

TESE DEFENDIDA POR LUIZ DALMIR FERRAZ  
DE CAMPOS

COMISSÃO JULGADORA EM 07/04/2000 E APROVADA

*Paulo Corrêa Lima*

ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

APLICAÇÃO DO CONCEITO DE  
MENTALIDADE ENXUTA AO PROJETO DE  
SISTEMAS DE MANUFATURA - ESTUDO DE  
CASO

Autor : LUIZ DALMIR FERRAZ DE CAMPOS

Orientador: Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

43/00

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE  
MENTALIDADE ENXUTA AO PROJETO DE  
SISTEMAS DE MANUFATURA - ESTUDO DE  
CASO**

**Autor : LUIZ DALMIR FERRAZ DE CAMPOS  
Orientador: Paulo Corrêa Lima**

**Curso: Engenharia Mecânica.  
Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação**

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2000  
S.P. - Brasil

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIVERSIDADE (U) (C)  
N.º CHAMADA:  
UNICAMP  
C157a  
V. \_\_\_\_\_ Ex. \_\_\_\_\_  
TOMBO BC/ 42098  
PROC.: 96-228100  
C  D   
PREC. R\$ 11,00  
DATA 31/08/00  
N.º CPD \_\_\_\_\_

CM-00145831-9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C157a Campos, Luiz Dalmir Ferraz de  
Aplicação do conceito de mentalidade enxuta ao  
projeto de sistemas de manufatura - estudo de caso /  
Luiz Dalmir Ferraz de Campos.--Campinas, SP: [s.n.],  
2000.

Orientador: Paulo Corrêa Lima.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Processos de fabricação. 2. Administração da  
produção. 3. Eficiência industrial. 4. Sistema Toyota de  
produção. I. Lima, Paulo Corrêa. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**APLICAÇÃO DO CONCEITO DE  
MENTALIDADE ENXUTA AO PROJETO DE  
SISTEMAS DE MANUFATURA - ESTUDO DE  
CASO**

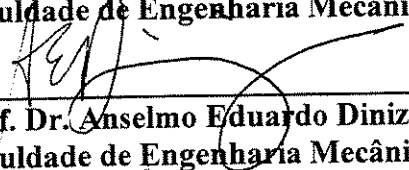
Autor : **LUIZ DALMIR FERRAZ DE CAMPOS**

Orientador: **Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima**




---

**Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima, Presidente  
Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas**



---

**Prof. Dr. Anselmo Eduardo Diniz  
Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas**



---

**Prof. Dr. Ademir José Petenate  
Instituto de Matemática e Estatística da Universidade Estadual de Campinas**

Campinas, 7 de abril de 2000

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

## **AGRADECIMENTOS:**

Meu primeiro agradecimento é a Deus que me permitiu a recuperação de minha saúde e a disposição para retomar os estudos acadêmicos.

Agradeço também ao meu amigo e orientador Prof. Paulo Corrêa Lima, porque acreditou desde o início que este trabalho poderia ser levado a cabo.

Agradeço à Thais, minha esposa, o incansável apoio em todos os momentos. Certamente seu papel foi decisivo para que eu pudesse concluir este trabalho.

Agradeço também aos professores Prof. Dr. Anselmo Eduardo Diniz e prof. Dr. Eugênio José Zoqui que participaram da banca de qualificação pelas sugestões apresentadas para o melhoramento deste trabalho.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

*“Quem espera sempre alcança, mais vale a esperança.”*

## RESUMO

CAMPOS, Luiz Dalmir Ferraz de, *Aplicação do Conceito de Mentalidade Enxuta ao Projeto de Sistemas de Manufatura – Estudo de Caso*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 94 p. Dissertação (Mestrado).

A dissertação relata o estado de absorção pelo Ocidente, do sistema Toyota de produção, conhecido como “produção enxuta” através da metodologia da “Mentalidade Enxuta”. Descreve a metodologia da mentalidade enxuta através dos seus cinco princípios que são: Valor, Cadeia de valores, Fluxo, Produção puxada e Perfeição.

Descreve também a metodologia da implantação de produção enxuta em uma empresa via um processo de oito pontos que são: Levantamento de dados, Projeto de células, Redução dos tempos de setup, Controle de Qualidade Total, Manutenção Preventiva e integrada, Nivelamento e balanceamento da produção, Controle de produção e controle de inventários – kanban e finalmente o Programa de Fornecedores.

Relata o estudo de caso na empresa FMETAL, na modificação do sistema de produção em massa para produção enxuta com diminuição dos estoques intermediários, redução do tempo de mão de obra ocioso, liberação de espaço útil, redução dos tempos de setup, redução de 30% na mão de obra e aumento da produção.

Conclui com a plena possibilidade de transplantar o sistema japonês de produção enxuta para empresas de outros países.

*Palavras chave:*

Produção enxuta, mentalidade enxuta.

## **“ABSTRACT”**

CAMPOS, Luiz Dalmir Ferraz de, *Application of the Lean Thinking Concept to the Design of Manufacturing Systems – Case Study*. Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 94 p. Dissertation (Master of Science).

The dissertation reports the state of absorption by the Occident, of the Toyota Production System, known as “Lean Production” through the application of the methodology of “Lean Thinking”, It describes the Lean Thinking Methodology through its five principles namely: Value, Value Chain, Flow, Pulled Production, and Perfection.

It describes also the Methodology for the implementation of Lean Production in a company through a process of eight steps that are: Data Gathering, Cell Design, Reduction of Setup Times, Integrated Quality Control, Integrated Preventive Maintenance, Leveling and Balancing of the Manufacturing System, Production and Inventory Control – kanban and finally the Vendor Program.

It reports the Case Study on the FMETAL company, by the modification of the production system from the mass production to the lean production with the reduction of the intermediary stocks, reduction of idle labor time, liberation of useful space, reduction in setup times, a reduction of 30% of total labor time and a production increase.

It concludes with the total feasibility of transplanting the Japanese system of lean production to companies of other countries.

*Key words:*

Lean production, Lean thinking



# ÍNDICE

Lista de tabelas.....	x
Lista de figuras.....	xi
Lista de siglas.....	ix
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1. Introdução – Objetivos da dissertação.....	1
1.1. Do artesanal à produção em massa e seu apogeu.....	3
1.2. Surgimento da produção enxuta – razões.....	4
1.3. Da produção enxuta à empresa enxuta, à Mentalidade enxuta.....	7
1.4. O estudo de caso - FMETAL.....	7
1.5. Objetivos da dissertação:.....	8
1.5.1. Geral: Aplicação do conceito de mentalidade enxuta em sistemas de manufatura.....	8
1.5.2. Específicos:.....	8
1.6. Conteúdo do trabalho.....	9
2. - Fundamentos da manufatura enxuta.....	10
2.1. Histórico.....	10
2.1.1. Produção enxuta onde surgiu e como.....	10
2.1.2. Estado da arte.....	21
2.1.3. Brasil frente à comunidade internacional.....	28
2.2. Conceito de mentalidade enxuta.....	31
2.2.1. Valor.....	34
2.2.2. Cadeia de valores.....	35

2.2.3. Fluxo.....	39
2.2.4. O puxar.....	44
2.2.5. A perfeição.....	46
3. Metodologia de introdução de manufatura em uma empresa – o salto enxuto.....	48
3.1. Levantamento de dados – mapa de processo antes e depois.....	49
3.2. Projeto de células ligadas de fabricação e montagem.....	52
3.3. Redução dos tempos de setup.....	55
3.4. Controle de qualidade total.....	57
3.5. Manutenção preventiva e integrada.....	59
3.6. Nivelamento e balanceamento da produção.....	61
3.7. Controle de produção – Kanban – Controle de inventário.....	63
3.8. Programa de fornecedores.....	65
4. Estudo de caso FMETAL.....	68
4.1. Descrição da empresa – layout da fábrica.....	68
4.2. Situação antes: produção dedicada – mass production”.....	70
4.2.1. mapa de estado atual.....	70
4.3. Situação depois: produção enxuta.....	72
4.3.1. Mapa de situação futura.....	72
4.4. Pontos de melhoria “kaizen”.....	76
4.5. Projeto de células interligadas de manufatura.....	79
4.6. Estudos de nivelamento da produção.....	83
4.7. Comentários do estudo de caso.....	85
5. Conclusão.....	87
5.1. Passos futuros.....	88
Referencias bibliográficas.....	90
Glossário.....	94

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AGV</b>	<i>Automated Guided Vehicles</i>
<b>CCQ</b>	Círculos de Controle da Qualidade
<b>CIM</b>	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
<b>FIFO</b>	<i>First In First Out</i>
<b>HBR</b>	<i>Harvard Business Review</i>
<b>IMPS</b>	<i>Integrated Manufacturing Production System</i>
<b>IMVP</b>	<i>International Motor Vehicle Program</i>
<b>JIT</b>	<i>Just In Time</i>
<b>L-CMS</b>	<i>Linked Cell Manufacturing System</i>
<b>MIT</b>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
<b>MRP</b>	<i>Materials Requirements Plan</i>
<b>MTBF</b>	<i>Medium Time Between Failures</i>
<b>NOTED</b>	<i>No Touch Exchange of Dies</i>
<b>OTED</b>	<i>One Touch Exchange of Dies</i>
<b>PCP</b>	Planejamento e Controle da Produção
<b>QFD</b>	<i>Quality Function Deployment</i>
<b>RETAD</b>	<i>Rapid Exchange of Tooling and Dies</i>
<b>SMED</b>	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
<b>TPM</b>	<i>Total Preventive Maintenance</i>
<b>TQC</b>	<i>Total Quality Control</i>
<b>TQM</b>	<i>Total Quality Management</i>
<b>TRFD</b>	Troca Rápida de Ferramentas e Dispositivos

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 - PRODUÇÃO JAPONESA DE VEÍCULOS.....	
EM ANOS SELECIONADOS.....	2
TABELA 1.2 - PRODUÇÃO DE VEÍCULOS TOYOTA.....	
EM ANOS SELECIONADOS.....	6
TABELA 2.1 - ALTERAÇÕES NA LANTECH.....	23
TABELA 2.2 – FATORES DE TRANSIÇÃO NA PORSCHE.....	25
TABELA 2.3 – MELHORIAS NA MERCEDES BENZ DO BRASIL.....	30
TABELA 2.4 – MELHORIAS NA INVEYSYS SOUTH AMERICA.....	30
TABELA 2.5 – TEMPOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO.....	
DE UMA LATA DE COLA.....	36
TABELA 4.1 – SITUAÇÃO DA EMPRESA FMETAL.....	72
TABELA 4.2 – DEMANDA MENSAL POR CÉLULA.....	83
TABELA 4.3 – DEMANDA DIÁRIA POR PEÇA.....	85
TABELA 4.4 - TEMPOS TAKT POR CÉLULA.....	85

# 1-INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Desde que Taylor e Fayol introduziram os princípios da administração científica e desde que Ford iniciou a chamada produção em massa, os administradores ainda mentalizados pelo sistema contábil nascido no século XVI sempre pautaram suas ações por alguns paradigmas:

1) O “mercado” (número provável de compradores em um certo instante) é infinito. Quanto mais se produzir mais se vende.

2) A contabilidade registra os fatos passados de modo a possibilitar à administração saber de onde provêm os recursos e onde eles foram aplicados.

3) Todo o raciocínio produtivo e de custos deve ser centrado no produto.

O Japão, após a segunda guerra mundial que provocou a destruição de seu sistema produtivo, começou a reorganizar seu parque produtivo e como modelo tomou a indústria americana, então totalmente baseada na produção em massa e nos paradigmas acima citados. De fato, OHNO (1989), que trabalhou muitos anos nas Indústrias Toyota, disse que em 15 de agosto de 1945, dia da derrota do Japão na segunda guerra mundial, o Sr. M. Kiichiro Toyoda (1894-1952) havia declarado que, a seu juízo, era necessário recobrar e ultrapassar os americanos em três anos (na produção de automóveis), sem o que a indústria automobilística japonesa não iria para frente. Como a produtividade japonesa era na época de um oitavo da produtividade americana segundo OHNO op. Cit., era necessário ao Japão aumentar sua produtividade de oito vezes em três anos, uma tarefa e tanto...

Todavia as técnicas de produção em massa adotadas pelos americanos e europeus diferiam da situação encontrada no Japão, porque o mercado comprador de seus produtos era exclusivamente o mercado interno e com uma capacidade muito limitada de absorver a produção. CUSUMANO (1985) mostra na tabela 1.1 a evolução da produção automobilística japonesa. Como se vê a produção no pós-guerra era de apenas 31.597 veículos em 1950 e ainda a maioria, 83,9%, era de caminhões.

Embora os japoneses tenham copiado os americanos e seu sistema de produção em massa e sua indústria tenha crescido em ritmo impressionante, já na Toyota, eles se preocupavam

TABELA 1.1

## PRODUÇÃO JAPONESA DE VEÍCULO EM ANOS SELECIONADOS

ANO	PRODUÇÃO DE VEÍCULOS	% DE CAMINHÕES	% DE CARROS
1941	46.498	92,1	3,9
1950	31.597	83,9	5,0
1955	68.932	63,2	29,4
1960	481.551	64,0	34,3
1965	1.875.614	61,9	34,3
1970	5.289.157	39,0	60,1
1975	6.941.591	33,7	65,8
1980	11.042.884	35,4	64,1
1982	10.731.794	35,3	64,1
1983	11.111.659	35,1	64,4

Fonte: Associação japonesa de fabricantes de automóveis; apud CUSUMANO (1985)

com o perigo de imitar os americanos sem discernimento. Ao contrário da produção em massa com variação restrita de modelos, não seria o caso, no Japão, de se produzir pequenas series de numerosos modelos diferentes? E, além disso, OHNO (1989) já imaginava que um tal modelo japonês pudesse superar o sistema de produção em massa.

O centro do raciocínio da produção em massa, refletido no paradigma 1 acima é “o que você produzir, você vende”.

Já a essência do sistema de produção desenvolvido pela Toyota, chamado Sistema Toyota como diz CORIAT (1994) é o contrário, o “inverso” do sistema concebido algumas décadas antes por Taylor e Ford. O sistema americano se caracteriza por grandes séries de produtos rigorosamente idênticos, contra séries restritas de produtos diferenciados imaginada no sistema japonês.

O objetivo do sistema Toyota é assim o de produzir pequenas séries a baixo custo. CORIAT (1994) sintetiza de modo muito claro o centro da filosofia do Ohnismo<sup>1</sup>:

---

<sup>1</sup> Ohnismo – nome dado por CORIAT ao Sistema Toyota de produção

“Buscar origens e naturezas de ganhos de produtividade inéditas, fora dos recursos das economias de escala e de padronização taylorista e fordista, isso nas pequenas séries e na produção simultânea de produtos diferenciados e variados”.

## **1.1 – Do Artesanal à Produção em Massa e Seu Apogeu**

Até o surgimento da produção em massa introduzida por Ford, as fábricas produziam sob o chamado sistema artesanal. As características deste sistema são:

- 1- A mão de obra polivalente, sendo qualificada desde o projeto, na operação de máquinas, ajuste e acabamento.
- 2- Grande parte das peças e mesmo o projeto desta provindo de pequenas oficinas
- 3- A predominância de máquinas universais nos processos gerais de furação, de corte e demais operações em metal ou madeira.
- 4- O baixo volume de produção

A introdução da produção em massa mudou estes conceitos levando ao abandono da produção artesanal.

Conforme WOMACK et alli (1997), em 1908 Ford produzia o modelo T, vigésima evolução de um projeto de automóvel começado cinco anos antes com o modelo A. O tempo médio de ciclo de produção de um veículo era nesta ocasião de 8,56 horas, o processo era artesanal e um trabalhador montava quase um carro inteiro antes de passar ao próximo. Ford preconizava a padronização das medidas com um fervor quase religioso e foi graças a esse fervor que a Ford atingiu a completa intercambiabilidade e a facilidade de ajustar as peças entre si, requisito essencial para a introdução da produção em massa.

Quando atingiu a intercambiabilidade Henry Ford decidiu que cada montador executaria uma só tarefa, movimentando-se de um carro a outro entre os que estavam sendo montados. Com essas medidas, o tempo de ciclo de cada carro já havia caído daquelas 8,56 horas para 2,3 minutos e estava próxima a introdução da linha de montagem.

Quando Ford percebeu que o deslocamento do trabalhador introduzia perdas de ritmo quando um era mais veloz que o outro, decidiu fazer uma linha móvel a velocidade constante, enquanto que o trabalhador permaneceria parado.

É necessário chamar a atenção para estes fatos para se ver depois, como no toyotismo<sup>2</sup> deve-se voltar a alguns conceitos da produção artesanal apressadamente abandonados em favor do enorme ganho de produtividade produzido pela produção em massa.

Ao enorme ganho de produtividade obtido seguiu-se uma inevitável redução de custos e entre 1908 e 1920 o custo do modelo T caiu para 1/3 do que era antes. É como se hoje se fosse possível a redução do preço de um carro de R\$ 10.000,00 para R\$ 3.000,00 somente por ganhos de produtividade.

A produção em massa mudou a face do mundo e prosseguiu sua carreira vitoriosa até 1955, quando as três grandes americanas, Ford, GM e Chrysler produziam 95% das vendas mundiais e apenas 6 modelos principais, vendendo mais de 7 milhões de unidades. Aí começou a queda do modelo de produção em massa porque novos ventos começavam a soprar.

## **1.2 - O Surgimento da Produção Enxuta e Suas Razões**

Para bem se compreender as razões que levaram ao surgimento da produção enxuta é necessário traçar um cenário do que acontecia no Japão de 1950.

No final de 1949 um colapso de vendas forçou a Toyota a dispensar grande parte de sua força de trabalho. Em 1950 ela havia produzido 2.685 automóveis no ano, enquanto uma só fábrica americana, a Ford, produzia 7.000 carros por dia.

O Japão tinha necessidade de produzir pequenas quantidades de numerosos modelos de produtos. Enquanto o sistema de produção em massa é refratário a mudanças o sistema Toyota foi concebido para isso, sendo muito bom na diversificação.

Como diz OHNO (1989) o sistema tinha de produzir séries restritas de produtos diferenciados e variados. Nesse sentido, ele era o inverso do modelo de produção de Ford. Enquanto o objetivo de Ford era produzir quantidades cada vez maiores de um produto padronizado e com poucas variações com redução crescente de custos, o objetivo declarado da Toyota era fabricar, a um preço bom, pequenas séries de inúmeros modelos diferentes. Por isso o sistema de produção enxuta é particularmente bom para uma produção diversificada.

O problema fundamental deste sistema era o de ganhar produtividade num ambiente em que as quantidades produzidas não aumentavam, o que contrariava um dos paradigmas da

---

<sup>2</sup> toyotismo – nome dado também ao Sistema Toyota de produção



produção em massa.

E aqui começaram as primeiras descobertas. Se não podia aumentar a quantidade produzida, dever-se-ia certamente diminuir o pessoal de produção, através de uma racionalização da produção e da eliminação do desperdício, o que constitui outro fundamento dessa produção.

Era necessário ganhar produtividade pensando “ao contrário” de Ford. Não pensar em grandes séries, com milhões de unidades, mas pequenas séries. Não na padronização do produto, mas na sua diferença, sua variedade. Este é o espírito Toyota. Aí surge a produção “enxuta”.

O termo “Lean production” foi definido pelo pesquisador John Krafcik do IMVP (International Motor Vehicle Program) criado no MIT em 1985. A tradução brasileira do livro WOMACK (1990) adotou o nome “*produção enxuta*” para o termo “*Lean production*”. A produção enxuta é transparente e flexível. Na fábrica enxuta há redução dos estoques de material em processo e do número de pessoas que trabalham.

É necessário indagar sobre o porquê do nascimento desse processo de produção.

Assim como Ford teve condições ideais que o levaram à concepção da produção em massa, também Ohno e o Japão tinham situações completamente diferentes que o levaram a conceber este sistema.

A criação sempre nasce de uma necessidade. Em 1950 a indústria japonesa produziu apenas 31.597 carros sendo que a maior parte destes veículos era caminhões (ver tabela 1.1). Conforme CUSUMANO (1985), neste ano a Toyota produziu 11.706 veículos em todas as categorias (ver tabela 1.2). Com essas quantidades, a exploração das economias de escala era impossível. Aumentar o volume de produção nem passava pela cabeça de Ohno, pois não havia mercado para seus produtos. O que ele queria realmente era *diminuir o custo* e produzir diversos carros em pequena quantidade.

Assim é fácil compreender porque as empresas americanas tiveram de modificar a organização do trabalho de modo a permitir uma rápida expansão do mercado e como isto propiciou o nascimento da produção em massa, enquanto que no Japão, o atraso técnico e industrial proibia qualquer perspectiva de exportação e o mercado interno, que como se viu era ridiculamente pequeno, tinha, além disso, quantidade inverossímil de ofertantes (cerca de 12 firmas).

TABELA 1.2

## PRODUÇÃO DA TOYOTA EM ANOS SELECIONADOS

ANO	PRODUÇÃO
1941	11.611
1950	11.706
1955	22.786
1960	154.770
1965	477.643
1970	1.609.190
1975	2.336.053
1980	3.293.344
1982	3.144.557
1983	3.272.335

Fonte: Associação japonesa de fabricantes de automóveis apud CUSUMANO (1986)

Nesse ambiente, a concorrência e a competitividade determinaram a necessidade de encontrar respostas a esse problema. Com a grave situação da Toyota em 1949 –50, um grupo bancário, comandado pelo Banco do Japão foi chamado para socorrê-la. Este grupo impôs a Toyota as seguintes disposições:

- a) criação de uma sociedade de distribuição de seus produtos;
- b) redução importante de pessoal;
- c) ajustamento das quantidades de carros produzidas àquelas efetivamente vendidas pela recém criadas sociedade de distribuição.

Essa imposição dos Bancos tornou-se um dos pilares do método – produzir exatamente as quantidades vendidas e produzi-las exatamente no tempo necessário.

Conforme relatado pelo próprio Ohno, reinava nesta época a maior bagunça nos métodos de produção da Toyota. Durante os primeiros vinte dias de um mês acumulavam-se de maneira

desorganizada as produções e os estoques de peças intermediárias e de produtos em curso de fabricação, antes de ter início, nos últimos dez dias a produção de automóveis

Importante notar que havia um excesso de desperdício de tempo e material e, por esse motivo, a Toyota viu-se sem fundos para a compra de materiais e peças essenciais à fabricação de seus automóveis. Daí surgiu a idéia de produzir com estoque zero.

É necessário falar também sobre as peculiares condições do mercado de trabalho japonês no pós-guerra. A preocupação de Ohno com o desperdício, herdada dos tempos em que trabalhara na indústria têxtil, levou-o ao princípio da *autonomação* neologismo que junta as palavras automação e autonomia. Esses eram os dispositivos de parada automática em caso de defeito ou ao fim do ciclo.

Na indústria têxtil era comum um só operário cuidar de cerca de quarenta máquinas mais ou menos. Ohno decidiu aplicar este princípio à indústria automobilística com um operário operando várias máquinas. Isto o levou à criação do *conceito de operários polivalentes*, em oposição à especialização de trabalho pregada por Taylor.

Como se vê, as situações econômica e social prevaletentes no Japão foram fatores determinantes para o nascimento do sistema de produção enxuta.

### **1.3 - Da Produção Enxuta à Empresa Enxuta à Mentalidade Enxuta**

A idéia central na criação do conceito de *Empresa Enxuta* é a extensão das técnicas de produção enxuta além de uma simples empresa. Se se puder juntar os resultados obtidos acima e abaixo em uma corrente contínua de valor que cria, vende, e dá assistência a uma família de produtos, a performance do todo pode ser aumentada sinergicamente a um nível muito superior.

As atividades de criação de valor podem ser juntadas, mas este esforço requer um novo conceito organizacional, segundo WOMACK & JONES (1996): *a empresa enxuta*.

A empresa enxuta consistiria em um grupo de indivíduos, funções e empresas legalmente separadas mas operacionalmente sincronizadas. A noção de cadeia de valor define a empresa enxuta.

O que se tem visto no Brasil e no exterior são tentativas de introdução das técnicas japonesas da produção enxuta em casos isolados, com alguma coisa de TQC, um pouco de JIT, um pouco de tecnologia de grupo, etc..

Essa é uma das razões porque nesta dissertação foi decidido fazer uma análise do sistema de *Produção Enxuta*, verificando seus fundamentos e conceitos principais e deste ponto chegar-se

ao conceito mais profundo e mais amplo, defendido por WOMACK & JONES (1996) de *mentalidade enxuta*.

## **1.4 - O Estudo de Caso a Empresa FMETAL**

No capítulo IV será visto um estudo de caso. Este estudo envolve a empresa FMETAL, localizada em Mogi Guaçu. A FMETAL é fornecedora de eixos seletores de marcha para a EATON.

No segundo semestre de 1998, foi lecionado na UNICAMP, pelo Prof. Paulo Lima a disciplina de Tópicos de Engenharia de Produção – Projeto de Sistemas de Manufatura Enxuta. Como parte do curso os alunos desenvolveram uma proposta de projeto de manufatura enxuta para a FMETAL. O trabalho foi realizado em grupos por sub-projetos interligados.

Ao longo da realização do curso, graças à colaboração do presidente da empresa, Claudinei Furniel, foi possível estudar o processo de produção que será chamado de “atual” e que corresponde ao sistema de produção em massa, e estudar as bases para a introdução de um processo que será chamado de “futuro”, com a adoção dos conceitos de produção enxuta na empresa.

