

GILDO TEIXEIRA DE MENDONÇA

**PRODUÇÃO ENXUTA: IMPLEMENTAÇÃO DA
MENTALIDADE ENXUTA NAS EMPRESAS**

Monografia apresentada para a
obtenção do certificado de
especialização no curso de Pós-
graduação em Especialização de
Administração Industrial do Instituto
Edvaldo Lodi da Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. ACYR SELEME

CURITIBA

2006

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	iv
Lista de Tabelas.....	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
1 Introdução.....	1
2 A Evolução dos Sistemas de Produção.....	2
2.1 O Sistema Artesanal.....	2
2.2 Sistema de Produção em Massa.....	3
2.3 Sistema da Produção Enxuta – Os Mentores do Sistema Toyota de Produção.....	8
3 A história da Toyota.....	9
4 O Nascimento do Sistema Toyota de Produção.....	11
4.1 O grande agente de mudança.....	11
4.2 O uso de pequenos lotes de produção.....	12
4.3 A produção puxada.....	13
5 A Cadeia de Valor.....	14
6 Um novo pensamento sobre Custos e Lucros.....	20
7 A Adoção de Processos Produtivos com Qualidade.....	21
7.1 Jidoka.....	21
7.2 Planejamento seqüencial <i>heinjunka</i>	22
7.3 O Sistema Kanban.....	23
7.4 Milk Run - Assegurando o transporte ordenado de mix de cargas.....	24
7.5 Processo de Fluxo Contínuo.....	24
7.6 O Fluxo unitário e suas vantagens.....	26
7.7 Diminuição dos tempos de Setup através do uso da TRF – Troca Rápida de Ferramentas.....	28
7.7.1 Um exemplo que auxilia a TRF.....	32
7.8 Reduzindo os estoques nas fábricas.....	34
7.9 Operações Multi-Processo e Multi-Operações.....	35
8 Comparando os sistemas de produção.....	37

8.1	As linhas de montagem.....	37
8.2	A rede de fornecedores do produtor em massa.....	38
8.3	A rede de fornecedores do produtor enxuto.....	40
8.4	Os empregados da produção enxuta.....	41
8.5	A instabilidade dos mercados.....	42
9	Os desperdícios e as Melhorias.....	44
9.1	Kaizen	44
9.2	Melhorias do produto, processo e inspeção.....	45
9.2.1	Melhoria do transporte.....	46
10	Controle de Qualidade: Amostragem ou inspeção 100%?	
	Qual a melhor abordagem?.....	47
10.1	Auto-inspeção ou auto-controle e inspeção sucessiva.....	47
10.2	O uso de poka-yokes.....	48
11	Passos para a <i>Implementação da Mentalidade Enxuta</i>.....	49
12	Resultados.....	50
13	Conclusões.....	51
14	Referências.....	53

Lista de Figuras

Figura 5.1	Confluência das cadeias de valor do refrigerante.....	17
Figura 7.1	Exemplo de um Painei Andon.....	21
Figura 7.3	Exemplo de Kanban de abastecimento.....	23
Figura 7.4	Coleta Milk Run.....	24
Figura 7.6.1	Fluxo de lotes.....	26
Figura 7.6.2	Fluxo unitário de peças.....	27
Figura 7.7.1	Exemplo de uma fixação de batente.....	31
Figura 7.7.2	Exemplos de dispositivos funcionais de fixação.....	32
Figura 7.7.3	Exemplo de um gerenciamento do fluxo de ferramentas.....	34
Figura 9.1.1	Antes do Kaizen: peças são retiradas da caixa do fornecedor e acondicionadas em caixas menores na linha de montagem.....	45
Figura 9.1.2	Depois do Kaizen:peças são dispostas na embalagem do fornecedor	45
Figura 10.2.1	Exemplo de um poka yoke de controle que impede que um produto em posição incorreta entre na estação de teste.....	48
Figura 10.2.2	Exemplo de poka-yoke de advertência – cortinas de luz que impedem a falta de montagem ou montagem peça incorreta.....	48

Lista de Tabelas

Tabela 1	Cadeia de Valor de uma caixa de refrigerante.....	19
----------	---	----

Resumo

Este trabalho procura analisar os três sistemas de produção (produção artesanal, em massa e a manufatura enxuta), buscando enfatizar os pontos negativos e positivos de cada sistema, com o propósito de evidenciar a superioridade do Sistema Toyota de Produção, um sistema de melhoria contínua que é uma mescla das idéias da produção artesanal e da produção em massa, desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial pela Toyota no Japão e concluído aproximadamente 20 anos depois, adotado mais tarde por muitas empresas ocidentais, capaz de mudar completamente o destino de uma empresa, principalmente num cenário competitivo. Discorre sobre as mais importantes ferramentas e seus criadores, e os diferenciais obtidos com a sua aplicação, sem esquecer de citar a importância da necessidade da mudança da mentalidade e o comprometimento das pessoas para a busca eficaz dos objetivos a que se destina o sistema. Baseado em pesquisa bibliográfica, mostra a superioridade do sistema que mudou o destino de companhias "à beira do abismo", concluindo como prática necessária para a modernização e sobrevivência da indústria brasileira e preparando-a para crises futuras.

Palavras chave: Sistema Toyota de Produção, Manufatura Enxuta, Sistemas de Produção, Produção Enxuta

Abstract

This job analyses the three production systems (handcraft, mass production and lean manufacturing), seeking to emphasize the negative and positive points of each system, with the goal of evidence the Toyota System Production superiority, a continuous improvement system that is mixture of handcraft and mass production, developed after Second World War in Japan and concluded 20 years after, later adopted for a lot of occidental companies, capable to fully change the company destiny, mainly in a competitive view. It talks about the most important tools and its creators, and the reached differentials got with its application, without forgetting to talk about the importance of mental changing and personal implication to forcibly reach the system goals. Based in bibliography research, it shows the system superiority that changed companies destiny "at the edge of abyss", concluding like necessary practices for Brazilian industries modernization and survival preparing them for future crisis.

Key words: Toyota Production System, Lean Manufacturing, Production Systems, Lean Production

1 - Introdução

A produção enxuta é uma maneira superior de produzir um produto e suas técnicas levam a uma qualidade superior, menor preço, com uma maior variedade de produtos, proporcionando constantes desafios aos trabalhadores de todos os níveis, através da instituição de melhorias contínuas.

O ponto principal para a eliminação dos desperdícios está no estudo da cadeia de valores dos produtos, ou seja, o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final, buscando eliminar ou reduzir as atividades e operações que não agregam valor ao produto.

Para a implementação da produção enxuta, é de vital importância o total comprometimento dos operários, empregadores e fornecedores. Já na produção em massa existe uma forte relação de poder entre os integrantes, e o termo "cada um por si" toma conta da mentalidade das organizações. Estas organizações preocupam-se somente consigo mesmas e em seus lucros, não importando se, de maneira predatória, conseguem seus lucros às custas de uma outra organização (cliente ou fornecedor). Na filosofia da produção enxuta, a relação de poder é deixada de lado e em seu lugar surge a relação de parcerias beneficiando todos os integrantes do sistema.

A produção enxuta se aplicada adequadamente a países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, representaria um meio para uma rápida capacitação industrial a nível internacional e o mais importante, sem grandes investimentos de capital. Infelizmente para que haja qualquer mudança, há a necessidade de um agente de mudança, que como exemplo, no caso da Ford, ocorreu em 1982, com uma crise que ameaçou a sua sobrevivência e fez esta rever todos os seus pensamentos sobre seus sistemas de produção. Até mesmo a Toyota teve o seu grande agente de mudança, quando passou por séria crise financeira.

2 - A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

2.1 - O Sistema Artesanal

O sistema artesanal foi o primeiro sistema de produção, tendo surgido há séculos atrás, no entanto, a indústria artesanal de automóveis surgiu apenas em torno de 1880. Caso um comprador necessitasse de um automóvel, ele deveria recorrer a uma oficina como, por exemplo, a Panhard & Levassor, na Inglaterra, que era um fabricante de serras de metais que também fabricava artesanalmente automóveis, utilizando a mão de obra de artesões altamente especializados em projetos, máquinas, ajustes e acabamento, muitos deles independentes, que conheciam detalhadamente cada parte do veículo.

A maior parte das peças eram confeccionadas em oficinas artesanais individuais, situadas em outras cidades e até em outros países. Para a produção, eram empregadas máquinas de uso geral simples, no entanto estas máquinas eram flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor desejava, um item de cada vez. Os equipamentos de usinagem e corte da época não tinham a capacidade de cortar o aço de alta dureza, sendo necessária a usinagem das peças antes de um tratamento térmico que dava a dureza necessária à peça, mas produzia o arqueamento da mesma.

Quando as peças chegavam à P&L, elas eram ajustadas, uma a uma, para a montagem dos conjuntos, consumindo grande quantidade de tempo, além de conferir ao conjunto final, grande disparidade às dimensões iniciais do projeto. Os automóveis eram construídos de acordo com os desejos e necessidades de cada cliente, resultando sempre em veículos customizados, e, mesmo que se produzisse centenas de veículos similares, não haveria dois carros idênticos, pois, além do fato dos artesões de cada oficina utilizarem sistemas de medição diferentes, havia o problema do arqueamento das peças..

Esse fato fazia com que fosse impossível que a escala reduzisse o custo dos automóveis, pois eles nunca eram idênticos e os ajustes individuais peça a peça eram sempre necessários.

Tudo isto fazia com que um automóvel tivesse um custo muito alto e fosse um produto somente ao alcance de clientes que dispunham de grande soma de

recursos. Além do mais, cada veículo era único e portanto, um protótipo, onde os testes eram de responsabilidade do proprietário, sem falar na falta de qualidade e confiabilidade do produto.

Os volumes de produção eram baixos, chegando, na melhor das hipóteses, a 1000 carros por ano. O Sistema Artesanal de Produção pode ser então resumido em cinco características principais:

- a) **mão-de-obra altamente qualificada em diversas etapas do processo como projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento;**
- b) **o emprego de máquinas de uso geral simples, porém flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor desejava, um item de cada vez;**
- c) **baixos volumes de produção (menos de mil produtos por ano) numa ampla variedade de modelos. Poucos produtos tinham o mesmo projeto e entre estes não havia dois que fossem idênticos devido às variações inerentes às técnicas artesanais;**
- d) **falta de padronização/intercambialidade das peças, sendo necessários ajustes antes da montagem das mesmas;**
- e) **altos custos de produção e a produção de grandes volumes não diminuía o preço/custo do produto final.**

Neste molde, a indústria automobilística foi crescendo, chegando centenas delas distribuídas pela Europa e América do Norte, mas os problemas já citados, impediram grandes avanços das empresas, abrindo o campo para o surgimento da produção em massa. Ainda nos dias de hoje, ainda existem ainda alguns fabricantes artesanais, como a Ferrari ou Masserati.

2.2 - Sistema de Produção em Massa

Muitas pessoas acreditavam ou ainda acreditam que a principal característica do Sistema de Produção em Massa, originária em meados da Primeira Guerra Mundial, seja a linha de montagem em movimento contínuo, mas na verdade, o grande passo, dado por Henry Ford, foi a divisão do trabalho.

O automóvel precursor da produção em massa foi o modelo T de 1908, sendo este o vigésimo modelo projetado pela equipe de Ford desde o início das

atividades da fábrica em 1903. Ford iniciou suas atividades na fábrica Highland Park, sendo apenas um simples montador, adquirindo os motores e chassis dos irmãos Dodge, encomendando o restante das peças de outras pequenas fábricas conforme relatado por Womack, Jones e Roos (1992).

Anteriormente ao lançamento do modelo T, cada trabalhador executava diversas tarefas de montagem do carro como, motor, transmissão, molas, rodas, gerador, atividades estas que totalizavam 514 minutos e após isto este trabalhador se dirigia ao próximo carro. Eles também eram responsáveis pelo abastecimento das peças, ajustes e aparafusamento das mesmas (até este momento ainda não havia a perfeita intercambialidade das peças).

O primeiro passo de Ford, no caminho da produção em massa, foi eliminar a tarefa do montador de abastecer as suas próprias peças, ou seja, as peças passaram a ser levadas até o montador.

Ford, beneficiado pela descoberta da tecnologia de usinagem de aço endurecido, atingiu em 1908 a intercambialidade perfeita entre as peças graças à utilização do mesmo sistema de medidas para a fabricação de todas as peças, dispensando assim a necessidade de pré-ajustes das peças. Vale ressaltar que nenhum outro produtor de automóveis percebeu os benefícios financeiros que poderiam ser obtidos nos custos de montagem através padronização do sistema de medição e da conseqüente intercambialidade, eliminando desta forma a maior parte do trabalho, ou seja, os ajustes que eram realizados por profissionais especializados. Além disto, Ford desenvolveu projetos inovadores, reduzindo o número de peças necessárias, como por exemplo, o bloco do motor, que era fundido cilindro a cilindro e posteriormente aparafusados passou a ser fundido numa única peça.

O segundo passo, e o mais importante de todos, que caracteriza a produção em massa, foi a divisão das tarefas, ou seja, cada trabalhador executava uma única tarefa. Esta divisão do trabalho, estabelecida por Henry Ford, dispensou a necessidade de mão de obra qualificada, pois o trabalhador realizava apenas operações simples e repetitivas, fazendo com que, já em 1913, o ciclo das tarefas caísse de 514 minutos para 2,3 minutos conforme descreve Womack, Jones e Roos (1992). A divisão do trabalho fez com que o trabalhador se familiarizasse mais com

a tarefa, executando-a mais rapidamente e aumentando incrivelmente a produtividade.

O terceiro passo foi dado em 1913, quando Henry Ford visitou alguns frigoríficos, conhecendo assim as suas linhas de desmontagens de animais, onde os operários eram estacionários e o produto (animal abatido) era movimentado em direção ao trabalhador. Ford resolveu então aplicar tais práticas em sua fábrica de automóveis, fazendo com que a eficiência do processo melhorasse ainda mais e o ciclo de trabalho caísse de 2,3 para 1,19 minutos segundo Womack, Jones e Roos (1992).

