

**Universidade Estadual de
Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção**

**Redução de Lead Time de Produção através da Aplicação de
Técnicas de Manufatura Enxuta**

Emerson Akahoshi Novaes

TCC-EP-16-2007

**Maringá - Paraná
Brasil**

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Informática
Curso de Engenharia de Produção

**Redução de Lead Time de Produção através da Aplicação de
Técnicas de Manufatura Enxuta**

Emerson Akahoshi Novaes

TCC-EP-16-2007

Versão Final apresentado como requisito de avaliação no
curso de graduação em Engenharia de Produção na
Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador(a): Prof.^(a): Waldomiro Mitsuo Yoshida

**Maringá - Paraná
2007**

EMERSON AKAHOSHI NOVAES

Redução de Lead Time de Produção através da Aplicação de Técnicas de Manufatura Enxuta

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

Orientador: Prof. Wagner A. Santos Conceição
Departamento de Engenharia Química, DEQ

Prof. Jairo Negro
Departamento de Engenharia Civil

Maringá, outubro de 2007

RESUMO

De uma forma geral, as indústrias, principalmente as de grande e médio porte, já depararam com situações de superprodução, ou seja, produzindo mais do que o requerido pela demanda dos clientes. Onde elas estão sujeitas à situações complementares, como o desvio ou a distorção de informações na produção, a desorganização no chão de fábrica, entre outros inúmeros problemas do dia-a-dia. Tais problemas acarretam em perda para a empresa, uma vez que essas operações não agregam valor, pois não estão realmente transformando a matéria-prima, modificando a forma ou a qualidade do produto.

Este trabalho apresenta os benefícios provenientes da utilização dos conceitos de Manufatura Enxuta no setor de perfilados em uma empresa produtora de carretas, de forma a contribuir para a redução de desperdício, tendo como referência o Sistema Toyota de Produção, aliado ao próprio sistema enxuto da empresa estudada.

Como resultado foi possível verificar uma melhora no *Lead Time* e no Estoque em Processo na empresa.

Palavras – Chave: Manufatura enxuta, Desperdício, Just-in-time.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O Sistema de Manufatura Enxuta	1
1.2 Apresentação da Empresa	1
1.3 Objetivos	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Histórico da Manufatura Enxuta	3
2.3 Os Sete Desperdícios da Produção	7
2.4 Práticas e Ferramentas da Produção Enxuta	10
2.5 Produção Puxada (Kanban).....	17
2.5.1 <i>O Sistema Kanban da Toyota</i>	18
2.5.2 <i>Regras do Kanban</i>	18
2.6 Mapeamento do Fluxo de Valor	19
2.6.1 <i>Linha ou Família de Produto</i>	20
2.6.2 <i>Mapeamento do estado atual</i>	21
2.6.3 <i>Mapeamento do estado futuro</i>	24
3 DESENVOLVIMENTO	26
3.1 Características da Empresa.....	26
3.2 O Sistema de Produção	27
3.3 Aplicação das Técnicas de Manufatura enxuta.....	28
3.3.1 <i>Células de Manufatura</i>	28
3.3.2 <i>5S's</i>	29
3.3.3 <i>Manutenção Preventiva Total(MPT)</i>	30
3.3.4 <i>Produção Puxada(kanban)</i>	30
3.3.5 <i>Troca Rápida de Ferramenta</i>	31
4 RESULTADOS	33
4.1 Células de Manufatura	33
4.2 Lead Time e Estoque em Processo	34
4.3 Considerações Finais.....	37
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	39
REFERÊNCIAS	
BIBLIOGRAFIA	

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ícones do mapeamento do fluxo de valor.....	20
Figura 2: Distribuição dos Produtos.....	21
Figura 3: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor.....	23
Figura 4: Dimensionamento de <i>Kanban</i> 's.....	29
Figura 5: Exemplo divisão célula 01.....	34
Figura 6: Lead Time do mês de Maio.....	39
Figura 7: Lead Time do mês de Junho.....	40
Figura 8: Lead Time do mês de Julho.....	40
Figura 9: Lead Time do mês de Agosto.....	41
Figura 10: Lead Time do mês de Setembro.....	41
Figura 11: Lead Time do mês de Setembro.....	42
Figura 12: Estoque em processo em R\$.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Média dos <i>Lead Times</i> (Dias).....	42
---	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Sistema de Manufatura Enxuta

O Sistema de Manufatura Enxuta, ou “Lean Manufacturing”, é um conjunto de atividades que tem como meta o aumento da capacidade de resposta às mudanças e a minimização dos desperdícios na Produção. Para minimizar os desperdícios de produção, seus efeitos e prosseguir com a busca contínua de “zero defeitos, tempo de preparação zero, estoque zero, movimentação zero, quebra zero, lead time zero e lote unitário”, a manufatura enxuta lança mão de algumas técnicas e ferramentas como o Lay out Celular, o Kanban, o Mapeamento do Fluxo de Valor, a filosofia do *Kaizen*, dentre outras. Para se combater os chamados Sete Desperdícios da Produção, a saber:

- a) desperdício de superprodução;
- b) desperdício de espera;
- c) desperdício de transporte e movimentação;
- d) desperdício de processamento;
- e) desperdício de movimento;
- f) desperdício de produzir itens/produtos defeituosos;
- g) desperdícios de estoques

1.2 Apresentação da Empresa

A Noma do Brasil S.A. foi fundada no dia 1º de julho de 1967. É uma empresa voltada para a fabricação de equipamentos para transporte rodoviário, destacando-se os semi-reboques graneleiros, tanques e basculantes.

Estruturada com um parque industrial que dispõe de uma área construída de 30.000 m², totalmente destinada à fabricação de seus mais de 150 modelos de equipamentos configuráveis.

Todos os equipamentos Noma têm como principal matéria-prima a chapa de aço. A Noma utiliza somente chapa de aço estrutural, que possibilita a confecção de um semi-reboque mais leve e robusto.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo, acompanhar o desenvolvimento de um projeto de manufatura enxuta, que está sendo aplicado no setor de perfilados da empresa NOMA do Brasil S.A., analisando seus benefícios e os desafios encontrados.

Será acompanhado a otimização dos processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios.

Os principais objetivos desse projeto são:

- a) redução do *lead time* de produção: é o tempo desde o início da primeira operação até o finalização do lote;
- b) redução do estoque em processo: quantidade de material perfilado em processo;

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico da Manufatura Enxuta

A produção enxuta passou a ser adotado pelas organizações no Japão a partir do final da década de 40. No entanto o despertar para esses conceitos, por parte do mundo ocidental, aconteceu apenas no final da década de 80, com o lançamento do livro “*A máquina que mudou o mundo*” de WOMACK & JONES (1992). Este livro apresentou resultados a cerca do desempenho superior das empresas automotivas japonesas frente as empresas automotivas americanas. O Sistema Toyota de Produção foi criado a partir da identificação dos desperdícios pertinentes à produção e da criação de uma série ferramentas para combatê-los.

Na primavera de 50, um jovem engenheiro japonês, Eiji Toyoda, saiu para uma visita de três meses à fábrica Rouge (Ford convidou muitos engenheiros de todo o mundo para visitar sua fábrica; ele não mantinha segredos sobre a produção em massa). A fábrica Rouge era a maior e mais complexa da Ford, se não de todo o mundo. Depois de muito estudo, Eiji voltou ao Japão e, com a ajuda de seu gênio da produção, Taiichi Ohno, concluíram facilmente que a produção em massa nunca funcionaria no Japão. Desse começo experimental estava nascendo o que a Toyota veio a chamar de *Toyota Production System - TPS* (Sistema Toyota de Produção - STP) e, finalmente, manufatura enxuta.