Na seqüência da realização do curso foi elaborado um projeto pelo autor desta dissertação com apoio do programa PATME do SEBRAE-SP para a introdução da produção enxuta na FMETAL.

O conteúdo do estudo de caso é relatado nesta dissertação.

## **1.5 - Objetivo da Dissertação**

### ***1.5.1 - objetivo geral:***

O objetivo principal desta dissertação de mestrado é efetuar um estudo sobre o conceito de *mentalidade enxuta* e sua aplicação em sistemas de manufatura. É também o de analisar em detalhe cada um dos princípios da mentalidade enxuta, como extensão da produção enxuta e verificar como estes princípios são aplicados em sistemas de manufatura, através de um procedimento de projeto de sistemas de manufatura. Um estudo de caso da empresa FMETAL servirá para ilustrar a aplicação do método.

### **1.5.2 - objetivos específicos:**

De modo mais específico o objetivo geral pode ser subdividido nos seguintes:

Analisar os cinco princípios básicos da mentalidade enxuta :Atribuição de valor, Cadeia de valores, Fluxo, Puxar, Perfeição.

Estudar a manufatura enxuta como fator de produtividade.

Analisar estratégia de implementação da mentalidade enxuta nas empresas – o salto enxuto, através dos oito pontos fundamentais:

- Levantamento de dados
- Projeto de células interligadas de fabricação e montagem
- Redução dos tempos de setup
- Controle de qualidade total
- Manutenção preventiva e integrada
- Nivelamento e balanceamento da produção
- Controle de produção – kanban – Controle de inventário
- Programas de fornecedores

Estudar a aplicação da mentalidade enxuta num estudo de caso da empresa FMETAL

## **1.6 - Conteúdo do Trabalho**

No capítulo 2 serão vistos os fundamentos da manufatura enxuta, analisados e comentados os trabalhos dos autores principais de textos sobre o tema e será indicado o período de abrangência desta revisão. Será também indicado o estado da arte em todo o mundo a respeito de mentalidade enxuta. Um item será dedicado ao desenvolvimento da mentalidade enxuta no Brasil.

No capítulo 3 será descrita com detalhes a metodologia para introdução de manufatura enxuta em um empresa. Serão discutidos o levantamento dos dados, o projeto das células interligadas, a redução dos tempos de setup, controle integrado da qualidade, a manutenção preventiva e o balanceamento da produção, o Kanban, as reduções de inventário e um programa de fornecedores.

O capítulo 4 será dedicado ao estudo de caso da empresa FMETAL. Será descrito o estado atual da empresa, o estado futuro e o caminho já percorrido e aquele a ser percorrido para atingí-lo. Será descrito o projeto das células interligadas e serão especificados alguns pontos de

melhoria kaizen: padronização do aço utilizado, operações de usinagem, operações de tratamento térmico, redução de setup, controle da qualidade e manutenção preventiva.

Serão mostrados os estudos de nivelamento da produção e será mostrado o projeto das células interligadas.

No capítulo 5 serão mostradas as principais conclusões obtidas com este trabalho e com o estudo de caso da FMETAL.

## 2 - FUNDAMENTOS DA MANUFATURA ENXUTA

### 2.1 – Histórico

#### 2.1.1 - *produção enxuta: onde e como surgiu*

O sistema enxuto de produção foi primitivamente conhecido como sistema Toyota de produção. Uma série de condições específicas ocorrentes no Japão em 1949 e 1950 propiciou o nascimento de um novo sistema de produção que se revelaria nas décadas seguintes muito eficiente. Esse sistema foi chamado de **Toyotismo**, porque primeiramente desenvolvido nas indústrias Toyota, ou **Produção Enxuta**, dada a sua filosofia de produzir mais e mais com cada vez menos.

OHNO (1978) descreve o que ele chamou de espírito Toyota. Esse espírito Toyota consiste na produção em séries pequenas de produtos com muitas diferenciações. O desafio maior é num tal sistema conseguir ganhos de produtividade sem aumento das quantidades produzidas.

Para isso, diz ele, é necessário *pensar ao contrário* sempre se questionando como produzir “just-in-time”. Tendo tentado primeiro a solução clássica adotada no mundo ocidental, da produção em massa e que não funcionou, o autor terminou por ensaiar a solução inversa. Se na solução clássica a produção é definida de montante a jusante, será necessário que seja definida de jusante a montante do fluxo de produção. Então, cada posto de trabalho deverá informar ao posto precedente o que produzir e quanto produzir. Essa informação é veiculada pelos “*kanbans*”.

Tais ganhos de produtividade foram obtidos reduzindo-se expressivamente os estoques de material em processo, e o pessoal de produção, através de engenhosos sistemas que determinam os volumes a produzir com base na necessidade do elemento seguinte da cadeia de produção.

Outro item citado por Ohno é a chamada administração visual. Nesse processo, que busca a eliminação dos desperdícios, cada pessoa desde a alta gerência até o operário de linha, é responsável em ter uma grande consciência da necessidade de se evitar o desperdício, anormalidades e outros problemas dentro da fábrica.

Ohno representa o principal formulador dos princípios da produção enxuta. São dele os princípios tirados da prática da área de fábrica para inferir os princípios que regem o seu tipo de

produção. As idéias centrais como: *pensar ao contrário, fazer fluir a produção, a primazia da necessidade, os cinco princípios, os kanbans, etc.* estão presentes em toda a sua obra.

Abordando o Toyotismo sob outro aspecto, MONDEN (1983) constrói uma teoria do sistema de produção Toyota. Como diz o próprio autor, o chamado Sistema Toyota de Produção nasceu dos esforços dos japoneses de emparelhar-se com a indústria automotiva do ocidente sem dispor do benefícios de fundos ou instalações magníficas.

Ohno no prefácio do livro de Monden enfatiza que tendo o Toyotismo nascido dentro de práticas usadas nas fábricas Toyota, o sistema dá grande valor aos efeitos práticos e à prática real, sobre a teoria.

Sendo um professor universitário, o autor coloca o Toyotismo sob uma visão acadêmica. Isto implica numa descrição primeiro geral e depois pormenorizada do sistema.

Além disso, com as sucessivas edições de sua obra, Monden aplica um dos princípios de Ohno que é o da constante evolução do sistema. Assim, inclui uma apreciação sobre tecnologias de computação para melhorar os sistemas de “Just-in-time” e, na terceira edição (1998), já mostra todo um capítulo dedicado ao que ele chama de “respeito pela humanidade.”

Como no Taylorismo, também no Toyotismo há o permanente conflito entre a busca de produtividade ( que se traduz em produzir mais com menos mão de obra) e *o respeito pela humanidade*, que pode ser traduzido de forma livre como o respeito pelos trabalhadores enquanto pessoas humanas.

Esses dois aspectos distinguem Monden de outros autores sobre o assunto.

Nessa nova edição está descrito como se inicia também na Toyota a preocupação com o *meio ambiente e pelas pessoas que trabalham*. Assim os investimentos em melhorias de processo passam a ser divididos em duas categorias:

- a) os investimentos em melhorias que incorporam automação;
- b) investimentos para valorizar o respeito à pessoa humana;

Nesta última categoria estão os investimentos em melhoria das máquinas para torná-las compatíveis com os trabalhadores, investimentos prevenindo os ambientes desconfortáveis, perigosos, barulhentos, sujos, quentes ou de mau cheiro, bem como aqueles que permitam diminuição da fadiga.



A aplicação do sistema Toyota em outros países é também abordada. Ao fazê-lo ele estabelece as condições para a internacionalização do sistema. Numa comparação interessante o autor afirma que é um fato que as empresas americanas são possessões de seus acionistas, enquanto que as empresas japonesas são possessões de seus empregados. Essa é uma condição de ambiente que é difícil mudar. Porém, segundo ainda MONDEN (1983), as condições ambientais precisam ser mudadas como pré-requisito para a introdução do sistema japonês. É preciso que haja uma relação fabricante-fornecedor e uma relação entre alta gerência e o pessoal de chão de fábrica. Dentro ainda do princípio de melhoria contínua, o Toyotismo pode perfeitamente ser adotado em outros países com outras culturas, o que é comprovado pela associação entre a Toyota e a General Motors.

Essa transferência de tecnologia e de técnicas de gerência pode ser feita de formas variadas:

- a) O sistema japonês de gerência pode ser adaptado para incluir conceitos americanos ou europeus como redução da semana de trabalho, promoção de mulheres às posições mais elevadas, etc.
- b) O sistema Toyota pode ser implementado da mesma maneira que ele funciona no Japão.
- c) Pode-se somar conceitos, por exemplo, o famoso sistema *Kanban* pode ser associado ao *MRP* americano. De outro lado, a robótica tem sido introduzida no Japão.

Pode-se concluir da obra de Monden que a aplicação da Produção Enxuta no Brasil é perfeitamente possível, como já o foi nos Estado Unidos, desde que se apreenda o Espírito Toyota e não se entenda o sistema como apenas um conjunto de técnicas isoladas, como tem sido tentado no Brasil. É necessário ter-se em mente que o sistema significa uma constante evolução para fazer sempre frente à severa competição que ocorre no mercado global.

É necessário considerar todos os aspectos da empresa para manter a evolução constante, não somente aqueles relacionados com a manufatura, mas também os relacionados com os vários departamentos indiretamente relacionados com a manufatura, tais como engenharia de produção, desenvolvimento do produto, e gerência.

CUSUMANO (1985) descreve a tecnologia nas fábricas Nissan e Toyota em seu trabalho sobre a indústria automobilística japonesa. Na realidade a obra de Cusumano é uma revisão de sua tese de doutoramento em História do Japão e Línguas da Ásia do Leste, publicada em forma de livro.

Ele expõe com riqueza de estatística a evolução da indústria japonesa desde os primórdios, citando a produção de veículos que evoluiu de 32.000 unidades em 1950 até 11.000.000 de unidades no início dos anos oitenta. Em 1980, O Japão tornou-se o segundo produtor de carros no mundo com a produção de 3.200.000 de veículos na Toyota e de 2.600.000 veículos na Nissan, ficando apenas atrás da GM que produziu naquele ano, 4.700.000 unidades nos Estados Unidos.

O autor detalha alguns fundamentos que permitiram a criação do peculiar sistema de manufatura japonês, explicando com detalhes em um capítulo as relações sindicais no Japão, a estratégia e a implementação da manufatura. Curiosamente o sistema Toyota de produção, chave de todo o progresso japonês, quase não é citado.

Uma comparação é feita sobre as atitudes americana e japonesa frente ao problema de qualidade. Na visão de Cusumano os japoneses apreenderam a tecnologia americana nos anos trinta e a tecnologia dos carros pequenos, da Inglaterra, França e Alemanha nos anos 50.

A partir daí, reconhece o autor que eles ultrapassaram os níveis de produtividade americanos e os níveis de qualidade europeus. Então, no fim da década de 70, americanos e europeus aprenderam dolorosamente o quanto os japoneses tinham melhorado sua habilidade de competir na indústria automotiva.

A história da Toyota sugere que a transferência indireta de tecnologia encorajou da parte dos japoneses uma resposta radical ao problema de adaptar a tecnologia de produção americana a um mercado japonês, muito menor.

Cusumano relata ainda, como Ohno se juntou à Toyota sem nenhuma experiência de indústria automotiva e sem nenhum contato com engenheiros americanos e enfrentou o desafio de produzir uma variedade de modelos em baixos volumes para atender ao mercado japonês do pós-guerra.

Para aumentar a produtividade e reduzir os custos de fabricação, Ohno decidiu experimentar setups rápidos, programação de produção mista, um sistema de “puxar” a produção, tempos de ciclo pequenos, inventários pequenos ou nulos e processos manuais no fluxo do processo e no pedido de componentes. A Toyota e a Nissan fizeram rápidas melhorias na tecnologia de manufatura americana, movendo-se para setups rápidos, inventários pequenos, classificação mais ampla das categorias de trabalho e uma coordenação mais estreita entre montagem final e a produção de componentes. Essa técnicas foram, entretanto, a solução efetiva para um dilema mais fundamental:

Como acomodar a preferência americana de fábrica planejada para um produto padronizado e produção em massa às necessidades do mercado japonês que pedia uma variedade grande de produtos produzidos em pequenas quantidades?

Essa posição de CUSUMANO (1985) faz supor que ele não percebeu a essência do espírito Toyota quando diz instintivamente que a produção em massa seria mais indicada.

Ele parece não ter percebido a chave do sucesso japonês que foi idealizar um sistema para grande variedade de produção em pequenas quantidades e que pode evoluir para grandes quantidades, preservando a flexibilidade

SHINGO (1989) também é um teórico do sistema de produção Toyota. Sua obra foi originalmente publicada em 1981, com o objetivo aparente de esclarecer, principalmente aos estrangeiros, certos conceitos nascidos e usados no sistema Toyota e que, se não bem explicados, poderiam levar a enganos sobre o sistema. O sistema Toyota é apresentado sob o ponto de vista da engenharia industrial, ao contrário de outras obras escritas por economistas ou pessoas de formação diferente e que apresentam outros aspectos Toyotismo.

O sistema de produção Toyota é explicado em sua mecânica essencial. Ele também aborda aspectos da capacidade de evolução do sistema, com o aumento da flexibilidade e da capacidade produção. Deve-se a Shingo a colocação dos princípios do Toyotismo sob o ponto de vista da engenharia industrial.

As conclusões de Shingo são:

- a) O conceito do menor custo é o conceito básico em todo o sistema de produção Toyota.
  - b) Manter o menor custo requer a luta permanente para a eliminação do desperdício.
  - c) A produção deve ser sempre subordinada à demanda, sob encomenda.
  - d) Os grandes lotes de produção devem ser abandonados.
  - e) As necessidades da produção sob encomenda (alta diversidade, pequenas quantidades, entregas rápidas e manipulação da flutuação de carga) só podem ser atingidas com uma eliminação do desperdício de superprodução.
  - f) O sistema reconhece as vantagens do uso de máquinas automatizadas e que independam dos trabalhadores.
  - g) A redução da mão de obra é uma permanente para a redução de custos.
- A principal contribuição de Shingo é uma visão resumida e total do sistema.

WOMACK & JONES (1996) introduziram o termo *mentalidade enxuta*.<sup>3</sup> O relacionamento do sistema de produção em massa é comentado e através de seus contrastes é relatado o surgimento da produção enxuta.

Ele também procura destacar os elementos da produção enxuta. Destaca a relação extra-fábrica, com os fornecedores e com os consumidores. Na edição original de 1990 já eram citados os elementos que levam à concepção de empresa virtual enxuta, embora este nome não fosse explicitamente citado naquela edição.

Quando trata dos fornecedores, Womack salienta o tratamento dado por Ford ao problema da coordenação dos muitos fornecedores necessários na indústria automobilística.

A fórmula ocidental de “faça você mesmo tudo” levantou muitas respostas e também muitas questões. A lógica de demitir trabalhadores quando a demanda cai, bem como, excluir fornecedores faz parte do quadro de relações mantido no sistema de produção em massa. São relações frias entre fornecedores e o fabricante.

O autor inicia a proposta de um sistema alternativo para essas relações e o faz justamente baseado no sistema de produção enxuta. Essa idéia alternativa para as relações entre fornecedor e fabricantes parte do fato de que o número de fornecedores dos fabricantes japoneses é muito menor que o das empresas ocidentais. Um projeto japonês terá cerca de 300 fornecedores contra 2500 num produtor em massa ocidental.

Para a escolha do fornecedor será levado em conta o relacionamento passado que esse fornecedor manteve com o fabricante seu cliente, ou com a montadora no caso da indústria automobilística.

Abordando com propriedade o projeto de sistemas de manufatura, BLACK (1991) defende a posição de que o sistema por ele chamado de L-CMS ou sistema de células interligadas de manufatura proporciona o fluxo contínuo defendido por OHNO (1990).

Criticando o CIM (Computer Integrated Manufacturing), diz Black que a estratégia deste sistema é um esforço para colocar os elementos automatizados (chamados de ilhas de automação), dos sistemas tradicionais de fabricação, em comunicação uns com os outros por computadores. Entretanto a revolução do sistema Toyota foi conseguida sem computadores, AGV's (Automated Guided Vehicles), robôs ou coisa semelhante.

---

<sup>3</sup> Mentalidade enxuta é a tradução proposta pelo Prof. José Roberto Ferro para o termos inglês “Lean thinking”.

O autor reconhece que o sistema de produção enxuta é um sistema de manufatura que é funcionalmente e operacionalmente diferente do sistema americano de produção em massa. Em sua opinião o sucesso japonês repousa sobre a eliminação do desperdício, assim como sobre a prática do respeito pelas pessoas.

Black enumera os dez pontos para projetar um sistema integrado de manufatura:

- a) Formar células de manufatura e montagem
- b) implantar um sistema RETAD (Rapid Exchange of Tooling And Dies) para reduzir ou eliminar os setups.
- c) Integrar o controle de qualidade.
- d) Integrar a manutenção preventiva. Aumentar a confiabilidade das máquinas.
- e) Nivelar e balancear a montagem final.
- f) Integrar o controle de produção. Ligar as células com kanban.
- g) Integrar o controle de estoques – Reduzir Estoque de material em processo
- h) Estender o IMPS para incluir fornecedores
- i) Automatizar e robotizar para resolver problemas.
- j) Computarizar para ligar o sistema de manufatura ao sistema de produção

Para o projeto de sistemas de manufatura, Black propõe-se a adotar o *projeto axiomático* de SUH (1990) baseado em dois axiomas que devem governar qualquer projeto de sistema de manufatura.

A base para os axiomas são as chamadas necessidades funcionais de um sistema de manufatura e os parâmetros de projeto.

O axioma 1 diz:

*As necessidades funcionais devem ser mantidas tão independentes quanto possível.*

Quando duas necessidades funcionais não são independentes diz-se que elas estão acopladas. Nesse caso pode-se desacoplá-las, e assim satisfazer ao axioma 1. Mas isso aumenta o conteúdo de informação e significa uma violação ao axioma 2 que diz:

*Minimizar o conteúdo de informação*

BLACK (1991) distingue sistema de manufatura de sistema de produção. Para ele o sistema de produção é muito mais amplo que o sistema de manufatura que seriam apenas os processos combinados. Já o sistema de produção inclui o cliente, o mercado, as finanças, a engenharia de projeto, a pesquisa e desenvolvimento, o planejamento e o controle da produção, o controle dos inventários e as compras. Neste sentido, ele está bastante próximo da empresa virtual enxuta

Falando de produção enxuta, o autor mostra-se ciente de que metodologia é tão importante quanto tecnologia. Um novo sistema de manufatura (a *produção enxuta*) foi desenvolvido. Ele permite a integração funcional dos elementos críticos da produção. Sua preocupação é o projeto de uma fábrica para a produção enxuta.

Ele defende a ampla transferibilidade do sistema japonês para qualquer outra parte da Terra.

O artigo na HBR (WOMACK et alli. 1994) é uma tomada consciente de posição em favor da *empresa virtual enxuta*. Decorrente de sua experiência de aplicação de técnicas enxutas em casos isolados, (WOMACK et alli. 1994) afirmam que esse não é o fim do caminho.

É possível a criação de uma verdadeira *corrente de valor* capaz de criar, vender e dar assistência a uma família de produtos. As atividades que agregam valor podem ser juntadas, mas esse esforço só será possível através de um novo ente: *a empresa virtual enxuta*.

Também é abordado o problema de respeito ao trabalhador como já havia abordado MONDEN (1983).

CORIAT (1994) trás outros ângulos para a avaliação da produção enxuta. Sendo um economista, introduz outros pontos de vista na análise do Toyotismo. Segundo Coriat, Ohno introduziu um discurso sobre o método, e deu início à era das organizações pós-tayloristas.

O autor mostra que não só o Fordismo e o Taylorismo são contestados e repensados pelo sistema japonês que ele chama de “Ohnismo”, mas Fayol é igualmente contestado.

A sua famosa criação, *o organograma*, pressupõe a hierarquia. O seu papel “progressista” consistiu em fazer assentar autoridade sobre o princípio da competência e não da propriedade financeira. Esse fato, entretanto conduz necessariamente à pirâmide funcional e à separação de funções. Para Ohno, diz CORIAT (1994), autoridade e divisão funcional estrita não são necessariamente sinônimos. Isso explicaria a dificuldade das organizações em enfrentar situações incertas ou em transformação. Isto porque as diretrizes devem ser infiltradas de cima para baixo através da linha hierárquica, o que é difícil.

Uma fábrica “ohnista” deverá assim assemelhar-se mais à visão de DRUCKER (1998) de uma orquestra, em que cada componente executa sua parte segundo sua partitura, do que a um exército com hierarquia rígida. Só esse parâmetro das inovações japonesas com o trabalho em tempo partilhado e operação flexível e daí à modificação da própria essência da organização da empresa, dá idéia de que a produção enxuta é muito mais que algumas técnicas conhecidas por “just-in-time”.

CORIAT (1994), indo ainda além, compara a obra de Ohno “*O espírito Toyota*”<sup>4</sup> à obra clássica de Taylor “*Princípios de Administração Científica*”<sup>5</sup> em qualidade e importância.

Descrevendo esse “espírito Toyota”, CORIAT (1994) cita dois pontos fundamentais do “Ohnismo”:

a - “*fábrica mínima*” que é obtida com a eliminação dos estoques desnecessários. Na fábrica mínima há o mínimo de pessoal para reduzir a fábrica às suas funções estritamente necessárias para satisfazer a demanda.

b- “*administração pelos olhos*” que significa observar e procurar sempre a eliminação do supérfluo, através de um controle direto sobre os empregados subordinados.

De fato, diz o autor, “o que há de mais rápido e de mais direto que o próprio olhar?”

Para ele a fábrica Ohnista se opõe à fábrica fordista que, em oposição pode ser chamada de “fábrica gorda” e cuja flexibilidade está presa a esse “excesso gorduroso” que se acumula em todos os pontos, nas linhas de produção, na lojas, nos entrepostos e é alimentado continuamente pela produção em série e seu paradigma de produtividade, no qual é a rapidez do operário individual que regula a eficácia do conjunto do sistema.

Assim, através desses dois pilares do Ohnismo chega CORIAT (1994) ao conceito de “fábrica magra”, transparente e flexível. O termo “lean” que em inglês significa “sem gorduras”, “desprovido de supérfluo” “magro” foi proposto em tradução por José Roberto Ferro<sup>6</sup> como “*enxuto*”. Assim tem-se uma “*fábrica enxuta*” uma “*produção enxuta*” e, enfim, uma “*mentalidade enxuta*”.

WOMACK et alli. (1990) dão uma visão ocidental do mesmo processo de produção conhecido como produção enxuta. A primeira edição, em inglês, que é de 1990 nasceu a partir do *International Motor Vehicle Program* (IMVP) criado para permitir um estudo detalhado das

---

<sup>4</sup> “O Espírito Toyota” ver OHNO (1978)

<sup>5</sup> “Administração Científica” ver TAYLOR (1972)

<sup>6</sup> Ferro, J. R. no prefácio à edição brasileira do livro (WOMACK et alli. 1996)

técnicas japonesas de produção enxuta. Baseado em 116 monografias de pesquisa, do IMVP, se não foi o primeiro trabalho sobre o Toyotismo, foi, devido a equipe envolvida, o mais divulgado e aquele que suscitou mais discussões sobre o modelo japonês.

### **2.1.2 - estado da arte**

Conforme é relatado por WOMACK & JONES (1996), a indústria americana, pressionada pela concorrência dos japoneses e pelo gradativo aumento da participação japonesa no mercado americano, iniciou um movimento na direção da adoção da Manufatura Enxuta.

Desde a empresa LANTECH, de tecnologia simples, com 20 anos de idade, 400 empregados e vendas de US\$ 70 milhões, até a PRATT, com tecnologia complexa, uma história de 140 anos, 20.000 empregados e um negócio de 5,8 bilhões. Estas empresas adotaram a manufatura enxuta e seus princípios com resultados.

Fora dos USA é citado o caso da Alemanha que instituiu a manufatura enxuta nas Indústrias PORSCHE. Finalmente é citado também o caso da SHOWA, no próprio Japão com exemplo de empresa que está se movendo nesta direção.

A *mentalidade enxuta* tal como exposta nesta dissertação é um conceito ainda em formação.

WOMACK & JONES (1996), se perguntam como podem os engenheiros, gerentes, administradores, investidores e clientes sair de seu estado atual para uma manufatura de mentalidade enxuta. Conquanto se fale intensivamente no “Toyotismo”, e as empresas pratiquem em grau maior ou menor técnicas como “just-in-time”, uso de kanbans, etc., a adoção de “*mentalidade enxuta*” requer uma reformulação da empresa e sua preparação para ser enxuta.

WOMACK & JONES (1996) apresentam com clareza as condições para uma empresa ser considerada enxuta:

A *empresa enxuta* especifica corretamente o *valor* para o cliente; identifica todas as ações necessárias para levar o produto do conceito ao lançamento, do pedido à entrega, da matéria prima às mãos do cliente e através de sua vida útil; remove todas as ações que não adicionam *valor* e faz aquelas que *criam valor* transcorrer em fluxo contínuo enquanto puxadas pelo cliente; finalmente analisa os resultados e recomeça o processo de avaliação novamente.



Neste processo existem várias empresas ao longo da *corrente de valor*. A empresa líder é aquela que traduz todos os projetos e componentes em um produto completo. Entretanto todas as empresas devem se tratadas como iguais com um objetivo comum: - eliminar o desperdício.

E quais empresas teriam passado por esse processo?

O primeiro caso fartamente ilustrado na literatura é o *salto enxuto* dado pela Toyota após a segunda guerra mundial.

