supermercados têm várias características que também são encontradas no sistema *Kanban*, e entre elas podemos citar:

- i. Os consumidores escolhem diretamente as mercadorias e compram as suas favoritas;

- ii. O trabalho dos empregados é menor, pois os próprios consumidores levam as compras para os caixas;
- iii. Ao invés de utilizar um sistema de reabastecimento, o supermercado somente repõe o que foi vendido, e isso faz com que se reduza o estoque; e
- iv. Os itens ii e iii permitem baixar os preços, conseqüentemente as vendas sobem e os lucros crescem.

A principal característica utilizada pelo *Kanban* é a terceira, onde somente será repostos os itens que foram vendidos reduzindo assim os estoques.

As principais vantagens da utilização do sistema *Kanban* baseiam-se na eliminação do estoque de material em processo, os setores produtivos são mais bem aproveitados, resultando numa maior capacidade total das linhas produtivas. Assim, aumenta-se a produtividade, os tempos de *lead time* são reduzidos, quer em nível de itens individuais quer em termos de produto final, melhora na administração dos estoques intermediários em processo e finais, diminuição da ocupação de espaços, para estoques intermediários até a extinção, e diminuição das áreas de almoxarifado e armazenagem na expedição.

Existem cinco regras básicas que devem ser cumpridas para que o sistema *Kanban* funcione.

**Regra 1:** O processo subsequente deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento certo.

Para essa regra funcionar é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feita com a apresentação de um *Kanban*. A quantidade a ser retirada, deve ser igual àquela determinada no cartão, e não pode haver peças desacompanhadas de cartão.

**Regra 2:** O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este.

Esta regra complementa a primeira para que não ocorra excesso de produção. O processo anterior só pode produzir itens dos quais tem cartão, e somente a quantidade que está definida neste cartão.

**Regra 3:** Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.

Como os estoques em processo são limitados a uma quantidade mínima, deve-se ter certeza de que estas peças estejam em perfeitas condições para que possam ser utilizadas pelo processo seguinte. Caso essas peças estejam com defeito, deverão ser devolvidas e o processo seguinte terá que esperar até ter as peças boas em condições de produzir.

**Regra 4:** O número total de *Kanbans* deve ser minimizado.

O número de *Kanbans* expressa o inventário máximo de cada item e este número deve ser mantido o menor possível.

**Regra 5:** O *Kanban* deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

Empresas que utilizam o sistema *Kanban* não distribuem pela fábrica programas detalhados de produção. Só o processo *puxador* recebe a programação do dia, as outras áreas só ficam sabendo o que irão produzir com a chegada dos cartões. Logo mudanças no programa diário ocorrem naturalmente.

Podemos dividir os cartões em dois tipos: o *Kanban* de retirada/transporte e o *Kanban* de produção.

O *Kanban* de retirada funciona como dinheiro. Eles são usados para comprar, retirar as peças do almoxarifado ou de processos anteriores. O número de cartões é calculado com base no consumo de cada item pela linha e pelos seus intervalos entre abastecimentos, isso faz com que um processo não compre uma quantidade maior do que precisa, resultando em excesso de material.

O *Kanban* de produção também existe em uma quantidade fixa. Esta quantidade é calculada com base na demanda do cliente (interno ou externo). A intenção é impedir o excesso de produção.

Outros tipos de *Kanban* também são encontrados, conforme descrito a seguir.

*Kanban* de sinal - este *Kanban* é uma variação do *Kanban* de produção para o caso de um processo que produza em lote. Ao invés de se utilizar um cartão para cada embalagem, pode-se usar um cartão para pedir todo o lote.

*Kanban* expresso - este tipo de *Kanban*, é emitido quando ocorre falta de peças. Este só é emitido em situações extraordinárias, onde, por exemplo, verifica-se que uma determinada peça não foi reabastecida suficientemente e está em falta. Este tipo de cartão deve ser retirado após o seu uso.

*Kanban* de emergência - este *Kanban* é emitido temporariamente quando existe a necessidade de repor uma peça defeituosa ou uma máquina estiver com problemas.

*Kanban* de ordem de serviço - este tipo de *Kanban* é usado para a linha de produção por ordem de serviço e emitido para cada serviço.

*Kanban* integrado - este *Kanban* é usado quando dois processos são conectados tornando-se um. Este *Kanban* funciona como a integração dos metros.

*Kanban* de fornecedor - este *Kanban* é usado para transferência entre empresas. Neste cartão deve constar a informação do local exato, prateleira, área da fábrica, centro produtivo, entre outras, que será o local de entrega do material.

*Kanban* eletrônico - é usado entre duas operações adjacentes, totalmente automatizadas. Entre estas operações não há operador e como entre máquinas existem diferentes velocidades, isso pode acabar gerando inventário entre as duas. Para que isso não ocorra, determina-se um nível máximo de inventário entre as duas máquinas e em seguida monta-se um sistema de identificação na calha de transporte, tais como chave de fim de curso, fotocélula ou qualquer

outro dispositivo que identifique que existe uma fila de espera para ser processada na operação seguinte e então interrompe a operação da máquina anterior.

O *Kanban* sozinho é somente um meio de despacho para ações de produção, durante cada dia em cada processo. Antes de se adentrar a fase de despachar as tarefas pelo *Kanban*, um planejamento geral deve ser feito através da fábrica.

### 3.7 - Mapeamento do Fluxo de Valor

Segundo Rother e Shook (1998), o mapa do fluxo de valor é uma ferramenta simples que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar e entender o fluxo de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor. O que se entende por mapeamento do fluxo de valor é simples: deve-se apenas seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor e, cuidadosamente, desenha-se uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Depois, através de um conjunto de questões desenha-se o mapa do “estado futuro”, faz-se uma representação visual de como o fluxo deve ser.

Esta ferramenta é importante porque:

- i. Ajuda a enxergar mais do que os processos individuais, soldagem, montagem, etc.
- ii. Mapear ajuda a identificar as fontes de desperdícios no fluxo de valor
- iii. Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- iv. Torna as decisões sobre o fluxo visível, de modo que se possa discuti-las. De outro modo, muitos detalhes e decisões no chão de fábrica só acontecem por omissão.
- v. Reúne conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente.
- vi. Forma a base de um plano de execução. Ao a desenhar como o fluxo de porta em porta deveria operar – uma parte que falta – os mapas do fluxo de valor tornam-se referência para a implementação enxuta.
- vii. Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Nenhuma outra ferramenta faz isso.

As etapas do mapeamento do fluxo de valor são mostradas na Figura 3.1

Para se fazer o mapeamento do fluxo de valor utiliza-se um conjunto padronizado de símbolos, conforme pode ser visto na Figura 3.2. Porém, pode-se usar outros símbolos no mapeamento, mas o importante é que todos os envolvidos no projeto possam compreendê-los.