A Toyota encontrou muitos problemas no Japão. Seu mercado interno era pequeno e demandava grande variedade de veículos: carros de luxo para autoridades, carros pequenos para as cidades lotadas, pequenos e grandes caminhões para agricultores e indústria. A força de trabalho interna japonesa não desejava ser tratada como um custo variável ou como peças intercambiáveis. O Japão também não tinha a vantagem de trabalhadores "hóspedes" (imigrantes temporários que aceitavam condições de trabalho péssimas em troca de um salário razoável, como acontecia no Ocidente). O primeiro processo que Ohno melhorou foi o de

estamparia de chapas de metal. Até então, a prática padrão era estampar um milhão ou mais de uma dada parte em um ano.

Infelizmente, toda a produção da Toyota era de poucos milhares de carros por ano, e a empresa, na crise do pós-guerra, não tinha capital para financiar a compra de dezenas de prensas, que eram necessárias no sistema em massa. Ohno concluiu que, em vez de dedicar toda uma série de prensas para uma parte específica e estampar essas partes por meses ou anos sem mudar os moldes, ele desenvolveria técnicas simples de mudança de molde, e mudaria moldes frequentemente (a cada duas ou três horas, versus dois ou três meses), usando carrinhos para tirar e colocar os moldes. Dessa maneira, ele precisaria apenas de umas poucas prensas. Assim, ele descobriu que o preço de produção de um número menor de peças era menor, pois não havia gastos com estoque.

Ele, não apenas economizava o preço do custo do estoque, como também fazia com que os erros fossem mais facilmente descobertos. Também teve a idéia de usar os trabalhadores da linha na troca de moldes, em lugar dos especialistas ocidentais, que faziam essa tarefa enquanto os trabalhadores ficavam ociosos. Ohno percebeu, porém, que, para alcançar o sucesso nesse novo processo, os trabalhadores teriam que ser motivados a procurar e corrigir erros e ser extremamente treinados em seu trabalho, ao mesmo tempo. Se os trabalhadores falhassem em antecipar problemas e não tivessem a iniciativa para achar soluções, o trabalho da fábrica poderia parar. Ohno, então, começou a repensar o processo de montagem. Ele escolheu reagrupar os trabalhadores em times. Enquanto Ford atribuía cargos de faxineira, empregados para consertar ferramentas e inspetores de qualidade para especialistas independentes, Ohno deu essas responsabilidades para cada time. Enquanto Ford pensava que era melhor deixar um erro prosseguir pela linha de montagem, para ser retrabalhado ao final, Ohno pensava que o retrabalho era apenas um custo adicional, desnecessário. Além disso, Ohno colocou uma corda sobre cada estação de trabalho, para que os trabalhadores pudessem parar a linha toda cada vez que surgisse um problema que eles não conseguissem corrigir. Então, todos viriam ajudá-los a resolver o problema. Essa ferramenta, hoje, é chamada de

Andon.

Ele também institucionalizou um sistema de solução de problemas denominado "os cinco porquês". Os trabalhadores eram ensinados a procurar a origem de cada erro, e então achar uma solução para que ele não mais ocorresse. Quando o sistema de Ohno atingiu seu objetivo,

a quantidade de retrabalho necessária era mínima. Os trabalhadores estavam aptos a consertar quase qualquer erro assim que ele ocorria. A qualidade dos carros vendidos também aumentou enormemente. “Em quase todos os aspectos, a manufatura enxuta veio a contrapor-se aos dois outros métodos clássicos de produção concebidos pelo Homem: a Produção Artesanal e a Produção em Massa” (WOMACK; JONES; ROOS; 1992).

O produtor artesanal, desde os primórdios da evolução manufatureira, lançava mão, quase sempre, de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas altamente flexíveis, para produzir o que o cliente mais desejava: um item de cada vez, muitas das vezes, exclusivo. Essa produção tanto possuía sofisticação e qualidade de acabamento quanto duas grandes desvantagens econômicas: “resultava em grandes lead times e era cara demais para a maioria das pessoas tornando-se, com o passar do tempo, inviável comercialmente” (WOMACK; JONES; ROOS; 1992).

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, da General Motors e Henry Ford, da Ford Motors, conduziram a mudança de séculos de produção artesanal de bens – cuja liderança era europeia – para a chamada Era da Produção em Massa.

Este sistema de produção, que foi utilizado primeiramente nas indústrias automobilísticas americanas, foi posteriormente difundido nas indústrias da Europa. E mesmo nas primeiras décadas do século XX, a maioria dos europeus era incapaz de distinguir as vantagens e idéias universais da produção em massa de sua origem norte-americana.

O produtor em massa, por sua vez, utilizava-se de profissionais excessivamente especializados para projetar produtos que eram manufaturados por trabalhadores sem qualificação ou semi-qualificados, em máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa. Por ser dispendiosa a mudança de um produto, este era mantido como padrão o maior tempo possível e com métodos de trabalho muitas vezes monótonos e obsoletos. Com isso, o consumidor obtinha preços mais baixos, em detrimento de variedade e qualidade.

“A produção em massa deixava muito a desejar em termos de competitividade e atendimento aos anseios consumistas emergentes” (WOMACK; JONES; ROOS; 1992). Mas, ao contrário do que se imagina, a chave para este tipo de produção não residia na linha de montagem em movimento contínuo, mas sim na completa e consistente intercambialidade das peças, em sua simplicidade e na facilidade de ajustá-las entre si. Foram estas inovações que tornaram a linha

de montagem possível, reduzindo-se drasticamente os custos de fabricação e aumentando a qualidade do produto, superando os problemas da produção artesanal.

O surgimento do conjunto de filosofias e técnicas de manufatura enxuta na indústria japonesa, deu-se porque as idéias convencionais para o desenvolvimento industrial do Japão pareciam não funcionar mais. Todavia, “o salto japonês logo ocorreu, à medida que outras companhias e indústrias do país copiavam o modelo desse notável sistema”. (WOMACK; JONES; ROOS; 1992).

O produtor enxuto, em contraposição aos dois anteriores, combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando a rigidez desta e os altos custos da primeira. Assim a manufatura enxuta, usa times de trabalhadores com várias habilidades em todos os níveis de organização, e usa máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas para produzir grandes volumes de produtos em enorme variedade, com melhor aproveitamento dos recursos existentes, em quantidade suficiente. O produtor enxuto define seu objetivo na perfeição, produzindo sempre maiores benefícios e delegando, a cada trabalhador, uma parte da responsabilidade.

Os "produtores enxutos" almejam abertamente a perfeição. Algo como a qualidade perfeita. É claro que essa perfeição é algo praticamente inatingível, ou então seu custo é altíssimo pelos padrões atuais, mas sua busca incessante continua gerando efeitos surpreendentes. A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-lo (e chegar lá) na verdade é impossível, mas, segundo Womack e Jones (1996, p.94) “o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho”.

2.2 Conceitos de Desperdício

“Muda” é uma palavra japonesa que significa desperdício, e o desperdício é, por sua vez, definido como sendo toda atividade humana que absorve recursos mas não cria valor.

De acordo com Campos (1996), o desperdício é todo e qualquer recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (matéria-prima, materiais, tempo, energia, por exemplo). É um dispêndio extra que aumenta os custos normais do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de melhoria para o cliente.

Reduzir o desperdício - *muda* - na manufatura significa eliminar tudo aquilo que aumenta o custo de produção, ou seja, transformar *muda* em valor. Não é uma tarefa fácil identificar os desperdícios, pois acabam sendo aceitos como consequência natural do trabalho rotineiro.