A esta altura, os operários tinham a única função de montar apenas uma peça ou apertar uma ou duas porcas, não tendo mais que pensar como as peças seriam montadas; não sendo mais responsáveis pelo abastecimento dos seus postos de trabalho; pelos reparos de suas ferramentas caso estas falhassem; etc, restando apenas tarefas monótonas e repetitivas, sendo necessário apenas alguns minutos para o treinamento de suas atividades. Com esta divisão do trabalho, houve a necessidade de se criar uma nova profissão, o engenheiro de produção que tinha a responsabilidade de planejar quais atividades e como os trabalhadores iriam executar e como as peças chegariam até este (através do uso de esteiras transportadoras, por exemplo). Também foram criadas as funções de qualidade, e dos mecânicos especializados responsáveis pelas ferramentas de trabalho dos trabalhadores.

A qualidade não era o principal objetivo da produção em massa (não era um requisito importante para o cliente) tanto que, a Ford raramente inspecionava um automóvel depois de pronto. Problemas de montagem ou falta de ajustes era de responsabilidade dos próprios donos dos carros. Nesta época estes carros costumavam quebrar com frequência mas este fato não frustrava o proprietário.

Somando-se a divisão do trabalho, mais a linha de montagem, a intercambialidade, a simplicidade e facilidade de ajustes, o fato do modelo T custar muito menos que modelos similares, além do projeto deste modelo que propiciou facilidade de operação e manutenção sem precedentes, levaram a Ford à liderança absoluta da indústria automobilística mundial, colocando praticamente todos os produtores artesanais automobilísticos fora do negócio devido aos custos mais

baixos dos produtos da produção em massa. GM e Chrysler, impressionadas com os sucessos da Ford, adotaram integralmente as técnicas da Ford.

Tanto a Ford, como os outros construtores de automóveis, tratavam os trabalhadores como peças substituíveis, e ao sinal de qualquer crise, não hesitavam em demiti-los. A monotonia das atividades repetitivas levou à insatisfação aos trabalhadores, causando grande rotatividade, problema temporariamente resolvido por Ford, através do aumento do salário dos trabalhadores em 100%, inclusive driblando temporariamente os fortes sindicatos americanos.

O sucesso da Ford, perdurou até 1927, último ano da produção do modelo T, a demanda estava em queda e as vendas já não cobriam os custos de produção. Uma das principais causas para esta queda foi a General Motors que tinha um produto mais moderno com preço levemente superior.

Em 1931, a Ford inaugurou o complexo de Rouge em Detroit, uma fábrica totalmente integrada, com inclusive, fundição de aço e uma fabricação de vidros, que tinha como objetivo a produção do Ford modelo A. A esta altura, a Ford já havia integrado em sua cadeia produtiva até mesmo matérias primas, como uma plantação de seringueiras para extração de borracha no Brasil e minas de ferro em Minnesota, além de ser proprietária dos navios que transportavam o minério e o carvão e da estrada de ferro.

A obsessão da Ford por modelos únicos, a exemplo do modelo T, continuou e, em 1931, foram inauguradas novas fábricas de automóveis na Inglaterra para a produção do modelo Y e na Alemanha para a produção do Ford V8.

Conforme descreve Womack, Jones e Roos (1992), objetivando reduzir drasticamente os custos de produtos e serviços, a Ford tentou produzir tudo em massa, de alimentos (usina de soja) ao transporte aéreo (através da Ford Trimotor que tinha o objetivo de reduzir as altas tarifas da aviação comercial).

O controle do empreendimento, já de limites globais, era totalmente centralizado com o próprio Henry Ford, que não fazia uso de nenhum sistema administrativo, fato este que levou a empresa a sérios problemas organizacionais não reconhecidos por Ford, que quase destruíram a companhia.

Estes problemas organizacionais não existiam na GM pois Alfred Sloan, presidente da empresa, adotara a utilização de divisões internas descentralizadas que eram controladas através relatórios mensais detalhados com informações sobre

vendas, participação no mercado, estoque, assim como lucros e perdas. Womack, Jones e Roos (1992) relatam que Sloan criou as atuais e conhecidas funções de gerentes financeiros e especialistas em marketing.

Sloan também era inovador e sempre procurava alterar anualmente a aparência externa dos automóveis, introduzindo muitos acessórios como sistemas de ar condicionado, transmissão automática e rádios que agradavam ao gosto do consumidor e representaram uma revolução no marketing. Com estas atividades a GM deu novo fôlego ao sistema de produção em massa, o que fez com que todos os produtores industriais de outros tipos de produtos a adotassem. Os Estados Unidos tornaram-se o grande líder automobilístico mundial, fato que o levou também à liderança da economia global.

O início da decadência do Sistema de Produção em Massa se deu no ano de 1955. Nesta época, GM, Ford e Chrysler eram donas de 95% das vendas do mercado norte americano, e 80% destas vendas eram representadas por apenas 6 modelos de automóveis conforme descreve Womack, Jones e Roos (1992). A produção em massa havia se espalhado pelo mundo e a diferença competitiva dos Estados Unidos não existia mais.

Em 1973, a primeira grande crise do petróleo, elevou muito o preço dos combustíveis, e os grandes carros americanos, deram lugar aos pequenos carros europeus. Nessa época também começou a surgir no cenário mundial as indústrias japonesas com produtos de melhor qualidade e menor custo, com um sistema de produção totalmente desconhecido pelo resto do mundo.

O Sistema de Produção em Massa, pode ser resumidamente expresso em cinco principais características:

- a) a divisão do trabalho, ou seja, cada trabalhador era responsável por apenas pequenas partes da operação, dispensando assim a necessidade de mão-de-obra altamente qualificada como no sistema artesanal;
- b) completa e consistente intercambiabilidade entre as peças que dispensava a necessidade de pré-ajustes das peças;
- c) emprego de máquinas especializadas em tarefas e operações, com pouca ou nenhuma flexibilidade;
- d) utiliza grandes estoques de matéria prima, peças e produtos acabados;

e) grandes volumes de produção que proporcionavam diminuição dos custos de produção, porém sem variedade.

2.3 – Sistema da Produção Enxuta

A divisão do trabalho e a linha de produção que Henry Ford estabeleceu nos Estados Unidos, inauguraram a era da produção em massa e depois disto, nenhuma empresa automobilística podia esperar sobreviver por muito tempo na indústria moderna sem fazer uso das novas tecnologias de produção. Os produtores japoneses estavam prontos para adotar o sistema de produção em massa de Ford, mas a demanda japonesa de veículos dificilmente suportaria a escala econômica da produção em massa. A Toyota reconheceu que deveria encontrar meios para conseguir economias com baixos volumes de produção e desenvolveu meios originais aplicando as idéias de Henry Ford mescladas a alguns conceitos da produção artesanal.

3 – A história da Toyota

No desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, especialmente quatro nomes tiveram destaque: Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo.

Sakichi Toyoda, fundador das empresas Toyoda, fabricante de teares, inventou em 1902, um tear que parava automaticamente quando havia rompimento de um dos fios, impedindo a produção de itens defeituosos e seu conseqüente envio aos processos subseqüentes, impedindo assim, desperdícios que resultariam da produção de uma série de itens defeituosos. Este conceito, que mais tarde tornou-se um dos dois principais pilares do Sistema Toyota de Produção, foi denominado *Jidoka*. Desta forma, Sakichi introduziu na Toyota, que ainda não existia, o conceito de automação, ou seja, máquinas inteligentes.

O tear automático teve grande repercussão mundial e muitas indústrias têxteis se interessaram pelo sistema. Sakishi vendeu os direitos da patente dos teares automáticos em 1929 e deu o dinheiro (100.000 libras esterlinas) para seu filho, Kiichiro Toyoda, desenvolver, construir e testar automóveis, conforme descreve Womack, Jones e Roos (1992).

Em 1936, Kiichiro fundou a empresa Toyota Motor Company, iniciando suas atividades com a produção do caminhão modelo G1, sendo que os componentes elétricos, carburadores, velocímetros, entre outras peças, eram importadas dos Estados Unidos. Havia alguns fornecedores locais, mas seus produtos tinham preços muito acima dos importados e a qualidade era muito ruim. Heiji Toyoda (1987) relata que a Toyota, adquiriu a experiência em veículos automotores através da desmontagem de diversos veículos, adquiridos por Kiichiro Toyoda, e posteriormente, baseados na desmontagem, desenhos de partes e motores eram confeccionados.

Em 1937, devido aos problemas econômicos do país e aos problemas de qualidade, a Toyota não conseguia vender seus caminhões, mas a guerra contra a China mudou esta situação, já que o exército comprou todos os caminhões do estoque e ainda encomendou mais, conforme relatado por Heiji Toyoda (1987). No final de 1941, o ataque aéreo japonês a Pearl Harbor fez com que o grupo Toyota entrasse na guerra, construindo motores de aviões (Tokai Aircraft, antiga planta da

Toyota), caminhões anfíbios, caminhões desmontáveis para serem atravessados por montanhas, além dos caminhões normais. Após a derrota do Japão, em 1945, a Toyota, continuou a fornecer caminhões para uso militar, só que desta vez, ao exército americano para a guerra da Coréia, graças ao fato dos caminhões americanos custarem bem mais caro devido à logística para transportá-los. Os pedidos continuaram pelos americanos e aliados para os conflitos que ocorreram no sul da Ásia (Filipinas, Tailândia, Indonésia e Vietnã), o que injetou grande quantia financeira nos caixas da Toyota.

Em 1945, foi iniciada pela Toyota, uma pesquisa para a fabricação de um automóvel, popular e econômico que resultou no modelo SA, também conhecido como toyopet, e a produção iniciou-se no ano de 1947. Mais tarde veio o modelo crown (coroa em Japonês).

Em 1950, a Toyota, assim como praticamente todas as companhias japonesas, mergulharam em grave crise econômica pós-guerra e Kiichiro Toyoda, pressionado pelos bancos credores, iniciou uma drástica campanha para salvar a empresa, iniciando por um corte 1/3 da mão de obra fabril. Kiichiro responsabilizou-se por não conseguir isolar a Toyota da crise, renunciando ao cargo e demitindo-se da empresa.

A partir desta crise, a Toyota, através do engenheiro Taiichi Ohno, descreveu o Sistema Toyota de Produção e em meados de 1970 o sistema estava completamente amadurecido e implantado em todo complexo da Toyota, assim como em fornecedores, sendo o diferencial na crise que veio a seguir (crise do petróleo de 1973).

4 - O nascimento da produção enxuta

4.1 - O grande agente de mudança

Conforme relatado anteriormente, o grande agente de mudança foi a crise financeira enfrentada pela Toyota em 1950, que fez Kiichiro cortar 1600 trabalhadores e renunciar de seu cargo de presidente da empresa, assumindo em seu lugar, por sua indicação, Taizo Ishida, em acordo com os bancos credores, iniciando depois, uma grande reestruturação da empresa, conforme relatos de Heiji Toyoda (1987). Nesta época, o Japão apresentava algumas características importantes de serem descritas:

- a) diferentemente do mercado americano durante o início das atividades da Ford, o mercado doméstico japonês era infinitamente menor que o americano e ainda mesmo, demandava uma grande variedade de veículos (desde carros pequenos e econômicos até caminhões);**
- b) a economia do Japão havia sido devastada pela guerra, necessitando de investimentos de capitais e da importação das tecnologias de produção ocidentais mais recentes;**
- c) os grandes fabricantes de veículos da Europa e dos Estados Unidos, estavam ansiosos para entrarem no mercado japonês, e além disto dispostos a defenderem seus mercados consagrados contra as exportações japonesas.**

Womack, Jones e Roos (1992) relatam que para proteger o mercado interno contra a entrada de fabricantes de outros países, o governo japonês, deu grande apoio às indústrias nacionais, criando tarifas alfandegárias proibitivas e proibindo a propriedade estrangeira na indústria automotiva japonesa, fazendo com que algumas empresas japonesas se interessassem pela indústria automobilística. Antes disto, a Ford já tinha uma fábrica de automóveis em Yokohama e a GM montou uma fábrica em Osaka. A lei limitou a produção destas fábricas em 3 mil carros por ano. Mais tarde, o Ministério do Comércio Exterior e Indústria do Japão (MITI), que acreditava que o primeiro requisito de uma indústria automobilística internacionalmente competitiva seria uma escala de produção elevada, propôs uma série de planos para fundir as doze embrionárias companhias automobilísticas

japonesas para concorrerem com a Ford, Chrysler e General Motors. Fabricantes de automóveis como a Toyota, a Nissan e outras companhias não acataram as proposições do MITI e resolveram enfrentar a crise a seu modo.

4.2 - O uso de pequenos lotes de produção

Taiichi Ohno, responsável pelas máquinas numa das plantas da Toyota, analisou a produção em massa e seus métodos e chegou à conclusão que, devido aos problemas da economia e do mercado, este sistema de produção não seria útil aos seus propósitos. A alternativa seria o sistema artesanal, porém não parecia ser a solução, já que a produção em massa dizimou completamente este sistema de produção. Ohno analisou as estamparias das peças de carrocerias de automóveis, onde as chapas planas eram semicortadas e em seguida inseridas em gigantescas prensas que, através dos moldes, davam forma à peça final. No entanto, para atingirem a economia de escala, estas imensas e dispendiosas linhas de estampagem ocidentais eram projetadas para operarem em doze batidas por minuto, três turnos ao dia, produzindo um milhão ou mais de determinada peça ao ano. Eram necessárias centenas de prensas dedicadas a cada tipo de peça da carroceria (na produção artesanal, as chapas eram colocadas sobre moldes e por intermédio de batidas, era dado o formato final às peças).