De fato, a Toyota era uma indústria desorganizada e como o diz o próprio OHNO (1989) com certa dose de humor, as práticas industriais então em vigor na Toyota em tudo se assimilavam ao chamado *método Deckanscho* adotado pelos estudantes de filosofia que dormiam durante um semestre, para lançar-se brutalmente ao trabalho no semestre seguinte para ler os autores do programa Descartes, Kant e Schoppenhauer. De fato, também na Toyota acumulavam-se durante 20 dias as produções e os estoques de peças intermediárias dos produtos em curso de fabricação e, enfim, nos últimos dez dias começava-se a fabricar automóveis.

A Toyota, através da adoção do *salto enxuto* partiu deste ponto para atingir no início dos anos oitenta uma produção de 3.429.000 veículos por ano, ostentando o segundo lugar entre os produtores de automóveis, atrás apenas da General Motors. Além disso, segundo CUSUMANO (1985) a Toyota e seus subcontratantes, para fabricar um carro pequeno, dos componentes básicos (excluindo o processamento da matéria prima) levava 120 horas de trabalho, comparada com as 175 a 200 horas nos Estados Unidos para um veículo comparável

Mas, se se exclui a Toyota citada em praticamente toda a literatura, como estavam e estão as demais empresas, na adoção de *mentalidade enxuta*?

WOMACK & JONES (1996) pesquisaram nos EUA, Alemanha e Japão as indústrias que, partindo das técnicas de produção em massa já tenham ou estejam adotando a produção enxuta.

Encontraram empresas pequenas como a empresa de equipamentos para embalagem LANTECH, que utilizava o processo típico de produção em massa conhecido nas empresas que já adotam a *filosofia enxuta*, como “lay out espaguetti”.

A figura 2.1 ilustra este processo de produção das máquinas de embalagem

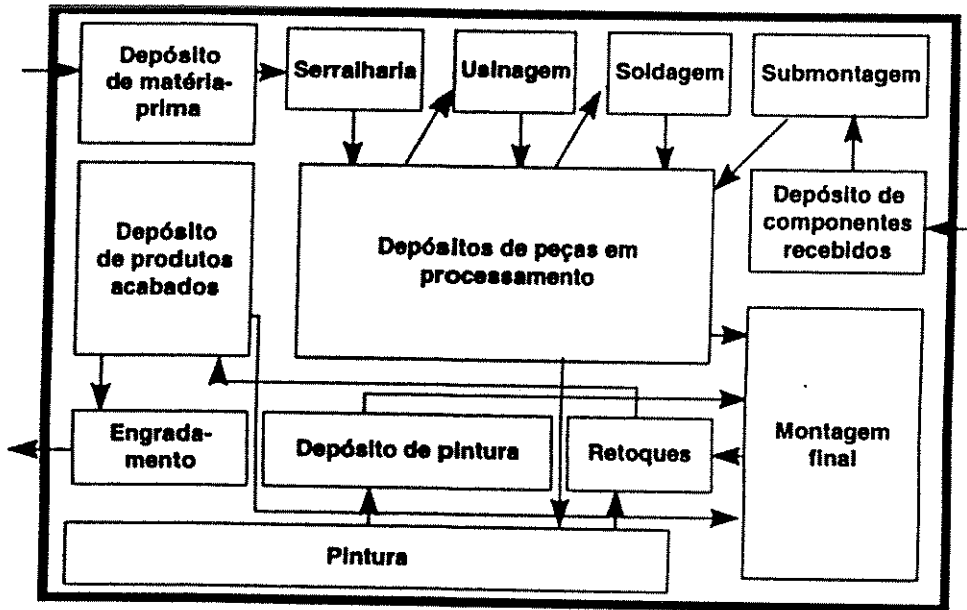


FIGURA 2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO NA LANTECH.

Em março de 1992 iniciou-se na LANTECH a *revolução Lean*. Decidiu-se formar equipes para repensar a corrente de valor e o fluxo de valor para cada produto da fábrica e

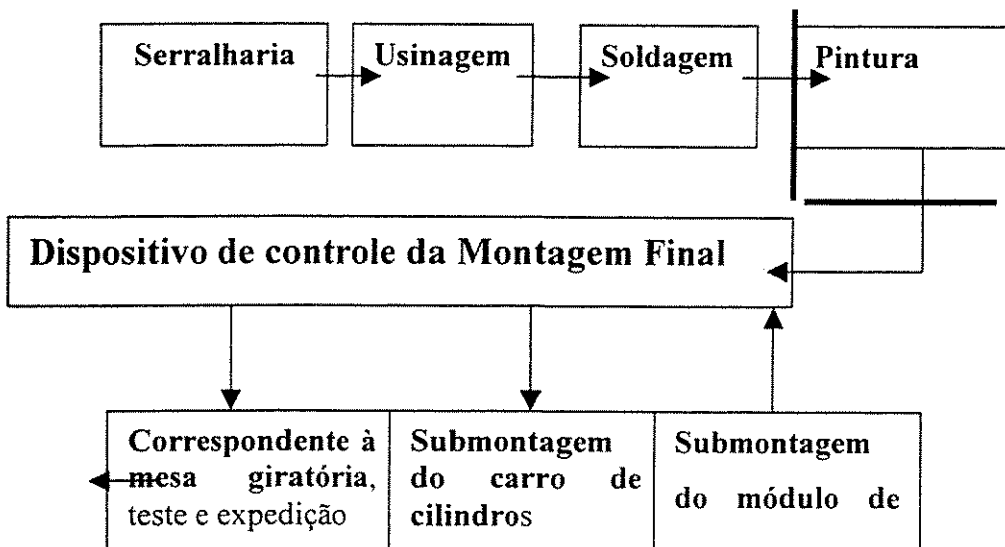


FIGURA 2.2 FLUXO REPENSADO

a ordem foi alinhar as atividades essenciais necessárias para projetar, obter pedidos e fabricar um equipamento para embalagens e fazer isso na seqüência: uma máquina, um projeto, um pedido atendido. O fluxo repensado está esquematizado na figura 2.2. Foi, além disso, introduzida a troca rápida de ferramentas nas máquinas

Na seqüência, a introdução de um *takt time*<sup>7</sup> para a produção das máquinas de embalagem foi o passo lógico.

E assim, no outono de 1992 toda a produção da empresa LANTECH tinha sido convertida para o fluxo de peça única. Como resultado, mantendo o mesmo número de empregados, as entregas da empresa duplicaram entre 1991 e 1995. O número de máquinas entregue no prazo cresceu de 20% para 90%.

A tabela 2.1 mostra um resumo das alterações havidas na LANTECH.

TABELA 2.1

A TRANSFORMAÇÃO ENXUTA NA LANTECH

Descrição	Lote e fila 1991	Fluxo-1995
Tempo de desenvolvimento para uma nova família de produtos	3-4 anos	1 ano
Hora-empregado por máquina (produzida)	160	80
Espaço de manufatura por máquina (produzida)	100 pés quadrados	55 pés quadrados
Defeitos entregues por máquina produzida	8	0.8
Valor em manufatura dólares do estoque de material em processo e de produto acabado*	\$2.6 milhões	\$1.9 milhões
Tempo total de produção	16 semanas	14 horas a 5 dias
Lead time de entrega do produto♣	4- 20 semanas	1 – 4 semanas

Nota: \* a produção dobrou nesse período

♣ Lead time de entrega do produto é o período que os clientes devem esperar antes que o produto seja entregue.

<sup>7</sup> o conceito de *takt time* é definido no item 3.6 – Nivelamento e balanceamento da produção

Como outros exemplos de empresas que adotaram o pensamento enxuto WOMACK & JONES (1996) citam a empresa alemã PORSCHE.

Segundo eles, qualquer observador razoável poderia descrever o estado da PORSCHE em 1991, como terminal. Para esse observador a empresa do Dr. Ing. H. c. F. Porsche AG estava morrendo.

A empresa poderia sair do negócio de carros esporte ou caminhar na direção da fabricação de carros como o Jaguar, Ferrari, Aston-Martin, Lamborghini, Saab e Lotus, vendendo sua independência a uma das companhias gigantes do mercado de massa de carros. A adoção da mentalidade enxuta causou seu renascimento. A tabela 2.2 dá uma indicação da nova vida da PORSCHE.

Em termos simples, num período de 5 anos a Porsche dobrou sua produtividade fundamental em operações, enquanto cortava seus defeitos em peças de fornecedores em cerca de 90%, e os erros “first-time-through” em cerca de 55%. Além disso, reduziu o tempo da matéria prima ao produto acabado de 6 semanas para três dias e cortou o inventário em cerca de 90%.

Apesar desse sucesso, WOMACK & JONES (1996) afirmam ainda haver muito caminho a ser percorrido na PORSCHE. Eles acreditam que mais 5 anos teriam de decorrer para completar a transição e essa transição estar institucionalizada e mais outros cinco anos para que a nova maneira de pensar se estendesse a cada parte da empresa ao distribuidor no fluxo juzante e até a matéria prima no fluxo montante. Isso tomaria até o ano 2001.

A *mentalidade enxuta* tem se espalhado por todo o mundo. Cada vez mais empresas adotam esse sistema de produção puxada. No ambiente acadêmico, o Professor James P. Womack fundou o Lean Institute com o objetivo específico de divulgar as novas técnicas de produção enxuta.

Os americanos estão preocupados com o avanço das empresas Lean e, de alguma forma têm tentado uma reação a esse estado de coisas. Uma tentativa foi a de criar o conceito de *empresa ágil*. A empresa ágil teria um conceito diferente daquele da *empresa enxuta*, ainda que sendo ela também enxuta.

De acordo com KIDD (1994) é preciso que os americanos se movam para além do mundo da *manufatura enxuta* para o mundo da *manufatura ágil*. Segundo este autor, os americanos passaram os anos 1980 e boa parte dos anos 1990 copiando os Japoneses. Com a *manufatura ágil* eles passariam à frente dos japoneses.

TABELA 2.2

## ALGUNS FATORES NA TRANSIÇÃO DA PORSCHE PARA A PRODUÇÃO ENXUTA

		1991	1993	1995	1997 <sup>1</sup>
Tempo <sup>2</sup>	Da concepção ao lançamento do veículo	7 anos			3 anos
	Do início ao carro pronto	6 semanas		5 dias	3 dias
Estoques <sup>3</sup>		17.0	4.2	4.2	3.2
Esforço <sup>4</sup>		120	95	76	45
Erros <sup>5</sup>	A peças de fornecedores	10.000	4.000	1.000	100
	B Saída da linha de montagem (índice)	100	60	45	25
Vendas <sup>6</sup>		3.102	1913	2607	
Lucros <sup>6</sup>		+17	-239	+2	

<sup>1</sup> Projetado por WOMACK & JONES (1996) com base nos planos de projeto, produção e melhoria da PORSCHE.

<sup>2</sup> Tempo desde a estampagem do primeiro painel do corpo até o embarque do carro acabado e tempo desde que é tomada a decisão de desenvolver um modelo novo até a produção do primeiro veículo para venda

<sup>3</sup> estoque em dias de suprimento de uma peça média.

<sup>4</sup> Horas de esforço para montagem do Porsche 911 e o modelo sucessor. Note-se que o modelo do Porsche 911 não mudou entre 1991 e 1995, portanto todo o aumento de produtividade derivou de repensar o fluxo de trabalho e eliminar erros. Os novos modelos foram projetados com o objetivo de redução do esforço de montagem. Portanto, muito da melhoria entre 1995 e 1997 é devido ao reprojeto dos carros.

<sup>5</sup>(A) Partes defeituosas por milhão: (B) Defeitos por veículo ao fim da linha de montagem.

<sup>6</sup>Em milhões de marcos alemães, conforme o relatório anual de Porsche

KIDD (1994) se indaga como fazer para restaurar a competitividade americana. Continuar a copiar os japoneses? Isto seria atirar sobre um alvo em contínuo movimento visto que os japoneses continuariam inovando a aperfeiçoando seus métodos. O autor afirma que é preciso fazer algo que os japoneses não possam fazer...

A manufatura ágil é então conceituada como uma estrutura que cada empresa pode desenvolver com suas estratégias próprias de negócios e produtos, baseada sobre três recursos primários: estruturas de gerência inovativas uma base de empregados especializados, com conhecimento e poder, aliados a tecnologia flexível e inteligente.

Procurando uma mesma direção BOCKERSTETTE (1993) lança o que para ele é um novo paradigma de manufatura, ou seja, a *Manufatura Baseada em Tempo*. Tal manufatura seria baseada em uma visão da empresa quanto a seus valores básicos enfocando o consumidor.

A *manufatura baseada em tempo*, segundo BOCKERSTETTE (1993), é uma coleção de conceitos e técnicas e prática de gerência que dão a uma empresa capacidade de resposta rápida no projeto, produção e entrega de produtos e serviços aos clientes.

Tanto a manufatura ágil como a manufatura baseada em tempo são conceitos que englobam os princípios da manufatura enxuta, procurando ir mais além em algum ponto, em busca da vantagem competitiva.

MONTGOMERY et al. (1996), falam de um sistema de produção ágil que requer uma cuidadosa integração de pessoas, tecnologia e elementos de organização e negócios num processo chamado de alinhamento para indicar que as partes trabalham na direção de um objetivo comum..

De modo geral pode-se dizer que a situação atual é de disseminação do conceito de manufatura enxuta em todo o mundo e uma busca de nova vantagem competitiva por parte das empresas americanas que buscam a todo custo obter uma vantagem sobre suas concorrentes japonesas.

WOMACK et al. (1999) mencionam os desenvolvimentos atuais em Mentalidade Enxuta. Há dez anos apenas a indústria automotiva havia se interessado. Nos anos 90 a indústria Aeroespacial se juntou à automotiva e presentemente também os produtores de matéria prima estão se voltando para a mentalidade enxuta.

Para HAYES (1993) o motivo do sucesso da produção enxuta decorreu apenas do fato de que a estratégia naquele momento pedia inovação. Segundo o autor, o foco da estratégia foi nas décadas de 1960 e 1970 oferecer o custo mais baixo e a qualidade mais alta.

Quando o mercado passa a pedir flexibilidade e inovação as melhores práticas mudam. Daí o sucesso da produção enxuta.

De certo modo a procura da melhor estratégia é atirar continuamente sobre um alvo móvel. O fato de se ter acertado um ou mais tiros não garante de modo algum o sucesso dos tiros seguintes.

### ***2.1.3 - Brasil frente à comunidade internacional***

A manufatura enxuta no Brasil vem acompanhando os passos da comunidade internacional.

O Prof. José Roberto Ferro<sup>7</sup> menciona o relativo insucesso da indústria brasileira na adoção de técnicas da manufatura enxuta, no início dos anos 90. Isto ocorreu porque foram adotadas técnicas como o “just in time”, Círculos do Controle da Qualidade, entre outras, sem, contudo se afastarem as empresas, do sistema de produção em massa. Daí decorreram níveis de estoque elevados, não envolvimento dos fornecedores.

O maior insucesso, contudo, apareceu nos sistemas de trabalho e nas práticas de recursos humanos. De fato, apenas 7,4% dos trabalhadores foram envolvidos com os CCQ contra 90% no Japão. O número de sugestões foi ínfimo (0.5 sugestões por funcionário no Brasil, contra 61 sugestões no Japão).

As imensas desigualdades sociais do país, aliadas a práticas sindicais de sistemática oposição a essas novidades podem estar na raiz destes insucessos.

Nem tudo, porém foram insucessos. Conforme José Roberto Ferro<sup>8</sup> A Toyota do Brasil a partir dos anos 90 quando começou a importar veículos das marcas Camry, Corolla, Hilux e Corona buscou adotar o princípio do fluxo contínuo para trazer os veículos e as peças de reposição desde a matriz no Japão até a mão do consumidor. A figura 2.3 ilustra este procedimento.

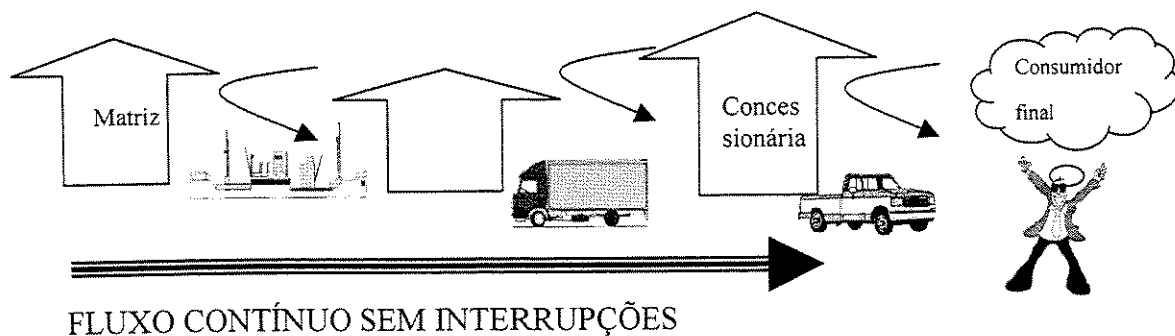


FIGURA 2.3 FLUXO DE MATERIAIS (VEÍCULOS E PEÇAS E COMPONENTES)

Fonte: Toyota do Brasil

Os pedidos à matriz são quinzenais. Os veículos e as peças saem do Japão ou da Inglaterra para o Brasil de navio até chegar a São Bernardo do Campo, para em seguida serem distribuídos

<sup>7</sup> José Roberto Ferro – no apêndice ao livro “a máquina que mudou o mundo” WOMACK ET AL. (1997).

<sup>8</sup> José Roberto Ferro – no apêndice ao livro “A mentalidade Enxuta” WOMACK & JONES (1996)

aos concessionários. Para garantir o fluxo contínuo e sem interrupções, a chave foi aumentar a frequência dos pedidos diminuindo o volume do produto e peças por pedido.

O trabalho do Professor José Roberto Ferro no sentido de divulgar a mentalidade enxuta no Brasil tem produzido resultados. Empresas como a Mercedes Benz, a Ford Visteon, a XEROX e a EATON estão envolvidas em programas de introdução de manufatura enxuta.

RAPOSO et al.(1999)<sup>4</sup> mencionam o sucesso da experiência mais recente da Mercedes-Benz com a introdução da produção enxuta em sua linha de caminhões.

A adoção sistemática da mentalidade enxuta, que completa 4 anos na Mercedes, propiciou ganhos que tornaram a Mercedes do ABC uma referência mundial em custos e produtividade, sendo copiada pela própria matriz de Stuttgart.

Em julho de 1999 foi realizado na Mercedes Benz um reunião denominada “Lean Summit 99”, da qual participaram entre outros James Womack do “Lean Enterprise Institute”, o prof. José Roberto Ferro, do Lean Institute Brasil, o Prof. Paulo Corrêa Lima, da UNICAMP e Luiz Tavares de Carvalho da Mercedes-Benz do Brasil.

No Brasil, dizem WOMACK et al. (1999), a Toyota do Brasil perdeu, em 1958, em sua fábrica de São Bernardo a oportunidade de aprender com a Toyota do Japão as técnicas da manufatura enxuta.

Citando a Mercedes Benz , esses autores afirmam que finalmente a Mentalidade Enxuta chegou ao Brasil em uma empresa de propriedade alemã e através de consultores ex-Toyota, muito bem pagos. De fato, a Mercedes, após enfrentar dificuldades para a introdução dos princípios da produção enxuta no Brasil, contratou por somas elevadas, a consultoria TBM e Shin Gijutsu japonesa que trabalham em projetos desta natureza. Isto significou a vinda de Nakao, o mesmo consultor da PORSCHE, para São Bernardo em cerca de 10 viagens desde 1995.

Essa atividade e mais o envolvimento direto da alta direção da Mercedes imprimiram energia ao trabalhos. E assim de 1994 até o final de 1996 haviam sido realizados 881 *kaizens* .

A tabela 2.3 mostra a melhoria de desempenho da Mercedes Benz.

---

<sup>4</sup> Raposo, M & Vilardaga, V., Gazeta mercantil 27/07/1999



WOMACK et al. (1999) citam ainda a experiência realizada pela empresa INVENSYS de automação e controle, em Caxias do Sul – RS. A INVENSYS colocou a implementação da “Lean enterprise” como um dos componentes de sua Estratégia de crescimento global.

A tabela 2.4 mostra a situação da INVESYS SOUTH AMERICA em comparação com a indústria mundial em alguns indicadores principais de competitividade.

Outros exemplos ainda mencionados por WOMACK et al.(1999) são a Alcoa Alumínio S. A., EMBRAER, XEROX e NEC do Brasil, o que significa que a Mentalidade Enxuta está se espalhando pelo Brasil muito rapidamente.

Este fatos atestam que ainda que pouco disseminada no Brasil a Mentalidade Enxuta vem ganhando novos adeptos com crescente velocidade.

TABELA 2.3

## MELHORIAS NA MERCEDES BENZ DO BRASIL

Ano	Produção total de veículos	N.º de funcionários	Produtividade veículos/pessoa	Verticalização	Tempo de fabricação Horas/caminhão médio
1990	31.164	20.395	1.5		
1994	40.525	16.403	2.6	54%	300
1995	41253	14.339	2.9		
1996	30.664	11.039	2.8	45%	175

TABELA 2.4

## MELHORIA NA INVENSYS SOUTH AMERICA

INDICADOR	AS MELHORES PERFORMANCES MUNDIAIS	INVENSYS SOUTH AMERICA	FORNECEDORES	
			LOCAL	IMPORTADO
“Lead time” da manufatura	< 1 dia	< 2 dias	< 25 dias	>12 semanas
Qualidade no cliente	6 sigma	4,7 sigma	4,7 sigma	4,5 sigma
Performance na entrega	99+%	95%	<90%	<85%
Giros de inventário	>50	11*		
Espaço na fábrica	35-50%a menos que nas de produção em massa	40% a menos que nas de produção em massa		
Desenvolvimento de novos produtos	< que 6 meses	12 meses		

## 2.2 - Conceito de Mentalidade Enxuta

Autores como MONDEN (1998) e SHINGO (1989) apresentam de forma sistematizada o conceito de mentalidade enxuta. Sua abordagem é, porém mais direcionada para engenharia.

WOMACK & JONES (1996), por outro lado abordam o tema em forma mais sistêmica e o resumem em forma de princípios. Por essa razão serão usados como referência básica para este item.

*Muda.* é a palavra japonesa que se deve realmente conhecer porque significa *desperdício*. Especificamente significa qualquer atividade humana que absorve recursos mas não cria nenhum *valor*: erros que requerem retificação, produção de itens que ninguém quer de modo que os estoques de bens remanescentes aumentam em altas pilhas, fases de processo que não são realmente necessárias, movimento de empregados e transporte de bens de um lugar para outro sem qualquer propósito, grupos de pessoas numa corrente de atividades que permanecem paradas, esperando porque alguma atividade anterior não foi entregue em tempo hábil, bens ou serviços que não atendem as necessidades do comprador.

Há um antídoto para o *muda*: *Mentalidade Enxuta*. Ela fornece um meio de especificar o *valor*, alinhar as atividades que acrescentam valor na melhor seqüência, conduzir estas atividades sem interrupção quando alguém as pede e executá-las mais e mais efetivamente. Em resumo pensamento enxuto é *enxuto* porque fornece um modo de fazer mais e mais com menos e menos – menos esforço humano, menos equipamento e menos espaço--- enquanto se aproxima mais e mais de atender os clientes com exatamente o que eles querem.

A Mentalidade Enxuta também fornece um meio de fazer o trabalho mais satisfatório porque fornece feedback imediato nos esforços para converter o *muda* em valor. E, em contraste com a recente mania dos processos de reengenharia, ela fornece um modo de criar um trabalho novo em vez de simplesmente destruir postos de trabalho em nome da eficiência.

### **2.2.1. - valor**

#### **A especificação de valor.**

O ponto crítico de partida para o mentalidade enxuta é *valor*. Valor só pode ser definido pelo consumidor final. E só tem significado quando expresso em termos de um produto específico (um bem ou serviço) que satisfaz as necessidades do cliente a um preço específico e num tempo específico.

Enquanto os produtores querem continuar a fazer o que estão acostumados a fazer os consumidores sabem apenas pedir alguma variação para aquilo que já estão recebendo. Assim

quando produtores ou consumidores se decidem a repensar o valor, recaem nas fórmulas simples – custo menor, aumento na diversificação do produto via customização, entrega instantânea -- em vez fazerem conjuntamente uma análise do valor e um desafio às definições tradicionais para ver apenas o que realmente é necessário fazer.

Outra causa para a dificuldade em se achar o valor correto é que o valor é criado continuamente num fluxo através de muitas empresas e cada uma tende a definir o valor de modo diferente para satisfazer apenas às suas necessidades. Quando se juntam estas diferentes definições, verifica-se que elas simplesmente não se somam.

Quando se tomam alguns momentos para refletir sobre qualquer produto, um bem ou um serviço, por exemplo, ver-se-á o mesmo problema na definição de valor.

Para fazê-lo de modo adequado seria necessário que os produtores falassem aos clientes de um novo modo e que muitas empresas ao longo da cadeia de valores se falassem umas com as outras de maneira nova.

É vital que os produtores aceitem o desafio da redefinição, porque essa é a chave para encontrar novos clientes e a habilidade de encontrar novos clientes e vendas é crítica para o sucesso da mentalidade enxuta.

Como será visto mais adiante, as organizações enxutas liberam continuamente grande quantidade de recursos. Para continuarem com boas práticas de Recursos Humanos e melhor uso para os seus bens enquanto prosseguem na nova trajetória, devem encontrar novas oportunidades de venda quase imediatamente.