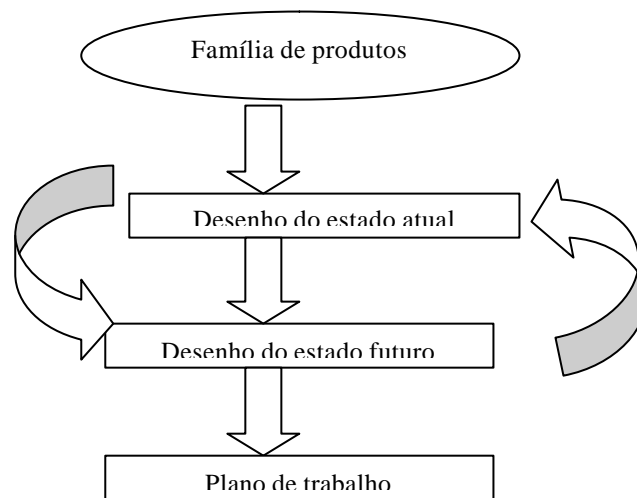


Fig 3.1 - Etapas do mapeamento do fluxo de valor

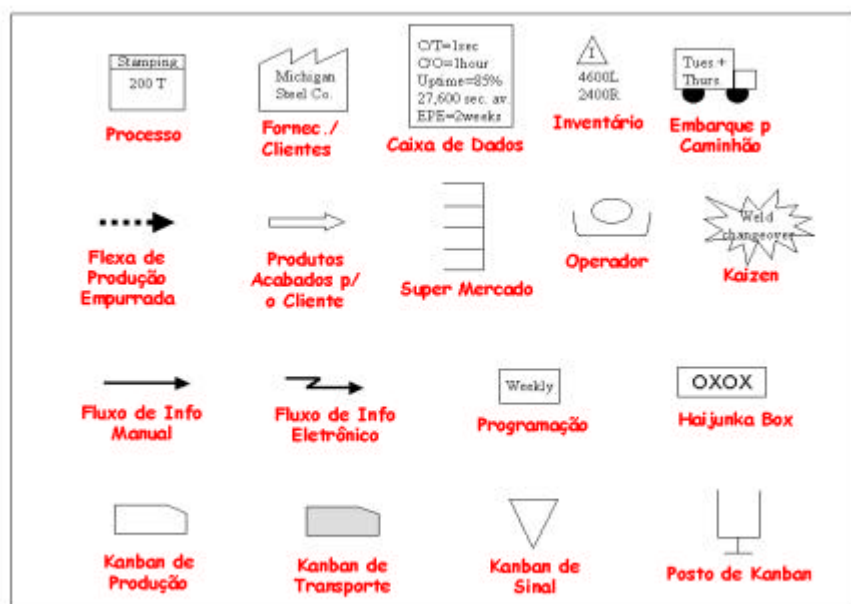


Fig 3.2 - Símbolos utilizados para mapear o fluxo de valor (Fonte: RENTES, 2000).

Segue um exemplo do mapa do fluxo de valor utilizando os ícones acima mostrados.

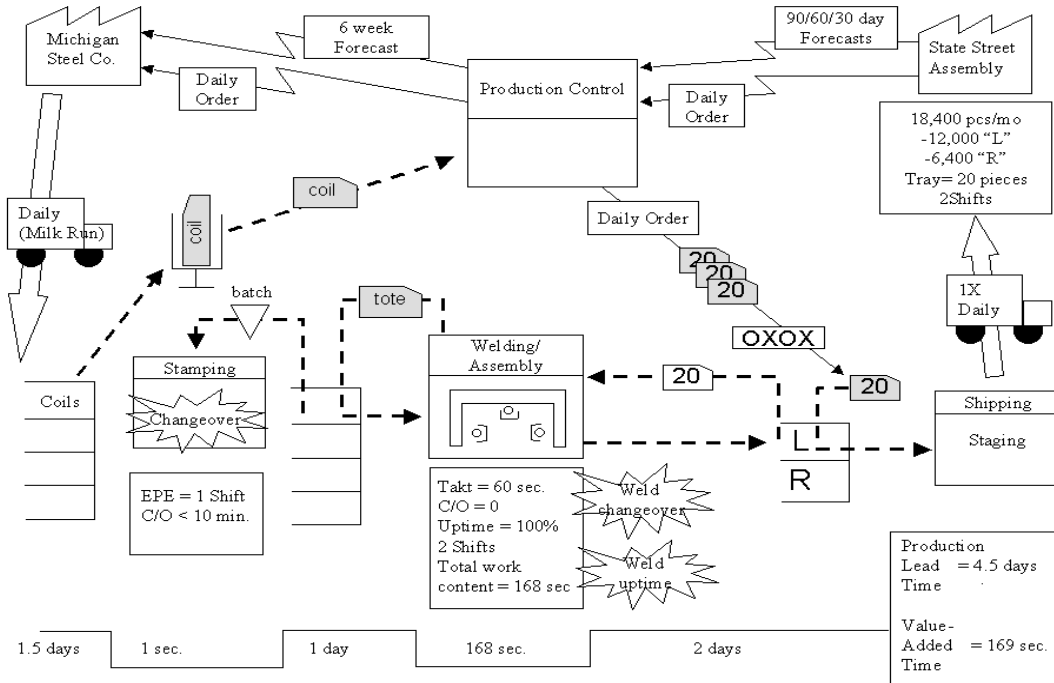


Fig 3.3 Exemplo de um mapa do fluxo de valor (Fonte: RENTES, 2000)

### 3.8 - Nivelamento da Produção

Numa linha de produção, as flutuações no fluxo do produto fazem aumentar o desperdício. Isso se dá porque equipamentos, operários, inventários e outros elementos exigidos para a produção precisam estar sempre preparados para um pico. Se um processo posterior varia sua retirada das peças em termos de tempo e quantidade, a extensão destas flutuações aumentará conforme elas forem avançando na linha e na direção dos processos anteriores. A fim de evitar essas flutuações é necessário manter a flutuação na linha de montagem final em zero.

### 3.9 - Mecanismos de Prevenção de Falhas *Poka-Yoke*

A fim de fabricar produtos de qualidade em 100% do tempo, são necessárias inovações nos instrumentos e equipamentos, a fim de se instalar dispositivos para a prevenção de defeitos. Estes dispositivos são chamados de *poka-yoke* e os seguintes exemplos são de dispositivos:

- i. Quando há um erro de fabricação, o material não servirá no instrumento;
- ii. Se há irregularidade no material, a máquina não funcionará;
- iii. Se há um erro de trabalho, a máquina não iniciará o processo de maquinização;
- iv. Quando há erros de trabalho ou um passo foi pulado, as correções são feitas automaticamente e a fabricação continua;
- v. As irregularidades no processo anterior são barradas no processo posterior a fim de barrar os produtos com defeitos; e
- vi. Quando algum passo é esquecido, o processo seguinte não será iniciado.

### **3.10 - Manutenção Produtiva Total (TPM)**

Várias definições podem ser encontradas para a política de TPM. Segundo Moraes (2004), Manutenção Produtiva Total é o esforço na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas. Assim, deve-se atingir o nível zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração. Isto requer o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos.

### **3.11 – Simplificação**

Simplificar produtos, processos e padronizar componentes, reduz os desperdícios no processo. Além disso, essa prática diminui desperdícios de mão-de-obra com posicionamento das peças e ajuste de ferramentas. E ainda, diminuem os desperdícios relativos a produção de defeitos.

### **3.12 - Limpeza e Organização**

Em um ambiente limpo e organizado os operadores não perdem tempo executando atividades que acabam não agregando valor ao produto final, tais como: procurar peças, ferramentas,



para poder fazer a troca de algum ferramental na máquina, e movimentar-se por caminhos mais longos. Ainda existe a questão da segurança, em um ambiente limpo e organizado a probabilidade de ocorrer acidentes é bem menor do que em um ambiente desorganizado.

Uma ferramenta que poderia ser utilizada seria o 6 S's, que é um grupo de ações que tem o objetivo de estimular as pessoas a manterem seus hábitos e comportamentos na conservação do ambiente de trabalho. Os 6 S's é baseado em um arranjo seguro, limpo, ordenado, que proporciona uma localização específica, eliminando tudo o que não é necessário e desta forma contribuindo para a qualidade. O 6 S's consiste em:

*SEIRI* - Classificação

*SEITON* – Ordem

*SEISO* - Limpeza

*SEIKETSU* – Sistematização

*SHISUKE* - Disciplina

*SHIKKARI* – Comprometimento

### **3.13 - Qualidade no Processo**

As operações devem ser feitas corretamente para que a qualidade do produto esteja assegurada, diminuindo os custos relacionados à inspeção e retrabalho.