Os fabricantes europeus, adotaram a utilização destas prensas dedicadas a uma peça específica por meses ou anos sem a necessidade de trocas de moldes, pois estas trocas tomavam grande quantidade de tempo além da necessidade de especialistas para realizar o serviço.

Como a Toyota não dispunha dos recursos necessários para a aquisição da quantidade de prensas que era adotada pelos fabricantes de outros países, Ohno, ainda no final dos anos 40, comprou algumas prensas norte-americanas usadas e com exaustivos testes e experiências de trocas de moldes, utilizando a própria mão de obra dos trabalhadores, Ohno reduziu o tempo de troca de uma determinada prensa, de um dia para incríveis três minutos, inclusive eliminando a necessidade de especialistas na troca de moldes. Além disto, seus experimentos o levaram a uma descoberta inesperada: o custo por peça prensada em pequenos lotes era menor se comparado ao processamento de grandes lotes, graças a duas razões: os custos

financeiros dos grandes estoques de peças acabadas havia sido eliminado e a produção em pequenos lotes diminuía a quantidade de erros de prensagem, pois, eliminava-os durante sua aparição na prensa.

4.3 – A produção puxada

Em 1956, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, e responsável pelas máquinas numa das plantas da Toyota, viajou para os Estados Unidos com o objetivo de visitar diversas fábricas de automóveis e esta visita levou-o à sua mais importante descoberta, que curiosamente não estava nas indústrias que visitou, mas sim nos supermercados e seu sistema de vendas de auto-atendimento. O Japão não tinha lojas de auto-atendimento (self services) como aqueles e Ohno estava impressionado, pois os clientes escolhiam exatamente o que eles desejavam e na quantidade que eles precisavam. Ohno também ficou impressionado pelo modo que os supermercados supriam as mercadorias de maneira simples e eficiente.

Poucos anos mais tarde, Ohno descreveu seu sistema de produção em termos do supermercado americano. Ele arranhou as linhas de produção como um supermercado e cada linha tornou-se um cliente da linha precedente, de forma que todos os processos foram colocados em seqüência. A linha seguinte viria e escolheria os itens que precisava e somente aqueles itens e a linha precedente produziria somente os itens de reposição. O sistema de Ohno, então, era um sistema de “puxar”, comandado pelas necessidades da linha cliente, em contraste com o sistema convencional de “empurrar”, que era comandado pela saída das linhas precedentes. Estas idéias se tornaram o outro pilar principal do Sistema Toyota de Produção: o *just in time* (na hora certa).

Ohno também desenvolveu diversas ferramentas para facilitar o seu formato de produção sendo o sistema *kanban*, a mais conhecida destas ferramentas, que fornece informações entre processos para a linha através do uso de cartões.

O *jidoka* (autonomação) e o *just in time* gradualmente se tornaram à base para todas as atividades na fábrica onde Ohno atuava. Depois de muito esforço e muitas tentativas e erros, o *jidoka* e o *just in time* tornaram-se procedimento padrão para todas fábricas da Toyota e mais tarde, também para os fornecedores da Toyota.

5 - A Cadeia de Valor

A Engenharia de Valor é o primeiro estágio na melhoria de um processo, sendo que ela questiona como um produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e, ao mesmo tempo, reduzir os custos de fabricação. Por exemplo, depois da análise de valor, um produto que era montado com oito parafusos e passou a ser montado com apenas quatro.

Portanto, o estudo da cadeia de valor é a atividade chave do Sistema Toyota de Produção pois este estudo leva a visão das atividades e operações que realmente agregam valor ao produto. A cadeia de valor é um conjunto mínimo e irreduzível de atividades estritamente necessárias para projetar, fabricar e expedir um produto e uma das mais importantes tarefas para se implantar o processo de produção enxuto. A montagem da cadeia de valor do produto geralmente é feita desde as usinas de minérios até o produto final já nas mãos do cliente final. Na engenharia de valor, estuda-se como um produto por ser redesenhado reduzindo-se seus custos de fabricação mantendo-se sua qualidade.

Abaixo é descrita a cadeia de valor de uma caixa de refrigerante para deixar claro de como é feita a análise (retirado do livro *A Mentalidade Enxuta nas Empresas* de James P. Womack e Daniel T. Jones, 1998):

O produto escolhido foi pego aleatoriamente da fábrica de bebidas da Tesco, uma caixa de papelão contendo oito latas de refrigerante. As empresas envolvidas ao longo da cadeia de valor neste exemplo são todas gerenciadas com competência de acordo com o pensamento da produção em massa. O problema não é a competência dos gerentes que operam o sistema de acordo com a lógica predominante, mas, a lógica em si.

A água para a fabricação do refrigerante é fornecida no Reino Unido pela companhia de águas local. Outros ingredientes básicos são a essência usada em quantidade mínima e fornecida sob a forma de concentrado pela empresa de refrigerantes; açúcar derivado da beterraba; milho, de onde é feito o caramelo que dá a cor ao refrigerante, além do sabor; o pinheiro, a partir do qual se produz o papelão para as caixas; e a bauxita ou latas recicladas para a fabricação do alumínio.

Como a lata, e não a bebida em si é de longe o aspecto mais complexo de uma caixa de refrigerante e a que tem o lead time mais longo, então, a análise é concentrada no fluxo do alumínio da lata, tratando o açúcar, caramelos, essências e as caixas como afluentes que se juntam ao rio mais adiante.

A primeira etapa da cadeia de valor para latas de refrigerante é a extração de bauxita na Austrália. Embora a princípio o minério possa ser extraído em pequenas quantidades e enviado à etapa seguinte em alguns minutos após o recebimento de um pedido, o equipamento de extração é realmente grande e o processo envolve a extração de milhões de toneladas de bauxita de uma só vez, de acordo com uma previsão de produção de longo prazo. A montanha de minério é então transferida em enormes caminhões até uma usina de redução química próxima, onde a bauxita é reduzida à alumina em pó.

Esse processo, que transforma quatro toneladas de bauxita em duas toneladas de alumínio, leva cerca de trinta minutos. Quando se acumula alumina suficiente para encher um container enorme (mais de duas semanas, cerca de 500.000 toneladas ou o suficiente para 10 milhões de latas), a carga é enviada por mar, uma viagem de quatro semanas até a Noruega ou a Suécia, países em que a energia hidrelétrica é barata, onde o minério será fundido.

Depois de uma espera de dois meses na usina de fundição, a aplicação de uma enorme quantidade de energia (vinte vezes a necessária para fundir e reciclar latas velhas), reduz-se duas toneladas de alumina a uma tonelada de alumínio em cerca de duas horas. Novamente, a escala na fundição dita que sejam produzidas grandes quantidades de alumínio em cada lote, sendo o alumínio fundido colocado em dezenas de lingotes de um metro de espessura por dez de comprimento. Esses lingotes são então cuidadosamente resfriados e armazenados por cerca de duas semanas antes de serem enviados, por caminhão, barco e caminhão novamente, a uma usina de laminação na Alemanha ou na Suécia.

Depois de cerca de duas semanas de armazenamento na usina de laminação a quente, o lingote é aquecido a 500 graus Celsius e submetido três vezes a pesados equipamentos de laminação, que reduzem a espessura do lingote de um metro para três milímetros. O processo de laminação em si leva cerca de um minuto, mas o equipamento é extremamente complexo e torna-se difícil mudar suas especificações, por isso, a gerência chegou à conclusão de que é melhor esperar até que o volume de pedidos de um material com uma dada especificação seja suficiente para depois processá-los todos de uma só vez. A folha de alumínio é enrolada em uma bobina de dez toneladas e levada a uma área de armazenamento, onde fica por cerca de quatro semanas.

Quando necessária para a próxima etapa, a bobina é levada dessa área de armazenamento e expedida, por caminhão, até uma usina de laminação a frio, na

Alemanha ou na Suécia, onde é armazenada durante outras duas semanas. A laminação a frio (com lâminas de alumínio à velocidade de 640 metros por minuto) reduz a lâmina de alumínio de três milímetros para 0,3 milímetros, espessura esta necessária aos fabricantes de latas. Como o equipamento de laminação a frio é extremamente caro e é difícil efetuar trocas de ferramentas para o próximo produto, os gerentes das usinas de laminação a frio também consideraram mais econômico acumular os pedidos de produtos com uma determinada especificação e fazer tudo de uma só vez. A folha de alumínio produzida pela laminação a frio é então cortada em larguras menores, enrolada em bobinas de dez toneladas e armazenada, em média, durante um mês.

Quando necessárias para a produção da lata, as bobinas são enviadas por caminhão, mar e novamente por caminhão até o fabricante de latas na Inglaterra, onde as bobinas são descarregadas e armazenadas, mais uma vez por cerca de duas semanas. Quando necessárias, as bobinas são levadas do armazém para os equipamentos que fazem as latas, passando por uma máquina de estampar, que corta quatro mil discos por minuto na folha de alumínio. Os discos são então alimentados automaticamente em máquinas que perfuram o disco três vezes sucessivas para criar uma lata sem tampa, à velocidade de 300 latas por minuto por máquina (para cada máquina de estampar existem treze máquinas de modelagem em etapas posteriores).

Das máquinas de modelagem, as latas viajam por uma esteira transportadora até uma lavadora, uma secadora e um equipamento de pintura, que aplica um revestimento básico e, em seguida, o acabamento, que consiste no esquema de cor da lata, além de informação ao consumidor em diferentes línguas e várias mensagens promocionais. As latas vão então para os processos de laqueamento, formação do pescoço e flange (que preparam as latas para receber a parte superior depois de cheias), tratamento do revestimento interno e da parte inferior (para impedir a descoloração e a passagem do sabor de alumínio para o refrigerante) e inspeção final.

O equipamento de fabricação de latas descrito é uma maravilha técnica capaz de transformar uma lâmina de alumínio em uma lata acabada e pintada, sem nenhuma intervenção humana e em menos de dez segundos. No entanto, é também extremamente caro mudar as especificações da máquina de um tipo de lata para outro e de um esquema de pintura para outro, por isso a gerência opta por produzir grandes lotes de cada tipo. Do ponto de vista do fabricante da lata, essa certamente é a melhor abordagem e também, se ajusta às práticas dos fundidores, das usinas de laminação a frio e de laminação a quente de processarem tipos específicos de alumínio em grandes lotes.

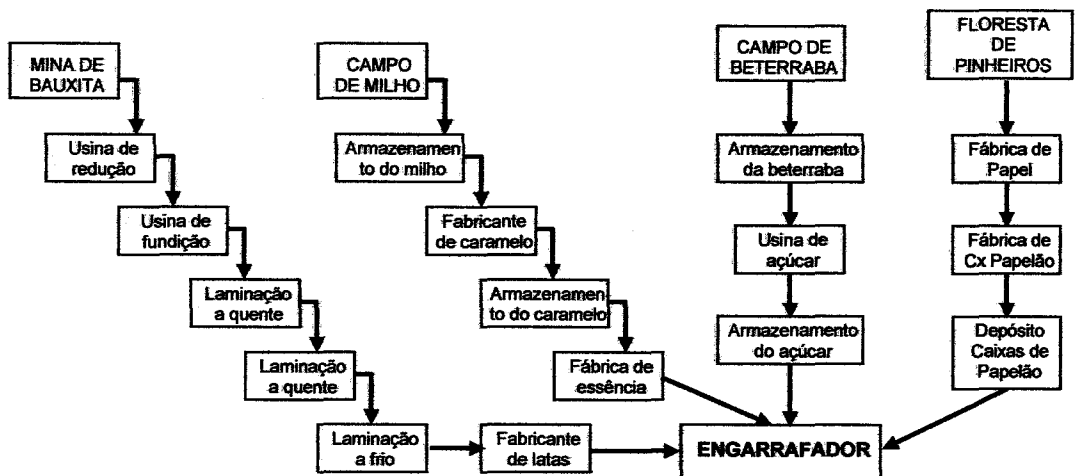
Após a inspeção, as latas seguem para uma máquina que carrega as latas vazias em estrados, oito mil em cada estrado, e as envia a um enorme armazém, onde ficam até que sejam necessárias, em geral durante quatro semanas. No depósito, elas são armazenadas segundo o tipo de lata, pois a empresa que colocará o refrigerante nas latas precisa de uma variedade de latas com rótulos diferentes para as bebidas além do refrigerante comum (por exemplo, refrigerante diet). E mesmo no caso do refrigerante comum, os engarrafadores precisam lidar com diversas configurações, além, de campanhas promocionais de marketing que exigem que sejam impressas informações diferentes nas latas.

Do depósito do fabricante das latas, elas são colocadas em um caminhão e levadas até o depósito dos engarrafados, onde são novamente armazenadas, embora dessa vez durante apenas quatro dias. São então retiradas dos estrados e carregadas em enormes máquinas, onde são lavadas e enchidas de refrigerante.

Na próxima etapa, água, caramelos, açúcar e essência são cuidadosamente misturados e o gás (dióxido de carbono), criando o refrigerante.

O método de análise de valor é melhor ilustrado examinando o fluxo como um todo:

FIGURA 5.1: CONFLUÊNCIA DAS CADEIAS DE VALOR DO REFRIGERANTE



FONTE: Womack & Jones, 1988, pg 36

Depois que o refrigerante é colocado nas latas (à velocidade de 1.500 latas por minuto), elas são seladas com um tampa de alumínio contendo a famosa "pop top", fornecida por meio de um processo separado, porém muito semelhante, pelo fabricante da lata. Imprime-se então a data nas latas, que são embaladas em caixas contendo números variados de latas, oito no nosso caso. Cada tipo de caixa tem seu esquema de pintura e informações promocionais.

O processo de mistura e enchimento, que reúne todos os fluxos de valor afluentes, leva apenas um minuto, da lavagem à embalagem nas caixas, mas a modificação das especificações da máquina é muito cara e consome muito tempo. Além disso, colocar um tipo de refrigerante em algumas latas e outro na próxima exige a limpeza de todo o sistema de enchimento, por isso o engarrafador considerou mais econômico processar grandes lotes de cada tipo de bebida por meio de seu complexo equipamento.