Uma vez que o repensamento tenha sido feito (no que os japoneses chamam de *kaikaku* do valor) as empresas devem continuamente reavaliar a questão com suas equipes para verificar se obtiveram a melhor resposta.

Para bem especificar o valor é muito importante determinar o “*target cost*” ou custo alvo da quantidade de recursos necessária e do esforço requerido para produzir um produto especificado, depois que todo o *muda*, ou seja, todo o desperdício foi removido do processo.

Como o target é muito abaixo dos custos dos competidores, a empresa enxuta tem duas escolhas: reduzir preços (o que é um outro meio para aumentar o volume de vendas e obter lucros no volume e também de utilizar os recursos liberados): adicionar mais características ao seu produto ou adicionar serviços ao produto físico; expandir a rede de distribuição e serviço.

O custo target é a lente pela qual se examinam os produtos.

### 2.2.2 - a cadeia de valores

#### A identificação da cadeia de valores.

A *cadeia de valores* é um conjunto de todas as ações específicas necessárias para conduzir um produto específico (seja ele um bem, um serviço, ou, crescentemente, uma combinação dos dois) através das três tarefas críticas na gerência de qualquer negócio:

a *tarefa resolver problemas* que vai desde a concepção do produto através do detalhamento do projeto e engenharia ao lançamento da produção,

a *tarefa gerenciamento da informação* que vai desde o recebimento do pedido através da programação detalhada até a entrega, e,

a *tarefa da transformação física* que se inicia com a matéria prima até o produto final nas mãos do consumidor.

Assim o pensamento enxuto deve ir além da empresa, para olhar o todo: o conjunto inteiro de atividades envolvidas na criação e produção de um produto específico, da concepção através do projeto detalhado até a real disponibilidade, da venda inicial, através da colocação de pedidos e programação da produção até a entrega, e da matéria-prima produzida em local distante e fora da vista direto para as mãos do consumidor. O mecanismo organizacional para fazer isso é chamado de *empresa enxuta*, uma reunião de todas as partes interessadas na criação de um canal através da cadeia de valores, dragando para fora todo o *muda*.

O objetivo inicial na criação de um mapa da cadeia de valores, identificando cada ação necessária para projetar, pedir e fabricar um produto específico é classificar estas ações em três categorias.

- 1) aquelas que realmente criam valor tal como é percebido pelo cliente
- 2) aquelas que não criam valor, mas que são necessárias no momento para o desenvolvimento do produto, para o preenchimento de pedidos ou sistemas de produção (isto é o *muda* tipo 1) e que, portanto não podem ser eliminadas no momento; e
- 3) aquelas ações que não criam valor tal como é percebido pelo cliente (isto é o *muda* tipo 2) e que, portanto devem ser eliminadas imediatamente.

Quando estas ações do tipo 3 tiverem sido eliminadas o caminho estará livre para se trabalhar nos demais passos que-não-criam-valor através do uso de técnicas que serão vistas como o fluxo, o produção puxada e a perfeição.

### **A lata de Cola .**

WOMACK & JONES (1996) citam um exemplo de cadeia de valor analisando a produção de uma lata de Cola, uma bebida produzida no Reino Unido pela TESCO, uma das maiores redes de supermercados do mundo. Tomando o processo desde a mineração da bauxita, a figura 2.4 mostra as operações até se ter uma lata pronta.

A figura 2.4 ilustra as diversas operações necessárias para a produção de uma lata de Cola.

As diversas operações envolvidas começam com a extração do minério bauxita que ocorre na Austrália onde é extraído em grandes quantidades. Depois esse minério é transportado para uma usina de redução do minério que o transforma em pó de alumina. O minério é depois levado para a Suécia ou Noruega para a fundição. Isso é feito em lotes e em grandes quantidades. O minério pode esperar até dois meses para ter-se a quantidade necessária para a fundição que requer muita energia. A energia necessária é 20 vezes maior do que aquela necessária para fundir o alumínio reciclado. Daí os lingotes vão para a Alemanha para a laminação a quente onde são aquecidos a 500 graus Celsius, passam três vezes pelos laminadores e transformam-se em lâminas de 3mm de espessura. No passo seguinte as lâminas vão para uma laminação a frio na Alemanha ou Suécia. A laminação a frio é feita com folhas na velocidade de 630 m de folha por minuto, ou seja, 38 km/h e o alumínio vai de 3mm a 0,3 mm de espessura que é necessário para as latas. As folhas são feitas em bobinas e vão para o fabricante de latas no Reino Unido. Ali são usadas na fabricação de latas. A máquina de fazer latas é uma maravilha técnica capaz de fazer da folha de alumínio uma lata pintada e acabada em menos de 10 segundos

As latas ainda vazias são paletizadas, indo oito mil em cada pallet e daí para um armazém onde ficam semanas.

Na engarrafadora as latas são cheias de Cola. Há muitas variedades de impressão nas latas para as diversas bebidas e até para a Cola é necessária uma lata para cada tipo de campanha promocional em andamento.

Cada lata é lavada e enchida com a bebida e em seguida é fechada. Daí segue para um dispositivo que coloca a data de embalagem . É então embalada em caixa de papelão para

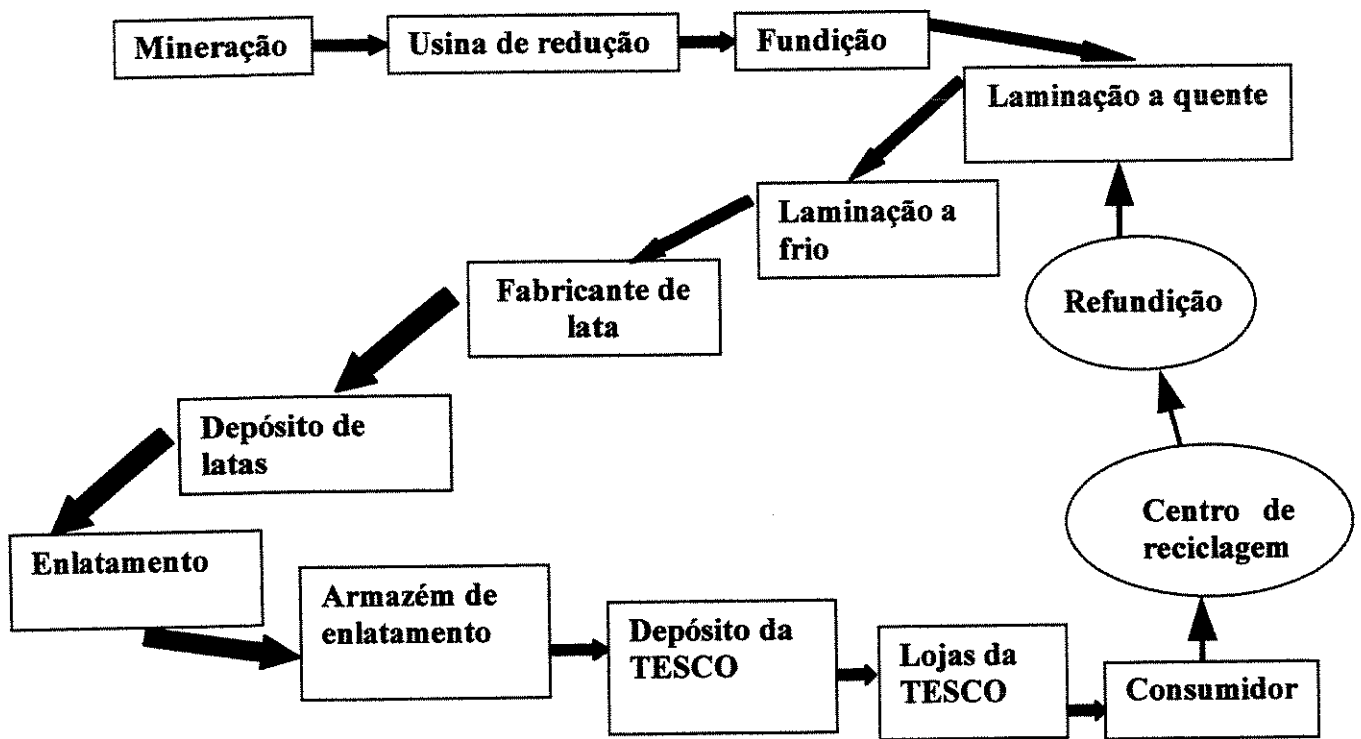


FIGURA 2.4 CADEIA DE VALORES NA PRODUÇÃO DE LATAS PARA COLA.

remessa ao destino.

A tabela 2.5 abaixo resume os tempos envolvidos no processo. O processo quando visto assim no todo, para um produto específico, mostra a cadeia de valores para a produção física e provoca muitos pensamentos.

Primeiro: o tempo envolvido em processo criativo é muito pequeno. São 3 horas em 319 dias!! Mais de 99% do tempo a cadeia de valor não flui. É o *muda* da espera. Segundo, a lata e o alumínio envolvidos no processo são movidos de um lugar a outro por trinta vezes. Do ponto de vista do consumidor final nada disso acrescenta nenhum valor. É tudo *muda* de transporte.

Semelhantemente o alumínio e as latas são movimentados por quatorze áreas e locais de armazenagem, muitas delas enormes e as latas são paletizadas e despaletizadas 4 vezes. É o *muda* de inventário e excesso de processamento.

Finalmente, 24% do alumínio, caríssimo e alto consumidor de energia, que sai da fundição, nunca chega até o consumidor final. É o *muda* dos defeitos que causa o sucateamento

TABELA 2.5

## TEMPOS ENVOLVIDOS NA PRODUÇÃO DE UMA LATA DE COLA

OPERAÇÃO	ESTOCAGEM DE ENTRADA*	TEMPO DE PROCESSO	ESTOCAGEM DE ACABADOS	TAXA DO PROCESSO	DIAS CUMULATIVOS	PERDAS CUMULATIVAS†
mineração	0	20 min	2 semanas	1000 t/hora	319	0
usina de redução	2 semanas	30 min	2 semanas		305	0
fundição	3 meses	2 horas	2 semanas		277	2
laminação a quente	2 semanas	1 min	4 semanas	3m/min	173	4
laminação a frio	2 semanas	< 1 min	4 semanas	630 m/min	131	6
fabricante de latas	2 semanas	1 min	5 semanas	2000/min	89	20
engarrafador	4 dias	1 min	5 semanas	1500/min	47	24
dist. Cola	0	0	3 dias	---	8	24
loja de venda	3 dias	0	2 dias	--	5	24
consumidor	3 dias	5 min	---	---	3	[90]
<b>Totais</b>	<b>5 meses</b>	<b>3 horas</b>	<b>6 meses</b>		<b>319</b>	<b>24</b>

\* inclui o tempo de transporte da operação anterior

† a percentagem de perdas por sucateamento é a percentagem do alumínio original que é sucateada. O salto no valor da perda no fabricante de latas é devido à perda de 14% do material na operação de laminação a quente. A perda no engarrafamento é principalmente devido a latas danificadas e rejeitadas quando elas são carregadas nas máquinas de enchimento. Como as latas são estocadas vazias e sem pressão interna elas são facilmente danificadas na manipulação.

o salto na perda na casa do consumidor, mostrado em colchetes é a consequência de reciclagem de apenas 16% dos 76% do alumínio original que chega até o consumidor.

O que parece ser muito eficiente do ponto de vista das empresas individuais ao longo da cadeia-- por exemplo, -- compra de uma das mais rápidas máquinas de encher as latas, operando a 1500 latas por minuto para dar o mais baixo custo de enchimento de latas no mundo — pode estar muito longe da eficiência quando se inclui a mão de obra indireta, (de apoio técnico), os inventários à jusante e à montante, os custos de manipulação e de armazenagem. De fato, esta máquina deve ser muito mais cara que uma menor, mais simples e mais lenta que seja capaz de fazer apenas o que a próxima empresa na cadeia necessita (a distribuidora de Cola, neste caso), mas fazê-lo no momento em que é necessário, sem apenas embarcá-lo a partir de um enorme estoque.



Enfatize-se apenas o essencial no raciocínio de cadeia de valores – que não se deve pensar em atividades e máquinas isoladas. Deve-se ver as ações específicas e necessárias para a produção do produto específico e como elas interagem.

Note-se que nesta análise feita nada foi falado sobre os competidores. Nada de “benchmarking”. “Benchmarking” pode ser perda de tempo quando se conhece os princípios da mentalidade enxuta. Os conhecedores de mentalidade enxuta, que fizerem benchmarking, terão tendência a relaxar, enquanto que aqueles praticantes da produção em massa, quando descobrem que sua performance é inferior encontram freqüentemente muita dificuldade para entender o porquê (exemplo: Volkswagen e GM nos anos 80). No processo de benchmarking perdem-se em diferenças, em fatores de custo, escala ou cultura que são fáceis-de-medir e difíceis-de-se-repetir e não vêm o que é importante: que as diferenças realmente importantes se situam nos modos difíceis-de-se-ver, ou seja, como as atividades que criam valor são organizadas.

Portanto para tornar uma empresa enxuta:

Não dar atenção aos concorrentes. Competir contra a *perfeição*, identificando as atividades que são *muda* e eliminando-as. Esse será um padrão absoluto e não relativo que servirá para nortear a empresa. (Na sua mais espetacular aplicação este princípio colocou a Toyota na dianteira por mais de quarenta anos!!). Para isso é preciso saber como eliminar o *muda*. É preciso conhecer o *fluxo*.

### **2.2.3 - o fluxo**

O próximo item da mentalidade enxuta é o fluxo.

Fazer as fases de criação de valor *fluir*. Este passo requer um completo rearranjo de nossos processos mentais. Henry Ford compreendeu a total potencialidade do fluxo. Mas ele só descobriu um *caso especial* para altos volumes de produção.

Taiichi Ohno concluiu que o desafio maior é criar um fluxo contínuo no caso de produção em pequenos lotes, quando dúzias ou centenas de cópias de um produto são necessárias, e não milhões. Este é o *caso geral*. Para isso é necessário aprender fazer rápidas mudanças de ferramentas de um produto para o próximo e também determinar o *tamanho correto* (miniaturização) das máquinas de modo que as fases do processo, de diferentes tipos (por exemplo, moldagem, pintura e montagem) possam ser efetuadas imediatamente uma adjacente à outra de tal modo que o objeto sendo manufaturado seja conservado em fluxo contínuo.

- **O mundo dos lotes e filas**

Vive-se num mundo orientado para lotes e filas. O que quer dizer isto? Quer dizer que as atividades são todas separadas para serem feitas em lotes, como se isso fosse a coisa mais lógica do mundo. Acontece que não é. É apenas uma questão cultural. Nossa cultura cultua a lógica dos lotes.

Veja-se o caso de uma pessoa que vai ao médico. Inicialmente marca-se uma consulta o que é feito com dias de antecedência. Quando o Doutor vê a pessoa, quase sempre com atraso sobre o horário marcado, ele faz um julgamento sobre qual parece ser o problema. A seguir envia o paciente para um especialista, que muito possivelmente vai atendê-lo em um outro dia, e certamente depois de fazê-lo esperar em outra sala de espera.

O especialista, por sua vez, pedirá com certeza testes e exames que necessitam de laboratórios e equipamentos especiais. Então, se a natureza do problema tiver sido descoberta, será o tempo do tratamento o que envolve ir a uma farmácia comprar o medicamento, quando não um retorno ao médico para um procedimento complexo. Se for necessário um hospital, começa um novo conjunto no mundo das funções especializadas de processos desconexos e de espera.

Refletindo sobre essa experiência irá se descobrir que o tempo gasto com o tratamento foi uma pequenina fração do tempo gasto com o processo. Boa parte do tempo o paciente ficou sentado e esperando (e “paciente” parece ser um nome bem apropriado), ou movendo-se para outro passo no processo de diagnose e tratamento. Este é o preço a pagar porque na cultura ocidental foi ensinado que este é o preço pela “eficiência” do processo.

Esta atividade, como qualquer outra pode ser posta para *fluir*. Pode-se pensar sempre em como fazer para alinhar os passos essenciais que são necessários para se ter um trabalho feito de modo contínuo, permanente, sem movimentos perdidos, sem interrupções, sem lotes nem filas. Ver-se-á que tudo muda, que se pode trabalhar em conjunto, os tipos de ferramentas que serão projetadas para ajudar no trabalho, as organizações que serão criadas para ajudar no fluxo, a natureza das firmas de negócio que serão necessárias. Aplicar o conceito de fluxo às atividades humanas não é fácil nem automático.

De fato, pode ser difícil até mesmo ver o fluxo de valor, quanto mais perceber a importância do fluxo.

O importante é que os princípios do fluxo podem ser aplicados sempre e que as conseqüências são dramáticas. A quantidade de esforço humano, tempo, espaço, ferramentas e

inventários necessários para projetar e prover um bem ou serviço podem, num caso típico, *ser cortados pela metade* muito rapidamente e um progresso contínuo que pode ser mantido daquele ponto em diante.

- **técnicas do fluxo**

Como fazer o valor fluir? O primeiro passo, quando o valor foi definido e a cadeia de valores identificada, é focar o objeto real –o projeto específico, o pedido específico e o produto em si mesmo (exemplo “cura” do paciente) e não deixá-lo sair de sua vista do início até o término das atividades. O segundo passo, o qual torna o primeiro possível, é ignorar completamente os limites tradicionais de empregos, carreiras, funções (freqüentemente organizadas em departamentos) e de empresas para poder formar a *empresa enxuta*, removendo todos os impedimentos para o fluxo contínuo do produto específico ou da família de produtos.

O terceiro passo é repensar as atividades específicas e ferramentas para eliminar fluxos para traz, sucateamento e paradas de todo o tipo de modo que o projeto, o pedido e a produção de um produto específico possam ocorrer continuamente.

- **Desenvolvimento de novos produtos**

A chamada abordagem enxuta consiste em criar dentro da empresa equipes dedicadas para cada produto, com todos os conhecimentos necessários para fazer uma especificação de valor, um projeto geral, a engenharia detalhada, a compra, o ferramental e o planejamento da produção numa única sala e num período pequeno de tempo usando metodologia para decisões de grupos. Com este método é possível padronizar o trabalho de modo que a equipe siga a mesma abordagem cada vez.

Tendo-se uma equipe dedicada para especificar corretamente o valor e daí eliminar o retrabalho e os fluxos para traz, o projeto nunca para, movendo-se sempre para a frente, até que esteja totalmente em produção. Isto reduz o tempo de desenvolvimento e o esforço pela metade ou mais obtendo também mais produtos que respondem às necessidades do consumidor.

Quando um grupo pequeno recebe o mandato “faça-o simplesmente”, é possível ver que profissionais subitamente descobrem que cada um pode cobrir com sucesso um espectro muito

mais largo de tarefas do que lhe tinha sido permitido anteriormente. Farão o trabalho melhor e com mais prazer.

Nestas equipas é necessário alocar pessoal que anteriormente estava em marketing, engenharia e em produção e isto cria problemas. Também a necessidade de incluir empregados dos fornecedores de materiais e componentes cria questões difíceis sobre onde começa e termina cada uma das empresas.

- **Do pedido ao pagamento**

*Tradicional* – os pedidos de produção são obtidos do Dep. de Vendas ou dos varejistas. Depois de processar os pedidos para se certificar se são internamente consistentes e se o cliente tem crédito aprovado a ordem é enviada ao Planeamento para ser programada através de um algoritmo complexo que estabelece a data de embarque. Nos casos de atraso o cliente chama Vendas, a qual chama a Programação. Quando os pedidos estão mesmo atrasados e clientes importantes ameaçam cancelar, então juntam-se Vendas e Programação para fazer o “expediting” - uma espécie de apressamento em toda a linha de produção.

Na década de 90, inspiradas pelo movimento de reengenharia, as empresas juntaram os departamentos de Vendas e de Programação da produção num único para processar mais rapidamente os pedidos.

Embora estas inovações tenham ajudado, a produção enxuta vai muito mais longe.

*Na empresa enxuta*-- Vendas e programação da produção são os membros principais da equipa de produto e em posição de planejar a campanha de vendas enquanto o produto ainda está sendo desenvolvido e vendê-lo com um olho nas capacidades do sistema de produção. Os produtos são produzidos sob encomenda, com apenas algumas horas entre a primeira operação sobre as matérias primas e o embarque do produto acabado. Os pedidos são aceites com uma noção muito mais clara das capacidades do sistema. Portanto não há expediting.

É importante o *tempo takt*. Esse é o conceito que sincroniza o ritmo de produção com o ritmo de vendas aos clientes. Imagine-se que os clientes coloquem pedidos numa taxa de 48 unidades por dia. Imagine-se que a fábrica funcione num turno de 8 horas por dia. a divisão de 480 minutos por 48 nos indica que é necessário produzir uma unidade a cada 10 minutos.

Esse é o *takt*: 10 minutos. Os pedidos podem aumentar ou diminuir com o tempo e o *takt* deve ser ajustado de acordo.

Interessante notar que o processo de incentivo a vendas sem levar em conta as características do processo é contra produtivo. Esse método de incentivo produz gargalos no fim de cada período e os incentivos são contados e pode levar a atrasos na entrega. Em resumo ele gera *muda*.

- **produção**

Após muitos anos usando métodos manuais de controle da produção, os sistemas computadorizados de planejamento de necessidade de materiais (MRP) surgiram na década de 70. Eram e são muito precisos quanto a saber qual o inventário, os pedidos de materiais e enviar instruções a cada departamento.

Os tempos de processo são bastante longos nos sistemas de lote e fila – tipicamente meses entre o momento em que a peça mais acima na cadeia é produzida e o momento em que o produto usando aquela peça é embarcado para o consumidor.

Além disso, no mundo real ocorre que os pedidos recebidos mudam continuamente dia por dia. Há mudanças frequentes na engenharia do produto, mesmo em produtos já maduros o que significa que uma considerável fração de peças empilhadas ao longo da cadeia de valor ou ficam obsoletas ou tem que ser trabalhadas.

Assim os MRP's simples na concepção se tornam muito complexos de operar. Não bastasse isso, para fazer frente ao mundo real é necessário fazer sistemas manuais de back up ou de complementação. Tais sistemas constituem entradas não previstas no MRP, o qual por sua vez passa a gerar ordens absurdas e o caos se instala.

A Toyota criou na década de 50 o sistema “just in time” que foi copiado pelos americanos na década de 90. Foi pensado por TAIICHI ONO (1988) como um método para facilitar o fluxo suave.

Ocorre que o just-in-time só funciona se as preparações de máquina forem drasticamente reduzidos de modo que a corrente de operações produza pequenas quantidades de cada peça e então produza uma outra pequena quantidade quando a primeira quantidade foi já usada no processo seguinte corrente abaixo. JIT também não adianta se ao longo da corrente nos passos seguintes não houver programação de nivelamento( *beijunka* ) para suavizar as perturbações no

dia a dia do fluxo de pedidos sem relação com a real demanda dos consumidores. De outro modo começam a pipocar os gargalos e logo começam os estoques de segurança para preveni-los.

O que é feito em empresas enxutas para que os bens manufaturados fluam, é tomar os conceitos críticos do JIT e programação de nivelamento e aplicá-los até a conclusão lógica, colocando os produtos em fluxo contínuo onde possível.

A equipe que é usada na produção, com seus elementos tais como gerente do produto, o comprador de peças, o engenheiro de fabricação e o programador da produção é colocada na área de produção próxima ao equipamento de produção e em contato direto com o engenheiro de produção e o engenheiro de ferramentaria. Ganha-se com a eliminação da distinção odiosa entre pessoal de escritório (que deveria pensar) e o de fábrica que trabalharia com as mãos.

Outra característica da produção é que cada membro do grupo deve conhecer todas operações (caso alguém precise sair) e as máquinas devem estar 100% disponíveis e precisas através de uma série de técnicas chamadas Manutenção Totalmente Produtiva (TPM).

O trabalho é rigorosamente padronizado pela equipe e os empregados e máquinas devem monitorar o próprio trabalho através de técnicas chamadas *poka-yoke*, ou seja, à prova de erros. Esse processo deve tornar impossível que uma única peça defeituosa passe adiante na cadeia.

Como já dito o time ou equipe que é o coração do sistema de produção enxuta e composto de:

- ❖ líder de equipe
- ❖ engenheiro de produção
- ❖ planejador / comprador
- ❖ perito em manutenção tipo TPM
- ❖ operadores

Essa equipe deve ficar próxima ao equipamento de cada célula de produção.

Finalmente deve-se dizer sobre a produção que o trabalho de cada passo deve ser balanceado de tal forma que cada grupo trabalhe num ciclo igual ao tempo *takt*

- **localização**

Deve-se dizer também que, sempre que possível, o local de projeto e produção (a fábrica enfim) deve ser localizado o mais próximo do consumidor.

## ***2.2.4 - o puxar – fazendo o consumidor puxar o valor da empresa***

### **A produção puxada**

A habilidade de projetar, programar e fazer exatamente o que o cliente quer significa que se pode jogar fora as previsões de venda e fazer apenas o que os clientes dizem que precisam. O consumidor pode *puxar* o produto, em vez de a empresa empurrar produtos, freqüentemente não solicitados, sobre o cliente.

A teoria da Produção Puxada é simples. Ninguém acima na cadeia produtiva deve produzir um bem ou serviço a menos que o consumidor no fluxo o tenha pedido.

O melhor modo de entender a lógica e o desafio envolvidos neste raciocínio é tomar exemplo real de um consumidor que necessita de uma peça e verificar para trás todos os passos necessários para trazer o produto até ele.

Como exemplo será usado o caso real, citado por WOMACK & JONES (1996) de uma pessoa que vai até o concessionário Toyota e pede um pára-choques de um modelo já fora de linha de produção.