Para melhor entender a conceituação, deve-se dividir o trabalho produtivo em três diferentes formas:

- a) perda: toda atividade que não contribui para as operações. Dentro deste conceito, pode-se citar: espera, armazenagem, contagem, classificação, inspeção movimentação do produto, etc.
- b) operações que não agregam valor: são as atividades que não beneficiam a matéria-prima, por exemplo: movimentação para alcançar as peças, desembalagem de caixas, operações manuais de comandos do equipamento, etc.
- c) operações que agregam valor: são atividades que transformam a matéria-prima, modificando a sua forma e qualidade. Esses valores são normalmente percebidos pelo cliente final, pois de nada vale incluir atividades no processo que não possam ser "cobradas" do cliente final. Caso contrário, podem gerar desperdícios. Muitos processos e atividades não são percebidos pelo cliente, mas são observados pela manutenção da Qualidade e Segurança do produto, como, por exemplo, testes finais de qualidade. Portanto, quanto maior o valor agregado, maior a eficiência da operação.

2.3 Os Sete Desperdícios da Produção

A eliminação total do desperdício é o foco principal do Sistema Toyota de Produção. Assim, os desperdícios tem sido classicamente (SHINGO, 1996)(WOMACK & JONES, 1996)(HINES & TAYLOR, 2000) classificados como:

- a) desperdício de superprodução: é o desperdício de produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações ou excesso de inventário. A produção antecipada gera problemas e restrições do processo produtivo: tempos longos de preparação de máquinas, grandes distâncias a percorrer com o material, falta de coordenação entre demanda e a produção

gerando grandes lotes, como consequência inevitável. O Sistema de manufatura enxuta prega a produção somente do que é necessário.

- b) desperdício de espera: é o material que está esperando para ser processado, formando filas que visem garantir altas taxas de utilização dos equipamentos. Resultando em um fluxo pobre, bem como *lead time* longos.

A manufatura enxuta enfatiza o fluxo de materiais (coordenado com o fluxo de informações) e não as taxas de utilização dos equipamentos, os quais somente devem trabalhar se houver necessidade.

- c) desperdício de transporte e movimentação: movimento excessivo de pessoas, informações ou peças, resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.

O transporte de materiais e a movimentação de pessoas são atividades que não agregam valor ao produto e são necessários devido às restrições do processo e das instalações, as quais impõem grandes distâncias a serem percorridas pelo material ao longo do processamento.

A manufatura enxuta mostra que estas atividades são desperdícios de tempo e recursos que devem ser eliminados pela redução dos estoques a praticamente zero e por um arranjo físico adequado que minimize as distâncias a serem percorridas, tanto por pessoas quanto por materiais.

- d) desperdício de processamento: é o desperdício inerente a um processo não otimizado, como a utilização de um jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou seja, a existência de etapas ou funções do processo que não agregam valor ao produto.

A manufatura enxuta questiona e investiga qualquer elemento que adicione custo e não valor ao produto.

- Por que determinado componente deve ser fabricado?

- Qual a sua função no produto?

- Por que esta etapa do processo é necessária?

- e) desperdício de movimento: são os desperdícios presentes nas mais variadas operações do processo produtivo, como desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixa performance dos aspectos ergonômicos e perda freqüente de itens. As movimentações dentro do setor produtivo devem ser aquelas que são necessárias para o processamento de atividades. Muitas vezes, essas movimentações podem ser reduzidas, agrupadas ou até mesmo eliminadas.
- f) desperdício de produzir itens/produtos defeituosos: são os desperdícios gerados pelos problemas da qualidade. Produtos defeituosos implicam em desperdício de materiais, mão-de-obra, uso de equipamentos, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos.

Este item está entre os piores fatores de desperdício, pois os mesmos podem gerar retrabalho, custo de recuperação ou mesmo a perda total do esforço e material. Outro ponto importante a ser considerado é o elevadíssimo risco de perder clientes.

Muitas vezes um problema é corrigido, porém não tem sua "causa raiz" devidamente eliminada, o que significa a possibilidade de problemas futuros dentro da própria planta, com operações subseqüentes, assim como risco de falhas no cliente final, o que ocasionaria maior risco de perdas. Essa é a razão pela qual esse desperdício deve ser tratado com elevado grau de importância.

O Sistema de manufatura enxuta aperfeiçoa o processo produtivo de maneira tal que previna a ocorrência de defeitos, para que se possa eliminar as operações de inspeção.

- g) desperdícios de estoques: no sistema de produção tradicional os estoques têm sido utilizados para evitar discontinuidades do processo produtivo, frente aos problemas de produção.

O inventário é meramente uma garantia contra emergências, mas grandes inventários dificultam o acesso, aumentam o custo de estocagem e, ainda, ocupam áreas da empresa, gerando também um custo pela sua ocupação.

Outro problema encontrado nas empresas com grandes estoques é que essa característica esconde a realidade das organizações, tornando cada vez mais difícil a identificação dos problemas existentes e, conseqüentemente, a sua eliminação. Quando ocorrem problemas com as peças de fornecedores, também fica mais difícil identificar a verdadeira causa do problema, para que ações corretivas sejam iniciadas.

A manufatura enxuta tem como objetivo final um sistema em que tudo esteja ligado em fluxo coerente de peças unitárias.

Embora essa integração total não seja facilmente atingida, um sistema de entregas mistas contínuas e freqüentes de pequenos lotes pode ser desenvolvido, para plantas de fabricação e para linhas de montagem. Dessa forma, chegarão entregas constantes, oriundas de processos adjacentes à planta de montagem final.

2.4 Práticas e Ferramentas da Produção Enxuta

Algumas práticas são comumente encontradas nos ambientes de produção enxuta, algumas delas necessitam de condições específicas para serem corretamente implantadas, enquanto outras se aplicam facilmente a qualquer ambiente de manufatura. ALVES (2001) e NICHOLAS (1998) descrevem algumas delas:

- a) células de manufatura: o planejamento do arranjo físico de uma instalação envolve decisões sobre a forma como os recursos serão dispostos e como deverão ser distribuídos os centros de trabalho. Uma preocupação básica está presente em todo processo de arranjo físico: melhorar a movimentação do trabalho através do sistema quer essa movimentação esteja relacionada ao fluxo de pessoas ou materiais.

Segundo Canen e Williamon (1998), os recursos de produção são de vital importância para a organização porque, usualmente, eles representam o maior e

mais caro patrimônio da organização. O principal motivo para o planejamento do layout do setor produtivo é o interesse em se reduzir os custos de movimentação. Na visão de Canen e Williamon (1998 apud Sims, 1990) "*a melhor movimentação de material é não movimentar*".

Segundo Moreira (2001) pode ser citado três motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico: Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações. Uma mudança adequada no arranjo físico pode muitas vezes aumentar a produção que se processa dentro da instalação, usando os mesmos recursos que antes, exatamente pela racionalização no fluxo de pessoas e/ou materiais. Mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias nas instalações.

Células de manufatura ou mini-fábricas de produção é o rearranjo do layout do setor de manufatura em ilhas de produção. Para cada um desses dois tipos de organização física do setor produtivo é designado um conjunto de produtos que sofrem operações específicas. A diferença consiste no fato de que a quantidade de produtos alocados para as mini-fábricas de produção é bem maior do que no layout celular. Além disso, as células de produção têm como princípio a utilização de um ou dois operários. No ambiente de mini-fábricas mais de dois operários podem ser utilizados na produção.

Segundo Barbosa (1999) entre algumas das vantagens do arranjo celular, as quais podemos também correlacionar com as mini-fábricas de produção, encontram-se:

- A facilidade para o retrabalho, quando eventualmente forem encontrados itens defeituosos no final na linha;
- A ausência de corredores, implicando na eliminação de veículos e pessoas que não estão sendo aproveitadas nas atividades produtivas.
- A facilidade de movimentação de materiais e ferramental, que está ligada ao "encurtamento" da distância entre os equipamentos e postos de trabalho.

Barbosa (1999) afirma que as células de manufatura, em comparação aos layouts tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra

direta. Também trazem como benefício a diminuição entre 70 e 90% dos equipamentos de movimentação e manuseio dos materiais, a redução de 95% dos estoques em processo e a diminuição de 50% na área de fabricação.