No final da linha de enchimento/embalagem, as caixas são colocadas em estrados, envoltas em plástico e levadas até o depósito central do engarrafador que atende a todos os clientes do Reino Unido. Os estrados de refrigerante ficam armazenados durante cerca de cinco semanas.

No depósito, os estrados são classificados e colocados em áreas específicas, segundo o seu tipo. São então separados, conforme o necessário, e carregados em um dos caminhões do engarrafador para serem transportados até um dos depósitos de distribuição regional da Tesco no Reino Unido.

Depois que chegam ao depósito da Tesco, as coisas andam muito mais rápido. Os estrados que chegam são armazenados durante cerca de três dias, até que as caixas são retiradas dos estrados e colocadas em containers levados às lojas durante a noite. Uma vez na loja de varejo, são retiradas da doca de recebimento e levadas para uma área de armazenamento, nos fundos da loja ou vão diretamente para as prateleiras, onde o refrigerante é vendido em cerca de dois dias.

Quando é levado para casa, o refrigerante normalmente é mais uma vez armazenado, pelo menos durante alguns dias. Em seguida, é levado à geladeira e, finalmente consumido. A última etapa provavelmente exige cerca de cinco minutos, depois de quase um ano ao longo da cadeia de valor.

Uma etapa final importante, também mostrada na figura 5.1, é a reciclagem da lata, a fim de reintroduzi-la no processo de produção, na etapa de fundição. Se o percentual de latas recicladas chegar a 100%, surgirão oportunidades irresistíveis para a cadeia de valor como um todo. Mini-fundidores, com mini-usinas de laminação, poderiam se implantar em locais próximos aos fabricantes de latas na Inglaterra, eliminando a maior parte do tempo, o armazenamento e as distâncias envolvidas atualmente nas etapas da fabricação da lata. Estas atividades transformariam desperdícios inevitáveis apresentados anteriormente em desperdícios que poderiam ser eliminados. A lenta aceitação da reciclagem certamente se deve em parte à incapacidade de analisar custos no sistema como um todo, em vez de analisá-los apenas na etapa de reciclagem isoladamente.

Quando as coisas são colocadas desta forma, ação por ação, que nos permita ver cada etapa de um produto específico, podemos pensar seriamente na produção física. Primeiro como é mostrado na tabela 4.1, o tempo necessário quando o valor realmente está sendo criado (três horas) é infinitesimal em relação ao tempo total (319 dias) da bauxita à reciclagem. Em mais de 99% do tempo, a cadeia de valor simplesmente não está fluindo: é o desperdício de tempo por espera. Segundo, a lata e o alumínio que entram no processo são separados e armazenados trinta vezes. Do ponto de vista do cliente, nada disso agrega valor: o desperdício do transporte. Da mesma forma, o alumínio e as latas passam por catorze locais de armazenamento, muitos deles grandes, e as latas são colocadas e retiradas de estrados quatro vezes: o desperdício do estoque e do processamento excessivo. Finalmente, 24% do alumínio que sai da fundição, um processo caro e intensivo em energia, não chegam ao cliente: o desperdício dos defeitos (gerando sucata).j

TABELA 1- CADEIA DE VALOR DE UMA CAIXA DE REFRIGERANTES

	Armazenamen- to Inicial	Tempo de processamento	Armazena- mento final	Velocidade de processamento	Dias acu- mulados	Sucata acumulada
Mina	0	20 minutos	2 semanas	100 t/hora	319	0
Usina de redução	2 semanas	30 minutos	2 semanas		305	0
Usina de fundição	3 meses	2 horas	2 semanas		277	2
Laminação a quente	2 semanas	1 minuto	4 semanas	3 m/min	173	4
Laminação a frio	2 semanas	< 1 minuto	4 semanas	600 m/min	131	6
Fabricante da lata	2 semanas	1 minuto	4 semanas	2.000/min	89	20
Engarrafador	4 dias	1 minuto	5 semanas	1.500/min	47	24
Depósito da Tesco	0	0	3 dias	-	8	24
Loja da Tesco	0	0	2 dias	-	5	24
Casa do consumidor	3 dias	5 minutos	-	-	3	[90]
Total	5 meses	3 horas	6 meses	-	319	24

FONTE: Womack & Jones, 1988, pg 38)

* inclui tempo de transporte a partir da etapa anterior

** A sucata acumulada é o percentual do alumínio original transformado em sucata. O aumento da sucata no fabricante de latas deve-se à perda de aproximadamente 14% do material na perfuração. A perda no engarrafador decorre principalmente de latas danificadas rejeitadas que são carregadas no equipamento que enche as latas. Como são armazenadas vazias, sem pressão interna, as latas danificam-se facilmente durante o manuseio.

O aumento do índice de sucateamento na casa do cliente, entre colchetes, é consequência da reciclagem de apenas 16% dos 76% de alumínio original que chegam até o cliente.

6 - Um novo pensamento sobre Custos e Lucros

Outro elemento do Sistema Toyota de Produção que pôs o destino das empresas que o adotaram em suas próprias mãos, foi o controle de custos. As abordagens tradicionais de gerenciamento objetivam o preço de venda. O custo e uma mínima margem de lucro são constantes nesta equação e o preço de venda é a variável. Sob a abordagem "aumento de custos" os fabricantes mantêm as margens de lucro aumentando os preços de venda para cobrir os custos. Fazendo isto, no entanto, eles se expõem completamente às influências externas como, por exemplo, o preço do petróleo, como ocorreu com a produção em massa e a crise do petróleo em 1973. A equação de gerenciamento tradicional:

$$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro (visão tradicional)}$$

A Toyota adotou a abordagem "redução de custos" ao invés do "aumento de custos". As condições do mercado determinam um preço de venda razoável, que se torna a constante na equação. O fabricante toma para si a responsabilidade de controlar os custos internamente, mantendo-os abaixo do preço de venda e assim assegura o lucro e retém para si o controle de seu destino.

$$\text{Lucro} = \text{Preço} - \text{Custo (visão no Sistema Toyota de Produção)}$$

A abordagem "redução de custos" para preço e lucro é, no entanto, dependente da capacidade em reduzir custos. A Toyota dedicou-se na eliminação dos desperdícios onde eles ocorrem. A preocupação com o arranjo da produção num fluxo contínuo é um bom exemplo disto. Esta preocupação reflete uma determinação quase obsessiva em impedir a produção de qualquer item a mais do que o solicitado pelo processo cliente em qualquer estágio, a menos que ele seja absolutamente necessário.

A padronização dos trabalhos e as melhorias contínuas em nome do Kaizen também identificam e eliminam desperdícios.

7 – A Adoção de Processos Produtivos com Qualidade

7.1 - Jidoka

Conforme descrito anteriormente, o *Jidoka* é originário da invenção do tear automático de Sakichi Toyoda, que automaticamente parava quando ocorria o rompimento do fio, impedindo a produção de itens defeituosos e seu conseqüente envio aos processos subseqüentes, impedindo desperdícios que resultariam da produção de uma série de itens defeituosos.

Outra grande vantagem do *Jidoka* é que ele facilita a identificação de problemas pois quando a máquina pára exatamente no momento em que a falha ocorre, a atenção de todos é voltada para o problema. Geralmente esta parada é sinalizada por meio de um painel de luzes que recebeu o nome de Andon. O Andon também é um meio de sinalizar quando um trabalhador pára a linha pela constatação de um problema que não pôde ser resolvido, então, este trabalhador puxa uma corda que pára a linha e aciona o Andon e após isto, um supervisor desloca-se até a máquina/estação e ajuda a corrigir o problema.

Outros exemplos de *Jidoka* são os dispositivos à prova de erros, mais conhecidos como poka-yokes. A figura 7.1 abaixo apresenta um exemplo de um painel Andon que sinaliza parada nas estações, a necessidade de envio de produtos para o controle de qualidade, tempos de parada, assim como objetivos e quantidade real de produtos produzidos.

FIGURA 7.1 – EXEMPLO DE UM PAINEL ANDON



7.2 – Planejamento seqüencial *heinjunka*

A produção tradicional contínua de itens de um mesmo modelo ou mesmo dividida em faixas de tempo, como por exemplo, toda a manhã produzindo um modelo, a tarde outro e ao final da tarde um terceiro modelo, produz inventários de produtos terminados que ficam aguardando seus clientes. A produção agrupada produz picos que impõe uma divisão desproporcional de trabalho num grupo de trabalhadores, ou seja, alguns estarão ocupados e outros com folga de tempo e isto é um modo ineficiente de empregar pessoas e equipamento.

Na produção *just in time*, ou seja, "na hora certa", o planejamento da produção é feito de tal forma que os itens a serem produzidos são distribuídos igualmente no dia, semana ou mês, ou seja, diferentes itens são produzidos ao mesmo tempo. Esta distribuição também é chamada de planejamento seqüencial *heinjunka*.

Os gerentes das plantas devem, com base nos planos diários de produção, decidir a seqüência exata de itens a serem produzidos num dia. Na Toyota, o planejamento diário se dá 3 dias antes, ou seja, o dia de produção é o terceiro dia de trabalho depois de recebido o plano.

Nas plantas da Toyota, pode-se ver uma variedade grande de tipos de carrocerias de automóveis movendo-se ao longo da mesma linha de montagem no mesmo tempo.

Mas, para que este sistema funcione adequadamente, é de crucial importância que as peças que compõem o produto estejam disponíveis na linha de produção, onde cada estação da linha tenha apenas pequenos estoques de todos tipos de peças e materiais ali empregados e somente à medida que os itens forem sendo utilizados eles são repostos.

O fluxo das peças no sistema de suprimentos é estabelecido pelo sistema *just in time* utilizando a ferramenta *Kanban*. As peças são transportadas em container que, quando esvaziados, são mandados de volta para a etapa anterior, informando a necessidade da produção de mais peças. De acordo com Womack, Jones e Roos (1992), a plena implementação desse conjunto de idéias, inclusive o *just-in-time*, exigiu mais de 20 anos de trabalho e os resultados são conseqüências

extraordinárias para a produtividade, qualidade dos produtos e agilidade no atendimento à flutuante demanda do mercado.

O *just-in-time*, é prática quase universal nas companhias de produção enxuta, entregando os componentes diretamente para a linha de montagem, muitas vezes de hora em hora, sem qualquer inspeção das peças.

7.3 - O Sistema Kanban

Algumas pessoas pensam, e até mesmo algumas publicações descrevem, que o sistema *kanban* é sinônimo ou até mesmo que ele seja a essência do Sistema Toyota de Produção, mas na verdade *kanban* é apenas uma ferramenta do sistema, feito de pedaços de cartolina plastificados com informações aos processos. O *kanban* é uma ferramenta indispensável à operação do sistema *just in time*, facilitando todo o fluxo de produção e toda a distribuição de trabalho em diferentes estágios do processo, inclusive o transporte. Ele é um meio de controle de produção com informações do tipo: o que produzir, quanto produzir, para onde levar os produtos e quando produzir, então ele também funciona como ordens de produção sendo colocado sobre as caixas de peças, indo e voltando aos fornecedores e consumidores destas peças. O número de cartões *kanban* controla a quantidade de produtos que atravessa a produção.

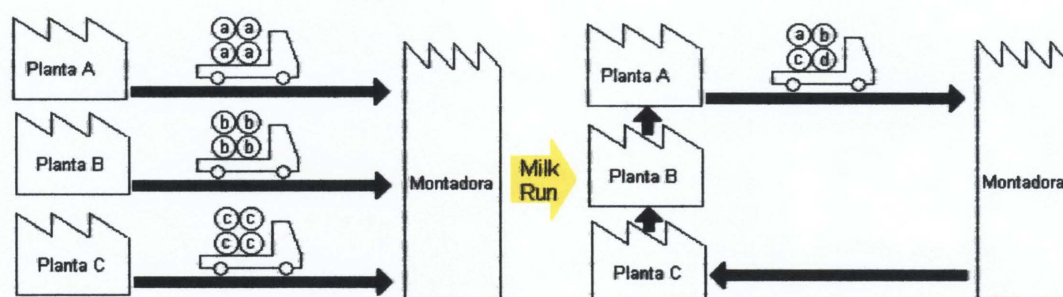
FIGURA 7.3 – EXEMPLO DE KANBAN DE ABASTECIMENTO



7.4 - Milk Run – Assegurando o transporte ordenado de mix de cargas

O sistema de “puxar” é um excelente modo de minimizar o inventário, prevenindo os desperdícios, mas sua eficiência depende do transporte ordenado das peças no tempo exato em que elas são necessárias. A maior parte do transporte entre as fábricas da Toyota e seus fornecedores tem volume fixo, ou seja, um carregamento é providenciado quando o acúmulo de ordens é suficiente para encher um caminhão. Mas muitas vezes o acúmulo de um dia inteiro de produção não é possível para lotar um caminhão, então a Toyota teve a idéia de utilizar um sistema de coleta de peças em diversos fornecedores, chamado de *Milk Run*. Este processo era semelhante às coletas de leite feitas por um caminhão que percorria diversos sítios de produtores leiteiros, e levava a carga até a usina pasteurizadora do leite, daí o nome *Milk Run*. Formalmente, cada fábrica de peças fornecerá diretamente para a montadora uma ou duas vezes por dia, e isto significa acumular um dia inteiro ou meio dia de inventário de cada peça. Agora, um único caminhão carrega uma variedade de peças fazendo coletas e liberações de ordens *Kanban* 3 vezes ao dia, de modo que, os inventários nos fornecedores e na montadora sejam menores.

FIGURA 7.4 – COLETA MILK RUN



7.5 - Processo de Fluxo Contínuo

Os sistemas *heijunka* e *kanban* facilitam o fluxo contínuo do trabalho entre os diferentes estágios de toda a sequência de produção, mas para isso os processos devem ser apropriadamente arrumados. Um fluxo eficaz de produção é a

consideração mais importante no arranjo dos processos de produção. Para maximizar a eficiência, deve-se buscar um fluxo eficiente em toda cadeia de produção (material bruto, usinagens e montagem) de modo que os produtos sejam manufaturados um após o outro na sequência de produção num fluxo suave e contínuo.