O fabricante de pára-choques era o fornecedor da Toyota denominado Bumper Works, de Danville, Illinois .

A Bumper Works, quando se tornou um fornecedor Toyota, produzia no sistema comum de lotes e fila. Como os prazos de entrega eram longos, a Toyota fez um acordo com a Bumper.

Por esse acordo a Toyota enviou então aos EUA alguns *sensei* (peritos) para implantar em seus fornecedores no EUA e na Bumper Works em particular, a mentalidade enxuta, .

Os *sensei* notaram primeiro que havia enormes estoques na Bumper Works. Nada fluía.

Mudar as prensas da Bumper para permitir fluxo de uma peça não era possível de imediato. O tempo médio de troca de produto em uma máquina era de 2 horas.

A fórmula japonesa foi aplicada também na BumperWorks. Cada máquina deveria estar disponível para produção 90% do tempo e parada para mudanças de produto 10% do tempo.

A seguir foi examinado o conjunto de produtos que a Bumper Works deveria produzir diariamente. Os *sensei* determinaram que as prensas grandes deveriam fazer a mudança em duas horas ou menos e as pequenas em 10 minutos ou menos.

O lay out foi reorganizado de modo que as chapas ao chegarem devessem fluir diretamente do armazém de recebimento para a máquina de corte, onde as chapas eram cortadas em formatos retangulares um pouco maiores que o pára-choques. As chapas então iam imediatamente para a

célula ao lado, onde estavam três prensas de estampagem, para que tomassem a forma de pára-choques. Em seguida essas peças eram enviadas em intervalos freqüentes para a operação de cromagem feita fora da fábrica, retornando para a operação de solda na cabina de soldagem próxima às prensas de estampagem. Ali as partes interna e externa do pára-choques e o suporte que o prendem ao veículo eram soldados conjuntamente.

Dali os pára-choques seguiam diretamente para a plataforma de saída apenas a tempo para o embarque programado. *Mas cada operação só fluía se puxada pela operação seguinte*.

Isto quer dizer que a máquina de corte não cortava nada até receber um sinal das prensa de estampagem e as máquinas de estampagem nada faziam até receber um sinal do cabina de solda. Cada atividade puxava a seguinte. A programação de embarque e o tempo *takt* tornaram-se os determinantes do ritmo para toda a operação.

Os clientes da Bumper ainda estavam acostumados a pedir em lotes uma vez no fim de cada mês. Assim a Toyota e a Bumper decidiram aplicar a chamada *programação de nivelamento*

O gerente da Pára-choques deveria tomar todos os pedidos para o próximo mês, digamos 8.000 pára-choques A, 6.000 pára-choques B, 4.000 pára-choques C e 2.000 pára-choques D.

Ele deveria somá-los (o que dá 20.000 pára-choques) e dividir pelo número de dias de produção no mês.(digamos 20). Isto daria 1.000 pára-choques por dia, ou seja, 400 A, 300 B, 200 C e 100 D.(com um tempo *takt* de 0.96 minutos).

Isto iria requerer quatro trocas na máquina de corte, e estampagem com um total de 88 minutos (9% dos 960 minutos disponíveis no trabalho de dois turnos) se usados os 22 minutos de tempo máximo determinado pelos *sensei* para preparação de máquina.

A programação do dia era dada para a cabina de solda para começar o processo. Quando a cabina já tinha usado a sua reserva de painéis interno e externo e de suportes para o pára-choques A, os soldadores deveriam deslizar a bandeja vazia de peças e o *kanban* ou sinal verde, associado ao longo de um trilho para a seção de prensas. Este era o sinal para que as prensas produzissem mais pára-choques A. O sistema MRP até então usado e que dava problemas que necessitavam o *expediting* não mais era necessário. O sistema simples do Puxar e mais o controle visual funcionaram após os inevitáveis problemas de início da produção.

Então a doutrina da Produção Puxada pode ser sumarizada como: *não faça nada até que seja necessário*. Então faça tudo muito rápido.



Quando a Bumper Works aprendeu a técnica da Produção Puxada, através do sistema, ela foi capaz de responder praticamente instantaneamente aos pedidos dos clientes.

### ***2.2.5 - a perfeição – obtendo a transparência do processo***

#### **A perfeição**

Este é o quinto e último princípio do Mentalidade enxuta. Decorre do fato de que os outros quatro interagem entre si, de modo que o processo nunca tem fim.

A transparência é o fator maior que conduz à perfeição. Num sistema enxuto, todos, sub-contratantes, fornecedores, integradores de sistema (chamados de montadores), distribuidores, clientes, empregados - podem ver tudo e assim é fácil descobrir meios de criar valor.

Em todos os passos até agora viu-se a necessidade de os gerentes aprenderem a ver a cadeia de valor, ver o fluxo de valor, e ver o valor ser puxado pelo consumidor. A forma final de visão é trazer a perfeição para uma visão clara, de modo que os objetivos da melhoria sejam aparentes e reais para a empresa inteira.

Cada uma das empresas citadas nesta dissertação certamente tem uma visão de perfeição para suas atividades . a fábrica de Cola necessita uma visão de perfeição para a sua linha de bebidas. A Toyota tinha também uma visão de perfeição para a instalação de fábricas de auto peças, derivada dos princípios da mentalidade enxuta quando iniciou em 1982 a repensar o negócio de peças de reposição no Japão. e em 1989 quando começou a aplicar os mesmos conceitos nos EUA.

Podem ser um paradoxo, mas nenhum quadro da perfeição é perfeito. A perfeição é como o infinito. Tentar vê-la e chegar até ela é realmente impossível, mas o esforço para fazê-lo fornece a inspiração essencial para fazer progressos na trajetória.

Uma das coisas mais importantes para ter em mente é o tipo de projeto de produto e tecnologias operacionais necessárias para trazer os próximos passos ao longo da trajetória.

Já foi visto que um dos obstáculos à realização de progressos rápidos é a inadequação da tecnologia de processos e em muitos casos a inadequação do projeto do produto também às necessidades de uma empresa enxuta.

Deve-se aqui fazer uma concessão. Toda a tecnologia atual foi pensada e elaborada e implementada com vistas ao processo de lotes e filas.

Há um senso de direção que é claro: os produtos devem ser projetados e fabricados de modo mais flexível, em quantidades menores e em fluxo contínuo. Esta deve ser a meta de projetistas e processistas no desenvolvimento de projetos e ferramentas genéricos .

Já foram vistos os cinco princípios, as cinco idéias poderosas do pensamento enxuto, necessária para converter empresas e cadeias de valor de um charco de desperdício em um fluxo contínuo de valor , definido e puxado pelo consumidor.

Há, porém ainda um paradoxo inerente ao esforço de introduzir a mentalidade enxuta nas organizações reais que buscam a perfeição. A transparência em tudo é o princípio chave. A política de preparação opera como um processo aberto para alinhar as pessoas e recursos com as tarefas de melhoria. E uma maciça e contínua solução de problemas é conduzida por equipes de empregados que historicamente nunca tinham se falado e muito menos se tratado como iguais.

E, entretanto a força catalisadora que move empresas e cadeias de valor para fora do mundinho do olhando-para-dentro e dos lotes-e-filas é geralmente aplicada por alguém de fora que quebra todas as regras tradicionais e freqüentemente num momento de profunda crise.

A esse indivíduo chamamos *agente de mudança*.

Neste capítulo II foram abordados os princípios da mentalidade enxuta conforme WOMACK & JONES (1996). A correta conceituação destes princípios é fundamental para o contexto deste trabalho pois estes princípios representam do forma sistemática as descobertas do toyotismo.

No próximo capítulo será vista uma metodologia para introduzir uma produção baseada nos princípios da manufatura enxuta, em uma empresa.

Por esse motivo a abordagem será feita muito mais do ponto de vista da engenharia de produção e mais voltada para a atividade do engenheiro que deva levar a cabo a introdução da manufatura enxuta em uma empresa

### **3. METODOLOGIA DE INTRODUÇÃO DE MANUFATURA ENXUTA EM UMA EMPRESA – O SALTO ENXUTO**

Neste capítulo serão vistos em forma pontual os passos principais para a introdução da mentalidade enxuta em uma empresa. Estes passos são muito importantes pois correspondem à parte prática para implementação dos princípios do capítulo anterior.

A simples enumeração de princípios, conquanto muito importante do ponto de vista conceitual, não permite a ninguém iniciar o processo em uma empresa. Para esse fim é necessária a metodologia do salto enxuto, voltada para os engenheiros de produção que terão a missão de modificar a estrutura existente para permitir que novas idéias sejam introduzidas no ambiente do chão de fábrica.

A importância desta metodologia está no fato de que aborda os princípios pelo lado prático, de forma a possibilitar a quem esteja interessado na implantação de mentalidade enxuta em uma empresa, dispor de um adequado conjunto de ferramentas para fazê-lo.

A metodologia aqui exposta reúne um processo de levantamento de dados proposto por ROTHER et al. (1998) e os passos de projeto de sistema de manufatura enxuta proposto por BLACK (1991). Black propõe 8 passos no projeto do sistema e mais dois referentes à automação e computarização. Nesta dissertação é proposto, além do levantamento de dados já citado, os oito passos propostos por Black, aqui reduzidos a sete pela união do sexto e sétimo passos de Black. Quanto aos dois últimos, o próprio Black parece ter reconsiderado sua necessidade em trabalhos posteriores. Optou-se pela sua não inclusão inclusive porque a filosofia de mentalidade enxuta em nenhum momento considera a necessidade de automação intensa ou de sistemas computadorizados. Fique claro, porém, que isso não significa que um sistema de produção enxuta não possa ter um grau de automação e que não possa ser computadorizado.

#### **3.1 Levantamento de Dados – Mapa de Processo Antes e Depois**

O chamado salto enxuto consiste na aplicação da mentalidade enxuta à modificação do sistema de manufatura de uma empresa para que ela se torne uma *empresa enxuta*. Deve-se pensar como instalar a mentalidade enxuta na empresa.

O passo inicial é vencer a inércia das organizações. Isto requer um agente de mudança com conhecimento de mentalidade enxuta e um levantamento criterioso da situação atual encontrada e da situação futura que se quer criar.

Para isso é essencial um sistema de mapeamento da cadeia de valor para todas as famílias de produtos. O levantamento da situação atual é feito através de um processo de mapeamento criado por ROTHER et al. (1998).

Este processo consiste basicamente em levantar, através de um diagrama, qual a situação atual da empresa. Este processo é conhecido como “*mapeamento da corrente de valor*” e permite detectar a situação atual com a visão da mentalidade enxuta.

Uma corrente de valor é o conjunto de atividades, tanto as que adicionam valor ao produto como aquelas que não o fazem, e necessárias para fazer o produto fluir através dos fluxos essenciais à sua produção:

da matéria prima ao produto acabado em mãos do consumidor final;

Da concepção do produto até o seu lançamento.

Este mapa de situação atual mostra o fluxo do produto desde a matéria prima até o produto final. Na figura 3.1 podemos ver um mapa de situação atual para o nosso estudo de caso da empresa F METAL.

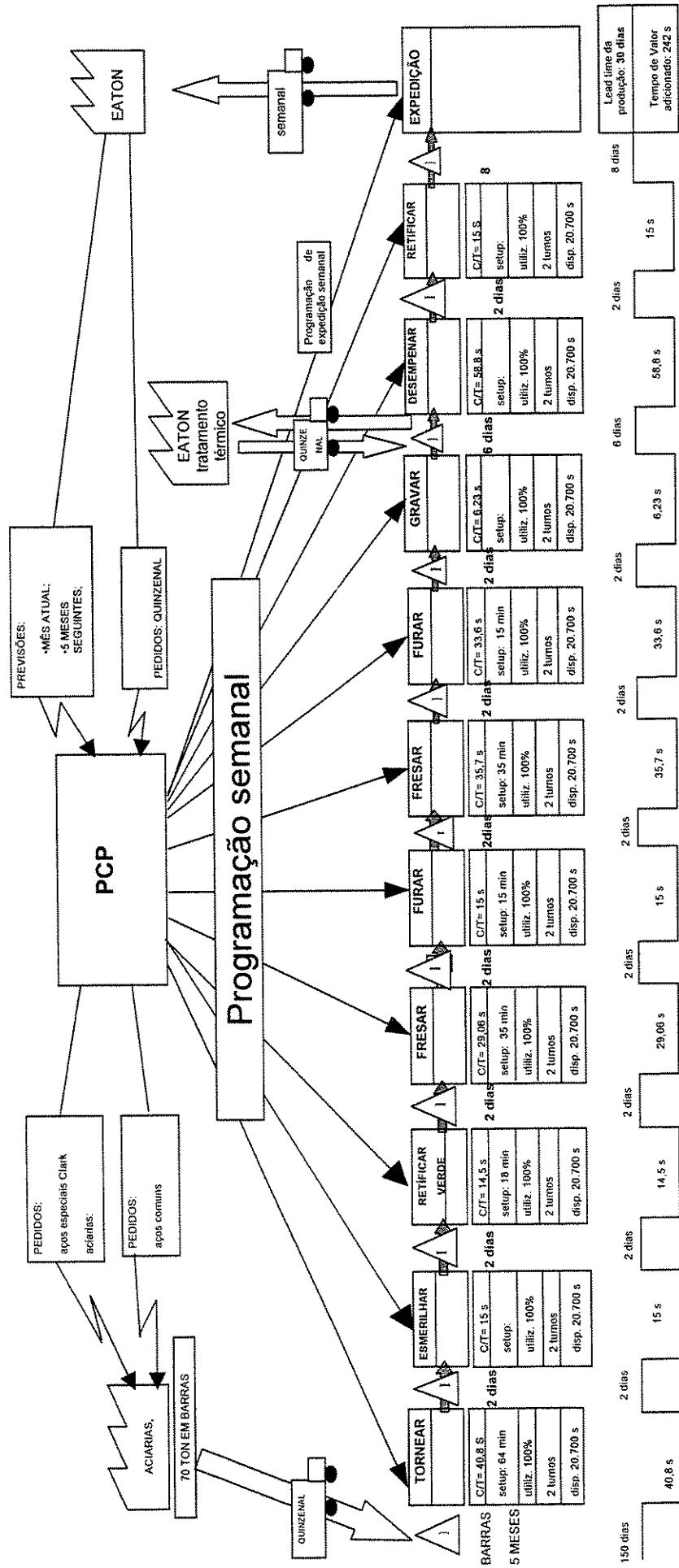


Figura 3.1 FMETAL MAPA DE ESTADO ATUAL

Nessa figura cobre-se desde a entrega da matéria prima pelos fornecedores da FMETAL, neste caso os produtores de aço, até a entrega dos produtos - barras seletoras de marcha - para o cliente. Este processo de mapeamento é feito sempre para uma família de produtos que tenham um processamento similar.

O mapeamento é feito a partir de “ícones” que são símbolos utilizados para representar os processos. São representados dois fluxos principais o fluxo de material dentro da fábrica e suas transformações pelas diversas operações, e o fluxo de informações que permitem conhecer como o processo é realizado.

Na figura 3.2 à página seguinte podem ser vistos os principais ícones desenvolvidos por ROTHER et al. (1998) para permitir o mapeamento do processo.

A parte inferior da figura 3.1 mostra o *fluxo de material*. A primeira parte mostra o transporte das barras desde o fornecedor até as instalações da FMETAL em Mogi Guaçu. São evidenciados os estoques de peças mantidos entre as operações em número de dias.

Para cada operação são fornecidos os tempos de ciclo, os tempos de preparação de máquina a utilização da máquina, o número de turnos, o tempo disponível e o número de operadores envolvidos.

Na parte superior do mapa indicam-se as informações pertinentes ao *fluxo de informações*. Para mostrar o fluxo da informação eletrônica recorre-se às chamadas linhas relâmpago, uma linha quebrada que mostra como flui o fluxo de informação

O uso do mapa de estado atual e futuro é uma ferramenta que permite visualizar o fluxo da produção em seus vários processos.

Permite ver os pontos onde ocorrem desperdícios e as fontes destes desperdícios na corrente de valor. Fornece também uma linguagem comum para se referir aos processos de manufatura.

Mantém à tona os conceitos de mentalidade enxuta, de modo que o tempo todo se possa raciocinar sobre eles e como se aplicam à situação em estudo.



Reúne num só mapa as informações de fluxo material e de fluxo de informações. O mapa de estado atual e futuro é uma ferramenta qualitativa com a qual se pode descrever em detalhe como a instalação deve operar, para criar o fluxo. Os números são bons para criar um senso de urgência quanto às medidas antes e depois.

O mapeamento de valor é bom para descrever o que se está fazendo para modificar os números.

Na mentalidade enxuta o fluxo de informação é tão importante como o fluxo de material. A Toyota e outros fabricantes que adotaram a manufatura enxuta usam os mesmo processos de transformação de materiais usado pelas demais empresas, tais como solda, estampagem, montagem, etc. A diferença se situa em como regular a produção de modo que cada processo faça exatamente e somente aquilo que o processo seguinte necessita.

### **3.2 Projeto de Células Interligadas de Fabricação e Montagem.**

O centro da aplicação do pensamento enxuto é o sistema de células interligadas de manufatura e montagem. Ponto central desse sistema são as células de manufatura nas quais os processos são agrupados de acordo com a seqüência de processos e operações necessárias para fazer um produto ou uma família de produtos.

Essas células têm o formato de U e os trabalhadores se movem de máquina para máquina carregando e descarregando peças. Isto permite aumentar ou diminuir o número de trabalhadores em uma célula, de acordo com a variação da demanda. Na Toyota este princípio é conhecido como *Shojinka*. Os princípios do Shojinka são três:

- 1) Conceber células em formato de U.
- 2) Mobilizar os trabalhadores pluriespecializados ( Multifuncionais).
- 3) Recalcular permanentemente os padrões de operação alocados aos trabalhadores, de acordo com a variação da demanda.

A Shojinka é equivalente a aumentar a produtividade pelo ajustamento e reprogramação do trabalho humano.



## A célula em U

A essência da célula em U é que as entradas e saídas estejam frente a frente.

A arquitetura em U e os trabalhadores multifuncionais constituem o tipo de busca da produtividade pela flexibilidade.

A Figura 3.3 ilustra uma célula de manufatura onde um só operador opera a célula toda.

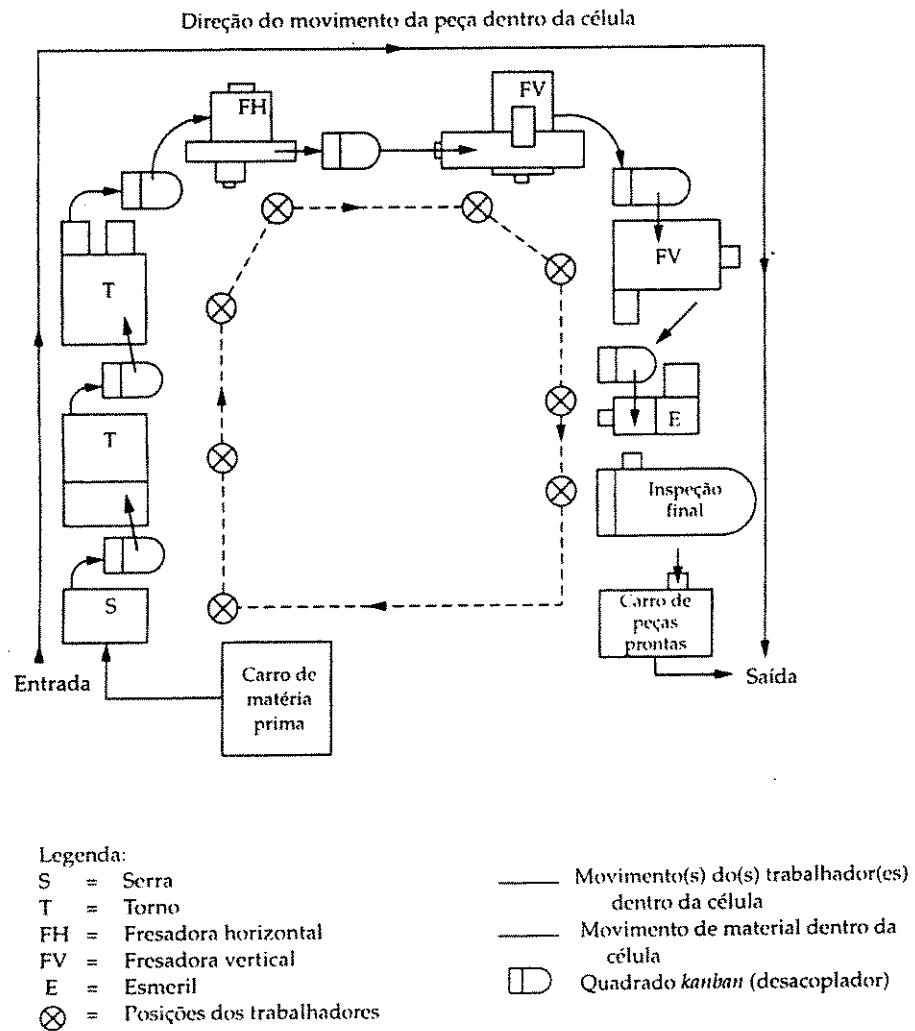


FIGURA 3.3 CÉLULA EM U COM UM SÓ OPERADOR - BLACK (1991)

O essencial para uma célula é flexibilidade. Funcionalmente as peças são processadas uma por uma e puxadas através da célula. O trabalhador pode caminhar em qualquer um dos dois sentidos, isto é, no sentido do movimento da peça, ou no sentido oposto. Para isso é necessário o uso de *kanbans*.

A figura 3.4 mostra as células interligadas de manufatura e montagem.

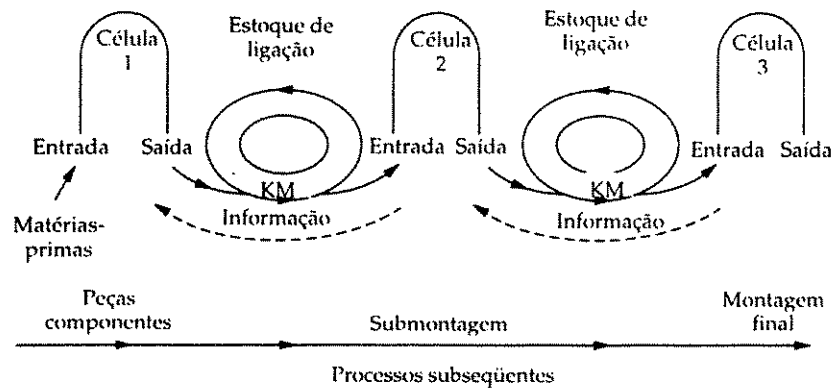


FIGURA 3.4 CÉLULAS INTERLIGADAS BLACK (1991)

### Como (e por que) as células são interligadas

Segundo BLACK (1991) as células são interligadas por um sistema chamado *Kanban*. Dentro das células as peças se movem no chamado *fluxo de peça única*, uma de cada vez, de máquina para máquina. É este movimento de peça única que elimina as filas entre processos, reduz a manipulação do material e economiza espaço no chão de fábrica.

As máquinas para operarem bem nas células devem dispor da chamada *autonomia*, que consiste em uma capacidade de se desligarem automaticamente ao fim do ciclo de uma peça.

Por isso as máquinas devem ter uma manutenção preventiva para prevenir defeitos e quebras. Entretanto é quase certo que podem ocorrer problemas dentro das células e para isso se utilizam *amortecedores* (buffers) para proteger os elementos situados corrente abaixo no sistema, contra os atrasos ocorridos nos elementos situados corrente acima. O estoque amortecedor é colocado *entre células* com Kanbans de ligação.

As peças se movem entre células em pequenos lotes de tamanho uniforme, com o uso de kanbans de ligação. O tamanho do estoque amortecedor entre células é igual ao número de peças numa caixa vezes o número de caixas. Este estoque é controlado e minimizado controlando-se o

número de caixas nos estoques de ligação. O estoque amortecedor deve proteger as porções corrente abaixo no processo, contra quebras de máquinas, defeitos e atrasos dentro da célula. O material é puxado quando necessário pelos processos corrente abaixo.

### 3.3 Redução dos Tempos de Setup.

O pressuposto de que se deve produzir para atender a demanda implica de imediato em reduzir os tempos de preparação de máquinas para que deixem de produzir um certo produto para produzir um outro. Por esse motivo não é possível parar a produção à espera de uma troca de ferramentas que pode levar horas. É necessário conjugar uma aposta essencial em flexibilidade com os imperativos da produtividade. Isto levou os japoneses a um novo padrão de ferramentas.

Conforme CORIAT (1994), Ohno soube realizar uma análise do Fordismo e sua contribuição universal com o conceito de fabricação de *altos volumes de um produto uniforme*. Quem não se lembra da afirmação de Ford de que todos os carros deveriam ser pretos?

Os japoneses procuraram inovar criando métodos capazes de levar à produção de *grandes volumes de produtos diferenciados*. É assim que nasce o princípio da troca rápida de ferramentas para juntar o desafio da flexibilidade com o imperativo de produtividade.

No passado a preparação (setup) de máquinas sempre foi tratado como um tempo fixo. Procurou-se determinar quando fazer o setup, quem deveria fazê-lo (se operador da máquina se outra pessoa especializada). Buscava-se sempre portanto aumentar os lotes de produção para diluir o tempo de setup (e seu custo) em um número maior de peças.

A filosofia de just-in-time trata o assunto de forma diferente. Considera que o tempo de setup pode ser reduzido substancialmente ou até mesmo eliminado. Isto é a essência do processo de troca rápida de ferramentas e dispositivos (TRFD)<sup>1</sup>.