- b) operários multifuncionais: em um ambiente enxuto, os operários devem ser treinados para operar vários equipamentos diferentes. Eles têm responsabilidade pela qualidade do produto e devem sempre procurar a eliminação de desperdício.
- c) produção puxada: o sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os componentes e materiais para sua implementação, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que se vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

- d) sistema de controle *kanban*: é um termo japonês que significa cartão, é utilizado para controlar a ordem dos trabalhos em um processo seqüencial.

O objetivo do sistema *kanban* é assinalar a necessidade de mais material e assegurar que as peças sejam produzidas e entregues a tempo de garantir a fabricação ou montagem subsequentes. Isso é obtido puxando-se as partes na direção do processo final, seja ele a linha de montagem final, a expedição ou a entrega ao cliente.

O sistema *Kanban* não é um receita pronta que possa ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções desnecessárias.

- e) balanceamento da produção: refere-se a sincronização dos tempos de operação e visa equalizar as cargas de trabalho, bem como reduzir os tempos que não agregam valor.

A implementação do balanceamento da produção requer uma redução do tempo de atravessamento de produção (*lead time*). Muitos tipos diferentes de peças devem ser manufaturados diariamente em uma seqüência rápida, esta requer

pequenos lotes e transporte correspondente ágil. No entanto, uma fábrica não pode executar a produção em pequenos lotes se, não consegue reduzir os tempos de troca de ferramentas, nem pode atingir a produção com fluxo de peças unitárias sem que cada operador se torne multifuncional.

- f) nivelamento da produção: nivelando a produção, tem-se reduções significativas de inventário, tanto de matéria-prima quanto de produtos acabados. O nivelamento da produção é uma das condições fundamentais para o melhor funcionamento da produção puxada. Enfim, refere-se a programação das atividades do chão de fábrica.
- g) mecanismos de prevenção de falhas ou “*poka-yoke*”: é um mecanismo de prevenção de materiais defeituosos, através da colocação de diversos dispositivos de parada nas ferramentas e instrumentos. Se algo ocorra irregularmente na linha de produção, o operário pressiona o botão de parada, sustando toda a linha. Visa melhorar as atividades de inspeção e garantir que os defeitos sejam identificados e eliminados o mais rapidamente possível.
- h) Total Preventive Maintenance (TPM): Muitos estudiosos definem a TPM, ou Manutenção Preventiva Total (MPT), como uma ferramenta abrangente que envolve todos os setores da organização e que teve a sua origem no *TQM* (*Total Quality Management* - Gestão da Qualidade total), conduzida pelas áreas de manufatura.

Conforme Nakajima (1989, p. 6), “*TPM* representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, em que o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos”.

Com isso, os autores querem ressaltar que um programa de *TPM* abrange todos os departamentos, incluindo-se os departamentos de Manutenção, Operação, Transportes e outras facilidades, Engenharia de Projetos, Engenharia de Planejamento, Engenharia de Construção, Estoques e Armazenagem, Compras, Finanças e Contabilidade e Gerência da Instalação.

Dessa forma, eles entendem que, com a participação ativa de todos os envolvidos no processo, de forma contínua e permanente, será possível conseguir-se zero quebra, zero defeito e zero perda, no processo.

A análise das diversas definições e conceitos leva a um consenso de que a *TPM* busca criar uma nova forma de trabalho, que maximize a eficiência de todo o sistema produtivo. Por isso, não deve ser considerada uma simples ferramenta ou programa. Afinal, a *TPM* é focada nas pessoas, usando o equipamento como material “didático”, em seu desenvolvimento.

A confiabilidade dos equipamentos tem que ser aumentada e os tempos de quebra reduzidos.

- i) simplificação: simplificar produtos, processos e padronizar componentes reduzem desperdício no processo. Além disso, esta prática diminui desperdício de mão-de-obra com posicionamento das peças e ajustes de ferramentas. Portanto, diminuem os desperdícios relativos a produção de defeitos.
- j) limpeza e organização: todos devem estar conscientes da importância de estar em um ambiente limpo e da necessidade de manter essa limpeza. Dentre as vantagens de se trabalhar em ambientes de trabalho limpos são citadas:
 - Boa imagem da empresa, aumentando a confiabilidade do cliente;
 - Possibilidade de identificação de pontos causadores de contaminação;
 - Maior satisfação do funcionário dentro de seu local de trabalho;
 - Maior produtividade.
 - Os operários não perdem tempo em atividades que não agregam valor, tais como: procurar peças e ferramentas, e movimentar-se por caminhos mais longos
- k) qualidade no processo: as operações devem ser feitas corretamente para que a qualidade do produto esteja assegurada, diminuindo os custos relacionados a inspeção e retrabalho. Esta prática se insere no contexto da TQM(*Total Quality Management*), cujos os princípios e ferramentas , tais como os sistemas de

qualidade (Normas ISO e *Baldrige Award*), o controle estatístico dos processos, e o *kaizen*, são tão amplos como o da própria produção enxuta.

- l) controle visual: quando as informações são imediatamente vistas por aqueles que precisam delas tem-se uma série de benefícios. Permite-se que os operadores façam seu trabalho com mais facilidade, mais motivados, e ainda elimina-se uma série de controles e planejamentos ineficazes.
- m) quadros de informação: geralmente contem métodos de trabalho padrão, objetivos e indicadores de performance, em conjunto com o quadro de comunicação. São ferramentas que ajudam no trabalho do chão de fábrica e aumentam a motivação dos operários.
- n) compras JIT: comprar somente o necessário, eliminando desperdícios de inventário, como operações de controle, espaço para armazenagem, capital imobilizado, juros, etc.
- o) definição das políticas de atendimento da demanda interna e externa: é uma característica baseada em como a empresa atende a seus pedidos.

O *lead time* de atendimento ao cliente interno e externo é determinado em função da política escolhida, assim como os níveis de estoque de produtos acabados e matéria-prima. São consideradas quatro políticas (LIN&SHAW, 1998):

- MTS (*Make-to-stock*): os pedidos são atendidos por pedidos previamente estocados.
- ATO (*Assembly-to-order*): componentes acabados são montados conforme a solitação do cliente.
- MTO (*Make-to-order*): a produção é disparada de acordo com os pedidos dos clientes. Não há estoque de produtos acabados.
- BTO (*Buy-to-order*): a compra da matéria-prima é efetuada após o recebimento do pedido.
- ETO (*Engineering-to-order*): os pedidos dos clientes disparam alterações ou desenvolvimento no projeto dos produtos.

- p) Classificação ABC dos componentes de cada família: a classificação ABC dos componentes deve estar baseada num procedimento para priorização do estoque.

Uma política de priorização de estoque bastante utilizado é a Lei de Pareto (SLACK, 1999), segundo a qual cerca de 20% de todos os itens estocados são responsáveis por aproximadamente 80% do valor dos estoques. Os itens devem ser classificados, conforme o seguinte critério de priorização:

- itens classe A: são aqueles 20% de itens de alto valor, que representam cerca de 80% do valor total do estoque

- itens classe B: são aqueles de valor médio, os seguintes 30% dos itens que representam cerca de 10% do valor total.

- itens classe C: são aqueles de baixo valor, que apesar de compreenderem cerca de 50% do total de tipos de itens estocados, representam somente 10% do valor total dos itens em estoque.

- q) Redução dos tempos envolvidos no processo: segundo CORRÊA & GIANESI (1996), a redução dos tempos de processo é uma atividade muito importante para o aumento da flexibilidade de resposta.

Em geral o *lead time* de produção é o tempo que decorre desde o momento que a ordem de produção é lançada até que o material esteja disponível para o cliente interno. Ele é composto pelos seguintes elementos:

Tempo de tramitação da ordem de produção: no JIT, o sistema de liberação de ordem é extremamente ágil, podendo utilizar cartões (kanban) ou outro meio de fácil comunicação. Dessa forma, este tempo é praticamente reduzido a zero.