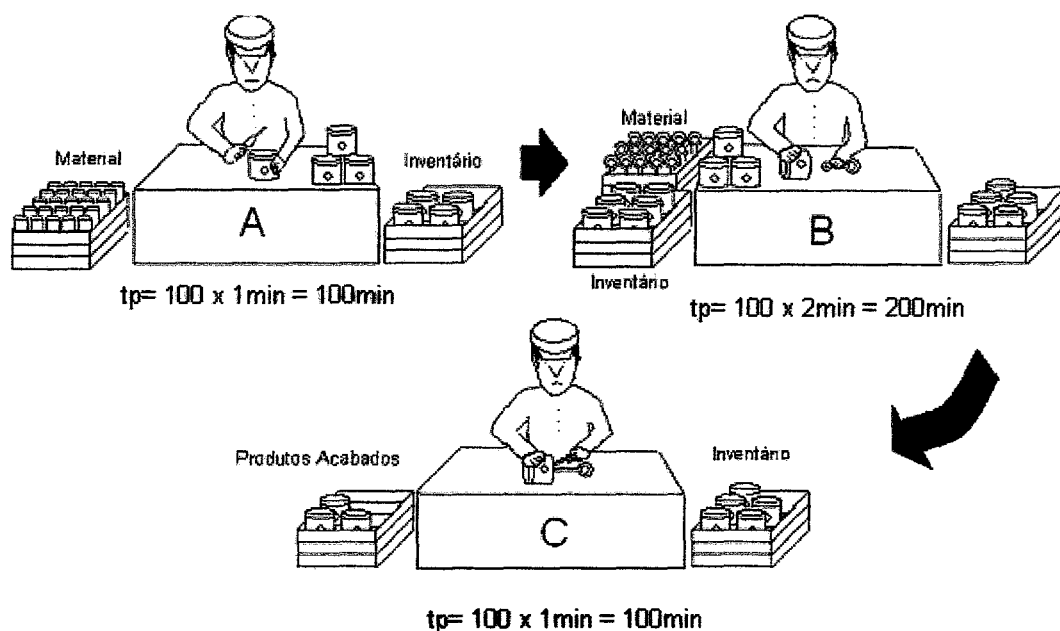
Deve-se, portanto, arranjar os equipamentos não em maquinaria ou grupos de processos, como eles são comumente arranjados em fábricas de produção em massa, mas em linhas que sustentem o fluxo contínuo. Vale ressaltar que nem sempre a Toyota arranjou seus equipamentos de acordo com o fluxo de produção. Numa época onde os equipamentos de produção eram o carro chefe dos custos de produção e era difícil de obtê-los a qualquer preço, as máquinas definiam as prioridades de layout, pois a maximização de seu uso era a prioridade. Mas os tempos mudaram e o maior patrimônio de uma empresa passou a ser sua mão de obra, sendo necessário à maximização na utilização desta mão de obra. Portanto, falhas nos arranjos de equipamentos resultam em fluxos complicados que levam o fabricante a diversos tipos de desperdício como seguem:

- a) trabalho acumulado depois de cada máquina ou processo;
- b) excesso de transporte entre processos;
- c) a quantidade de manuseio é duas, três ou até mais vezes do que deveria realmente ser;
- d) grupos de equipamentos separados por processos ou por tipos de máquinas, permitindo rápidas operações em estágios individuais da produção, mas por outro lado, inibindo melhorias orientadas para a produção dos itens realmente necessários e na hora que eles são necessários;
- e) itens defeituosos não são detectados imediatamente e a ação corretiva é tomada muito tarde;
- f) lead time da produção muito grande;
- g) o fluxo de trabalho e a sequência de produção não são padronizados.

7.6 – O Fluxo Unitário e suas vantagens

O fluxo de lote traz uma série de desvantagens à produção, como a formação de estoques, as esperas de lotes, defeitos que não são detectados podendo gerar a perda do lote por completo, entre outras. Na figura 7.6, os trabalhadores A, B e C executam diversas tarefas numa sequência de montagem. O trabalho começa com cada empregado recebendo do processo anterior uma caixa com 100 produtos semi acabados. Os trabalhadores executam trabalho adicional em cada um dos itens e repassam esses 100 produtos ao próximo trabalhador na linha de produção.

FIGURA 7.6.1 – FLUXO DE LOTES



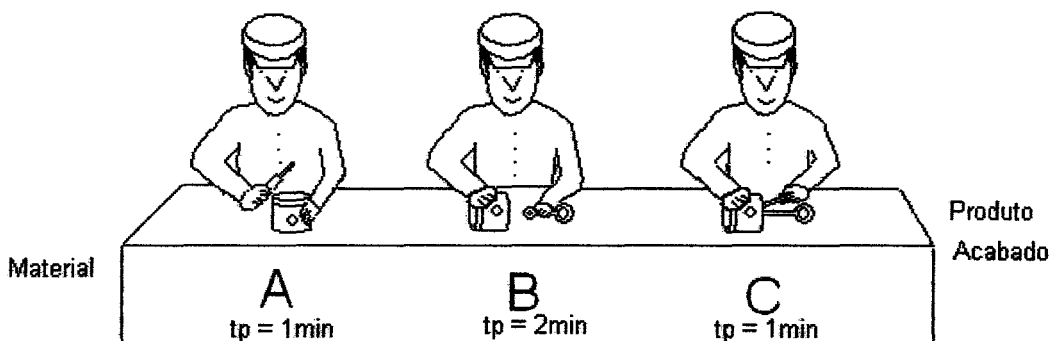
Este processo apresenta as seguintes desvantagens:

- cada empregado tem, por exemplo, 100 itens de cada vez, resultando num lead time extremamente grande, ou seja, 400 minutos no exemplo;**
- é impossível balancear a distribuição do trabalho entre os processos;**
- se o trabalhador B, por exemplo, detectar uma peça com defeito, ele não poderá determinar imediatamente onde o problema ocorreu, pois o problema ocorreu durante o processamento dos 100 itens;**

- d) quando a produção muda para um modelo diferente de produto, os trabalhadores devem remover todas as peças da linha para impedir a mistura de peças.

Estes problemas podem ser evitados se os trabalhadores são posicionados um próximo ao outro num fluxo contínuo e cada um manuseando uma única peça de cada vez. Eles fazem seu trabalho na peça e passam-na ao próximo trabalhador.

FIGURA 7.6.2 – FLUXO UNITÁRIO DE PEÇAS



Esta mudança, que não requer nenhum investimento ou aumento do número de empregados traz as seguintes melhorias:

- a) o número dos itens na linha, do material bruto ao acabado, é o mesmo do número de empregados na linha;
- b) quando o trabalhador B detecta um item defeituoso, ele e o trabalhador A podem determinar a causa do problema imediatamente, desde que este seja o produto que o trabalhador A acabou de manusear;
- c) os trabalhadores não precisam arrumar e transportar um grande número de peças;
- d) diferenças nas cargas de trabalho dos trabalhadores ficam visíveis, facilitando o balanceamento da linha;
- e) pode-se mudar a produção para modelos diferentes sem interromper o fluxo de produção;
- f) grande redução no lead time. No exemplo o lead time passaria para quatro minutos.

Quando as empresas passam do sistema de estoque em processo para o sistema de fluxo, enormes quantidades de caixa se tornam subitamente disponíveis como resultado da eliminação do estoque.

7.7 - Diminuição dos tempos de *Setup* através do uso da TRF – Troca Rápida de Ferramentas

Algumas vezes a produção de uma peça por vez é impraticável como, por exemplo, onde são necessárias trocas de moldes ou ferramentas para a produção de itens diferentes como em forjarias, fundições, estampagens e moldagens. Desde que o trabalho de *setup* consome muito tempo, tradicionalmente os fabricantes tendem a favor de grandes lotes, que, no entanto, resultam em grandes inventários. Estes equipamentos costumam ser grandes, obrigando o fabricante a operá-las em locais separados da linha de montagem. No entanto, a eficiência pode ser melhorada integrando os equipamentos dentro do fluxo de produção, nas linhas de montagem e também trabalhando em favor da diminuição dos tempos de trocas destes moldes e ferramentas.

A Toyota aumentou a flexibilidade das máquinas sem comprometer a eficiência através da diminuição dos tempos de *setup*. Às vezes, o simples uso de uma bancada com os moldes que fica ao lado da máquina de estampagem, eliminando o tempo desperdiçado durante o transporte e armazenagem dos moldes, podendo inclusive, se fazer os ajustes enquanto a máquina está em funcionamento, já contribui significativamente na diminuição do tempo de um *setup*.

Conforme cita Harmon e Peterson (1991), a redução, e até a eliminação, dos custos de *setup* é uma das mais importantes soluções técnicas para alcançar uma produtividade superior. Os custos de *setup* além do necessário acarretam três sérios inconvenientes:

- a) requer ciclos de produção muito longos, o que torna pouco prático responder rapidamente às solicitações inesperadas de clientes. Estes então é forçado a, no mínimo, esperar pelo fim do longo ciclo, antes que seus próximos pedidos possam ser atendidos;

- b) ciclos de produção grandes resultam em considerável quantidade de estoques. Ao completar-se um lote, o estoque atinge o pico. Mas com o tempo, o estoque decresce até que o tamanho do lote se esgote. O estoque médio atribuível ao tamanho do lote é, portando, metade da quantidade do lote. Se cada item é produzido uma vez ao mês, o estoque mínimo resultante poderia ser metade da provisão diária;
- c) grandes estoques requerem espaço na fábrica e nos depósitos ou almoxarifados, bem como pessoal e equipamentos para transporte, estocagem, acesso e distribuição.

Em 1955, a Toyota, contratou um consultor para melhoria das plantas industriais, Shigeo Shingo, que em 1957, desenvolveu o conceito da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) que tinha como objetivo principal, a troca de ferramentas em menos de 10 minutos através da separação das atividades de *setup* interno e externo e conseqüentemente a conversão do *setup* interno em externo.

Taiichi Ohno descreve os fatos que levaram ao sucesso em melhorias de *setup* num artigo intitulado *Bringing Wisdom to The Factory*, publicado pela Associação Japonesa de Administração de 1976, conforme descreve Shingo (1996):

Naquela época, as trocas de *setup* em máquinas de grande porte levavam muito tempo, de 4 a 8 horas. Para que isso fosse mais satisfatório, produzíamos em lotes de tamanhos maiores que o necessário. A superprodução provocou uma inundação de estoque excedente nas áreas de produção. As trocas de *setup* eram realizadas em horas extras ou nos domingos. Quando a máquina ficava pronta, o mesmo item era produzido por três ou quatro dias. Tudo isso significava um transbordamento do estoque para dentro da área de produção. Os ciclos de produção eram longos e era comum o não cumprimento de prazos. Para chegar à produção *just-in-time*, percebemos que a coisa mais importante a fazer era reduzir radicalmente os tempos de *setup*.

Até alguns anos atrás, a produção em nossa empresa era feita, sempre que possível, durante o horário regular de trabalhos. Trocas de lâminas, brocas e outras ferramentas eram ajustadas para o intervalo do meio dia ou para o final da tarde. Tínhamos uma política de trocar as lâminas a cada 50 unidades. Ainda assim, pelo fato da produção ter aumentado durante a década passada, os trabalhadores de máquina, freqüentemente, fazem estas trocas de má vontade, pelo tempo que elas exigem. Para a multi-esmerilhadeira, em especial, a substituição das numerosas lâminas e brocas levava metade de um dia. Como a produção da tarde seria paralisada sempre que uma reposição era feita num dia da semana, os trabalhadores eram forçados a fazer hora extra no domingo seguinte.

Isto era antieconômico e, portanto, inaceitável. Como queríamos também que a manutenção fosse efetuada durante as horas de trabalhos, começamos a estudar a questão de como as trocas de *setup* poderiam ser realizadas num período muito curto de tempo. Shigeo Shingo, da Japan Management Association, estava pregando "trocas de *setup* em menos de dez minutos" e sentimos que este conceito poderia ser de grande valia para nós. Era comum que, após dedicar-se meio dia ao *setup*, a máquina fosse utilizada por apenas dez minutos. Alguém poderia pensar que, como o *setup* levava metade de um dia, a produção devesse continuar por no mínimo o mesmo período de tempo. Isso, no entanto, nos teria deixado com uma grande quantidade de produtos acabados que não poderíamos jamais vender. Estamos agora procurando cortar os tempos de *setup* para períodos de menos de um minuto. Obviamente, é mais fácil falar que fazer, contudo, de alguma forma devemos reduzir a quantidade de tempo exigida para as trocas de *setup*.

A Troca Rápida de Ferramentas constitui-se em um pré-requisito básico para a implantação efetiva do Sistema *Just in Time*, com auxílio do *Kanban*, sendo fundamental dentro do contexto dos Sistemas de Produção com Estoque-Zero, contribuindo inclusive na detecção de defeitos. Como descreve Shingo (1996), as 8 principais técnicas que devem ser aplicadas a TRF são:

- 1) separação das operações de *setup* Internas e externas;
- 2) conversão de *setup* Interno em externo;
- 3) padronização da função e não da forma;
- 4) utilização de grampos funcionais ou eliminação dos grampos;
- 5) uso de dispositivos intermediários;
- 6) adoção de operações paralelas;
- 7) eliminação de ajustes;
- 8) mecanização.