A idéia de redução de tempos de setup deu origem a inúmeras siglas em inglês como SMED(Single Minute Exchange of Die), OTED (One-Touch Exchange of Die), NOTED ( Non-Touch Exchange of Die).

Conforme BLACK (1991) a TRFD é uma idéia revolucionária.

---

<sup>1</sup> Em inglês seria RETAD( Rapid exchange of tools and dies)

A TRFD na realidade é um estudo de tempos e movimentos, e, portanto um método científico aplicado à redução de setups. A redução do tempo de troca permite a troca mais freqüente de ferramentas e dispositivos, lotes menores, menor custo de inventário e menores tempos de produção.

O processo idealizado por BLACK (1991) prevê 7 etapas para a redução dos tempos de setup.

- Determinar o método atual;
- Separar os elementos internos dos elementos externos;
- Converter os elementos internos em externos;
- Reduzir ou eliminar os elementos internos;
- Aplicar análise de método e praticar a realização de setups;
- Eliminar os ajustes;
- Abolir o setup, quando possível.

Uma breve passagem pelos sete itens:

Na análise do método atual faz-se uso do vídeo tape para registrar como as coisas estão sendo feitas e uma análise de tempos e movimentos para eliminação dos movimentos inúteis.

Uma análise da composição do tempo de setup leva a uma primeira e imediata distinção entre dois tipos de tempo do setup:

*o setup interno*: operações do setup que somente podem ser executadas enquanto a máquina está parada, tais como montar e remover dispositivos.

*O setup externo*: operações do *setup que podem ser executadas com máquina trabalhando*, tais como transportar o dispositivo para a máquina e dela para o local de estocagem.

Os tempos de setup interno afetam diretamente o tempo total de setup. Portanto um esforço deve ser feito para transformar tempos internos de setup em tempos externos e também de procurar reduzir ou eliminar estes tempos internos.

A aplicação de análise de método permite examinar em detalhe os métodos do setup interno, e treinar os operadores para que todos possam procurar modos de reduzir o tempo de

setup e melhorar o processo. Isto é parte do trabalho de transformar o operador em multifuncional e permitir-lhe fazer outras coisas do que apenas “operar a máquina e produzir peças”.

O ideal é obter um método de setup padronizado e documentado. Um bom método de análise permite a eliminação de movimentos desnecessários, reduz o esforço manual as caminhadas desnecessárias.

Um passo crítico na redução do setup interno é a eliminação de ajustes da máquina através do uso de espaçadores, e padronizações que evitem o método de tentativa e erro.

Como etapa final para redução de tempos de setup deve-se procurar quando possível eliminar o próprio setup.

Isto pode ser conseguido entre outros modos através do reprojeto do produto, permitindo se uma mesma peça em vários produtos.

### **3.4 Controle de Qualidade Total**

BRANDOLESE (1994) dá a seguinte definição para a qualidade em uma empresa nos dias atuais:

“A palavra qualidade virtualmente inclui tudo: competitividade, tempo de entrega, custos, excelência, política corporativa, produtividade, lucros, qualidade do produto, volumes, resultados, serviços, segurança, conscientização ambiental, foco nos acionistas.

SLACK et al.(1997) propõem duas visões para a qualidade: a visão da operação e a visão do consumidor e sintetizam com a seguinte definição de qualidade:

“Qualidade é a consistente conformidade com as expectativas dos consumidores”.

Segundo MONDEN (1997), no Japão o controle de qualidade ou a Asseguração da Qualidade é definido como o desenvolvimento, o projeto, a fabricação e o serviço de produtos que irão satisfazer as necessidades do consumidor ao menor custo possível.

O papel da qualidade numa fábrica convencional é tornar claro que os padrões de qualidade projetados para o produto sejam rigidamente fiscalizados.

Para reduzir os custos de inspeção os engenheiros de qualidade fazem amostragem das peças que entram, dos componentes “on-line” e das montagens finais.

Já no TQM (Total Quality Management), o objetivo é um produto de qualidade perfeita ao longo de todo o tempo. Para atingir isto a qualidade do produto se torna responsabilidade dos

trabalhadores que produzem as peças, dos engenheiros de produto e dos engenheiros de processo. Consequentemente o papel do pessoal da TQM evolui daquele de policial que procura o que está errado para o de facilitador da melhoria.

Assim os trabalhadores podem ser treinados em conceitos de qualidade como CEP (controle estatístico do processo), auto verificações, e identificação e análise do problema. O termo japonês para a prevenir o erro é *poka yoke* O produto deve ser verificado em cada estágio. A qualidade é controlada na fonte do erro. Baseado nestes conceitos BLACK (1991) propõe os princípios básicos para o TQM:

*controle do processo* – prevenção e não detecção do erro;

*Qualidade fácil de se ver* – qualidade em display de modo que os compradores possam ver e inspecionar – fácil de compreender;

Insistir que o produto esteja de acordo com padrão de qualidade;

Autoridade ao trabalhador para parar a linha se algo sair errado;

Corrigir seus próprios erros;

Fazer verificações 100%;

Melhorias projeto por projeto.

Alguns conceitos podem facilitar a adoção destes princípios. Entre estes pode-se citar:

uso do Círculo de CQ como facilitador;

Auditoria nos fornecedores;

Auxílio aos projetos de melhoria de qualidade;

Treinamento de trabalhadores, supervisores e fornecedores;

Produção em lotes pequenos;

Programação abaixo da capacidade máxima;

Verificação diária das máquinas através de check lists.

Manutenção preventiva total

E algumas técnicas podem ser usadas, no auxílio ao programa tais como expor os problemas e resolvê-los; usar dispositivos de verificação 100%, *pokayokes* para verificar 100% das peças

A competição estrangeira forçou os EUA a dar uma segunda olhada na qualidade baseada na ênfase no controle estatístico. Segundo TAGUCHI (1980), essa busca de uma qualidade superior levou a introdução do método Taguchi que incorpora os seguintes princípios:

A qualidade é definida como a perda total para o consumidor derivada de uma não perfeita qualidade do produto. Numa sociedade competitiva, a melhoria contínua da qualidade e redução do custo são necessários para permanecer no negócio

Melhoria contínua da qualidade requer uma redução contínua da variabilidade de performance do produto em relação aos valores alvo. A qualidade e o custo de um produto manufaturado são determinados pelo projeto de engenharia e pelo sistema de manufatura.

Pode-se reduzir a variabilidade nas características de performance do produto e do processo explorando efeitos interativos dos parâmetros do produto ou processo nas características de performance. Certos experimentos podem ser usados para determinar os dados de processos e parâmetros que reduzam a variação de performance.

O projeto e a melhoria de produtos e processos podem torná-los mais robustos e insensíveis a variações não controláveis, chamadas de *ruído* por Taguchi.

### 3.5 Manutenção Preventiva e Integrada

Segundo BLACK (1991) a manutenção preventiva é projetada para preservar e melhorar a confiabilidade do equipamento. Um programa correto de manutenção preventiva dará um significativo aumento na capacidade ao longo de todo o processo de produção.

O sistema Toyota adota duas atitudes frente ao problema de manutenção:

Controle visuais chamados *andons* mostram aos supervisores e outros quando existe um problema. O *andon* deve ser acionado sempre que existe um problema com o operador ou a máquina. Neste caso, supervisores e operadores são treinados para corrigir o problema o mais rápido possível.

Busca-se, todavia evitar a repetição destas paradas anormais, buscando-se a causa da parada. MONDEN (1989) compara este processo ao doente que tem apendicite. Um processo é colocar gelo no local para aliviar a dor. Isto pode ser feito no momento, mas o correto é remover o apêndice através de uma cirurgia.

Os japoneses importaram o conceito de manutenção preventiva dos EUA. Posteriormente eles o expandiram no que é chamado de manutenção preventiva total (TPM).

Segundo NAKAJIMA (1988) os estágios do TPM são os seguintes:

Anos 50: manutenção preventiva – estabeleceram-se as funções da manutenção.

Anos 60: manutenção produtiva – reconhece a importância da confiabilidade e da eficiência da manutenção e da economia no projeto de um planta.

Anos 70: TPM: manutenção produtiva total atinge a eficiência da manutenção produtiva através de um sistema compreensivo baseado no respeito pelos indivíduos e pela participação total dos empregados.

Segundo NAKAJIMA (1988) são cinco as atividades no desenvolvimento da TPM:

1 Eliminar as “seis grandes perdas” devidas a tempo improdutivo e, portanto melhorar a efetividade do equipamento:

1.1 Falhas do equipamento – derivadas de quebras

1.2 Setup e ajuste – derivadas da troca de dispositivos em máquinas de moldar, prensas, etc.

1.3 Imobilidade e paradas menores, devido à operação incorreta de sensores, etc.

1.4 Velocidade reduzida – devido a discrepâncias entre a velocidade especificada e a atual do equipamento.

1.5 Defeitos de processo, devido a sucateamento e retrabalho.

1.6 Rendimento reduzido da partida da máquina até a produção estável.

2 Desenvolver um programa de manutenção autônoma em sete passos:

2.1 Limpeza inicial: Limpar e eliminar a poeira principalmente do corpo do equipamento: lubrificar e apertar; descobrir problemas e corrigi-los.

2.2 Contramedidas na fonte dos problemas: Prevenir as causas de poeira, sujeira e espalhamento de líquidos; melhorar as partes do equipamento que são difíceis de limpar e lubrificar; reduzir o tempo requerido para limpeza e lubrificação.

2.3. Padrões de limpeza e lubrificação: Estabelecer padrões para reduzir o tempo gasto em limpeza, lubrificação e aperto (especificar as tarefas diárias e as periódicas).



2.4 Inspeção geral: Seguir as instruções de inspeção manual; membros dos círculos de qualidade devem descobrir e corrigir os defeitos menores.

2.5. Inspeção autônoma. Desenvolver e usar folhas de verificação de inspeção autônoma.

2.6. Ordem e limpeza: padronizar o local de trabalho individual. Sistematizar totalmente o controle da manutenção.

Padrões de inspeção, limpeza e lubrificação

Padrões de limpeza e lubrificação no local de trabalho

Padrões para o registro de dados

Padrões para a manutenção de peças e ferramentas

2.7 Manutenção totalmente autônoma. Desenvolver uma política da empresa para manutenção; aumentar a regularidade das tarefas de melhoria. Registrar o MTBF (Tempo médio entre falhas) analisar os resultados, e projetar contramedidas.

Estas medidas estão baseadas no processo dos cinco princípios de gerência de operações: conhecidos como cinco S's: *seiri, seiton, seiso, seiketsu, e shitsuke* que significam: organização, ordem, pureza, limpeza, disciplina.

3. Desenvolver um programa de manutenção para o departamento de manutenção. Este é usualmente feito em cooperação com a engenharia industrial. O programa nivelado auxilia grandemente o estabelecimento de um programa regular de manutenção.

4. Aumentar a especialização do pessoal de manutenção e operadores.

5. Desenvolver um programa de gerenciamento de equipamento.

O objetivo da TPM é o aumento da produtividade, melhoria da eficiência, aumento da porcentagem de tempo que o equipamento está apto a operar e minimizar o número de passos, tornando-os mais simples.

Um programa de TPM requer grande envolvimento com os trabalhadores da produção.

### **3.6 Nivelamento e Balanceamento da Produção**

O que é nivelamento?

O nivelamento da produção é um dos pilares do sistema TOYOTA. O objetivo é produzir a quantidade requerida por um processo, do processo que o precede. Neste processo, os processos de produção são arranjados de tal forma que seja facilitada a produção da quantidade requerida, no tempo requerido e os trabalhadores, o equipamento e todos os outros fatores são organizados com esta finalidade.

O nivelamento e o balanceamento auxiliam a remoção de picos na programação da produção diária. Eles regulam a produção da fábrica para aquela requerida na montagem final. Esta é sua função mais importante.

A demanda do produto é definida pelo *tempo – takt* o Tempo Takt pode ser definido como:

$$\text{Tempo takt} = \frac{\text{Tempo de operação no dia}}{\text{Quantidade requerida do produto por dia}}$$

Não é necessário deduzir o tempo diário de operação subtraindo dele as bonificações para quebras de máquina, falta de material, retrabalho ou pessoais. É bobagem produzir mais produtos para compensar um output defeituoso. Faz-se um tempo takt mais longo para compensar tais problemas e portanto serão necessários menos trabalhadores devido ao Takt maior.

Uma fábrica que não adota o balanceamento é freqüentemente consumida pelo excesso de inventário e fome de peças -- ambos ao mesmo tempo.

Os processos situado a montante da operação terão excesso de inventário devido a gargalos e aqueles situados a jusante vão permanecer aguardando a chegada de peças.

A aplicação adequada do balanceamento e nivelamento remediam esta situação.

### **3.7 Controle de Produção – Kanban – Controle de Inventário**

O controle de produção permite aos operadores saber no sistema de manufatura *onde* o material deve ir( ou vir), *quando* o material deve ir ou vir e *quantos* itens são necessários de cada vez.

O controle de inventário permite aos trabalhadores saber *quanto* material existe em um dado lugar no sistema de manufatura.

Para controlar o material existem sistemas como o MRP (Material Requirements Plan) que determinam as quantidades a serem produzidas. Os níveis de inventário são difíceis de se

controlar porque a produção é **empurrada** no sistema de manufatura pelo MRP que é um documento de planejamento.

Os sistemas que adotam a mentalidade enxuta usam um sistema para *puxar* a produção e controlar os estoques denominado *Kanban*.

O kanban traduzido significa “registro visível” ou “placa visível”. Mais comumente significa *cartão*. *Kanban* é o sistema manual (e também visível) de controlar harmoniosamente a produção e as quantidades em estoque dentro da fábrica.

Existem vários tipos de kanban, dos quais dois são os principais:

*kanban de ordem de produção* que é um cartão retangular contido num saco de vinil e amarrado a um container de peças, Sua função é dar sinal para as operações anteriores para que produzam uma certa peça.

*Kanban de retirada* que liga duas células ou processos. Ele especifica o tipo e a quantidade de uma certa peça que um processo seguinte deve retirar de um processo anterior.

Algumas regras devem ser observadas no uso dos kanbans.

Regra 1 Os processos corrente abaixo da célula devem retirar os produtos que são necessários das células anteriores, de acordo com a informação contida no kanban de retirada.

Regra 2: os processos a montante da operação devem produzir produtos nas quantidades retiradas pelo processo juzante, de acordo com a informação contida no kanban de produção.

Regra 3 Produtos com defeito não devem seguir no fluxo a juzante. Se houver um defeito a célula ou linha deve parar imediatamente e determinar qual a ação corretiva deve ser tomada.

Regra 4 O número de kanbans pode ser gradualmente reduzido de modo a melhorar os processos e reduzir as perdas.

Regra 5 Se não houver cartão kanban não haverá manufatura nem transferência de peças.

Regra 6: Os kanbans devem ser usados para controlar apenas pequenas flutuações na demanda.

SHINGO (1989) afirma que os kanbans não são senão um meio. A *essência* está na melhoria continuada e total dos sistemas de produção.

Os sistemas kanban têm um valor dobrado: fixar o número de kanbans para regular o fluxo de itens de modo geral e conservar o estoque no mínimo, além de prover um controle visual para executar estas funções com precisão.

Os sistemas kanban são eficientes na simplificação do trabalho de escritório e dar autonomia à área de fábrica, o que torna possível manipular as mudanças com maior flexibilidade. Os kanbans somente podem ser aplicados em processos repetitivos que lidam com peças que usam processos comuns.

É preciso cuidado na aplicação de kanbans. Podem resultar demoras substanciais, esperas e outras perdas se não forem executadas reais melhorias no sistema de produção simultaneamente.

Finalmente uma comparação é necessária entre a produção *empurrada* e a produção *puxada*. Essa comparação será feita quanto à filosofia de cada uma e quanto aos níveis de inventário resultantes.

BLACK (1991) afirma que a produção empurrada se baseia nos sistemas MRP (Materials Requirement Plan), feitos por computador. Um tal sistema pode custar, se for integrado, até milhões de dólares e, portanto não está ao alcance das pequenas empresas.

Já o sistema kanban é essencialmente manual. Foi desenvolvido assim, pois a língua japonesa, à base de ideogramas, não se presta bem para a informação escrita. Para superar esta dificuldade os japoneses procuraram fazer o seu sistema o mais visual possível.

Além disso, o MRP é complexo. E não é gerenciável sem assistência de um computador. Por isso poucas pessoas na empresa conhecem seus meandros. Conclusão: poucas pessoas podem operá-lo. O MRP é baseado também em lotes econômicos de compra. Assim as quantidades de cada peça variam consideravelmente. O sistema kanban é melhor. Trabalha-se com quantidades pequenas e varia-se a frequência de chegada das peças.

Cumprido esclarecer que só o sistema de kanban duplo é verdadeiramente um sistema de produção *puxada*. A programação da produção é colocada apenas no ponto inicial da montagem final e em nenhum outro ponto. O controle da produção corrente acima é feita exclusivamente pela circulação dos kanbans e pela transferência de peças de um processo a outro. E as peças são puxadas através do sistema, do fim da linha para o começo.

Já o sistema de kanban de um cartão é um misto de produção *puxada e empurrada*. O aspecto de fabricação é de produção empurrada, pois se produz as peças de acordo com a programação diária de produção e não para as necessidades imediatas. O sistema de entregas no processo é feito por produção *puxada*, pois as peças são entregues para o processo seguinte por kanbans de retirada.

O MRP é um sistema de produção empurrada para pedidos e controle. Um tal sistema é baseado apenas na programação de um múltiplo de períodos de demanda futura para os produtos da companhia. O computador faz o detalhamento da produção e desenvolve o programa de trabalho de cada centro de produção. A partir daí as peças são produzidas e entregues ao ponto seguinte sem levar em conta as necessidades reais. A conexão entre o planejado e a realidade não existe.

Talvez o aspecto principal de desvantagem do MRP se situe na pouca flexibilidade de mudanças nos planos de produção, sem extensas alterações no que já foi programado e da dificuldade de localizar onde está uma determinada peça.

As empresas que adotam a produção enxuta têm menores demoras e atrasos entre a fabricação e o uso da peças internamente. Seus estoques intermediários são contados em “minutos”, ou “horas” de produção. Já no MRP estes estoques intermediários são necessários como colchões para amaciar as diferenças existentes. Os estoques decorrentes se medem em “dias”, “semanas” ou “meses” de produção.

O sistema kanban prevê lotes pequenos, o que é possível pela eliminação dos tempos de setup. Padronização das operações, lotes pequenos, reprojeto do sistema de manufatura e suavização do sistema são características da *produção puxada*.

O MRP produz grande lotes para cobrir um período de produção, os lotes variam consideravelmente e a produção não pode ser suavizada.

### **3.8 Programa de Fornecedores**

O sistema de compras e a integração dos fornecedores com a empresa é um aspecto fundamental da mentalidade enxuta. Como foi visto, o fluxo se estende continuamente desde a fonte de matéria prima, ao longo da cadeia de produção até a empresa.

Para uma efetiva integração do fornecedor na cadeia são necessárias condições que contrastam com a maneira tradicional de compras.

De fato tradicionalmente as compras se baseiam em alguns princípios

Múltiplas fontes de fornecimento

Entregas semanais/ mensais/semestrais.

Estoques de segurança

Quantidades variáveis

Entregas adiantadas ou atrasadas.

Inspeção de recebimento

Embalagens inconsistentes

Ativação da compra

A integração do fornecedor necessita que o mesmo também empregue técnicas que lhe permitam produzir com qualidade superior, a custos os mais baixos possíveis com entregas em dia e flexíveis tanto na entrega como nas quantidades.

Para isto são necessários novos princípios para as compras:

Entregas diárias, semanais ou quinzenais.

Lead times pequenos (dias ou semanas)

Menores estoques de segurança

Quantidades especificadas

Entregas no prazo

Eliminação da inspeção de recebimento

Menor ativação

Isto será conseguido se se tiver como princípio adotar o fornecedor como parceiro.

Neste caso ter-se-á o fornecedor único, o que contrasta notavelmente com a filosofia normal de compras.

Os contratos de compras são de prazo mais longos 12 a 24 meses, Isto aumentará a confiança do fornecedor no cliente. Melhora a visibilidade. O fornecedor conhece a programação de um ano de seu cliente.

As entregas serão mais freqüentes. O fornecedor adotará uma qualidade superior, eliminando a inspeção de recebimento. O cliente que normalmente é uma empresa grande poderá dar uma assistência de engenharia ao seu fornecedor.

Serão buscados fornecedores o mais próximo possível das instalações do cliente. Buscar-se-á uma consolidação de fretes para diminuir as despesas de transporte, incluindo-se uma integração logística com outros fornecedores do mesmo local.

Como se vê uma política de fornecedores adequada à mentalidade enxuta requer uma mudança de atitude muito forte em relação às práticas tradicionais de compras.

Comentários finais:

Neste capítulo 3 foi resumida uma metodologia para se atingir a produção enxuta e mais além a introdução de mentalidade enxuta numa empresa. Conquanto simplificada para adequar a este trabalho a metodologia foi toda colocada, com todos os passos considerados essenciais para se atingir a mentalidade enxuta.

## **4. ESTUDO DE CASO F-METAL**

Neste capítulo é apresentado um estudo de caso da empresa FMETAL. Nesta empresa foi realizado um trabalho relatado em LIMA (1998), do qual participaram os alunos do curso de “Projeto de Sistemas de Manufatura Com Ênfase na Manufatura Enxuta”.

Neste estudo de caso são relatados os resultados alcançados. Na seqüência à realização do curso, foi realizado pelo autor desta dissertação um projeto de introdução do sistema de manufatura enxuta, com apoio do SEBRAE – SP. O resultados deste projeto foram também incluídos neste estudo de caso

### **4.1 Descrição da Empresa – Layout da Fábrica**

Em 1997 a Eaton Ltda. – Divisão de Transmissões, localizada em Valinhos SP decidiu terceirizar a produção dos eixos seletores de marcha. Para tanto, foi criada a F METAL

A F METAL produz eixos seletores de marcha para transmissões de auto-veículos, em mais de 200 tipos diferentes, com uma produção mensal de sessenta mil peças entre eixos seletores e pinos para transmissões mecânicas que equipam veículos leves, médios e tratores agrícolas. A empresa está no mercado desde outubro de 1997. Possui contrato de fornecimento de 5 anos com a Eaton que compra toda a sua produção.

A empresa está instalada em um prédio industrial de 1.000 m<sup>2</sup> cedido pela prefeitura municipal de Mogi Guaçu. A F METAL dispõe de um terreno de 15.000 m<sup>2</sup> localizado no distrito industrial de Mogi Guaçu às margens da rodovia SP-340, que liga Campinas ao Sul de Minas Gerais, onde será instalada a nova fábrica da empresa. O processo produtivo é, em essência, o mesmo processo que era usado pela EATON, que terceirizou esta produção.

A F METAL possui atualmente 52 colaboradores, com média de 28 anos sendo que 60% dos funcionários possui 2.º grau completo. Conta na equipe técnica com um engenheiro e técnicos em processos, qualidade, manufatura e manutenção.

A figura 4.1 mostra o layout atual da F METAL.

A empresa adota o layout funcional, dispondo as máquinas similares conjuntamente e adota a fabricação por lotes. As peças seguem de uma máquina para a outra em lotes completos ou parciais e as peças são transferidas apenas quando todas as peças do lote passaram pelo processo.





## **4.2 Levantamento de Dados: Situação Antes: Produção Dedicada – “Mass Production”**

A FMETAL, como muitas outras empresas adota o sistema de manufatura conhecido como produção em massa.

Este sistema tem como característica principal a chamada produção “empurrada”, onde, a programação para todas as máquinas é baseada numa previsão de vendas feita a partir dos pedidos enviados pelo seu cliente único EATON,

A empresa adquire como matéria prima barras de aço nos diâmetros e tipos de aço solicitados pelos desenhos.

As peças são cortadas e chanfradas nos tornos automáticos. A seguir são esmerilhadas em esmeril de pedestal para remoção de eventuais rebarbas.

São depois transportadas em caixotes com 100 peças para a próxima operação que é a retífica verde. Depois de retificadas as peças vão para as fresadoras onde são fresados os rasgos. Dali vão para as furadeiras que executam a furação conforme desenho.

Neste ponto, as peças são agrupadas em lotes e enviadas até a EATON para que seja executado o tratamento térmico por cementação. Este processo leva aproximadamente uma semana.

Quando retornam, as peças sofrem a gravação do número de peça e vão para prensas de desempenho.

Uma vez desempenadas as peças passam pela retífica de mergulho, para acabamento final. São finalmente inspecionadas e enviadas para o cliente.

### **4.2.1 Mapa de estado atual**

O mapa da figura 3.1 na página ilustra o chamado estado atual da F METAL.

Este mapa de estado mostra as operações do estado atual da F METAL e também com são geradas e veiculadas as informações referentes à produção.

A parte superior informa que A EATON envia mensalmente para a F METAL a programação firme para o mês atual, uma previsão para os 5 meses seguintes e uma previsão média para os seis meses subsequentes.

Esta informações fluem para o setor de programação da produção que as traduzem em pedidos de matéria prima feitos para os distribuidores de aço e aciarias. A matéria prima é entregue quinzenalmente.

O PCP envia também informações sobre o “que” e “quando” produzir para cada uma das máquinas operatrizes.

A operação de tratamento térmico é feita na EATON, o que requer que quinzenalmente as peças sejam remetidas à EATON, tratadas e devolvidas, num processo que demora uma semana, incluídas as viagens de ida e volta.