Tempo de espera em fila: uma forma de reduzir o tempo de fila é reduzir os lotes de produção de todas as ordens na fábrica, assim como reduzir os tempos de preparação das máquinas. Outra providência é executar o fluxo contínuo das linhas (lote unitário), não permitindo a formação de estoques em processo. É

importante coordenar a produção, para que produzam somente o que os estágios posteriores requererem.

Tempo de preparação de máquinas (setup): A redução do tempo de preparação de máquinas permite a diminuição dos lotes de produção. Assim, diminui-se o estoque intermediário e final. Além disso, se ganha flexibilidade de entrega para o cliente, porque se diminui o tempo de passagem. Por fim, ainda traz a vantagem de que, caso o lote tenha algum problema de qualidade que não pôde ser detectado durante a produção, o lote a ser retrabalhado, ou descartado, é menor.

Tempo de processamento: segundo a filosofia JIT, o tempo de processamento é o único que vale a sua duração, pois nele se agrega valor ao produto.

Tempo de movimentação: o tempo de movimentação é reduzido pela utilização do layout celular. Outra providência no sentido de reduzir este tempo é trabalhar com lotes pequenos e eventualmente menores que o lote de produção, que podem ser movimentados rapidamente.

2.5 Produção Puxada (Kanban)

O sistema de produção puxada é uma maneira de conduzir o processo produtivo de tal forma que cada operação requisite a operação anterior, e os componentes e materiais para sua implementação, somente para o instante exato e nas quantidades necessárias.

Estendendo-se esse conceito a toda a empresa, conclui-se que é o cliente quem decide o que se vai produzir, pois o processo de puxar a produção transmite a necessidade de demanda específica a cada elo da corrente.

Estudos realizados por técnicos japoneses determinaram a criação do sistema de administração da produção "puxada", controlada por meio de cartões - Kanban. Dentre outros propósitos, o mais importante, no sistema de administração da produção por meio de Kanban, assim como em qualquer outro sistema, é o de aumentar a produtividade e reduzir os custos por meio da eliminação de todas as funções desnecessárias ao processo produtivo.

O sistema Kanban não é um receita pronta que possa ser aplicada indistintamente em qualquer empresa, pois, mesmo dentro de uma única empresa, poderão ser apresentadas soluções diversas para cada uma das funções desnecessárias.

2.5.1 O Sistema Kanban da Toyota

Segundo Shingo (1996), no sistema Kanban da Toyota, cada tipo de peça, ou cada número de peça tem sua caixa especial, destinada a conter determinada quantidade (exata) de peças daquele número, de preferência uma quantidade bem reduzida. Dois são os cartões correspondentes a cada caixa, chamados Kanban, que informam o número da peça, a capacidade da caixa e alguns outros dados.

Um Kanban, o da produção, destina-se ao centro produtor que fabrica a peça daquele número; o outro, o de transporte, destina-se ao centro usuário. Cada caixa caminha a partir do centro produtor (e seu ponto de estocagem) para o centro usuário (e seu ponto de estocagem), e depois volta, ocorrendo no caminho a troca de um Kanban pelo outro.

2.5.2 Regras do Kanban

Segundo MONDEN (1998), existem cinco regras que devem ser cumpridas para que o Sistema Kanban funcione:

- a) Regra 1: O processo seguinte deve retirar produtos do processo anterior na quantidade necessária e no momento correto.

Para que esta regra funcione, é obrigatório que a retirada de material de um processo anterior seja feita com a apresentação de um kanban. A quantidade retirada deve ser igual àquela determinada no cartão, e não podem haver peças desacompanhadas de um kanban.

- b) Regra 2: O processo anterior deve produzir produtos para o processo seguinte nas quantidades retiradas por este. Esta regra complementa a primeira para que não ocorra excesso de produção. O processo anterior só pode produzir itens dos quais tem cartão, e só pode produzir a quantidade definida neste.

- c) Regra 3: Produtos defeituosos nunca devem passar para os processos seguintes.

Uma vez que os estoques em processo são limitados a uma quantidade mínima, deve-se ter certeza que estas poucas peças estejam em perfeitas condições para serem utilizadas pelo processo seguinte. Caso contrário, as peças serão devolvidas ao processo fornecedor e o processo cliente terá de esperar até ter as peças em

condições de produzir. Portanto, é importante que se coloque o supermercado de peças em um local onde se garanta a qualidade daquelas peças.

- d) Regra 4: O número de kanbans deve ser minimizado. O número de kanbans expressa o inventário máximo de cada item.

Este número deve ser mantido o menor possível. Na Toyota, é responsabilidade do supervisor de cada processo trabalhar para diminuir esta quantidade. Ele deve estar sempre buscando melhorias de processo que lhe permitam diminuir o tamanho dos lotes e diminuir o tempo de processo, para poder diminuir o número de kanbans.

- e) Regra 5: O kanban deve ser usado para suportar pequenas variações na demanda.

2.6 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) (*Value Stream Mapping*) é uma técnica de modelagem proveniente da metodologia Análise da Linha de Valor (*Value Stream Analysis*), proposta por ROTHER & SHOOK (1999).

Segundo os autores, ela é uma ferramenta essencial, pois:

- a) Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais. Ajuda a enxergar o fluxo,
- b) Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes do desperdício.
- c) Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.
- d) Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que você possa discuti-las.
- e) Integra conceitos e técnicas enxutas, evitando a implementação de algumas técnicas isoladamente.
- f) Forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

O MFV apresenta um conjunto de ícones a serem utilizados na modelagem. A figura 1 mostra alguns desses ícones.