1) separação das operações de *setup* internas e externas:

Para uma efetiva análise das operações para estudos de melhorias em TRF, deve-se dividir o *setup* (troca) em dois tipos: interno e externo. *Setup* interno são as operações que podem ser executadas somente quando a máquina estiver fora de operação (exemplo: troca de ferramentas e moldes) *Setup* externo são as operações que podem ser executadas com a máquina operando, como transportes de moldes e ferramentas, preparação de dispositivos de fixação. Segundo Shingo (1996), o simples fato da

separação do *setup* em externo e interno e da organização das operações internas e externas, faz com que o tempo de *setup* interno possa ser reduzido de 30 a 50%. O princípio fundamental para melhoria da troca de ferramentas é o transformar a maior quantidade possível de *setup* internos em externos. Pela definição de TRF entende-se que seja possível fazer qualquer troca de ferramentas em menos de 10 minutos. Como exemplos desta transformação pode-se citar a eliminação de ajustes entre matrizes, através da instalação de calços nas matrizes menores e também o pré-aquecimento de moldes.

2) conversão de *setup* interno em externo:

Esta é a principal atividade da TRF. Para a conversão é necessário que se reexamine todas operações e encontrar maneiras de converter os *setups* internos em externos. Como exemplos desta conversão está em pré-aquecer matrizes para fundição.

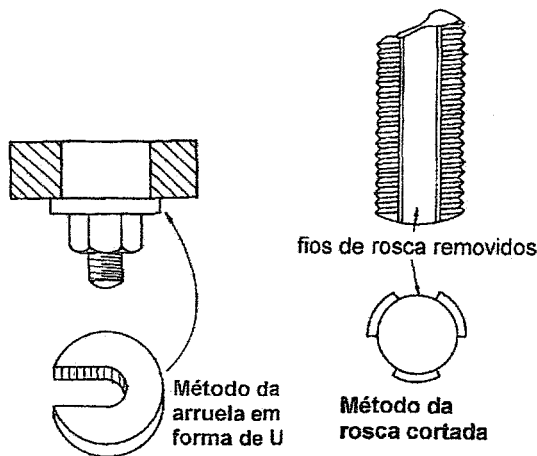
3) padronização da função e não da forma:

Padronizar todas as prensas num determinado tamanho reduz o tempo de *setup*, mas é uma abordagem não totalmente correta do ponto de vista econômico pois todas as matrizes, por exemplo, teriam que se adequar ao maior tamanho utilizado de moldes. Deve-se, no entanto, padronizar a função, por exemplo, acrescentando uma placa ou bloco à borda de fixação da matriz, padronizando assim as dimensões somente daquela peça e inclusive, fazendo a utilização dos mesmos grampos em diferentes *setups*.

4) utilização de grampos funcionais ou eliminação dos grampos:

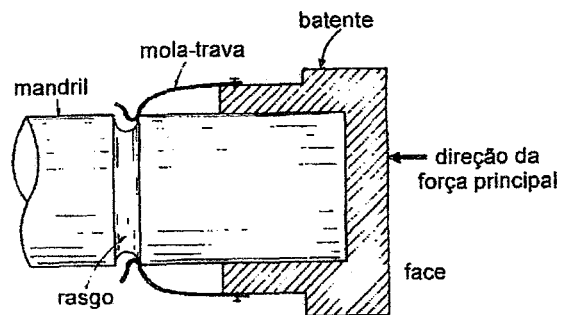
Geralmente utilizam-se parafusos para fazer a união de peças, no entanto, somente o último fio de rosca é que realmente faz a força de fixação. Então, como exemplo, num parafuso de 20 fios de rosca, será perdido tempo durante o aperto da rosca pois apenas o último receberá as forças de fixação. No lugar destes deve-se usar fixadores de um único giro como por exemplo, fixadores com rasgo em U, fixadores com furo em forma de pêra, entre outros.

FIGURA 7.7.1 – EXEMPLO DE UMA FIXAÇÃO DE BATENTE



(FONTE: Shingo, 1996, pg 84)

FIGURA 7.7.2 – EXEMPLOS DE DISPOSITIVOS FUNCIONAIS DE FIXAÇÃO



(FONTE: Shingo, 1996, pg 310)

5) uso de dispositivos intermediários

Utiliza-se dois dispositivos adaptados à prensa que intermediam a fixação do molde. Enquanto um molde está trabalhando, o próximo está sendo centrado e preso ao segundo dispositivo.

6) adoção de operações paralelas

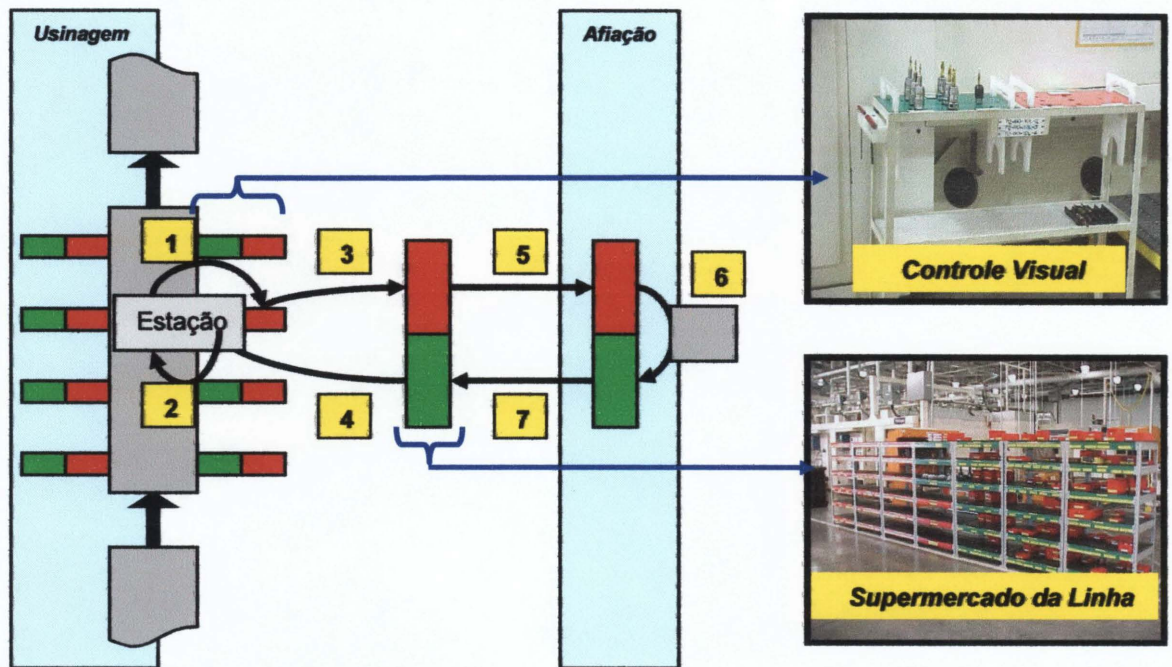
Dividir as operações em injetoras ou grandes prensas que permitam trabalhos nas duas laterais ou nas partes frontal e posterior da máquina, utilizando a mão de obra de 2 ou mais operadores.

7) eliminação de ajustes através da padronização da altura das matrizes.

7.7.1 – Um exemplo que auxilia a TRF

A figura 7.7.3 exemplifica um sistema de gerenciamento do fluxo de troca de ferramentas, seguindo os moldes de um sistema de reposição de prateleiras de supermercados, que reduz o tempo de parada de máquina .

FIGURA 7.7.3 – EXEMPLO DE GERENCIAMENTO DO FLUXO DE FERRAMENTAS



Legenda:

- 1) quando o Andon mostra a necessidade de troca de ferramenta (de acordo com a vida útil), o trabalhador vai até a máquina, remove a ferramenta usada e a coloca no tool board vermelho (base de ferramentas);
- 2) o trabalhador pega a nova ferramenta no tool board verde, monta na máquina e checka a primeira peça produzida e reinicia a máquina;
- 3) o trabalhador vai até o supermercado da linha com a ferramenta usada e troca-a por uma nova;
- 4) o trabalhador pega uma nova ferramenta e coloca no tool board verde ao lado da estação;
- 5) o trabalhador da área de afiação retira a ferramenta do supermercado da linha (área vermelha), desmonta-a, faz a limpeza da mesma;
- 6) os insertos de corte das ferramentas são trocados por novos;
- 7) realização do preset da ferramenta e armazenamento no supermercado da Área de afiação de ferramentas.

7.8 – Reduzindo os estoques nas fábricas

Quase sem exceção, toda fábrica tem o dobro do tamanho necessário para produzir sua produção corrente, assim sendo, as menores fábricas deveriam ser as melhores, no entanto, o tamanho físico de uma instalação dificilmente determina o sucesso de uma companhia. Uma fábrica muito grande pode ser uma das melhores ou uma das piores, dependendo de como seu espaço é utilizado. Além de aumentar o custo dos produtos, os estoques apresentam também uma outra característica indesejável, que é a de ocultar os problemas, tornando mais difícil sua eliminação. A eliminação dos estoques deve ocorrer indiretamente através da eliminação das causas de instabilidade do processo que são o fluxo irregular, as quebras de máquinas, a ocorrência de defeitos, os altos tempos de troca de ferramentas.

Conforme descrito por Harmon e Peterson (1991), na maioria das empresas industriais, as reduções de investimentos em estoques e dos custos de capital associados representam uma das mais importantes fontes internas de rentabilidade. Ainda que seja fácil reduzir os estoques em processo, a maior quantidade de estoques está nos materiais e componentes comprados e produtos acabados. Para a redução permanente do estoque de componentes e materiais comprados são necessários trabalhos juntos aos fornecedores que envolvam os custos de *setup*. Também é necessário que eles tenham acesso aos cronogramas de fabricação o mais recentes possíveis e por último a qualidade, ou seja, as entregas devem estar livres de componentes defeituosos.

Ainda segundo Harmon e Peterson (1991), os programas de fornecedores bem sucedidos podem reduzir o preço de materiais e componentes em 30% de dois a quatro anos, e em 5 a 10% a cada ano subsequente. As grandes razões para grandes estoques, todas passíveis de mudança são:

- a) os custos de *setup* do fornecedor fazem com que a produção seja feita em grandes lotes;
- b) os fornecedores freqüentemente atrasam as entregas devido ao tempo desnecessário gasto para processar a última informação de cronograma em cronogramas de produção;

- c) mesmo quando os fornecedores têm acesso aos cronogramas mais recentes, as entregas atrasam porque um longo ciclo de produção em andamento precisa ser completado. É impraticável interromper um longo ciclo de produção sob pena do aumento dos custos de *setup*;
- d) os fornecedores com frequência entregam materiais e componentes defeituosos que precisam ou ser reparados pela própria empresa, ou ser devolvidos aos fornecedores para reparo ou substituição.

Os estoques podem ser classificados em 3 tipos: Estoques *intermediários* (entre operações), estoques tipo *buffer* (para compensar quebras de máquinas, defeitos, paradas de máquinas, trocas de ferramentas, mudanças na programação repentinas, etc) e estoques de *segurança* (para compensar atrasos na entrega, erros na programação de produção, produção indefinida).

Um dos primeiros passos para a eliminação dos estoques é eliminando-se as esperas de lotes, através da realização do balanceamento do processo com o gargalo e sincronização que é nada mais do que seqüenciar eficientemente o processo de produção. O balanceamento ajudará a eliminar as esperas (que inclusive atrapalham muito a sincronização do processo), que são classificadas em dois tipos: esperas de processo e de lotes.

As esperas de *lote* ocorrem quando, num lote uma peça é processada, todas as outras peças estão esperando antes ou após o processo em questão, ou seja, num lote de 100 peças, enquanto a 1ª é processada, as 99 não processadas aguardam o processamento da primeira. Quando a 2ª peça é processada, 98 peças não processadas e 1 peça processada aguardam o processamento da 2ª peça e assim por diante. As esperas de *processo* ocorrem quando um lote inteiro está esperando para ser processado e estas esperas são devidas à falta de sincronização.

7.9 - Operações Multi-Processo e Multi-Operações

Tradicionalmente, os fabricantes buscam aumentar a eficiência, fazendo trabalhadores individuais operarem diversas máquinas do mesmo tipo ao mesmo tempo, ou seja, por exemplo, um trabalhador de tornos deve processar, por exemplo,

6 itens em 6 tornos diferentes e então passá-los para o trabalhador das mandrilhadoras e assim por diante. Este processo, chamado operação multi-máquina, produz grandes lead times e excesso de manuseio. O item, por exemplo, é torneado pelo trabalhador de tornos no primeiro torno e aguarda até que o trabalhador tenha processado os outros cinco itens. No final acaba-se freqüentemente, incorrendo em superprodução em vários processos, sendo inclusive, difícil de se obter feed back dos problemas de qualidade.

Uma maneira muito melhor seria a operação multi-processo, onde um trabalhador opera diferentes tipos de máquinas ao movimentar itens na seqüência de processo, mas sempre, uma peça de cada vez.

No Sistema Toyota de Produção a eficiência é alcançada através de operações multi-processo, que permite inclusive, grande flexibilidade. A Toyota continuamente revisa seus processos de produção para identificar meios de implementar operações multi-processo.

8 - Comparando os sistemas de produção

8.1 - As linhas de montagem

Taiichi Ohno fez diversas visitas às indústrias de automóveis americanas. Nestas visitas ele observou que havia especialistas para cada função e cada um executava somente o seu trabalho. Havia faxineiros para a limpeza dos postos de trabalho, mecânicos que reparavam as ferramentas, inspetores que verificavam a qualidade dos produtos, sendo os produtos com defeitos de qualidade, enviados a trabalhadores especialistas que efetuavam o reparo no final da linha de montagem. Era comum que os trabalhadores detectassem erros e os deixassem para serem corrigidos ao final da linha pelos especialistas para que a linha de montagem não fosse parada. Somente o gerente da fábrica tinha autoridade para parar a linha de montagem. Muitas destas falhas de qualidade não eram detectadas e o produto enviado ao cliente. Além dos especialistas havia um supervisor para cada linha de montagem e os "coringas", trabalhadores que cobriam faltas de outros trabalhadores.