O mapa informa ainda:

O “lead time” de cada operação

O tempo de setup de máquina para cada operação

O número de turnos

O tempo disponível mensal da máquina

O número de máquinas nesta operação

Entre cada operação as peças são armazenadas em caixas metálicas para serem movidas para a operação seguinte, com auxílio de empilhadeiras

Um resumo de tempo ao pé da página mostra resumidamente os tempos empregados nas operações e os tempos gastos nas armazenagens entre operações.

Por este resumo pode-se ver que o tempo decorrido para uma peça desde o momento em que inicia a compra da matéria prima até que a peça esteja no cliente é de 30 dias. Deste tempos só se processam operações que adicionam valor à peça durante 242 segundos.

A tabela 4.1 indica a situação atual.

Sendo a programação de produção baseada na previsão de vendas, qualquer variação na demanda provoca aumento dos inventários e/ ou atraso de entrega.

### 4.3.Situação Depois - Produção Enxuta

#### 4.3.1 Mapa de situação futura

A figura 4.2 ilustra o mapa de estado futuro com a solução delineada para a F METAL.

Normalmente na produção enxuta deve-se adotar entre as células o chamado “supermercado” tanto entre as células como entre estas e a expedição. O mapa de estado futuro mostrado na figura 4.2 mostra a solução com a adoção da produção puxada e dos supermercados.

A produção da F METAL se caracteriza por uma grande número de produtos semelhantes. De fato, existem cerca de 170 tipos diferentes de barras seletoras. As diferenças vão desde comprimentos diferentes até ao número de furos, etc.

TABELA 4.1 SITUAÇÃO NA EMPRESA FMETAL

INVENTARIO:	
Estoque de matéria prima	4,5 meses
Estoque em processo	30 dias
Estoque no cliente	4 semanas
QUALIDADE	
Fevereiro a abril de 98	12%
Maior a agosto	5%
Setembro a dezembro	2%
Janeiro julho 1999	3%
Agosto outubro 1999	2%
PRODUTIVIDADE	
Funcionários diretos	39 (para 60.000 peças por mês)
Peças/ operador /ano	18.460

Colocar supermercados entre as células, neste caso comportaria fazer prateleiras para 170 tipos diferentes de peças entre as células e entre estas e a expedição, como mostra a figura 4.2. No

caso, a célula 1 teria um supermercado com 68 itens, a célula 2 teria 66 itens e a célula 3 teria 157 itens

A produção seria totalmente puxada, mas o tamanho destes supermercados torna pouco prática esta solução. Desta forma foi utilizada uma solução heterodoxa e não intuitiva.

Na solução com supermercados, o PCP envia para a expedição os pedidos diários da EATON. A expedição deveria simplesmente recolher do supermercado os produtos necessários e enviá-los ao cliente.

Quando o estoque do supermercado atingisse o ponto de produção, um kanban de produção seria enviado para a célula 3 ou 4, conforme o caso, para sinalizar a produção.

A caixa heijunka deveria ter então 157 linhas, uma para cada item.

Quando o PCP enviasse um cartão para a heijunka, este cartão deveria indicar “O QUE” e “QUANDO” produzir.

Para eliminar os supermercados a solução é separar estas duas informações para pontos diversos. Para a Heijunka segue apenas a informação de “QUANDO” produzir.

Após as células 3 e 4 os produtos vão diretamente para a expedição onde haverá um estoque correspondente à três turnos de 6 horas de produção.

Agora a expedição trabalha no processo FIFO (first in first out).

Como a caixa heijunka informa apenas o “QUANDO” produzir, ela terá apenas uma fileira.

Quanto à informação sobre “O QUE” produzir, o PCP a envia por um meio qualquer, inclusive por computador para o início das células 1, 2 e 3 onde já existem os roteiros de fabricação.

Esta lista contém os pedidos dos clientes em processo já balanceado. Quando um operador receber o KANBAN dizendo “produzir agora”, ele tomará a lista do PCP e produzirá o item seguinte da lista.

A produção da célula 1 se juntará à produção da célula 2 em FIFO e seguindo em um único FIFO para a célula 3. A figura 4.3 ilustra o mapa de estado futuro sem supermercados. A solução com 4 células é baseada na tecnologia de grupo e será explicada no item 4.3 – PROJETO DAS CÉLULAS INTERLIGADAS.

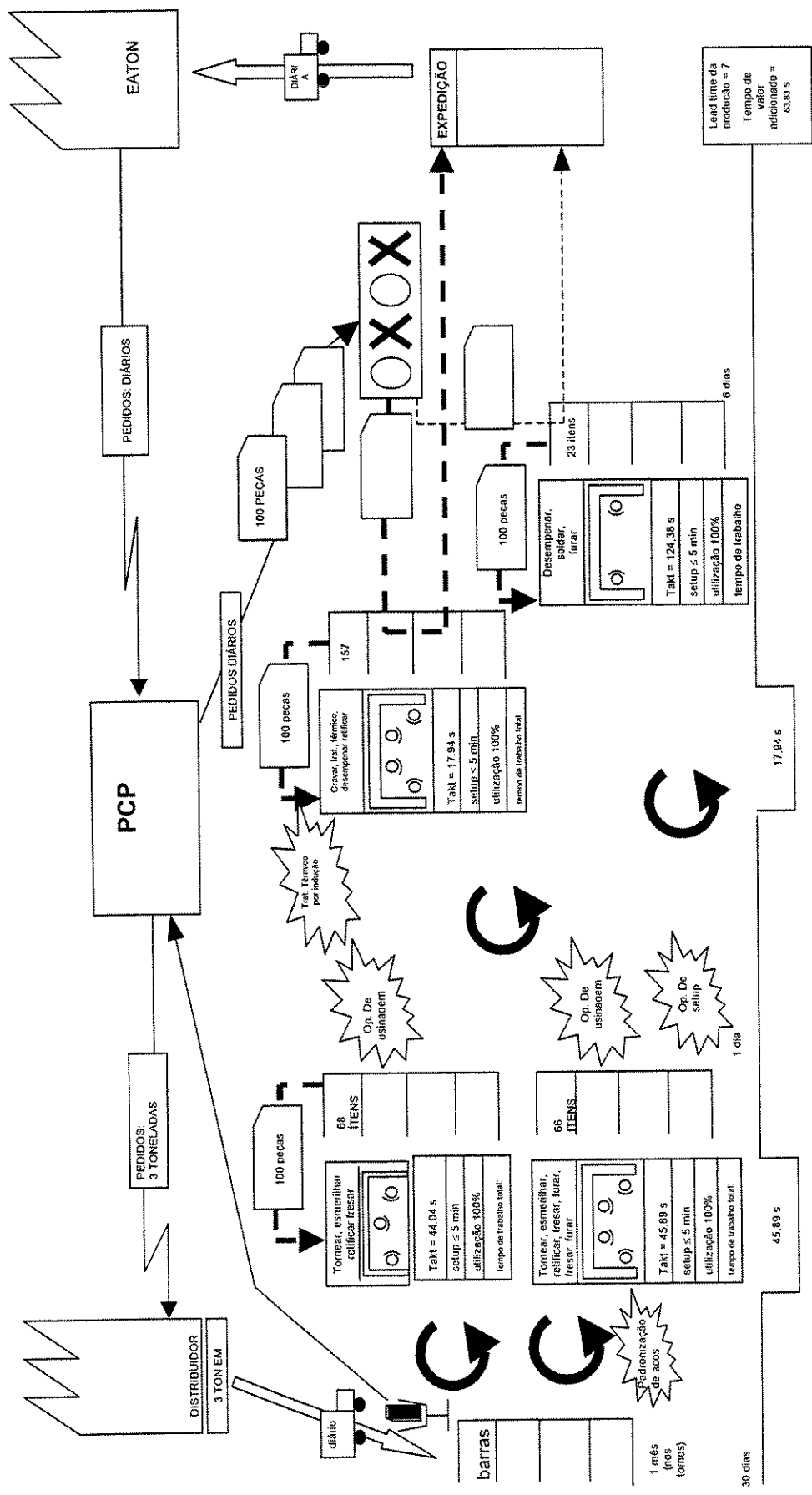


FIGURA 4.2 FMETAL MAPA DE ESTADO FUTURO COM SUPERMERCADOS

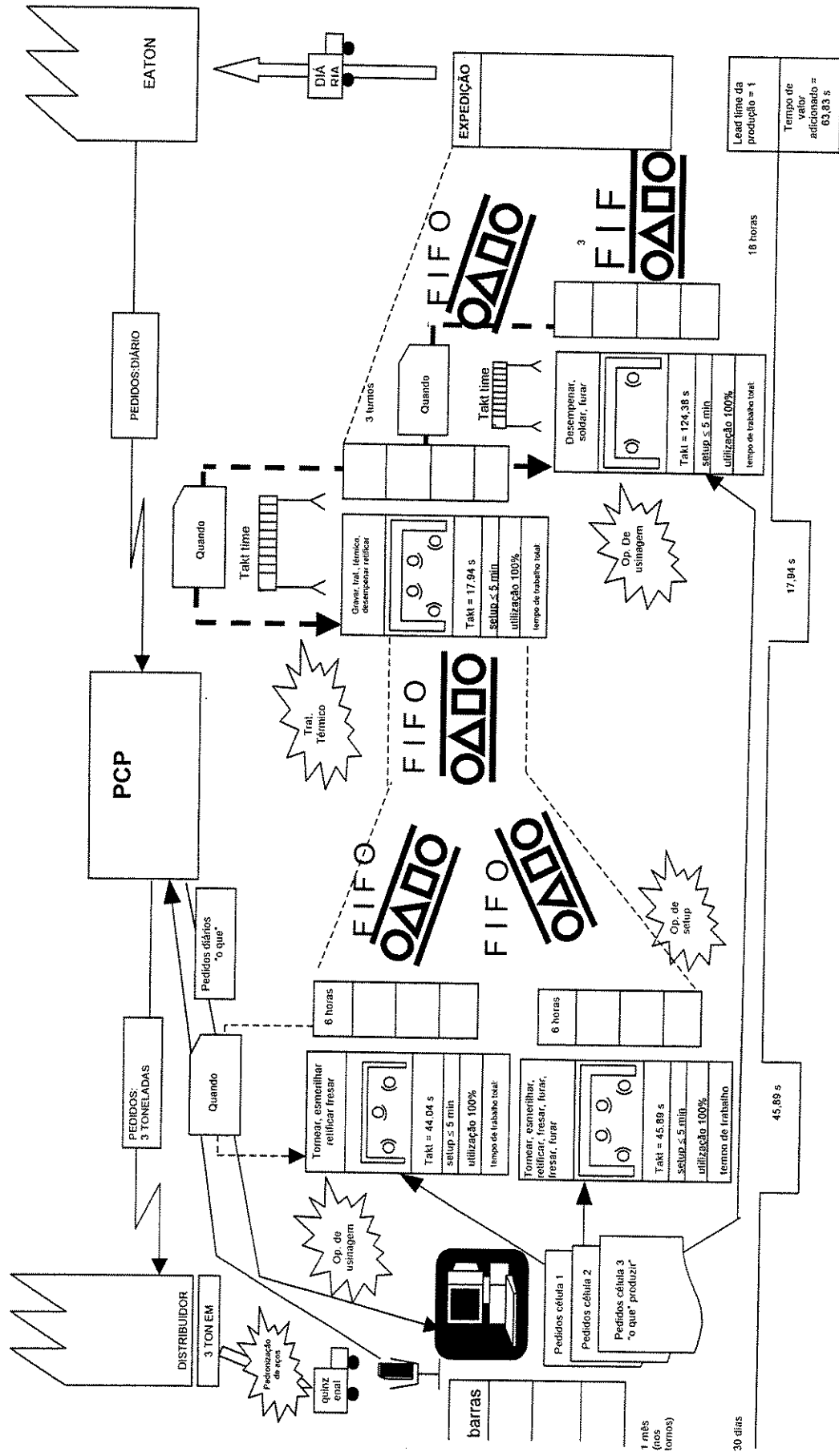


Figura 4.3 F METAL MAPA DE ESTADO FUTURO sem supermercados

#### **4.4 Pontos de melhoria “Kaizen”**

A partir da situação encontrada na F METAL foi efetuado um trabalho de análise e detecção dos pontos de melhoria de processo compatíveis com a introdução da manufatura enxuta. O mapa de situação atual da figura 3.1 mostra estes pontos, que são os seguintes:

##### **Padronização de aços**

A linha de produtos que a F METAL produz, foi projetada em momentos diversos, seja pela antiga CLARK Equipamentos – hoje EATON, seja pela própria EATON. Os aços especificados são os mais variados, sendo em alguns casos aços especiais desenvolvidos pela CLARK.

Isto provoca sério problema de matéria prima, pois, para alguns tipos de aço, a F METAL é obrigada a comprar uma corrida inteira do fabricante, o que significa aproximadamente 70 toneladas. Isto significa o estoque para produção de vários meses em barras daquele tipo de aço. O resultado é que o inventário de matéria prima da F METAL cobre 5 MESES DE PRODUÇÃO.

A solução está num estudo de processo junto ao cliente, para uma padronização destes aços. Com a padronização seriam comprados apenas alguns tipos de aço, mais comuns e que as aciarias poderiam vender em quantidades menores.

Esta padronização foi estudada junto com a FMETAL.

Foi detectado que se poderia, num primeiro momento padronizar as peças para o aço CL 18, antiga especificação Clark, muito usada pela EATON.

Sendo um aço especial, só pode ser comprado das aciarias em corridas inteiras, Porém sendo padronizado para a F METAL (grande número de peças) e comprado em conjunto com a EATON, que o utiliza para outros produtos, torna bastante mais econômica a compra, pois é feita em quantidades de uma corrida, sendo que a EATON adquire metade e da parte da F METAL o consumo é muito maior que antes, devido à padronização O estoque de matéria prima da F METAL reduziu-se, desta forma, para apenas 30 dias.

A meta final é padronizar-se o aço para todas as peças no aço SAE 1045, que pode ser comprado em quantidades de 3 toneladas, dos distribuidores de aço.



Esse novo passo requer, porém alteração nas especificações dos desenhos EATON, com mudança na especificação do aço, após consulta à sua engenharia de produto e demandará mais tempo.

### **Operações de usinagem**

A operação de retífica aparece em dois momentos na F METAL, a primeira é a retífica “verde”, feita antes das operações de fresagem e furação, para que a barra tenha forma cilíndrica dentro das especificações. No processo encontrado haviam três passes de retífica para se atingir o acabamento. Com aumento de largura do rebolo e nova especificação de sua dureza foi possível reduzir um passe de retífica.

Na retífica “dura”, feita com as barras já cementadas, foi possível reduzir de 8 passes em 2 passagens por 4 máquinas, para apenas 4 passes, em 2 passagens por 2 máquinas. No todo eliminou-se a necessidade de três máquinas, o que é favorável para a introdução desta operação na célula

### **Tratamento térmico**

As peças produzidas pela F METAL devem todas sofrer um endurecimento de superfície por cementação. Esse tratamento é feito na EATON, em Valinhos o que provoca um deslocamento de todas as peças em produção, desde Mogi Guaçu até Valinhos ida e volta e uma semana no aumento do tempo de processo.

Foi efetuado um estudo de substituição do tratamento térmico por cementação, por outro por indução, o que já era admitido nos desenhos da EATON, como procedimento alternativo.

Testes efetuados mostram que a penetração do tratamento não é uniforme no caso do tratamento por indução. Novos testes estão sendo efetuados com bobinas de formato variável e indução por aproximação e não por passagem da peça num anel de indução.

A adoção do tratamento térmico por indução permitirá efetuar o tratamento térmico na própria F METAL, com ganho de tempo. Permitirá ainda incluir o tratamento térmico como uma operação de célula.

A alternativa de efetuar o tratamento térmico em outro local esbarra no custo que essa operação teria

O estudo econômico efetuado mostra que um pequeno aumento no preço das peças para EATON, de forma a compensar o tratamento que a EATON não mais terá de fazer, tornam lucrativa a transferência do tratamento térmico por indução para ser feito na FMETAL.

### **Tempos de setup**

Uma análise foi efetuada nos tempos de setup das operações da FMETAL. Como em toda empresa voltada para a produção em massa, pouca atenção é dada ao tempo de troca de ferramentas, pois procura-se adotar lotes grandes para diluir estes tempos. É claro que isto acarreta aumento nos estoques de material em processo.

No setup de tornos, embora a ficha de setup previsse 30 minutos, foi detectado o tempo de 64 minutos.

Na operação de retífica de desbaste e na de acabamento os tempos encontrados foram de 40 minutos para um tempo previsto de 30 minutos.

Para adoção da manufatura enxuta deve-se adotar setups rápidos. Na F METAL foi iniciado o procedimento de redução nos tempos de setup, inicialmente reduzindo-se as saídas do operador em busca de ferramentas, com a adoção de armários próximos as máquinas e já com as ferramentas necessárias em um quadro de sombra.

Numa segunda etapa serão diminuídos ou eliminados os tempos internos de setup

### **Controle de qualidade**

Embora a FMETAL esteja envolvida em processo de certificação da ISO 9002, a empresa apresentava índices de refugo preocupantes. O nível de perdas e refugos era de 10 % até Fevereiro de 1998.

A principal operação que apresenta problemas é a furação devido aos dispositivos de fixação e posicionamento do conjunto peça/ferramenta e a trepidação da broca.

#### **Ações corretivas adotadas:**

Treinamento dos operadores de furadeiras nas atividades de inspeção para alertá-los e conscientizá-los da natureza do problema. Permitiu redução dos índices de refugo para 7 a 8%.

Um supervisor de qualidade foi deslocado para junto dos operadores para avaliar as dificuldades encontradas no processo. A verificação de características da peça que era feita na proporção 1:50 (peça verificada para peças produzidas) foi reduzida para 1:20.

Foi efetuado rastreamento dos problemas encontrados buscando-se identificar a máquina e operador onde foi ocasionada a falha. Com essas ações corretivas o índice de rejeição é de 2%.

Um processo de melhorias contínuas está sendo introduzido, bem como a troca das furadeiras que já possuem 30 anos de operação.

A FMETAL se encontra em um estágio inicial de avaliação, detecção e controle das características da qualidade, agindo fundamentalmente para que defeitos não atinjam o cliente.

Estudos de substituição das furadeiras em decorrência da adoção de células de manufatura levam a possibilidade de reduzir os atuais problemas de qualidade.

De qualquer modo muito há ainda por fazer para que empresa atinja índices internacionais de qualidade.

#### **4.5 Projeto de Células Interligadas de Manufatura**

Para alcançar melhorias significativas no sistema atual, tornando-o mais ágil e flexível, os conceitos de manufatura enxuta foram aplicados no projeto de reestruturação do sistema de manufatura da FMETAL. Assim surgiu um novo sistema composto por células de manufatura

A análise do fluxo de produção (BURBIDGE, 1993) foi aplicada para agrupamento das máquinas e formação de famílias de peças .

No primeiro passo foi feita a Análise do Fluxo da Fábrica, onde as peças foram analisadas e os fluxos repetitivos ou contrários ao processo foram eliminados.

No segundo, através da análise matricial de grupo foram formadas as células e as famílias.

As peças foram basicamente separadas em

##### **Célula 1**

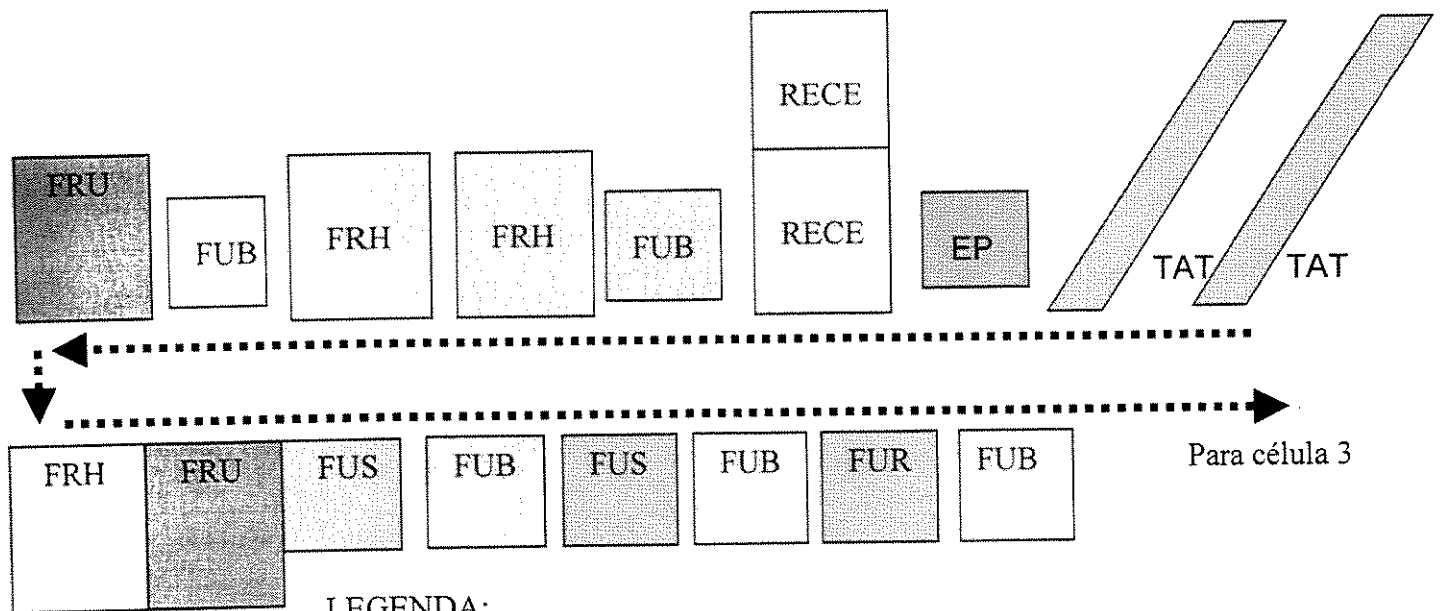
Peças que necessitam de

3 ou mais fresadoras horizontais e/ou

fresadoras universais e/ou

uma seqüência longa de uso de furadeiras

No figura 4.4 está ilustrada esta célula 1



LEGENDA:

- TAT - Torno automático TRAUB
- EP - Esmeril de pedestal
- RECE - Retífica Centerless
- FUB - Furadeira de bancada
- FRH - Fresadora horizontal
- FRU - Fresadora universal
- FUS - Furadeira simples
- FUR - Furadeira radial

FIGURA 4.4 ARRANJO DA CÉLULA 1

**Célula 2**

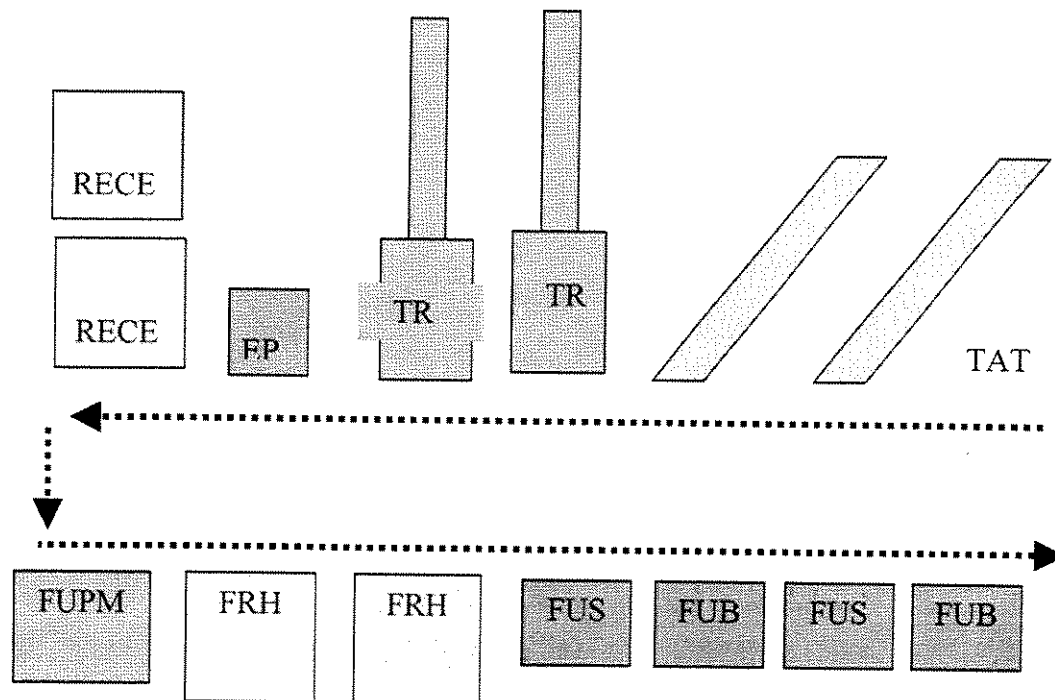
Peças que necessitam de torno revólver e/ou furadeira pneumática múltipla

A figura 4.5 mostra a configuração de máquinas na célula 2

**Célula 3**

Na célula 3 estão as operações comuns às peças que passam pelas células 1 e 2, inclusive o tratamento térmico imaginado como sendo por indução.