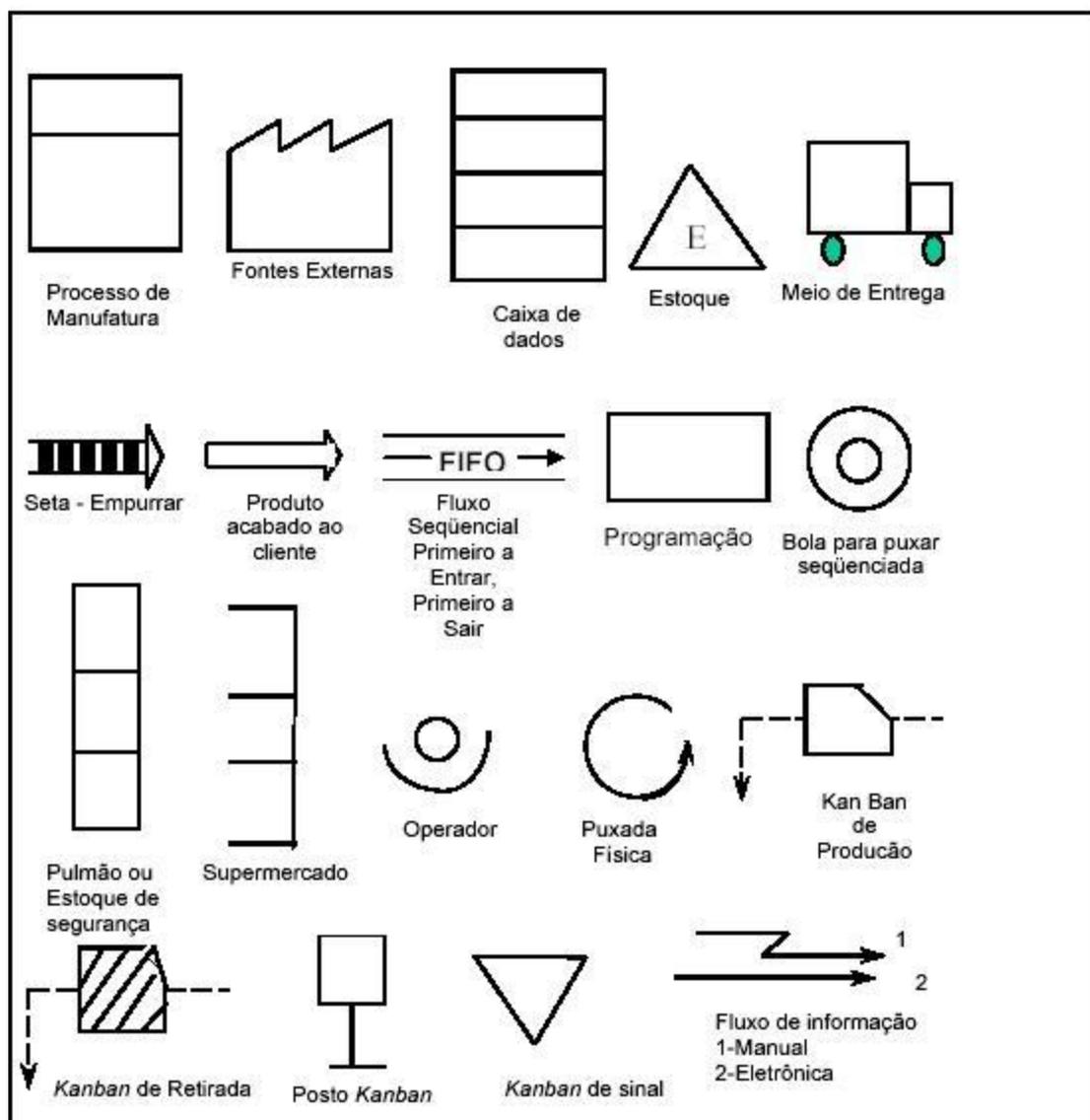


Figura 1: Ícones do mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Rother & Shook (1999)

2.6.1 Linha ou Família de Produto

Antes de fazer o mapeamento do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que vai ser mapeada. Essa área normalmente é chamada de linha de produtos, família de produtos ou grupo de produtos.

Uma família é um grupo de produtos que passa por etapas semelhantes de processamento e utiliza equipamentos comuns nos processos anteriores, conforme a Figura 2.

PEÇA N.	Processo Principal e Equipamento					
	MATRIZ	SAND	MONT.	TESTE	ESTOQUE	EXPEDIC.
A	X		X			X
B	X	X		X		X
C	X	X	X	X		X
D	X	X	X	X		X
E	X	X	X	X		X
F	X	X		X		X
G				X		X

Figura 2: Distribuição dos Produtos
Fonte: Rother & Shook (1999)

2.6.2 Mapeamento do estado atual

Para obter o mapa da situação atual é necessário inicialmente coletar informações sobre as demandas dos consumidores. Após isso são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise.

Todos os processos são identificados e algumas informações básicas sobre eles são coletadas a partir de uma caixa de dados padrão. As informações que podem estar contidas nesta caixa de dados são:

- a) Tempo de ciclo (T/C): tempo que leva entre um componente e o próximo saírem do mesmo processo, em segundos.
- a) Tempo de trocas (T/TR): tempo que leva para mudar a produção de um tipo de produto para outro. Envolve por exemplo, o tempo de troca de ferramentas ou set-up.

- b) Disponibilidade: tempo disponível por turno no processo descontando-se os tempos de parada e manutenção.
- c) Índice de rejeição: índice que determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo.
- d) Número de pessoas necessárias para operar o processo.

O próximo passo é identificar onde se localizam os estoques e qual a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. O fluxo de material é mapeado conforme o sistema de controle que determina a sua movimentação, basicamente os fluxos podem ser puxados, empurrados ou contínuos. Um fluxo puxado acontece quando o processo posterior determina a produção nos processos anteriores. Um fluxo empurrado acontece quando os processos são controlados com base em uma programação, sem levar em conta as solicitações dos processos posteriores. Um fluxo contínuo ocorre quando uma peça vai diretamente de um processo ao outro sem que haja uma interrupção, é o chamado fluxo unitário de peças.

A figura 3 ilustra um exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor.

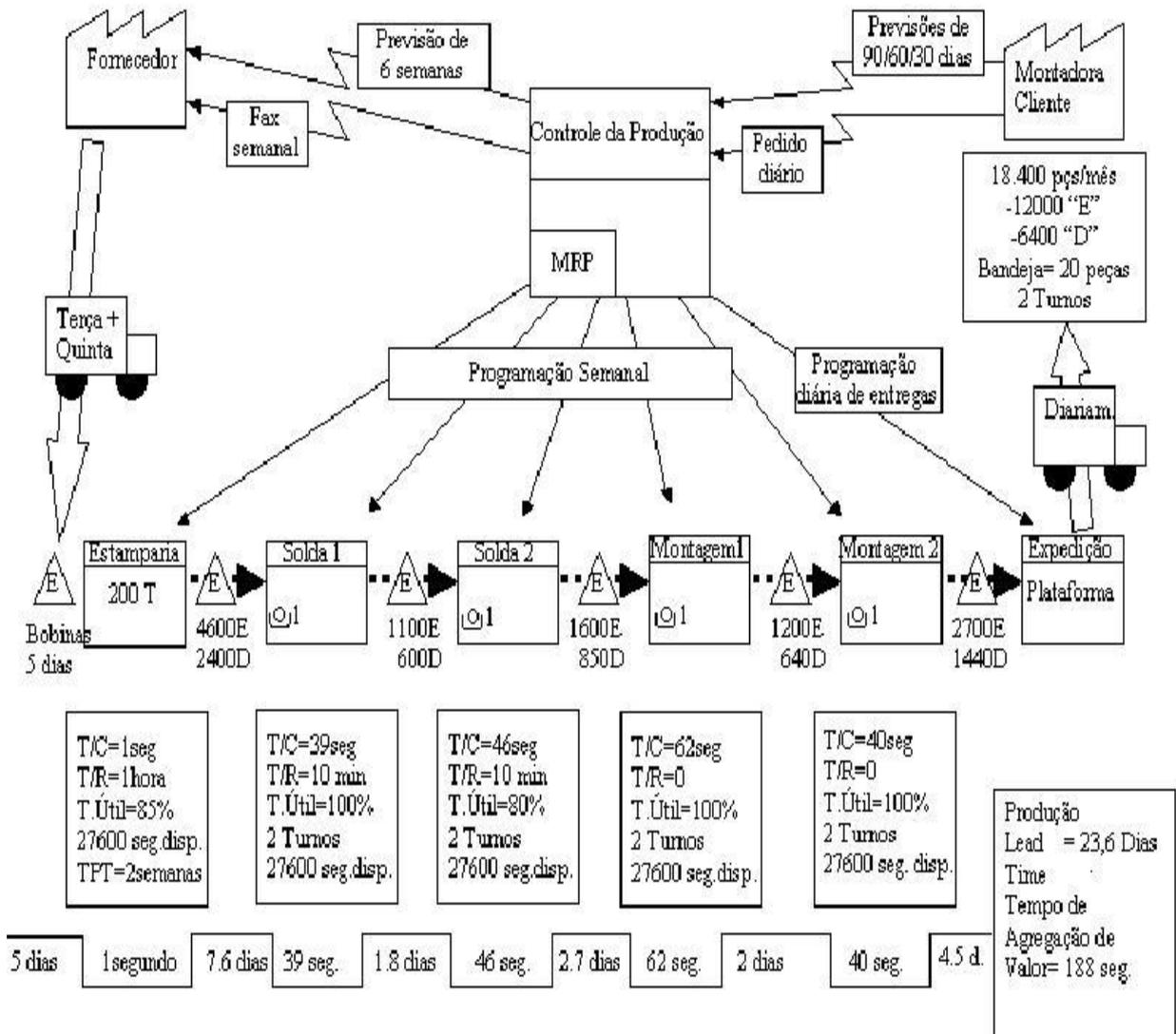


Figura 3: Exemplo de mapa da situação atual utilizando a técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Rother & Shook (1999)

Após a elaboração de um mapa de estado atual, poderão ser facilmente observados os diversos desperdícios correntes, tendo-se oportunidades de melhorias, para a elaboração do mapa futuro.