### **3.14 - Controle Visual**

Quando as informações são vistas imediatamente por aqueles que as necessitam, tem-se uma série de benefícios. Faz com que os trabalhadores executem suas tarefas com mais motivação e eficácia, pois, não precisam ficar perdendo tempo correndo atrás de informações o que acaba eliminando uma série de controles e planejamento desnecessários e ineficazes.

### **3.15 - Compras *Just in Time* (JIT)**

Comprar pequenas quantidades, só quando necessário, elimina desperdícios de inventários, como operações de controle, espaço para armazenagem, capital imobilizado, juros, etc.

### 3.16 - Definição das Políticas de Atendimento das Demandas Internas e Externas

Isso é uma característica de como a empresa atende os seus pedidos. O *lead time* de atendimento ao cliente (externo e interno) é determinado pela política escolhida pela empresa, assim como os níveis de estoque de matéria-prima e produto acabado.

A seguir, tem-se cinco exemplos dessas políticas segundo Lin e Shaw (*apud* Nazareno, 2003).

- i. MTS (*Make-to-stock*): os pedidos são atendidos por produtos previamente estocados.
- ii. ATO (*Assembly-to-order*): componentes acabados são montados conforme a solicitação dos clientes.
- iii. MTO (*Make-to-order*): os pedidos dos clientes dispararão a produção dos itens que deverão ser entregues. Não há estoques de produtos acabados.
- iv. BTO (*Buy-to-order*): a compra da material-prima só é efetuada após o recebimento do pedido.
- v. ETO (*Engineering-to-order*): os pedidos dos clientes dispararão o desenvolvimento ou alterações no projeto dos produtos.

### 3.17 - Classificação ABC dos Componentes de Cada Família

A classificação ABC dos componentes de cada família deve estar baseada em um procedimento para a padronização da classificação dos estoques, pois, em qualquer estoque que contenha mais de um item sempre existirão alguns itens que serão mais importantes do que outros.

Segundo Slack (1999) existe uma política de estoque muito utilizada que é a lei de Pareto (regra 80/20), segundo a qual 20% dos produtos existente em um estoque são responsáveis por 80% do valor do estoque. Seguindo essa lei, tais itens devem ser classificados conforme o seguinte critério de padronização:

Itens classe A: são aqueles 20% dos itens de alto valor, que representa 80% do valor total do estoque;

Itens classe B: são aqueles de valor médio, usualmente, os seguintes 30% dos itens que representam 10% do valor total do estoque;

Itens classe C: são aqueles de baixo valor, que apesar de compreender 50% do total dos tipos de itens estocados, representam somente 10% dos itens estocados.

Os componentes deverão ser classificados conforme o seu custo e a complexidade do processo de fabricação, ou seja, do seu custo de agregação de valor.

### 3.18 - Redução de Tempos Envolvidos No Processo

Conforme Corrêa e Gianesi (1996), a redução de tempos envolvidos no processo é uma prática muito importante para o aumento da flexibilidade de resposta. Para a redução do *lead time* de produção, os produtos, o sistema de manufatura e o processo de produção devem ser projetados de forma a facilitar o rápido fluxo das ordens de produção.

O *lead time* de produção é o tempo que decorre desde que uma ordem de produção é colocada até que o material esteja disponível. Ele é composto dos seguintes elementos:

- i. Tempo de tramitação da ordem de produção - no sistema JIT, a liberação de ordens está no nível do chão de fábrica, sendo extremamente ágil, podendo utilizar cartões (*Kanban*);
- ii. Tempo de espera na fila - uma forma de reduzir os tempos na fila é diminuir o tamanho dos lotes de produção, assim como reduzir os tempos de *setup*. Uma outra providência que se deve tomar é o fluxo contínuo das linhas, não permitindo ocorrer estoques intermediários. Coordenar os diversos estágios da produção, para que produzam somente o que e quando os estágios posteriores pedirem;
- iii. Tempo de *setup* - a redução nos tempos de preparação das máquinas (*setup*) permite a diminuição dos lotes de produção, com isso diminuem-se os estoques intermediário e final aumentando a flexibilidade de entrega para o cliente;
- iv. Tempo de processamento - pela filosofia JIT, o tempo de processamento é o único tempo que vale a sua duração, pois nele se agrega valor; e

- v. Tempo de movimentação - o tempo de movimentação é reduzido pela otimização do *layout*. Outra providência para reduzir este tempo é a diminuição dos lotes, pois, estes podem ser movimentados rapidamente.

### 3.19 - Troca Rápida de Ferramenta (TRF)

A adoção da troca rápida de ferramentas (TRF) ou a troca de ferramenta em um único toque (OTED) é a maneira mais eficaz de melhorar o *setup*.

De acordo com Shingo (1996), na *Mitsubishi Heavy Industries*, por exemplo, o tempo de *setup* em uma mandriladora de 8 eixos foi reduzido de 24 horas para 2 minutos e 40 segundos no decorrer de um ano. Neste mesmo período de tempo, o *setup* de uma máquina conformadora de parafusos na *Toyota Motors* foi reduzido de 8 horas para 58 segundos.

Estes são alguns exemplos dos benefícios conseguidos com a implementação desta técnica. Em média, a redução dos tempos varia de 80 a 95%.

Ainda segundo Shingo (1996), o *setup* pode ser dividido em dois tipos de *setup*. *Setup* interno e externo.

*Setup* interno – são operações de *setup* que podem ser executadas somente quando a máquina estiver parada, como fixação e remoção das matrizes.

*Setup* externo – são operações que devem ser realizadas enquanto a máquina está funcionando, como o transporte de matrizes, da montagem à estocagem, ou no sentido contrário.

É necessário que se faça uma análise de todas as operações de *setup* para que se possa separar a atividade que pode ser realizada enquanto a máquina está funcionando e aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada.

A TRF conduz a melhoria do *setup* de forma progressiva. Assim, ele passa por 4 estágios, que são:

Estágio 1: Neste estágio, não é feita nenhuma distinção de *setups* interno ou externo. Muitas vezes, atividades que poderiam ser feitas como *setup* externo, como a procura de ferramenta ou manutenção de matrizes. Por exemplo, são feitas quando a máquina está parada, e isto acarreta em um aumento desnecessário no tempo de preparação.

Estágio 2: Esse é o estágio mais importante na implementação da TRF. É neste estágio que ocorre a separação das operações de *setup* interno e externo. Para que isso ocorra deve-se fazer uma lista de verificação onde estejam todas as operações, condições de operação e medidas que devem ser tomadas enquanto a máquina está em funcionamento. Em seguida deve-se checar o funcionamento de todos os componentes para evitar esperas durante o *setup* interno. Por fim, pesquisar e implementar o método mais eficiente para deslocar matrizes e outros componentes enquanto a máquina estiver funcionando.

Estágio 3: Analisar a operação de *setup* atual para determinar se alguma das atividades consideradas com *setup* interno pode ser transformada em *setup* externo.

Estágio 4: Examinar as operações de *setup* interno e externo para verificar eventuais oportunidades de melhoria. Sempre levar em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação.

Das melhorias obtidas com a TRF ao longo dos anos as que se comprovaram ser mais efetivas são:

- i. Separação bem definida dos *setup* interno e externo;
- ii. Conversão total de *setup* interno em externo;
- iii. Eliminação de ajustes; e
- iv. Fixação sem parafusos.

Estes métodos podem reduzir os *setups* para menos de 5% dos seus tempos anteriores.