Ohno visualizou muito desperdício no método de trabalho da linha de montagem da produção em massa. A prática de deixar os erros passarem para manter a linha em funcionamento, fazia com que estes erros se multiplicassem, e, além disso, outras peças eram agregadas ao conjunto, tomando o trabalho de reparo mais caro e também fazia com que grande número de produtos com o mesmo defeito fossem montados. Ohno concluiu que estes que, além de não agregarem valor, aumentavam o custo da produção.

Logo que ele retornou ao Japão, iniciou suas experiências. Primeiro criou equipes de trabalho com um líder para cada equipe. Este líder era responsável pela equipe e também fazia o papel do "coringa". Ele também atribuiu à equipe a responsabilidade de todas as tarefas da célula, como limpeza, pequenos reparos e principalmente, o controle de qualidade. Também instituiu a reserva de horários para que esta equipe executasse a melhoria da célula, através do conhecido *Kaizen*. Outra mudança importante foi a parada de linha, que passou a ser de responsabilidade do próprio trabalhador e este o fazia, através de uma corda que foi colocada em cada posto de trabalho e quando detectado uma falha, a corda era

puxada e a linha parava. Como era de se esperar, no início a linha parava a toda hora, o que fez com que os trabalhadores desanimassem. Mas Ohno não desistiu e sempre usava a frase: *“Às vezes é necessário dar um passo atrás para mais tarde dar dois à frente”*, e, à medida que os problemas foram sendo sanados (vale ressaltar que a produção em massa considera os problemas como aleatórios e não dá maior atenção ao mesmo, ao passo que Ohno institui o uso dos 5 porquês, até que se chegue à causa raiz do problema), as falhas de qualidade diminuíram substancialmente, fazendo com que a linha não parasse mais, atingindo eficiências de 100% (a produção em massa considera uma eficiência de 90% como sinal de boa administração, ou seja, 100 produtos entram no início da linha e saem 90 produtos no final da mesma, sendo que os outros 10 param por algum motivo, como retrabalho por exemplo).

De acordo com Womack, Jones e Roos (1992), as fábricas da Toyota praticamente não possuem área de reparos, e quase não os executam. Já as fábricas de produção em massa, dedicam 20% de sua área operacional e 25% do total de horas trabalhadas ao reparo de erros. Os automóveis da Toyota são hoje em dia, considerados os de menor número de defeitos em todo o mundo, em relação aos luxuosos carros alemães que passam por horas e horas em retificações dos erros de montagem.

8.2 - A rede de fornecedores do produtor em massa

Toda fábrica de produção em massa tem uma equipe de engenharia que é responsável pelo desenho das peças que compõe o carro, chegando a quase 10 mil peças. Praticamente todas as peças são fabricadas por fornecedores, obedecendo aos desenhos que são fornecidos pelas montadoras, havendo pouca ou nenhuma chance do fornecedor, apesar de sua experiência, fazer ou sugerir melhorias. Quando da necessidade de uma nova peça, o desenho, a quantidade, o PPM máximo (Partes Por Milhão – número de defeitos em um milhão de peças) e o prazo de entrega são repassados a vários fornecedores em potencial, e estes apresentam os seus preços à montadora, que por sua vez escolhe o menor preço.

Conforme relata Womack, Jones e Roos (1992), neste processo, os fornecedores são jogados uns contra os outros no objetivo de se conseguir um menor preço em curto prazo, o que gera um bloqueio de informações sobre técnicas de fabricação entre eles. Soma-se a tudo isto o fato dos fornecedores produzirem em grandes lotes para poderem atender às montadoras no prazo de entrega definido, resultando em altos custos de estocagem, além da possibilidade de defeitos aparecerem nestes itens durante sua montagem nos veículos.

Como os preços estão em primeiro lugar neste processo, os fornecedores tendem a oferecer preços abaixo de seu custo, pois sua experiência mostra que uma vez a peça esteja em produção, com qualidade satisfatória e entregas nos prazos, poderão solicitar reajustes à montadora, que ajusta anualmente os preços dos contratos em bloco, sem examinar individualmente cada contrato, o que seria muito trabalhoso. Neste sistema, os fornecedores guardam a sete chaves as informações sobre suas operações com o objetivo de ocultar seus lucros das montadoras. Portanto, uma oferta inicialmente deficitária se torna um excelente negócio em longo prazo. A montadora, por desconhecer as técnicas de fabricação dos produtos de seus fornecedores, fica totalmente alheia aos processos de qualidade do fornecedor, podendo apenas expressar sua necessidade em números de PPM. Com o objetivo de controlar e melhorar os preços das peças, já que estes são desconhecidos pela montadora, ela busca no mercado fornecedores adicionais de cada peça, entregando-lhes os desenhos definitivos que foram totalmente revisados e ajustados pelos primeiros fornecedores deixando-os indignados.

Em resumo, o sistema de suprimentos da produção em massa é insatisfatório para a montadora assim como para os fornecedores que são pressionados intensamente pela montadora, que não entende seus problemas específicos, resultando que os fornecedores com orçamentos realistas perdem o negócio, dando lugar aos preços irrealistas, que achatam o lucro e que dão lugar à qualidade insatisfatória e resistente a melhorias.

Atualmente o sistema de suprimentos da produção em massa recebeu algumas reformulações, falando-se muito em confiança mútua, parceria e fornecedor único, mas ainda sim não significa uma mudança ao sistema enxuto que é descrito abaixo. Entre algumas melhorias está o cronograma de entregas, que, no entanto, é apenas uma tentativa de transferir os estoques da montadora para os fornecedores.

8.3 - A rede de fornecedores do produtor enxuto

Na década de 50, a Toyota inovou também em sua rede de fornecedores, conforme descrito por Womack, Jones e Roos (1992). Enquanto os produtores em massa trabalham com uma base de fornecedores da ordem de 2,5 mil, os produtores enxutos envolvem menos de 300 fornecedores, escolha esta baseada no relacionamento passado e histórico de bom desempenho, contrário ao critério de custos adotado pelo produtor em massa. Os fornecedores foram divididos em níveis funcionais com diferentes graus de responsabilidade. Os fornecedores de primeiro nível participavam integralmente, ou seja, desde o início do desenvolvimento do novo produto.

Inicialmente, a Toyota, através de pesquisas de mercado, determina o preço alvo do carro a ser construído e, em conjunto com o fornecedor, através das técnicas de *engenharia de valor*, decompõe os custos de cada estágio de produção, identificando cada fator passível de redução de custos para cada peça. Em seguida, a Toyota, envia as especificações de desempenho do conjunto, como exemplificado por Womack, Jones e Roos (1992), um sistema de freios, ou seja, um conjunto de freios capaz de parar um carro de uma tonelada, a 97 quilômetros por hora, em 60 metros, dez vezes seguidas, sem falhar e que este deve se encaixar num espaço de 15x20x25 cm, na extremidade de cada eixo e ser fornecido à montadora por 40 dólares o conjunto. A Toyota não especifica o material e tão pouco o modo de funcionamento das peças. Então, o próximo passo é o fornecimento de um protótipo para testes pelo fornecedor, e caso este atenda aos requisitos solicitados, um pedido de produção é enviado ao fornecedor. Em seguida, a Toyota e o fornecedor repassam cada detalhe do processo de produção, fazendo uso da engenharia de valor novamente, procurando maneiras de cortar custos e melhorar a qualidade, continuando esta análise por toda a vida do produto. Em troca, a Toyota respeita a necessidade do fornecedor de lucrar razoavelmente. A montadora e o fornecedor acordam com uma curva de redução de custos para os quatro anos de vida do produto, com a ressalva de que qualquer economia de custo derivada do fornecedor além do estabelecido será do fornecedor. Com este sistema a Toyota beneficia-se com um fornecedor que sempre buscará inovações para a redução de custos. Este é o principal mecanismo do sistema de suprimentos enxutos para estimular os

fornecedores a adotarem melhoramentos contínuos e rápidos, segundo relata Womack, Jones e Roos (1992).

A Toyota estimulou seus fornecedores de primeiro nível a trocarem idéias entre si de como melhorar os projetos (os fornecedores especializavam-se num tipo de componente e por isso não competiam entre si), relatam Womack, Jones e Roos (1992). A seguir, cada fornecedor do primeiro nível formava um segundo nível de fornecedores. A Toyota também os estimulou a trabalhar para outras montadoras e empresas de outros ramos, pois os negócios externos geravam quase sempre margens mais elevadas de lucro.

Conclui Womack, Jones e Roos (1992), que, sem uma mudança fundamental que abandone o relacionamento baseado no poder nas negociações, é quase impossível progredir para o suprimento enxuto.

8.4 - Os empregados da produção enxuta

No Sistema Toyota de Produção, a mão de obra é considerada o maior patrimônio da empresa, tanto que o principal agente de melhorias é o próprio operador da máquina. A Toyota iniciou um programa de idéias de melhorias dos funcionários, onde cada empregado contribui positivamente para a evolução do sistema e através dos anos, centenas de milhares de empregados do grupo Toyota e fornecedores contribuíram com mais de 10 milhões de idéias para melhorar seu trabalho. Cada uma destas idéias trouxe melhorias reais na produtividade, qualidade ou condições de trabalho. A maior parte das melhorias são modestas, mas algumas foram espetaculares, sendo que todas elas contribuíram para o progresso contínuo que conduz o Sistema Toyota de Produção. Somente em 1990 foram propostas aproximadamente 2 milhões de idéias de melhorias, sendo que 97% destas foram implementadas.

Conforme relatado por Womack, Jones e Roos (1992), os engenheiros mecânicos, elétricos e de materiais provenientes das universidades iniciam suas carreiras de um modo interessante em muitos produtores enxutos japoneses. Na Honda, por exemplo, todos os novos engenheiros passam seus três primeiros meses na linha de montagem. Depois são transferidos ao departamento de marketing onde

permanecem por mais três meses. No total ficam um ano passando pelos vários departamentos de engenharia: sistemas de direção, carrocerias, chassis e maquinaria de processo. Após a exposição à vasta gama de atividades desde projeto até fabricação do carro, eles estão prontos para um posto numa especialidade da engenharia.

A produção em massa não permite que os trabalhadores da produção progridam por intermédio de uma carreira. Os engenheiros, analistas financeiros e especialistas em marketing, progridem pela especialização técnica. Os gerentes por sua vez, progridem pela ascensão na hierarquia da corporação. Já a empresa enxuta procura proporcionar a cada empregado uma carreira bem definida, onde em primeiro lugar todo empregado começa, como mencionado anteriormente, trabalhando na linha de produção onde o valor realmente é agregado e não por atividades gerenciais indiretas. Isto faz com que os empregados, progressivamente, aumentem sua capacidade de solucionar problemas, pois o Sistema Toyota de Produção enfatiza que a resolução de problemas é o fator mais importante de qualquer serviço.

É importante ressaltar que um passo importante a ser dado, como salientou em 1986, Jack L. Warne, presidente das Indústrias Omark, uma empresa onde o Sistema Toyota de Produção foi aplicado eficazmente, que "medidas para melhorias só serão bem sucedidas se houver respeito pelo ser humano em todas as seções da empresa". Existem empresas nos Estados Unidos onde há um sistema de emprego vitalício e algumas vezes, inclusive, não existem sindicatos, e as relações entre trabalhadores e a administração são de cooperação.

8.5 - A instabilidade dos mercados

Womack, Jones e Roos (1992) observam que os trabalhadores da produção em massa não se iludem que sempre possam contar com seus empregadores em tempos de crise. Da mesma forma, os fornecedores das montadoras não se iludem de que, em épocas difíceis, possam compartilhar seus problemas com as montadoras. Durante estes períodos são feitas contratações ou demissões de trabalhadores, assim como fornecedores.

A produção enxuta, pelo contrário, é um sistema de obrigações recíprocas. A Toyota adotou um sistema que amortiza estes ciclos de instabilidade e é muito adotado pelos produtores enxutos em geral, que é a remuneração variável, onde os trabalhadores recebem até 1/3 sob forma de bônus de acordo com a rentabilidade da empresa.

9 – Os desperdícios e as melhorias

9.1 - Kaizen

A Toyota adotou as atividades de *Kaizen*, que significa melhoria contínua, ou seja, atividades que buscam eliminar desperdícios. Pela definição, desperdício é todo trabalho desnecessário em uma operação, ou seja, qualquer atividade que consuma tempo, espaço e ou recursos (mão de obra, material, máquina) mas não muda o produto (não agrega valor).

A Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção, parte do princípio que existem sete tipos de desperdícios dentro da empresa (superprodução, esperas, transporte, processamento, movimentação nas operações, produção de itens defeituosos e estoque), os quais devem ser atacados e eliminados:

- 1) **superprodução** - provém, em geral, de problemas e restrições do processo produtivo, tais como altos tempos de preparação de equipamentos, induzindo à produção de grandes lotes; não confiabilidade dos equipamentos, levando a produzir mais do que o necessário; falta de coordenação entre as necessidades (demanda) e a produção; grandes distâncias a percorrer com o material, em função de um arranjo físico inadequado, levando à formação de lotes para movimentação. Desse modo, a filosofia Enxuta sugere que se produza somente o que é necessário no momento e, para isso, que se reduzam os tempos de *setup*, que se sincronize a produção com a demanda, que se compacte o layout da fábrica, e assim por diante;
- 2) **defeitos** - produzir produtos defeituosos é desperdiçar materiais, disponibilidade de mão de obra, disponibilidade de equipamentos, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de materiais defeituosos, inspeção de produtos, entre outros;
- 3) **processamento** - é comum gerentes se preocuparem em como produzir mais rápido, sem antes questionar se aquilo deve realmente ser feito;
- 4) **movimentação** - os movimentos devem ser aprimorados para, somente então, mecanizar e automatizar. Caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício;
- 5) **transporte** - atividades de transporte e movimentação devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, através da elaboração de um

arranjo físico adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas;

- 6) **espera** - resulta na formação de filas que visam garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. A sincronização do fluxo de trabalho e o balanceamento das linhas de produção contribuem para a eliminação deste tipo de desperdício;
- 7) **estoque** - desperdícios de estoque significa desperdícios de investimento e espaço.