Na figura 4.6 está representada a célula 3



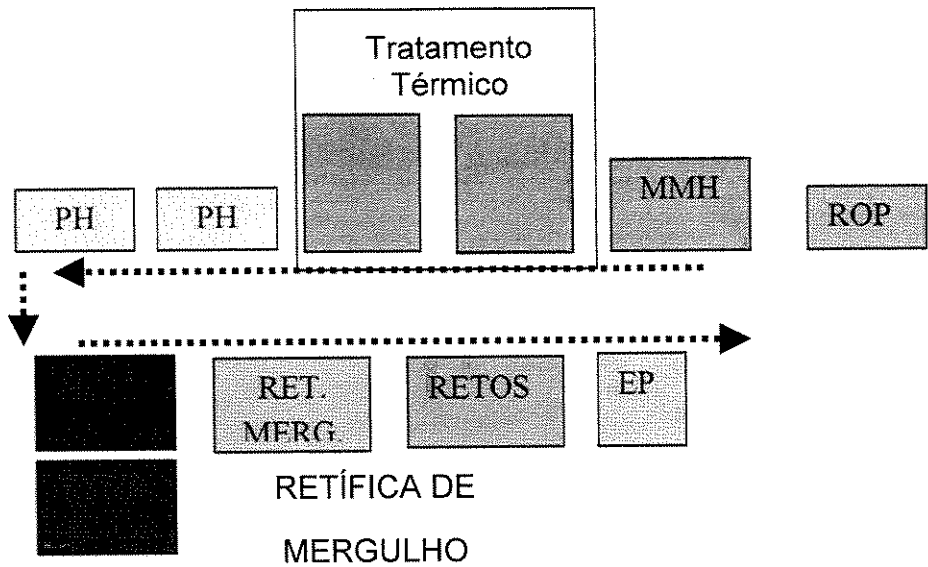
Legenda:

- TAT - Torno automático TRAUB;
- TR – Torno revólver;
- EP – Esmeril de pedestal;
- RECE – Retífica Centerless;
- FUPM – Furadeira pneumática múltipla
- FRH – fresadora horizontal
- FUS – Furadeira simples
- FUB – Furadeira de bancada

FIGURA 4.5 – CÉLULA 2

A ligação entre as células esta mostrada esquematicamente na figura 4.6

Nelas são mostradas as quatro células com a localização das máquinas.



LEGENDA:  
 ROP – Rosqueadeira  
 MMH –  
 PH – Prensa hidráulica  
 RECE – Retífica Centerless;  
 RET.- MERG. Retífica de mergulho.;  
 RETOS – Retífica cilíndrica TOSS  
 EP – Esmeril de pedestal.

FIGURA 4.6 CÉLULA 3

**Célula 4**

A célula 4 reúne os conjuntos que são produzidos também pela F METAL.

Na figura 4.7 está representada a célula 4

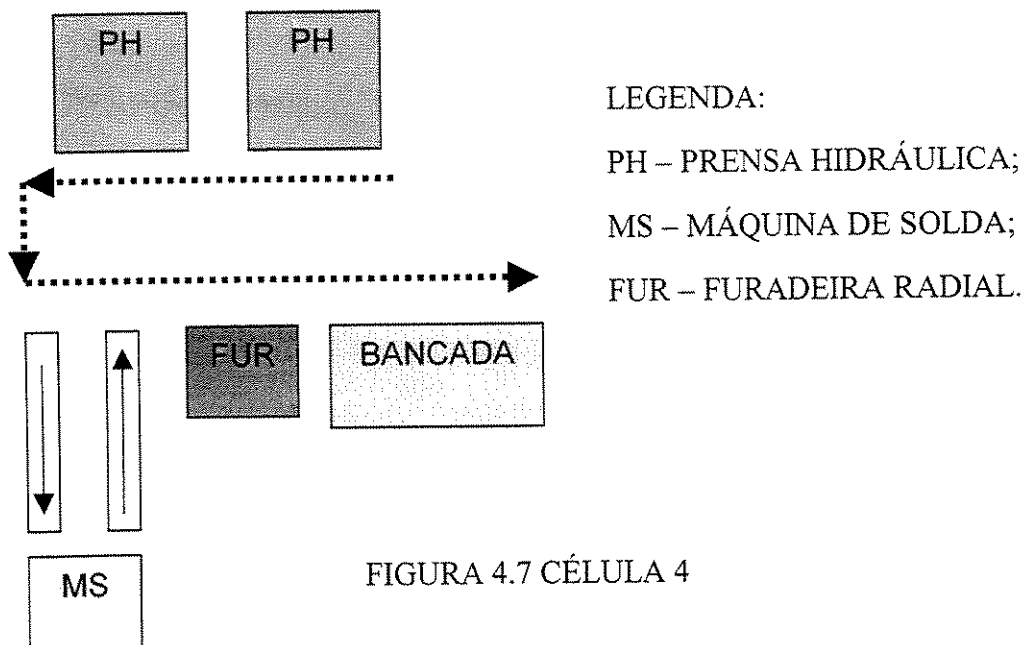


FIGURA 4.7 CÉLULA 4

## 4.5 ESTUDO DE NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO

Os operadores das máquinas foram dimensionados através do balanceamento da produção para se adequar ao consumo de 84.000 peças por mês.

Considerando-se 26 dias por mês e tomando um mês típico pode-se determinar que as peças que passam pela célula 1 representam 51.19% do total de 84.000 peças; as que passam pela célula 2 representam 40.33% e as da célula 4 8,48%. A célula três tem a produção somada das células 1 e 2.

A tabela 4.2 ilustra a demanda mensal por tipo de peça tirada dos valores acima.

FIGURA 4.2 DEMANDA MENSAL POR CÉLULA

CÉLULA	% DO TOTAL DE PEÇAS		PRODUÇÃO MENSAL DA FMETAL	DEMANDA MENSAL DA CÉLULA
1	51.19	DE	84.000	42.999
2	40.33	DE	84.000	33.878
4	8.48	DE	84.000	7.123
				84.000

Como a demanda mensal define-se a média diária de cada célula, levando-se em conta 26 dias úteis por mês. O resultado esta na tabela 4.3. Finalmente determina-se o tempo takt por célula, conforme a tabela 4.4. Com o tempo takt da tabela 4.4 é que foram definidas as células deste estudo.

# F METAL

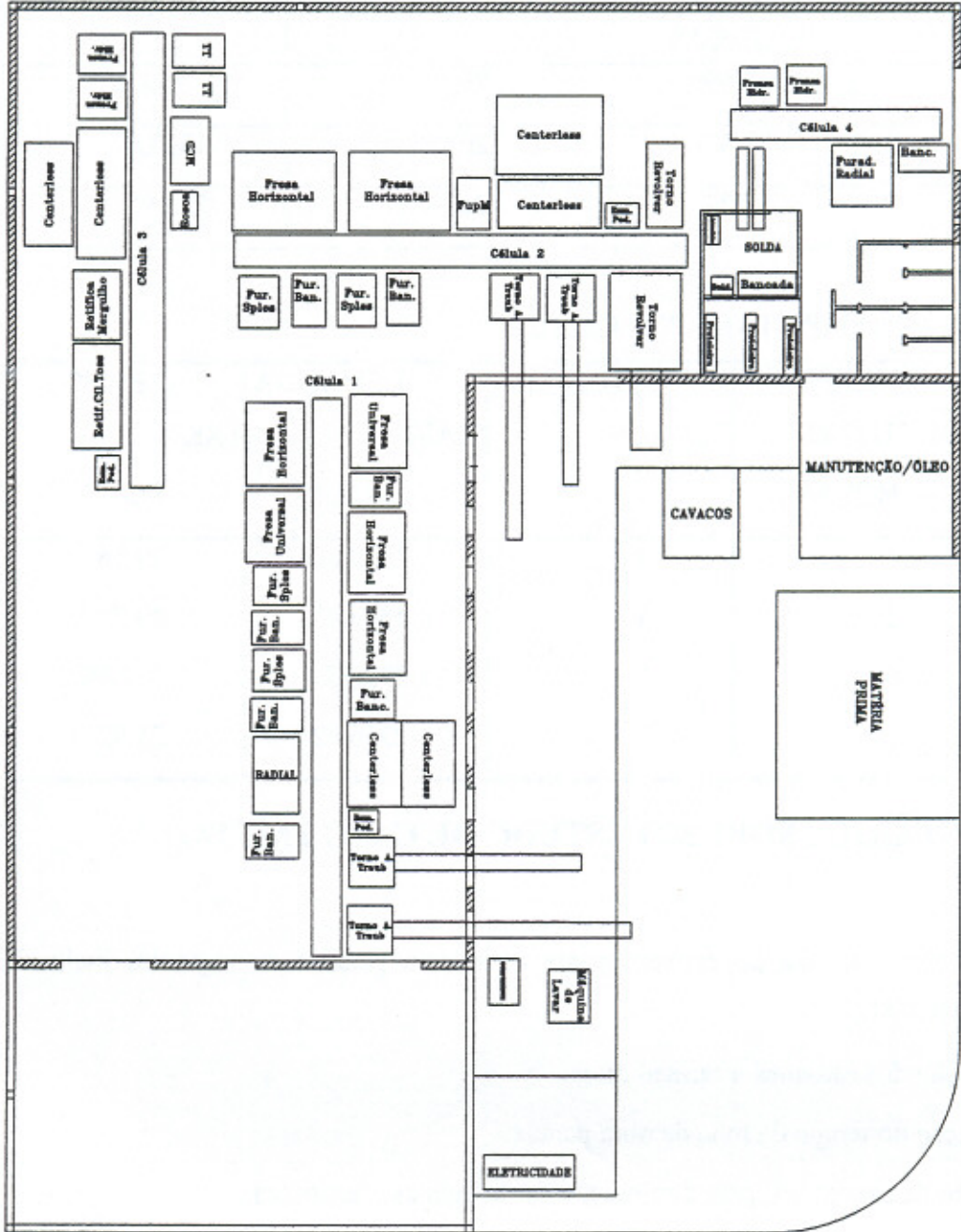


FIGURA 4.1 LAYOUT DA FMETAL COM AS CÉLULAS DE PRODUÇÃO ENXUTA



TABELA 4.3 DEMANDA DIÁRIA DE PEÇAS POR CÉLULA

CÉLULA	DEMANDA MENSAL DE PEÇAS	DIAS POR MÊS	DEMANDA DIÁRIA DE PEÇAS
1	42.999	26	1.653,80
2	33.878	26	1303.01
4	7.123	26	273.95

TABELA 4.4 TEMPO TAKT POR CÉLULA

CÉLULA	TEMPO POR TURNO HORAS	QTDE. DE TURNOS	DEMANDA DIÁRIA PEÇAS	TEMPO TAKT SEG.
1	6	3	1653.80	39.18
2	6	3	1303.01	49.73
4	6	2	273.95	157.69
3	6	3	2956.82	21.92

#### 4.6 COMENTÁRIOS SOBRE O ESTUDO DE CASO F METAL

Quando esta implantação estiver pronta poder-se-á garantir as seguintes melhorias no processo da F METAL:

Diminuição dos estoques intermediários

Diminuição do tempo de mão de obra parada

Liberação de espaço útil pela diminuição das máquinas operatrizes

Redução da mão de obra necessária em até 30%

Redução dos tempos de máquina parada por setup

Redução do lead time de produção

Aumento da produção.

Quanto ao estudo de caso na FMETAL, os resultados já atingidos permitem um otimismo quanto à obtenção das vantagens decorrentes da introdução das células de manufatura.

No momento as instalações físicas são provisórias. Quando se instalar em seu local definitivo, no distrito industrial, então o lay out poderá ser projetado desde o início com vistas à produção enxuta.

A principal vantagem encontrada na FMETAL refere-se à mentalidade de sua direção, que em todos os momentos foi receptiva à introdução da nova metodologia e está perfeitamente de acordo com o prosseguimento da implantação da produção enxuta na empresa.

## 5 . CONCLUSÃO

A análise detalhada dos princípios da mentalidade enxuta, efetuada no capítulo 2 revela que a mentalidade enxuta é apenas um processo de aplicação racional dos princípios da produção enxuta na empresa e em outras empresas situadas a montante ou a jusante na cadeia de produção, de forma que a atuação se dê como um todo.

Por outro lado, no capítulo 3 foi explicada a metodologia sugerida por BLACK (1991), com alterações, para implantar a mentalidade enxuta em uma empresa.

WOMACK & JONES (1996) que são economistas, se dirigem mais a executivos da indústria e quando enunciam os 5 princípios da mentalidade enxuta estão explicando o “PORQUÊ” de se adotar esta tecnologia.

BLACK (1991), como engenheiro que é, se dirige mais aos engenheiros de produção explicando o “COMO” implantar a tecnologia em oito passos.

Bem entendidas estas posições conclui-se que são complementares e necessárias para o perfeito entendimento e correta aplicação desta tecnologia.

Algumas técnicas isoladamente transpuseram as fronteiras do Japão e foram adotadas pelas empresas ocidentais. Isto, todavia não é produção enxuta. Não basta aplicar tecnologias mais conhecidas como “Just-in-time”, kanban, etc., isoladamente, É necessário que cada um e todos dentro da empresa tenham conhecimento do que seja a mentalidade enxuta e dos benefícios que podem ser auferidos com a sua adoção em forma metodizada, seja pela empresa seja por seus funcionários.

Nenhuma razão é suficiente para deter ou tentar deter a busca de novas tecnologias que garantam os requisitos buscados hoje em qualquer sistema de manufatura:

A satisfação do consumidor final, traduzida em qualidade superior, preços competitivos, entrega no prazo produtos mais atraentes, e flexibilidade da produção;

A satisfação do empregado da empresa (consumidor interno do sistema de manufatura), traduzida em segurança, confiabilidade, envolvimento dos empregados nas decisões do processo produtivo, bom serviço de engenharia e compreensibilidade do sistema;

A satisfação do investidor, traduzida em minimização das perdas de recursos produtivos e na maximização do retorno sobre o investimento, do valor agregado, da produtividade, do uso dos bens de produção, na integração de dados e informações.

Pelo que foi exposto nesta dissertação a mentalidade enxuta se aproxima mais destes paradigmas do que o sistema de produção em massa.

Conforme o sexto princípio da mentalidade enxuta é necessário a procura interminável pela perfeição. E a cada passo recomeçar a rotina.

Os ganhos de produtividade mencionados no estudo de caso da FMETAL revelam que a mentalidade enxuta como forma racional de aplicação dos princípios da manufatura enxuta são certamente grandes e justificam sua crescente aplicação nas empresas brasileiras, inclusive e principalmente nas pequenas e médias.

Como se viu no capítulo 2 muitas empresas têm adotado a manufatura enxuta com resultados. Isto leva à conclusão de que a manufatura enxuta requer apenas uma metodologia nova – a mentalidade enxuta. E pode ser reproduzida onde se quiser.

## **5.1 PASSOS FUTUROS**

A notável superioridade da produção enxuta sobre a produção em massa levou os americanos a pesquisarem novos sistemas de produção, depois de décadas assentados sobre o sistema de produção em massa.

As notáveis contribuições do Fordismo e do Taylorismo para as técnicas de produção tornaram-nos referências adotadas em todo o mundo. Somente o início de saturação do mercado automobilístico no mundo, na década de 80, com a paralela alteração das necessidades dos consumidores provocou esse movimento em busca de novos sistemas de produção.

A produção Ágil, conforme KIDD,(1994) promete transformar completamente as indústrias de manufatura. Pretende incorporar os princípios da manufatura enxuta e ir mais além. Talvez se torne a realidade dos anos futuros. No momento é uma promessa. A produção enxuta é realidade ao alcance de quem quer que deseje usá-la.

O projeto de sistemas de manufatura vive o conflito da busca da produtividade e o respeito pela pessoa humana. Certamente a preocupação com o meio ambiente e com as pessoas que trabalham irá influenciar os sistemas de manufatura e pode constituir uma nova linha de pesquisa.

O conceito de manufatura Ágil – conceituada como estratégia baseada em gerência inovativa com uma base de empregados especializados -- mostra essa tendência.

Certamente o desafio continuará sendo o de idealizar novos sistemas de manufatura que se aproximem dos paradigmas mencionados e voltados para a preocupação com os impactos ambientais das atividades e com as pessoas que trabalham

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO O. L., *Sistemas de Manufatura vol. I*. Campinas, SP: Unicamp, 1997.
- BLACK, J.T., *The Design of the Factory with a Future*. New York, NY: McGraw-Hill, Inc., 1991. 233 p.
- BOCKERSTETTE, J. A. & SHELL, R. L., *Time Based Manufacturing*. Norcross, Georgia: Industrial Engineering and Management Press, 1993. 334 p.
- BURT, D. N., *Managing Suppliers up to Speed*. Harvard Business Review, July -August 1989, Boston, MA. Reprint n.º 89401.
- CAMPOS, L. D. F. de, *Estudo Comparativo dos Sistemas de Manufatura Ágil, Flexível e Enxuto*. Paper . Disponível na Internet. dalmir@fem.unicamp.br. 1997.
- COCHRAN, D. S., & LIMA, P. C., *The Use of Right Measures is the Key to a Successful Production System Design: The Axiomatic Design Approach*, 1998. Disponível na Internet : dalmir @netwave.com.br.
- COGAN, S., *Activity Based Costing (ABC) – a Poderosa estratégia Empresarial*. São Paulo: Editora Pioneira. 1995. 129 p.
- COOPER, R. & CHEW, W. B., *Control Tomorrow's Costs through Today's Designs*. Harvard Business Review, January-February 1996, Boston, MA. Reprint n.º 96104.
- CORIAT, B., *Pensar pelo Averso o - Modelo Japonês de Trabalho e Organização*. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1994. 209 p.
- CUSUMANO, M., *The Japanese Automobile Industry - Technology and Management at Nissan and Toyota*. Cambridge, Ma: Harvard University Press, 1989, 487 p.

- DRUCKER, P. F., *Introdução à Administração*. São Paulo, SP: Editora Pioneira, 1998. 713 p.
- DYER, J. H., *How Chrysler Created an American Keiretsu*. Harvard Business Review, July-August 1996, Boston, MA. Reprint n.º 96403.
- GALSWORTH, G. D., *Visual Systems – Harnessing the Power of a Visual Workplace*. New York, NY: American Management Association. 1997. 315 p.
- KIDD, P. T., *Agile Manufacturing – Forging New Frontiers*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1994. 388 p.
- KUMAR, N., *The Power of Trust in Manufacturer-Retailer Relationships*. Harvard Business Review, November December 1996, Boston MA. Reprint n.º 96606.
- LIMA, P. C. & CAMPOS, L. D. F de, *Use of Axiomatic Design Approach to Study Design Parameters for Manufacturing Systems*. In: Proceedings of the Second World Manufacturing Congress – ISBN 3906454-3, 1999.
- LIMA, P. C., *Trabalhos Apresentados no Curso Sobre Projeto de Sistemas de Manufatura, Com Ênfase na Manufatura Enxuta*. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP, 1998.
- MONDEN, Y., *Toyota Production System.-An Integrated Approach to Just-In-Time* 3<sup>rd</sup>. Norcross, Georgia: Engineering & Management Press, 1998 480 p.
- MONTGOMERY, J. C. & LEVINE, L. O., *The Transition to Agile Manufacturing*. Milwaukee, Wisconsin: ASQC Quality Press, 1996. 306 p.
- NAKAGAWA, M. *Gestão Estratégica de Custos –Conceitos, Sistemas e Implementação JIT/TQC*. São Paulo, SP: Editora Atlas S. A.,1993. 110 p.
- NAKAJIMA, S., *Introduction to Total Preventive Maintenance*. Cambridge, MA, Productivity Press, 1988.

- NELSON, D. et alii, *Powered by Honda – Developing Excellence in the Global Enterprise*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 1998. 256 p.
- OHNO, T. & MONDEN, Y., *Toyota Production System.– Beyond Management of Large Scale Production*. Tokyo: Diamond Publishing Co., Ltd., 1978.
- OHNO, T., *L'esprit Toyota*. Paris: Masson S. A., 1989. 132 p.
- PREISS, K., *A Systems Perspective of Lean and Agile Manufacturing*. *Agility & Global Competition*, N ° 1, p. 59-76, 1997.
- RAPOSO, M. & VILARDAGA, V., *Padrão Brasileiro para a Mercedes*. *Gazeta Mercantil*.
- ROOS, D., *Agile/Lean: a Common Strategy for Success*. *Agility Forum*, V. PA95-01, Feb 1995. Bethlehem, PA.
- ROTHER, M. & SHOOK, J., *Learning to See –Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute. 1998. 92 p.
- SHINGO, S., *A Study of the Toyota Production System*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1989. 257 p.
- SUH, N. P., *The Principles of Design*. New York, NY: Oxford University Press, 1990,
- TAYLOR, F. W. *Principles of Scientific Management*, Westport, Connecticut: Greenwood Press Publishers, 1972.
- UPTON, D. M. & MCAFEE, A., *The Real Virtual Factory*. *Harvard Business Review*, July-August 1996, Boston MA. Reprint n.º96410.
- WOMACK, J. P. et alii, *A máquina que Mudou o Mundo*. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Campus, 1997. 347 p.
- WOMACK, J. P., et alii, *The Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York, NY: Simon & Schuster, 1996. 331 p.



WOMACK, J.P.& JONES, D. T., *Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection*. Harvard Business Review, September –October 1996, Boston, MA. Reprint n.º 96511.

WOMACK, J.P.& JONES, D. T., *From Lean Production To Lean Enterprise*. Harvard Business Review, March-April 1994, Boston MA. Reprint n.º 94211.

WOMACK, J.P.& JONES, D. T., *From the Lean Production to the Lean Enterprise*. Harvard Business Review Boston, MA v. n. p.93 a 103. March- April, 1994.

## ANEXO I - GLOSSÁRIO:

**Andon** -Um dispositivo de controle visual em uma área de produção, tipicamente um display iluminado, fornecendo o status atual do sistema de produção e alertando os membros da equipe de problemas emergentes.

**Autonomação** - Transferência da inteligência humana para maquinaria automática, de modo que as máquinas sejam aptas a detectar a produção de uma única peça defeituosa e imediatamente parar enquanto solicitam socorro.

**Célula** – O layout de máquinas de diferentes tipos efetuando diferentes operações em seqüência estreita, tipicamente em forma de U para permitir o fluxo-de-peça-única e a disposição flexível do esforço humano por meio do trabalho multi máquina.

**Cinco S's** – Cinco palavras que começam por “s” em japonês usadas para criar um local de trabalho adequado à produção enxuta. Significam: *Seiri*: separar as ferramentas e peças necessárias dos materiais não necessários e remover estes. *Seiton*: arranjar as peças e ferramentas de maneira limpa e para fácil uso. *Seiso*: fazer uma campanha de limpeza. *Seiketsu* fazer o *seiri*, o *seiton* e o *seiso* com freqüência, diariamente, para manter o local de trabalho em condições perfeitas. *Shitsuke*: Formar o hábito de praticar os outros quatro s's.

**Custo –target**—O custo de desenvolvimento e produção que um produto não pode exceder se o cliente deve ser satisfeito com o valor do produto enquanto que o fabricante obtém uma margem aceitável de retorno em seu investimento.

**Fluxo** –a progressiva execução de tarefas ao longo da cadeia de valor de modo que o produto escoe do projeto ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria prima às mãos do consumidor sem paradas, perdas, ou fluxos reversos.

**Fluxo de peça única** – Uma situação em que os produtos seguem, um produto pronto de cada vez através de várias operações, desde o projeto, pedidos, e produção sem interrupções, contra-fluxos ou sucateamento

**Heijunka**—a criação de uma “programação nivelada” pelo sequenciamento dos pedidos em um padrão repetitivo para suavizar as variações do dia-a-dia em pedidos globais que correspondam à demanda no longo prazo.

**Jidoka** o mesmo que autonomia.

**Just-in-time** Um sistema para produzir e entregar os itens certos no tempo certo e nas quantidades certas.

**Kaikaku** Melhoria radical em uma atividade para eliminar o desperdício.

**Kaizen** –melhoria contínua e incremental de uma atividade para criar mais **valor** com menos **muda**.

**Kanban**—Um pequeno cartão anexado às caixas de peças que regula o puxão no Sistema de Produção Toyota, sinalizando corrente acima a produção e entrega.

**Keiretsu-** Agrupamento de firmas japonesas em associações históricas de modo que cada firma mantém sua independência operacional, mas tem relações permanentes com as outras empresas do grupo.

**Lote-e-fila** –A prática da produção em massa de produzir lotes grandes de uma peça e depois enviá-los para esperar numa fila antes da próxima operação no processo produtivo. Contrasta com **fluxo-de-peça-única**.

**Muda** –atividade que não cria valor, mas utiliza recursos.

**Mudança de produção (changeover).** – A instalação de uma nova ferramenta em uma máquina operatriz, uma tinta diferente em uma cabina de pintura, uma nova resina plástica e um novo molde numa injetora, um novo software num computador e assim por diante. O termo se aplica sempre que um dispositivo é programado para uma operação diferente.

**Poka-yoke** –um dispositivo a prova de erro ou um procedimento para prevenir um defeito durante uma manufatura.

**Sensei**—Um professor pessoal com mestria em um conjunto de conhecimentos. no nosso caso em mentalidade enxuta.

**Tempo de Ciclo** –Tempo necessário para completar um ciclo de uma operação.

**Tempo takt**—o tempo de produção disponível dividido pela demanda do consumidor. Dita o ritmo da produção.

**Trabalho-multi-máquina** – treinamento de empregados para a multi-função, ou seja, para operar e fazer manutenção de diferentes tipos de equipamentos de produção. O

trabalho-multi-máquina é essencial na criação de células de produção onde cada trabalhador utiliza muitas máquinas.

**Valor** Uma capacidade entregue ao cliente no tempo certo, a um custo apropriado, conforme ditado pelo consumidor em cada caso.