### 3.20 – *Kaizen*

A palavra *Kaizen* significa modificar para melhor. O *Kaizen* é uma metodologia de trabalho que incentiva melhorias constantes e incrementais. Ele é realizado através de eventos que visam o atendimento de metas claramente definidas. Estas metas são resultados da identificação de necessidades no chão de fábrica que podem ser: aumentar a produtividade de uma célula, aumentar o tempo disponível de um equipamento, reduzir o tempo de *setup*, reduzir inventário, ganhar área fabril, etc.

Para a realização deste evento um grupo multifuncional é formado para apresentar uma solução que atinja a meta estabelecida. As soluções propostas podem envolver TPM, troca-rápida, *Kanban*, células de manufatura, 6S's e outras ferramentas. A duração do evento pode variar dependendo da complexidade do problema, mas em geral não deve exceder uma semana.

É importante que o *Kaizen* seja escolhido tendo-se uma visão da cadeia de valor e como as partes se relacionam. A área onde o esforço de melhoria será realizado deve trazer uma melhoria global para aquela cadeia de valor. Caso contrário pode-se fazer um grande esforço em uma área e conseguir uma melhoria local, quando o mesmo esforço teria trazido maior resultado para toda a cadeia se tivesse sido feito em outra área.

Tipos de *Kaizen* e Objetivos:

Fluxo Contínuo – Aumento da Produtividade, Ganho de Espaço Físico, Redução de Estoque em Processo (WIP)

Sistema Puxado – Melhoria de atendimento ao Cliente, Redução de Inventário, Redução de *Lead-Time*.

TPM – Ganho de Capacidade, Redução de Estoques de Segurança, Melhoria de atendimento ao Cliente.

*Setup* – Redução de Inventário Ganho de Capacidade, Melhor atendimento ao Cliente.

## **4 – ESTUDO DE CASO**

### **4.1 – Análise do Estado Atual**

Nesta fase será realizado um estudo do atual sistema de produção. Para este estudo serão utilizadas algumas técnicas e ferramentas que possibilitem a percepção dos pontos positivos e negativos da empresa. Este levantamento pode ser feito utilizando ferramentas para diagnóstico de problemas ou efeitos indesejáveis, bem como ferramentas de mapeamento e análise dos processos.

Para a análise do estado atual, entrevistas, atividades de *Brainstorming* e uma ferramenta de diagnóstico serão empregadas. O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) permite a localização dos pontos a serem melhorados no processo, auxilia também na obtenção do consenso entre todos os participantes sobre os pontos a serem melhorados.

### **4.2 – Maquinário e Equipamentos Utilizados na Empresa**

Neste tópico faremos um breve relato a respeito do maquinário que a empresa utiliza para a fabricação de seus produtos, como Centro de Usinagem, tornos, furadeiras, etc.

#### **4.2.1 - 10001 – MCP-H-250**

A máquina 10001 é um Centro de Usinagem HELLER (Figura 4.1), utilizado em operações de fresamento, furação, rosqueamento e mandrilamento. Nesta máquina são produzidas as peças SCA0003 e SCA0005.

#### **4.2.2 – 10002 – MC-12**

A máquina 10002 é um Centro de Usinagem HELLER (Figura 4.2), utilizado em operações de fresamento, furação, rosqueamento e mandrilamento, no entanto é uma máquina com menor potência se compararmos com a 10001.



Figura 4.1-MCP-H250



Figura 4.2-MC-12

#### 4.2.3 - 10003 – BEA-2-HS

A máquina 10003 é um Centro de Usinagem HELLER (Figura 4.3), também utilizada em operações de fresamento, rosqueamento, furação e mandrilamento, nesta máquina também podem ser produzidas as peças SCA0003 e SCA0005, no entanto a sua produtividade é bem menor ao comparamos com o MCP-H-250.

#### 4.2.4 - 20001 – ECN 40 II

A máquina 20001 é um Torno horizontal ROMI (Figura 4.4), usado em operação de torneamento, é uma máquina bem antiga e apresenta baixa produtividade.



Figura 4.3-BEA-2-HS



Figura 4.4-ECN-40-II



#### 4.2.5 - 20002 – Cosmos 20 U

A máquina 20002 é um Torno horizontal ROMI (Figura 4.5), é usado em operação de torneamento e também se pode, em alguns casos, ser usada para operação de furação.

#### 4.2.6 - 20003 – Galaxy 15 S

A máquina 20003 é um Torno horizontal ROMI (Figura 4.6), usada em operações de torneamento e em alguns casos também podemos usá-la para operação de furação, não possui um bom desempenho com relação a capacidade de garantir as medidas das peças.



Figura 4.5-COSMOS 20 U



Figura 4.6-GALAXY 15 S

#### 4.2.7 - 20004 – Index GU 1000

A máquina 20004 é um Torno horizontal INDEX (Figura 4.7), usado em operação de torneamento e também de furação, entre todos os tornos é o torno mais robusta da empresa. Nesta máquina são realizadas algumas operações das peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003.

#### 4.2.8 - 20005 – Index GU 800

A máquina 20005 é um Torno horizontal INDEX (Figura 4.8), utilizado em operações de torneamento e furação, apresenta um bom desempenho no que diz respeito à produtividade. Nesta máquina são realizadas algumas operações das peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003.



Figura 4.7-INDEX GU 1000



Figura 4.8-INDEX GU 800

#### 4.2.9 - 50001 – WEBBO

A máquina 50001 é uma Furadeira de bancada (Figura 4.9), possui quatro furadeiras acopladas, conforme pode ser visto na foto, não é usada para operações que requerem uma grande precisão dimensional, pois para tais operações necessitaria de um investimento em dispositivo muito alto além da agilidade dos operadores ficarem debilitada.

#### 4.2.10 - 50005 – Furadeira Múltipla Brevet

A máquina 20005 é uma Furadeira automática (Figura 4.10), e isso faz com que o operador tenha uma maior disponibilidade para executar outras tarefas. Nesta máquina são executadas algumas operações das peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003.



Figura 4.9-FURADEIRA WEBBO



Figura 4.10-FURADEIRA MULTIPLA BREVET

#### 4.2.11 - 50006 – Furadeira Kone

A máquina 50006 é uma Furadeira manual (Figura 4.11), utilizada para furação e também para fazer rebaiços. Na furadeira Kone também são realizadas algumas operações das peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003.

#### 4.2.12 - 80002 – Bancada

O equipamento 80002 é uma Bancada usada para escariar peças, eliminando rebarba e cantos vivos, usada nas peças SCA0003 e SCA0005 (Figura 4.12).



Figura 4.11-FURADEIRA KONE



Figura 4.12-BANCADA

#### 4.2.13 - 80004 – Máquina de Cravar Inserto

A máquina 80004 na verdade trata-se de uma prensa automática usada para cravar inserto no canal de lubrificação das peças SCA0003 e SCA0005 (Figura 4.13).

#### 4.2.14 - 80005 – Prensa Hidráulica Manual

A máquina 80005 é uma Prensa manual (Figura 4.14), usada para desempenar as peças SCA0003 e SCA0005, pois as mesmas chegam do fornecedor com problema de empenamento;



Figura 4.13-MÁQUINA DE CRAVAR INSERTO



Figura 4.14-PRENSA HIDRÁULICA MANUAL

#### 4.2.15 - 90001 – Roscadeira Pneumática

A máquina 90001 é uma Máquina usada em operações de rosqueamento, também usada em algumas operações das peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003 (Figura 4.15).

#### 4.2.16 - 90002 – Oleador

O equipamento 90002 é usado para olear as peças, para evitar que as mesmas possam oxidar, é usado para as peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003 (Figura 4.16).



Figura 4.15-ROSCADEIRA



Figura 4.16-OLEADOR



### 4.3 – Descrição das Peças Produzidas

Neste tópico será feito um breve relato das peças estudadas, que são produzidas pela empresa.