Na figura abaixo é apresentado um exemplo de um Kaizen, onde foi eliminado o desperdício de transporte / movimentação:

FIGURA 9.1.1 – Antes do Kaizen:
peças são retiradas da caixa do
fornecedor e acondicionadas em
caixas menores na linha de
montagem

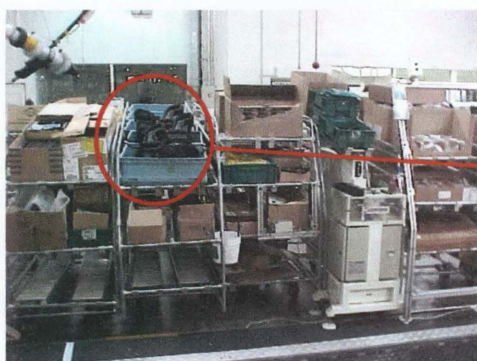


FIGURA 9.1.2 – Depois do Kaizen:
peças são dispostas na
embalagem do fornecedor



9.2 – Melhorias do produto, processo e inspeção

Essencialmente, as melhorias podem ocorrer de duas formas: melhorando-se o produto ou melhorando-se o processo. A melhoria do produto, pode ocorrer através do uso da engenharia de valor, conforme descrito anteriormente, redesenhando o produto para manter a qualidade e reduzir os custos de fabricação. Como exemplo, se dois componentes que anteriormente eram unidos através de parafusos e passam a serem moldados numa peça única. Já a melhoria dos

processos pode ser conseguida, por exemplo, eliminando-se rebarbas através da implantação de um moderno sistema de moldagem a vácuo no lugar da moldagem tradicional.

Para a busca efetiva das melhorias do produto devem ser formadas equipes para repensar a cadeia e o fluxo de valor de cada produto, alinhando atividades essenciais necessárias ao projeto, fabricação e expedição deste produto. A equipe de projetos deve ser composta por membros da área de marketing, engenharia de produção, engenharia elétrica e mecânica, compras e produção e principalmente, trabalhadores das linhas das equipes de kaizen.

Com relação às melhorias de inspeção, deve-se tomar mais cuidado. Em grande parte das empresas, o relatório de defeitos tem apenas a função informativa, não realimentando o processo para a eliminação das causas destes defeitos. Estes defeitos são detectados numa inspeção final, não sendo tomadas ações que atacam as causas raízes dos defeitos. Melhorar esta inspeção apenas aumenta a sua confiabilidade, mas não terá qualquer efeito na redução dos defeitos, portanto, o objetivo da inspeção deve ser a prevenção.

9.2.1 – Melhoria do transporte

É sabido que a grande maioria dos gerentes acha que a inclusão de uma correia transportadora, calhas de transporte ou o uso de empilhadeiras estaria melhorando o processo de transportes. Na verdade está sendo melhorada a operação de transporte, que não agrega valor algum ao produto. Melhorias reais procuram eliminar o transporte tanto quanto possível e isto pode ser conseguido através do aprimoramento dos *lay-out* dos processos. O ideal é, depois de esgotadas todas as possibilidades de melhoria do *lay-out* do processo é que se deve trabalhar nas melhorias das operações de transporte através da mecanização. O ideal, é a concepção de um layout com fluxo unitário contínuo, onde as entradas das linhas cliente são muito próximas das linhas fornecedoras, onde não há agrupamentos de máquinas por função, mas sim por processos.

10 - Controle de Qualidade: Amostragem ou inspeção 100%? Qual a melhor abordagem?

Em torno de 1951 o Japão começou a adotar os métodos de controle de qualidade já utilizados pelos americanos, métodos estes baseados na retirada de amostras aleatórias, como o diagrama de causa e efeito (Ishikawa), o diagrama de distribuição de frequência, a inspeção por amostragem, cartas de controle, entre outros. Estes métodos tiveram grande impacto no controle de qualidade. A vantagem destas técnicas sobre a inspeção 100% era o custo mais baixo e o menor tempo para sua execução, além de ser mais eficiente do que a inspeção 100%. No entanto, em 1965, um diretor da Matsushita Electric, observou que cada consumidor adquire apenas um aparelho de televisão num universo de um milhão de produtos fabricados pela companhia e se por ventura, justamente este aparelho apresentar um defeito, o consumidor perderá completamente a fé naquela empresa e provavelmente iniciará um processo de propaganda negativa da empresa. Portanto, a inspeção por amostragem, apesar de trazer bons resultados, não garante a qualidade 100% ou zero defeito, que só pode ser atingido através da eliminação do defeito na fonte, ou seja, não se produzir o defeito.

10.1 - Auto-inspeção ou autocontrole e inspeção sucessiva

A inspeção que proporciona o feed back imediato é a auto-inspeção, onde o próprio trabalhador inspeciona os produtos por ele processados. No entanto, essa inspeção não é suficiente, pois o trabalhador comete erros de inspeção voluntariamente e também pode ser condescendente na sua avaliação.

Já a inspeção sucessiva é mais objetiva e também produz feed back imediato. Nesta inspeção os trabalhadores inspecionam as operações realizadas pelos trabalhadores anteriores. Segundo Shingo, com a adoção do sistema de inspeção sucessiva pode-se obter, em media, uma redução de 80 a 90% no número de defeitos.

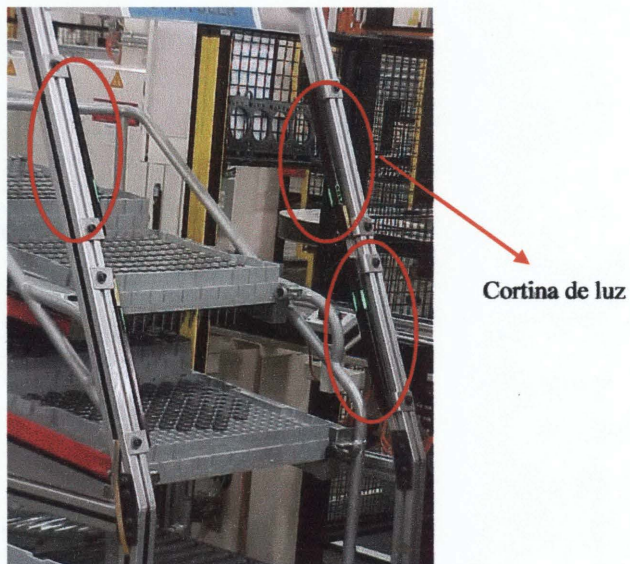
10.2 – O uso de poka-yokes

O poka-yoke é a melhor forma de inspeção 100%, fazendo o controle físico ou mecânico. São classificados como poka-yokes de controle ou advertência. O poka-yoke de controle é o mais eficaz porque pára o processo até que a causa do defeito seja corrigida. No poka-yoke de advertência, quando um defeito é detectado, um alarme soa, uma luz sinaliza, visando alertar o trabalhador.

FIGURA 10.2.1 – Exemplo de um poka yoke de controle que impede que um produto em posição incorreta entre na estação de teste



FIGURA 10.2.2 - Exemplo de poka-yoke de advertência - cortinas de luz que impedem a falta de montagem ou montagem peça incorreta



11 - Passos para a *Implementação da Mentalidade Enxuta*

Womack e Jones (1998) sugerem alguns passos importantes que devem ser seguidos para uma eficiente implementação do Sistema Toyota de Produção em uma empresa:

- 1) **Encontrar um agente de mudança:** o agente de mudança é aquele indivíduo com a mentalidade de fazer as coisas acontecerem. Geralmente é um diretor de operações ou um vice-presidente ou mesmo o presidente de uma subsidiária, desde que este disponibilize de tempo e dedicação para liderar a campanha de mudanças. Este agente necessitará de alguns subordinados diretos para ajudá-lo em sua tarefa.
- 2) **Busca do conhecimento:** o agente de mudança não precisa inicialmente de conhecimento detalhado do Sistema Toyota de Produção, mas precisa de disposição para aplicá-lo. Existem inúmeras empresas que se tornaram enxutas e na busca do aperfeiçoamento, convidam seus clientes e fornecedores a conhecer suas atividades de melhorias. Também existe uma ampla literatura disponível de boa qualidade sobre técnicas enxutas e como aplicá-las. Este agente deverá compreender muito bem as técnicas de fluxo de processo, produção puxada e a melhor forma de adquirir estes conhecimentos é na participação das atividades de melhoria.
- 3) **Uma crise para alavancar as mudanças:** geralmente as empresas precisam de uma crise para perceber que é hora de mudanças. Durante diversos estudos de implantação do Sistema Toyota de Produção realizados por diversos autores, não foi encontrada nenhuma organização livre de crises que estivesse disposta a cumprir as etapas necessárias para adotar o pensamento enxuto. Outra oportunidade de mudança quando não houver uma crise, é a existência de um concorrente enxuto. E se ainda não houver um concorrente, basta encontrar um cliente ou fornecedor enxuto que façam exigências muito mais severas quanto ao desempenho, sendo que inclusive este cliente ou fornecedor possa até ajudar com assistência prática na introdução dos métodos enxutos.

A produção enxuta não é apenas um sistema que altera os modos tradicionais de produção, mas um sistema que traz uma mudança geral na empresa, nos fornecedores e principalmente na cultura dos trabalhadores. A produção em massa prega que devido aos altos custos de aquisição dos equipamentos, estes devem ser aproveitados ao máximo, ou seja, operar 24 horas por dia e atingir a eficiência máxima. O Sistema Toyota de Produção, mostra através de resultados práticos que este pensamento é totalmente errôneo, pois produz estoques não necessários, que representam gastos desnecessários, além de ocultar os defeitos. O correto é ter máquinas produzindo exatamente o necessário, na hora que é requisitado.

Este trabalho procurou mostrar os benefícios que podem ser conseguidos com a implementação dos conceitos da manufatura enxuta, produzindo produtos com mais qualidade, a um menor custo, com maior variabilidade e com um lead time relativamente menor. Também buscou enfatizar a necessidade da mudança do tratamento dos empregados que devem ser considerados como o patrimônio mais importante da empresa, pois são a fonte das melhorias.

A grande diferença entre o Sistema Toyota de Produção e a Produção em Massa são os objetivos finais. Enquanto os produtores em massa estabelecem e buscam uma meta onde o produto deve ser bom o suficiente, sendo aceitável uma certa quantidade de defeitos, o Sistema Toyota de Produção, busca a qualidade excepcional dos produtos, a melhoria contínua e a eliminação dos desperdícios do sistema, ou seja, produtos sem defeitos com custos sempre diminuindo, uma vasta variedade de produtos e sempre quando o cliente desejar, melhor falando, sem estoques.

O Sistema Toyota de Produção valoriza o produto, o cliente final, a mão de obra pensante, os fornecedores. Também conhecido como manufatura enxuta, atende ao sentido da palavra, pois procura-se constantemente eliminar as folgas (ou desperdícios) que elevam o custo e não agregam valor ao consumidor final.

O Sistema Toyota de Produção ganhou atenção global em meados de 1970, depois da primeira crise do petróleo, mas muitas empresas necessitarão de uma grande crise interna para visualizar os benefícios e iniciar a aplicação deste fantástico sistema de produção flexível que tomou conta das indústrias automobilísticas do mundo inteiro.

A Toyota buscou na valorização da mão de obra qualificada em diversas operações, a principal fonte de contribuição de melhorias do sistema, que passou a ser considerada o maior patrimônio da empresa, sendo que a produção em massa, fez com esta se limitasse às operações simples e repetitivas, e ao menor sinal de crise, esta mão de obra era descartada sem maiores considerações pelo ser humano.

A Toyota também se diferenciou no que tange os equipamentos de produção, passando a utilizar máquinas flexíveis e "autônomas", com capacidade de parar automaticamente quando da ocorrência de falhas, substituindo as grandes máquinas especializadas numa única operação. Enquanto empresas de produção em massa, procuram melhorar operações, através do maciço investimento em modernos equipamentos, a produção enxuta busca melhorar os processos, sem muito investimento, utilizando-se ao máximo de seus recursos internos.

O uso das técnicas do *just-in-time*, onde apenas o necessário é produzido e disposto no momento exato e na quantidade correta, sendo necessária para a sua consistente aplicação, a adoção da TRF (Troca Rápida de Ferramentas), assim como o melhoramento dos transportes através de melhorias no layout, resultou na grande redução dos custos dos estoques e dos custos de capital associados, e conseqüentemente uma das mais importantes fontes internas de rentabilidade.

Estes, são os grandes diferenciais de um sistema enxuto e em um período de recessão na economia, surge a necessidade da indústria brasileira se modernizar rapidamente ao invés de concentrar suas energias erquendo barreiras comerciais e outros obstáculos à competição. A adoção da produção enxuta que, certamente se expandirá além da indústria automobilística e mudará a natureza do trabalho, o destino das empresas e o destino das nações.

O Sistema Toyota de Produção é uma história que ainda continua, uma história de empregados projetando seus próprios trabalhos e mais do que nunca, é uma história de empresa e indivíduos com seus destinos em suas próprias mãos.

Fica registrado na implementação do Sistema Toyota de Produção a célebre frase de Taiichi Ohno: "Às vezes é necessário dar um passo atrás para mais tarde dar dois à frente", ou seja, dificuldades surgirão, mas deve-se estar certo que depois de superadas, excelentes resultados também serão obtidos.

14 - Referências

Shingo, Shigeo; Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Editora Bookman. 1996.

Shingo, Shigeo; O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Editora Bookman. 1996.

Womack, James P.; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel; A Máquina que Mudou o Mundo. Editora Campos. 1992.

Womack, James P.; Jones, Daniel T.; A Mentalidade Enxuta nas Empresas , Editora Campos. 1998.

Harmon, Roy L.; Peterson, Leroy D.; Reinventando a Fábrica, Editora Campus, 1991

Tovoda, Eiii; Tovota Fifty Years in Motion. Kodansha Internacional. 1987.