Para combater os potenciais desperdícios apresentados acima, utilizam-se algumas técnicas, descritas a seguir:

- a) **Eficiência sistêmica:** ser uma empresa enxuta não significa necessariamente ter uma linha de produção em forma de célula geralmente operando por meio de Kanban. Uma empresa enxuta necessita ter toda sua estrutura enxuta, desde os meios para se produzir, até as ferramentas para que se possa produzir.

- b) *Takt time*: se o objetivo é combater o excesso de produção, deve-se produzir essencialmente o que será utilizado pelos clientes. Para isso, deve-se produzir à velocidade em que o cliente utiliza o produto. E isso configura o *Takt time*, que é a velocidade em que o cliente utiliza uma unidade do produto fabricado pelo fornecedor.
- c) Manufatura celular: apresenta o conceito de se produzir voltado para produto, e não por máquinas. Antes da introdução da manufatura celular, as empresas trabalhavam em linhas de montagem ou em agrupamento de máquinas, com várias máquinas do mesmo modelo que efetuavam o mesmo trabalho no mesmo espaço físico. Com a introdução da manufatura celular, as linhas viraram células com diferentes tipos de máquina e de onde o produto pode sair semiacabado ou já pronto para entrega ao cliente.

2.6.3 Mapeamento do estado futuro

O mapa do estado futuro visa à construção de uma cadeia de produção em que os processos individuais sejam articulados aos seus clientes por meio de fluxo contínuo ou puxado, sendo produzido apenas aquilo de que o cliente precisa, no momento certo. Para isso, adotam-se algumas regras para que o sistema obtenha êxito em sua implantação:

- a) Encontre o *Takt time* para a cadeia de valor, pois ele mostrará o ritmo em que a fábrica deverá trabalhar para a obtenção de peças focadas ao fluxo contínuo, produzindo de acordo com a demanda do cliente. Dessa forma, muitos dos inventários de processo poderão ser minimizados ou até mesmo eliminados.
- b) Defina onde será usado sistema de puxadas, geralmente com a utilização de supermercados e kanban e a metodologia de trabalho do mesmo. Essa definição dependerá de fatores como os padrões de compra do cliente (interno ou externo), da confiabilidade dos processos e das características do produto.
- c) Introduza o nivelamento das atividades, permitindo que o operador atue de forma multifuncional, executando sempre um trabalho padrão.

- d) Desenvolva, ainda, o comprometimento dos operadores para com os cuidados de seu equipamento, incluindo lubrificação e algumas pequenas manutenções (TPM). Esse ponto é tido como base para o sucesso do sistema, pois um sistema enxuto está diretamente relacionado com as condições de seus equipamentos.
- e) Projete/opere usando times multifuncionais, para assegurar que o sistema (não apenas o processo) seja otimizado. O maior desperdício é não usar o raciocínio de uma equipe de trabalho. Se o desejo é assegurar que o sistema seja otimizado, é necessário envolver todas as pessoas que dão suporte ao sistema.
- f) Mantenha a simplicidade das atividades, evitando soluções aparentemente fantásticas, mas extremamente complexas. Isso mantém as pessoas comprometidas com o processo e capazes de melhorar o sistema e de mantê-lo, e facilita o treinamento e o tempo de respostas às mudanças.
- g) Use os recursos de informática para auxiliar em simulações. Uma simulação pode avaliar vários layouts de processos e pode ajudar a determinar qual projeto satisfaz melhor a necessidade do seu cliente. Fluxos de processos, tempos de ciclo estimados, taxas de rejeição, tempo de conserto e downtime de máquina fornecem a base para todos os modelos de simulação utilizados nesse processo.
- h) Pratique as melhorias contínuas (Kaizen) para eliminar desperdícios, que possam ser observados somente após a instalação da planta, pois o mapeamento da cadeia de valor é um documento “vivo” que pode ser constantemente melhorado.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Características da Empresa

O estudo de caso foi realizado na Noma, uma empresa produtoras de carretas do Paraná. A Noma do Brasil S.A. foi fundada no dia 1º de julho de 1967, com o nome fantasia “Brasmecânica”. O objetivo social era de explorar a venda de peças, consertos, reformas e a fabricação de terceiro-eixo para caminhões. A primeira sede estava localizada na rua Guarani, 435, na cidade de Maringá, Estado do Paraná, em um terreno de 800 m², com 100 m² de área construída. Ainda neste local, começaram a ser montados os primeiros protótipos de semi-reboques, as conhecidas carretas Noma.

Em maio de 1970, a sede foi transferida para a Avenida Colombo, Maringá, em uma área com 5.000 m². Após esta mudança, a Noma passou a fabricar 35 trucks por mês e começou a montar caçambas basculantes sobre chassi. Com o início da fabricação das carretas, a necessidade de expansão, era muito grande. Assim, em 1975, a Noma adquiriu uma área com 95.846 m², na vizinha cidade de Sarandi. A nova área fabril já nascia com uma área construída de 11.375 m². Ao se instalar na nova planta, a Noma iniciou a fabricação de Semi-Reboques Tanques e Basculantes. Uma apurada diversificação na sua gama de produtos, que exigiu experiência, técnica e arrojo empresarial.

Em 1987, começa a ser montada a rede de representantes comerciais Noma. Desde o início, para vender era preciso dar assistência técnica. Primeiramente foram nomeadas empresas nos Estados do Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Santa Catarina. Em 1988, a Noma do Brasil S.A. incorporou sua concorrente mais próxima, a Truck Maringá. Empresa tradicional no ramo. A *Truck* Maringá, além de fabricar terceiro-eixo e caçamba basculante sobre chassi, produzia a linha de semi-reboques "Kume". Em 1989, a convite da Scania do Brasil, a Noma inicia a comercialização dos seus produtos para o mercado externo, com a venda de 32 semi-reboques para o Chile. Focada em estruturar a venda para o comércio exterior, a Noma amplia sua rede de Representantes Comercias para o Mercosul, com postos de venda e assistência técnica. Além do Paraguai, Uruguai e Argentina, a venda dos produtos Noma, logo exigiu a nomeação de representantes na Bolívia, Chile e Equador.

Em 1997, a Noma do Brasil S.A. demonstrou pioneirismo e tecnologia ao lançar no mercado da América do Sul, o primeiro Semi-Reboque bimodal: o "Rodotrilha". Um projeto arrojado, com tecnologia 100% brasileira, de um equipamento que trafega tanto na rodovia como na ferrovia, com a versatilidade comum aos modais. Atualmente, os Rodotrilhas transportam botijões de gás na Estrada de Ferro Carajás, da Companhia Vale do Rio Doce, entre as cidades de Imperatriz e São Luis, no Maranhão.

Hoje, o parque fabril da Noma conta com uma área coberta de 30.000 m², produz os seus equipamentos em um moderno conceito de linha de montagem, auxiliada por gabaritos específicos, máquinas de corte à laser e robôs industriais. O gerenciamento de toda organização é feita através de um software de gerenciamento contínuo, SAP. Uma estrutura que consolida a Noma do Brasil S.A. como um dos maiores e melhores fabricantes de semi-reboques da América do Sul. (NOMA, 2007)

3.2 O Sistema de Produção

O sistema de produção da empresa é composto basicamente por cinco setores: perfilados, usinagem, pré-montagem, montagem e pintura.

O processo tem início no setor de perfilados, onde ocorre a transformação de chapas em peças que serão utilizadas pelos outros setores. Os processos encontrados no perfilados são basicamente: corte, furo, estampo e dobra. Para realizar esses processos o setor é composto pelos seguintes tipos de máquinas: guilhotinas, prensas, recortadeiras, dobradeiras, blanqueadeiras, máquina de plasma, calandras e furadeiras.