#### 4.3.1 – ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003 – Cubo

O Cubo é uma peça que faz parte de um conjunto que é utilizado na montagem da roda e este conjunto forma o sistema de eixo dos tratores, estas peças são fornecidas à ZF do Brasil (Figura 4.17 a 4.19).

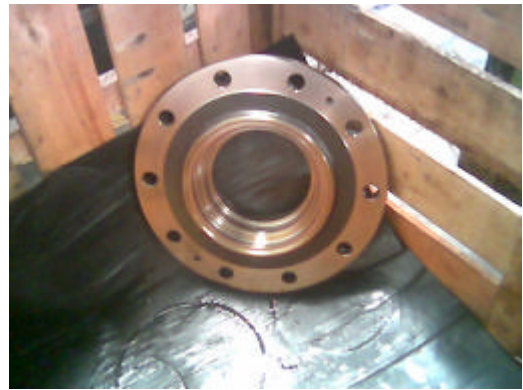


Figura 4.17-ZFA0001



Figura 4.18-ZFA0002



Figura 4.19-ZFA0003

#### 4.3.2 – SCA0003 e SCA0005 – *Timing Gear Plate*

A *Timing Gear Plate*, é uma peça usada em motores de caminhões e ônibus, ela serve para fechar o bloco do motor, em um lado fica bloco do motor e do outro a carcaça do volante, estas peças são peças fornecidas para a Scania (Figura 4.20 à 4.21).



Figura 4.20-SCA0003



Figura 4.21-SCA0005

#### 4.4 - Construindo o Mapa do Fluxo de Valor do Estado Atual

De acordo com Rother e Shook (1998), o fluxo de valor mais completo é o fluxo que representa toda a cadeia, da matéria-prima até o produto acabado entregue para o cliente. Logo, é possível definir diversos níveis de fluxo de valor.

Seguindo esta lógica, pode-se considerar a situação a ser mapeada como um conjunto de diversos fluxos inter-relacionados.

O mapeamento do fluxo de valor deve levar em conta algumas particularidades:

- i. Recomenda-se primeiramente se fazer um mapeamento “macro” do processo, pois as características de simplificação e visibilidade são preservadas. Em seguida, poderá ser feito um detalhamento das operações, caso as informações coletadas sejam suficientes para a identificação de desperdício;
- ii. Quando não for possível mapear todas as peças, deve-se mapear as peças mais representativas do mix;
- iii. Peças de uma mesma família podem formar subconjuntos do produto final. Nestes casos, recomenda-se a construção de um mapa macro até o nível das submontagens, em seguida detalham-se os mapas especificando o fluxo de valor de cada subconjunto;
- iv. Podem-se agrupar as peças e tratá-las como famílias, com base na similaridade de seu fluxo de produção; e
- v. Em situações que apresentam fluxos de valores tratados em paralelos no mesmo mapa, deve-se considerar para efeito de levantamento de *lead time*, o fluxo (e não o processo) que apresente o maior caminho crítico.

No caso da empresa em estudo, optou-se por agir de acordo com os itens ii e iii, pois após um *Brainstorming* com os representantes da função comercial ficou decidido que não seria necessário mapear todos os produtos, uma vez que os itens a serem mapeados representavam os produtos com maior demanda.

#### **4.4.1 – Definir a(s) família(s) de produto(s)**

O primeiro passo consiste na definição das famílias e aquelas que deverão ser mapeadas.

Para a definição das famílias será utilizada uma ferramenta chamada “Matriz de incidência peça/máquina” e também os seguintes critérios:

1. Similaridade de processo - são produtos que compartilham da mesma linha de produção;
2. Frequência e volume da demanda - importante para a definição da política de atendimento da demanda (ATO – *Assembly-to-order*, MTS – *Make-to-stock*, e MTO – *Make-to-order*, etc.)
3. Tempo de ciclo do produto - representa o tempo que o produto leva para ser processado, desde o pedido do cliente até a entrega. 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. Isto deve ocorrer pelo fato de que políticas para definição e dimensionamento de supermercados (peças e matéria-prima) e escolha dos sistemas de controle mais apropriados geralmente tendem a variar em função desse critério.

Como uma família pode ser composta por muitos produtos distintos é necessário que o levantamento seja feito em peças que possuam uma maior frequência e/ou volume de demanda, ou seja, responsável pela maior parte do faturamento da empresa.

Com base no volume de produção e faturamento, foram selecionadas as principais peças que são feitas na empresa para realizar o estudo e após a seleção das principais peças, determinaram-se as famílias, conforme a Tabela 4.1.

As peças foram agrupadas com base na similaridade do seu fluxo de produção. Desta forma, peças que possuem o mesmo fluxo do processo foram agrupadas na mesma família, conforme segue:

- Família 01: composta pelas peças ZFA0001, ZFA0002 e ZFA0003; e
- Família 02: composta pelas peças SCA0003 e SCA0005.

É apresentado na tabela 4.1, o mapa do fluxo de valor do estado atual da família 01 e 02



Tabela 4.1: Matriz de incidência peça/máquina

MÁQUINA	PEÇA				
	ZFA0001	ZFA0002	ZFA0003	SCA0003	SCA0005
10001	0	0	0	1	1
10002	0	0	0	0	0
10003	0	0	0	0	0
20001	0	0	0	0	0
20002	0	0	0	0	0
20003	0	0	0	0	0
20004	1	1	1	0	0
20005	1	1	1	0	0
50001	0	0	0	0	0
50005	1	1	1	0	0
50006	1	1	1	0	0
80002	0	0	0	1	1
80004	0	0	0	1	1
80005	0	0	0	1	1
90001	1	1	1	0	0
90002	1	1	1	0	0

#### 4.4.2 – Mapa do Fluxo de Valor Atual (Família 01)

O mapa do fluxo de valor atual da família 01 encontra-se em anexo (Anexo A).

Da análise do mapa da situação atual da Família 01, podemos destacar:

- i. Grande diferença entre o *lead time de produção* (19 dias) e o tempo de agregação de valor (20,95 minutos);
- ii. Grande quantidade de estoque em processo (12 dias);
- iii. Problemas de não conformidade, em todo lote de produção há a necessidade de se retrabalhar uma grande quantidade de peças;

- iv. A comunicação da programação da produção é feita verbalmente e somente ao líder de turno.

#### **4.4.3 – Mapa do Fluxo de Valor Atual (Família 02)**

O mapa do fluxo de valor da família 02 se encontra em anexo (Anexo B).

Com relação à família de peças 02, destaca-se também:

- i. Grande diferença entre o *lead time* de produção (10,6 dias) e o tempo de agregação de valor (75,92 minutos);
- ii. Grande quantidade de estoque em processo, (2,6 dias); e
- iii. A programação da produção é feita verbalmente e somente ao líder de produção.

#### **4.5 – Concepção do Novo Sistema de Produção Enxuta**

Nesta fase, iremos através das técnicas e ferramentas do Sistema *Lean Manufacturing*, realizar a concepção do novo sistema, buscando otimizar o *lead time* de produção da empresa.

##### **4.5.1 – Construção do Mapa do Fluxo de Valor Futuro das famílias 01 e 02 e métodos para implementação.**

Nesta etapa realizou-se a construção do mapa da situação futura da família 01 e 02, que se encontram em anexo (Anexo C e Anexo D), respectivamente, propondo as melhorias, quando possível e métodos para a implementação.

Tanto para a família 01 como para a família 02, foi proposta a melhoria do *lead time* adotando um novo layout (Anexo E e Anexo F), de modo a viabilizar o fluxo unitário de componentes; Também se adotou a utilização do sistema de controle *kanban* para o balanceamento da produção; e

Foi proposto a introdução de quadros de programação e nivelamento (*Heijunka Box*), para que se possa ter um melhor controle e gestão visual da empresa.

Todas as melhorias propostas acima contemplam uma melhora significativa na redução do *lead time* de produção, pois a adoção de um layout visando o fluxo unitário de peças elimina o problema de produzir peças defeituosas, uma vez que o problema é detectado imediatamente após a peça ser produzida e também se elimina estoques em processo.

Ao utilizar o sistema *kanban* de controle, juntamente com o novo layout, a quantidade de estoque em processo é eliminada e tem-se um melhor aproveitamento dos setores produtivos e melhoria na administração dos estoques intermediários e finais.

Com a adoção de quadros de programação e nivelamento, as informações são dispostas para todos os funcionários e de forma mais rápida, eliminando assim, problemas de comunicação, controle e planejamento desnecessários.

#### **4.6 – Análise da Proposta Elaborada**

Conforme foi dito no início, o objetivo deste trabalho era analisar o sistema atual e propor soluções para reduzir o *lead time* da empresa utilizando as ferramentas do Sistema *Lean Manufacturing*.

Fazendo uma projeção das melhorias com a adoção do novo sistema, podemos notar que ao utilizarmos estas técnicas e ferramentas, obteríamos a redução do *lead time* de produção da ordem de aproximadamente 40% para as peças da Zf do Brasil e de 22% para as peças da Scania.

Também teremos a redução do espaço físico conseguido com a adoção do novo layout (Anexo E e Anexo F), e a redução no excesso de movimentação de material, o que geralmente acarreta em desperdício, como peças batidas, necessidade de ter mais funcionário, etc.

Com a adoção do sistema *kanban* juntamente com o quadro de programação e nivelamento, há uma produção mais balanceada fazendo com que só se produza quando necessário e na quantidade necessária. Além disto, todos os funcionários ficam cientes das metas a serem cumpridas e a comunicação mais fácil.

Neste sentido, pode-se afirmar que o trabalho atingiu seu objetivo, pois foi possível propor as melhorias que devem ser feitas para que se possa atingir a meta, que é a redução do *lead time* de produção da empresa.

No próximo capítulo, são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho.

## 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais desenvolvidas a partir da proposta elaborada, a visão do autor e a visão da empresa com relação ao que foi proposto.

### 5.1 - Análise das Atividades

Este trabalho buscou apresentar e aplicar as ferramentas e técnicas do Sistema *Lean Manufacturing* em uma empresa de usinagem de pequeno porte, de forma a propor soluções para que fosse possível reduzir o *lead time* de produção.

Com isso, foi possível estudar e conhecer de uma forma mais profunda toda a sistemática das técnicas e ferramentas adotadas no *Lean Manufacturing*. Além disso, todo o conhecimento obtido durante a graduação, os conceitos, métodos estudados neste período e a visão crítica obtida propiciaram um amadurecimento no que diz respeito a minha formação profissional.

Com relação aos objetivos da proposta elaborada, conclui-se que todas as ferramentas do estudo podem ser aplicadas e com isso se obter um resultado muito positivo em empresas de qualquer seguimento.

No entanto para uma empresa de usinagem de pequeno porte, a utilização de algumas técnicas e ferramentas são limitadas. Por se tratar de uma empresa de prestação de serviço, e a mesma não ter o controle de toda a cadeia e não tem tanto poder de negociação, a implantação de algumas técnicas pode ser prejudicada.

Mesmo com algumas situações adversas, observa-se que se a empresa implantar pelo menos parte do que foi proposto, esta terá um retorno positivo.

Do ponto de vista da Empresa, ficou bem claro que qualquer iniciativa que vier a agregar à Empresa, será muito bem vinda. No entanto, acredita-se que por se tratar de uma empresa deste porte o que se poderia conseguir seria apenas a utilização de alguns conceitos.

Há de se destacar o interesse da empresa em realizar a implantação de algumas técnicas e ferramentas que foram propostas neste trabalho, entre elas podemos citar a adoção do novo layout que já foi implantado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

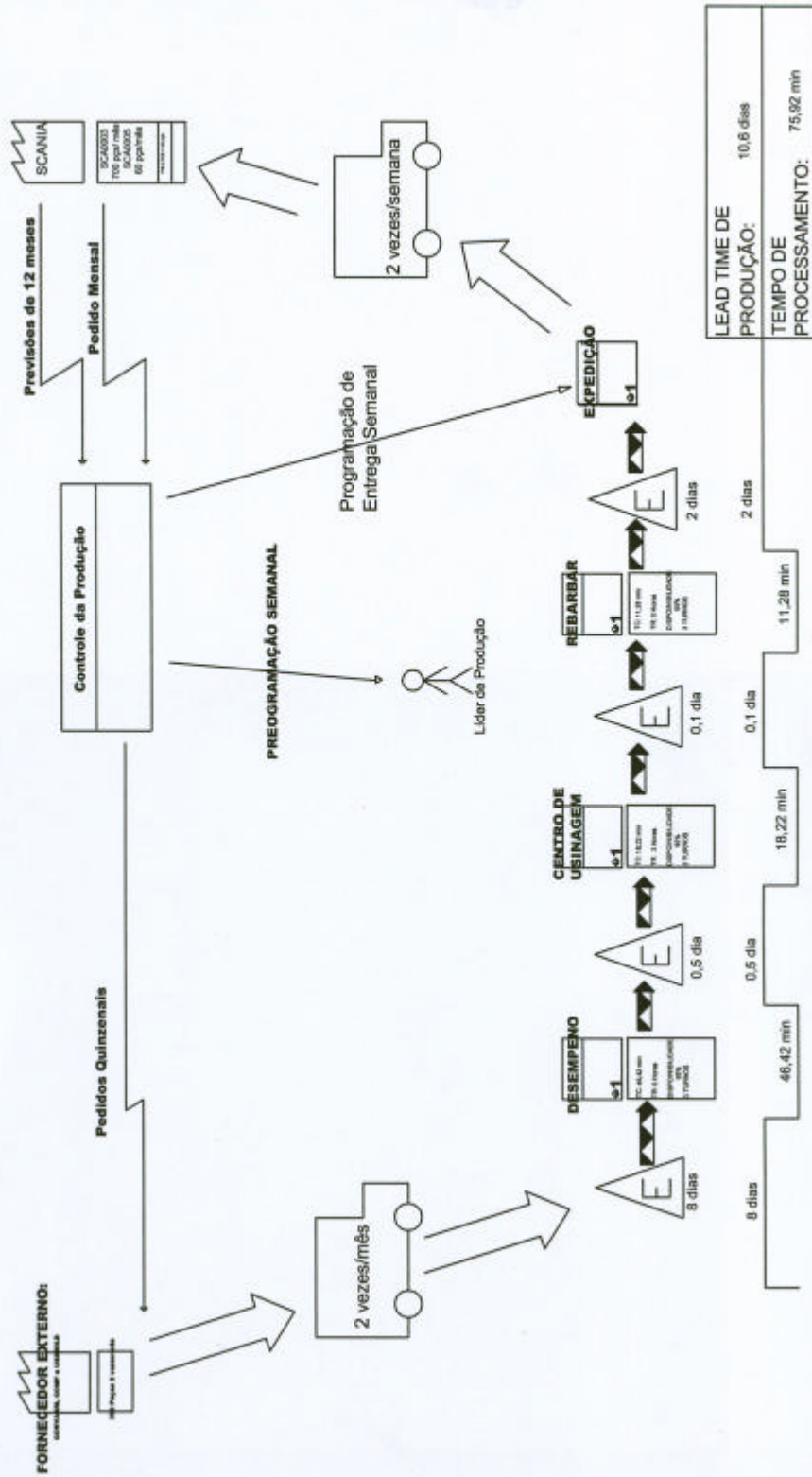
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; 1996. *Just In Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico*. São Paulo: Atlas.
- MORAES, Paulo Henrique de Almeida; 2004. *Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística – Taubaté: UNITAU.*
- NAZARENO, Ricardo Renovato, 2003. *Desenvolvimento e Aplicação de Um Método Para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta – São Carlos: USP.*
- OHNO, Taiichi.; 1997. *O Sistema de Produção: além da produção em larga escala - tradução Cristina Schumacher.* Porto Alegre: Artes Médicas.
- RENTES, A.F.; 2000. *Transmeth, Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresa – São Carlos: USP..*
- ROTHER, M.; SHOOK, J.; 1998. *Aprendendo a Enxerga.* São Paulo: Lean Institue Brasil.
- SHINGEO, Shingo; 1996. *O Sistema de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.* Tradução. Eduardo Schaan. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas.
- SLACK, N. *et al*; 1999. *Administração da Produção.* São Paulo: Atlas.
- TUBINO, F. Dalvino.; 1999. *Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica.* Porto Alegre: Bookman.
- WOMACK, J. P.; JONES, D.T. & ROOS, D; 2004. *A Máquina que mudou o mundo.* Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier.
- WOMACK, P. J.; JONES, T. D.; 1997. *Mentalidade Enxuta nas Empresas.* 6ª ed. Rio de Janeiro: Campus.
- ZF DO BRASIL. 2003. Instrução de Trabalho, IT-MS-003. Sorocaba.

**ANEXO A – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 01**



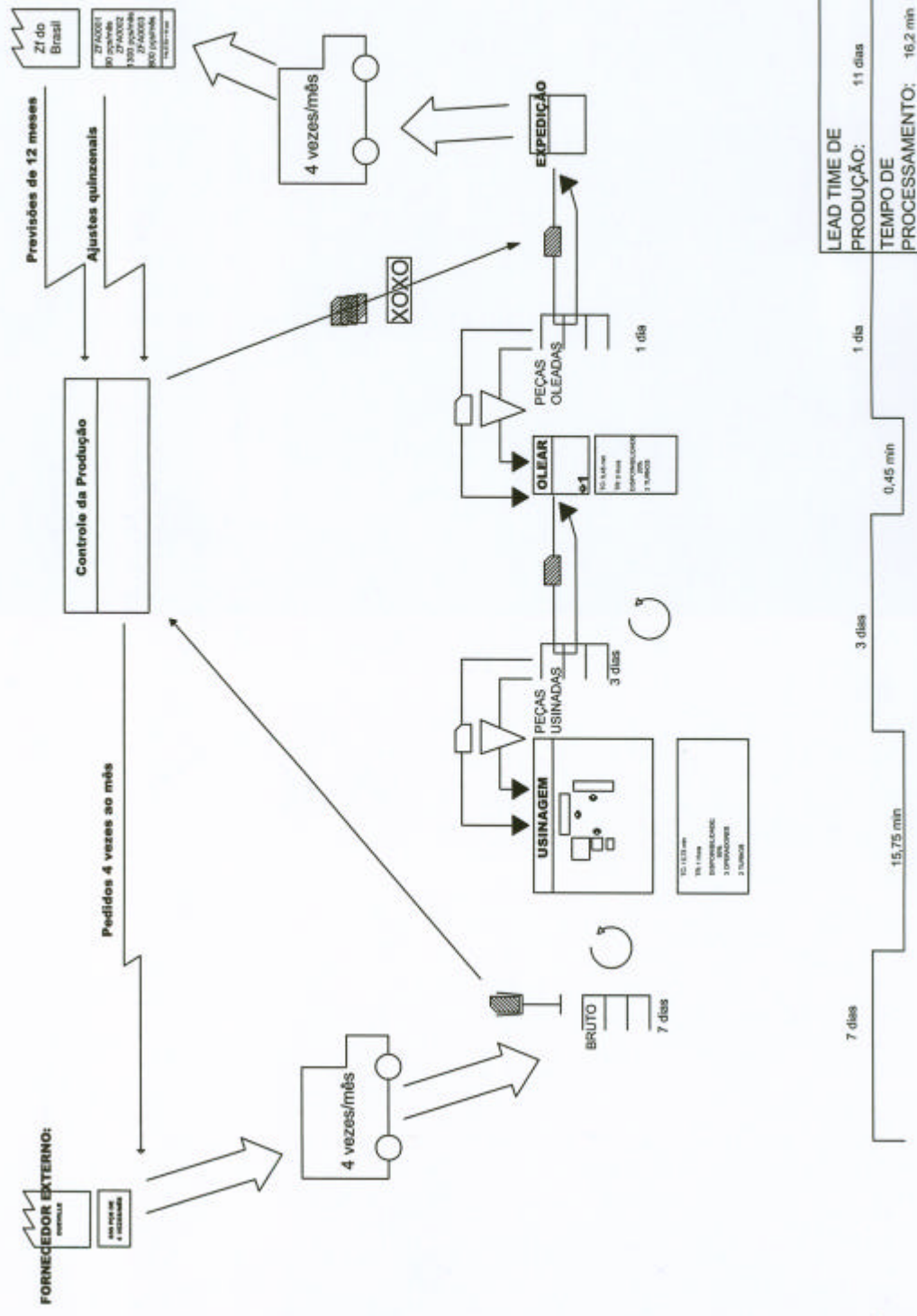


**ANEXO B – Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 02**



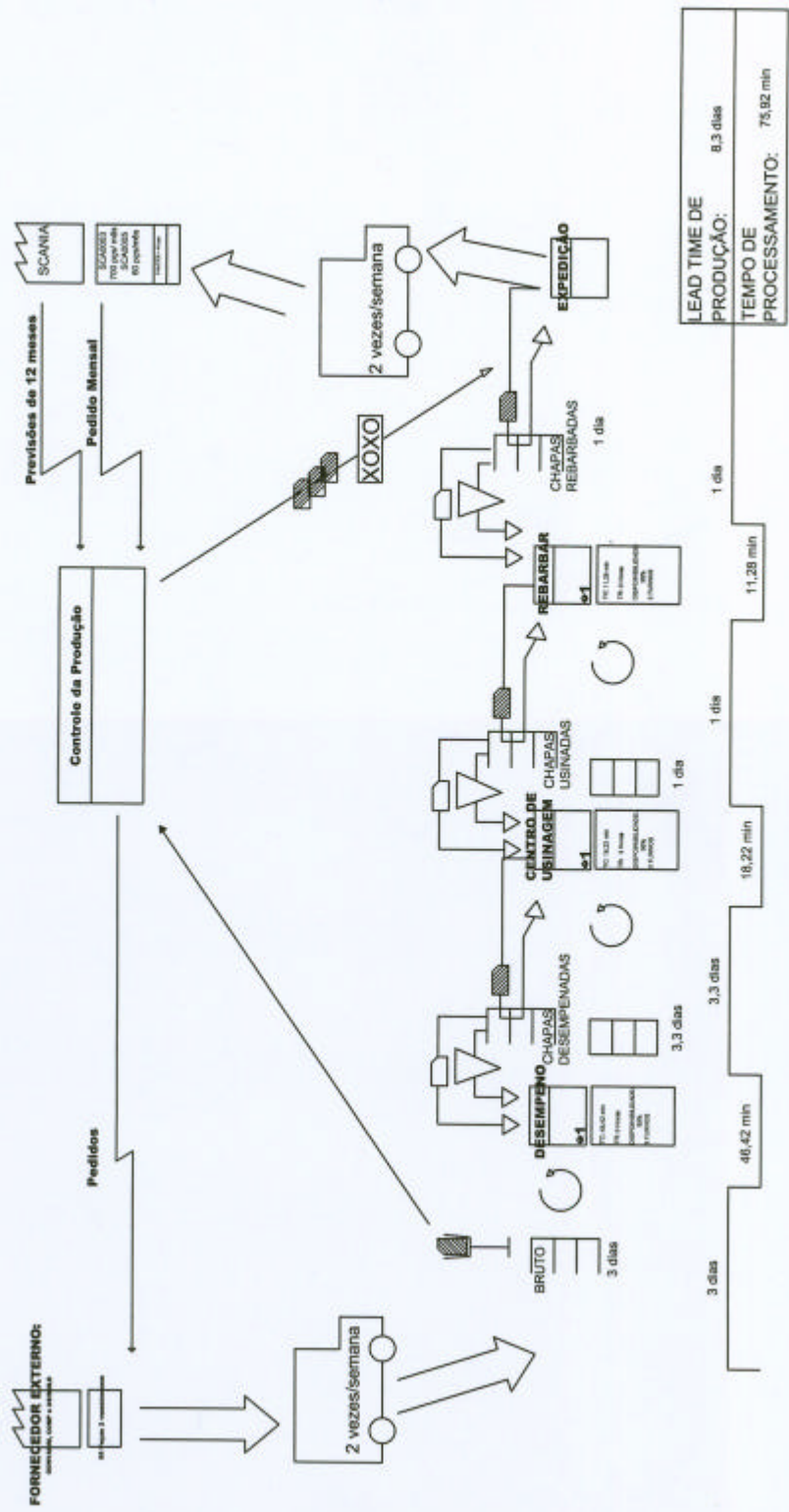
**ANEXO B - Mapa do Fluxo de Valor Atual da Família 02**

**ANEXO C – Mapa do Fluxo de Valor Futuro da Família 01**



**ANEXO C - Mapa do Fluxo de Valor Futuro da Família 01**

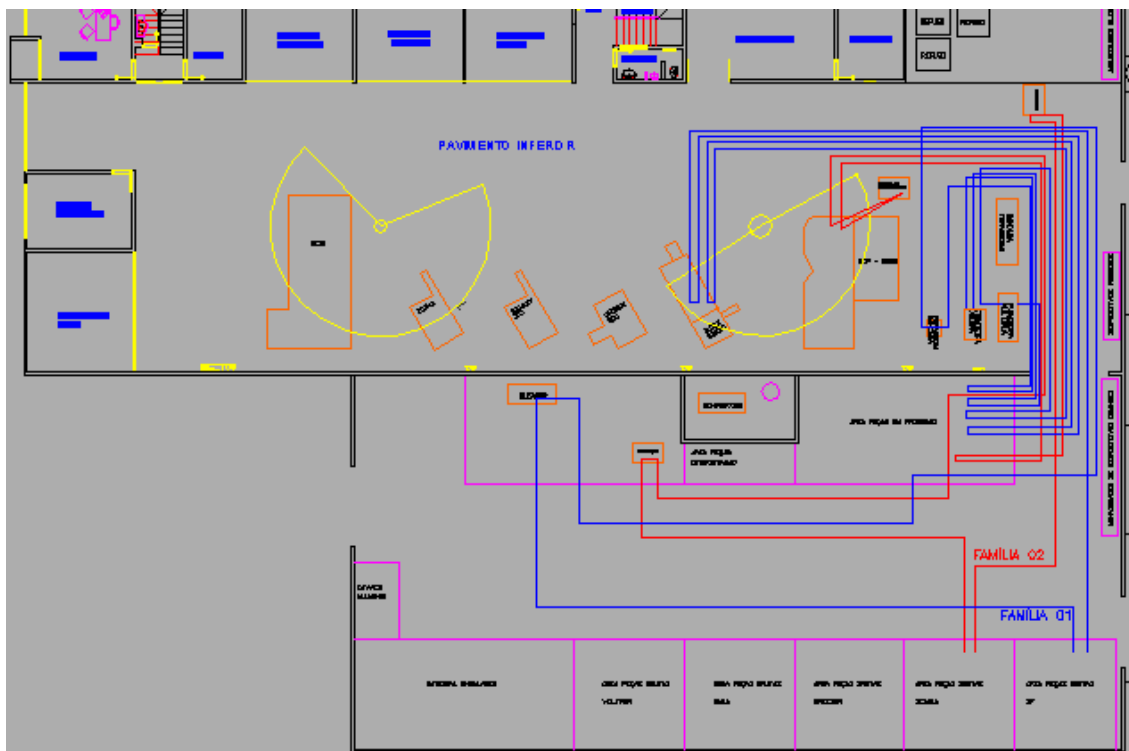
**ANEXO D – Mapa do Fluxo de Valor Futuro da Família 02**



**ANEXO D - Mapa do Fluxo de Valor Futuro da Familia 02**

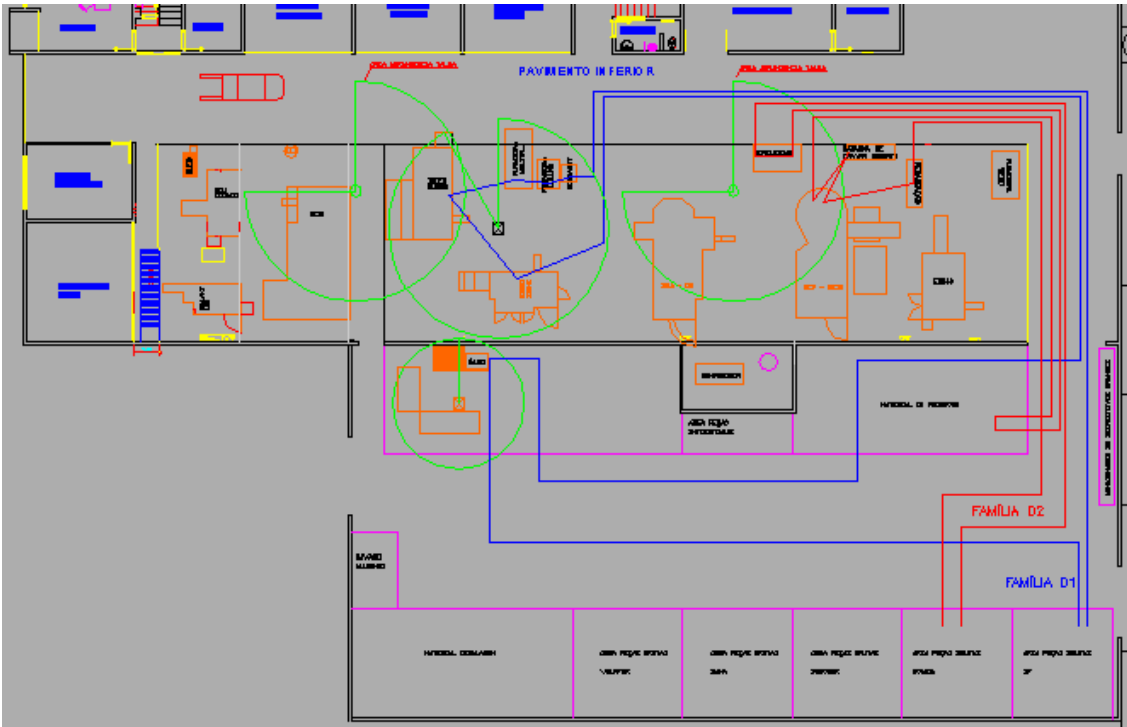
**ANEXO E – Layout Antigo**





——— Família 01  
——— Família 02

## **ANEXO F – Layout Proposto**



——— Família 01  
——— Família 02