O setor de usinagem é formado principalmente por tornos, furadeiras e máquinas de corte tubos.

O Setor de pré-montagem, recebe peças dos setores de perfilados e usinagem, onde é realizado uma pré-montagem com as peças vindas desses setores. Ocorre também uma montagem de kits, que facilita o trabalho do setor posterior, ou seja, a montagem.

O setor de montagem é o setor onde ocorre a montagem final do produto, todas as peças são soldadas e encaixadas, dando uma forma final ao produto.

A montagem dos semi-reboques é executada em sistemas de linha de montagem contínua, que se realiza em estágios definidos, com a utilização de gabaritos específicos para cada tipo de

equipamento. Todos os gabaritos são projetados e produzidos dentro da própria empresa, gerando maior flexibilidade e melhoria rápida em todas as linhas de produção.

O processo de pintura dos semi-reboques também é executada em um sistema de linha contínua. Inicialmente, 100% dos equipamentos passam por cabines com jato de granalha de aço, que retiram todos os resíduos das chapas de aço e preparam a superfície para a pintura. Ao atingir as chapas de aço, os grãos da granalha, deixam micro-crateras que melhoram a adesão da tinta.

Após o jateamento, faz-se a aplicação de tinta anti-corrosiva. Os pontos onde as peças se sobrepõe, já receberam tinta anti-corrosiva na linha de montagem. Após a pintura, o equipamento vai para a cabine de estufa.

Antes da liberação final, todos os equipamentos passam por uma revisão completa, onde são verificados o funcionamento do sistema de freio e do sistema elétrico.

3.3 Aplicação das Técnicas de Manufatura enxuta

Para a implantação da manufatura enxuta no setor de perfilados da empresa, foram utilizadas técnicas como:

- a) Células de manufatura
- b) 5S's
- c) Manutenção Preventiva Total (MPT)
- d) Produção puxada(kanban)
- e) Troca rápida de ferramenta

3.3.1 Células de Manufatura

O objetivo principal das células de manufatura é agrupar e produzir diferentes peças num mesmo grupo de máquinas, reduzindo as perdas por movimentação de materiais e consequentemente reduz espaço, máquinas e tempo (lead-time), sem deixar de atender a demanda dos clientes. Além de focalizar a produção.

Foram utilizados os seguintes passos:

- a) Agrupar as peças em famílias com processos semelhantes

A figura 5 mostra um exemplo de como foi dividido as células de manufatura:

1	CÉLULA 1	Código	GUILHOTINA 3M	GUILHOTINA 3M	RECORTADEIRA	PRENSA 40T	PRENSA 65T	PRENSA 110T	PRENSA 250T	DOBRADEIRA 3M	DOBRADEIRA 3M	FORA DA CÉLULA
20	SUORTE CINTA RESER. ÁGUA #425X45X130	4000362	X	X			X					
21	CORPO CAIXA DE FERRAMENTA #1,89X501X645	4000364	X	X	X		X			X		
22	TAMPA CAIXA FERRAMENTA 001	4000365	X	X	X		X			X		
23	LATERAL CAIXA FERRAMENTA D #1,89X497X500	4000366	X	X	X	X	X			X		
24	LATERAL CAIXA FERRAMENTA E #1,89X497X500	4000367	X	X	X	X	X			X		
25	CORPO CAIXA DE COZINHA	4000371	X	X		X		X			X	

Figura 4: Exemplo de visão célula 01

Fonte: Noma do Brasil S.A.

- b) Acompanhar o fluxo de processo, fazer o mapeamento do estado atual
- c) Criar o “Trabalho Padrão”
- d) Calcular o *Takt-time* e balancear a equipe para célula
- e) Desenvolver treinamentos para operador multifuncional

3.3.2 5S's

O objetivo principal da implantação dos 5S's é fazer com que as pessoas criem um excelente ambiente de trabalho. Os 5S's são:

- a) 1º S – Seiri = Separar o necessário, descartar o desnecessário
- b) 2º S – Seiton = Organizar o necessário
- c) 3º S – Seiso = Limpar a sujeira do necessário
- d) 4º S – Seiketsu = Padronizar e identificar o necessário
- e) 5º S – Shitsuke = Disciplinar as pessoas até tornar hábito

As seguintes ações foram realizadas na empresa:

- a) Identificar as fontes de sujeira e buscar melhorias para eliminá-las

- b) Padronização de cores de máquinas e equipamentos
- c) Identificar os pontos de riscos de acidentes e buscar melhorias para reduzir os riscos de acidentes, foram implantados sensores nas prensas.
- d) Liderança ativa no sentido de exigir disciplina da equipe nos 5S's
- e) Premiação mensal para os setores vencedores e uma premiação anual para o setor vencedor

3.3.3 Manutenção Preventiva Total(MPT)

O objetivo principal da MPT é reduzir as horas de máquina parada por manutenção corretiva, através da manutenção preventiva e da manutenção autônoma.

Dessa forma vamos reduzir as perdas por espera de máquinas e reduzimos a necessidade de compra de mais máquinas.

Para a implantação da MPT foram realizadas as seguintes ações:

- a) Avaliar as atividades que podem ser executadas pelo operador
- b) Aplicar o conceito de “operador dono da máquina”, ou seja o operador auxilia na manutenção do bom estado da máquina, através da limpeza, lubrificação, etc.
- c) Treinar os operadores nas atividades básicas de manutenção
- d) Criar e implementar o check-list de manutenção diária

3.3.4 Produção Puxada(*kanban*)

O objetivo principal do *kanban* é programar e controlar a produção diretamente no chão-de-fábrica, para melhorar a produtividade com a produção de muitos tipos diferentes de peças numa mesma célula em pequenos lotes, obtendo flexibilidade na produção.

A produção é disparada somente após a utilização pelo cliente, dessa forma temos a redução de estoque em processo.

Foram aplicadas as seguintes etapas para a implantação do *kanban*:

- a) Definir o mix de peças que serão produzidas no sistema *kanban*
- b) Dimensionar a quantidade de cartões para cada item
- c) Definir os contenedores que serão utilizados no “supermercado”
- d) Definir os locais dos “supermercados” e quadros *kanban*
- e) Definir o fluxo de informações e controle do *kanban*

A figura 4 mostra a equação que foi utilizada para fazer o dimensionamento da quantidade cartões:

Dimensionamento de KANBAN's

$$K = \frac{D * T.A.}{N} * F.S.$$

Onde:

K= número de cartões

D= demanda diária [dias]

T.A.= tempo de atendimento da o.p. [dias]

N= capacidade de peças por contenedor

F.S.= fator de segurança em função das variáveis do processo (quebra de máquinas, falta de materiais, falta de energia, falta de recursos, etc)

Figura 5: Dimensionamento de Kanban's
Fonte: Noma do Brasil S.A.

3.3.5 Troca Rápida de Ferramenta

O objetivo principal da implantação da troca rápida de ferramenta é reduzir o tempo de troca de ferramentas para a produção ter flexibilidade e produzir em pequenos lotes.

Foram aplicadas as seguintes ações na empresa para uma melhoria na troca de ferramentas:

- a) Definir as máquinas para filmagem da troca de ferramentas
- b) Dividir os tempos das atividades em:
 - i) Tempo interno: tempo das atividades que são feitas somente com a máquina desligada
 - ii) Tempo externo: tempo das atividades que são feitas com a máquina em funcionamento
- c) Transferir os tempos internos para tempos externos
- d) Organizar o posto de trabalho
- e) Substituir as caixas de ferramentas por painel de ferramentas
- f) Eliminar ferramentas duplicadas
- g) Padronizar parafusos e porcas sempre que possível
- h) Unificar parafusos e porcas sempre que possível
- i) Padronizar altura de máquinas e bancadas
- j) Utilizar ferramentas pneumáticas de pequeno porte

4 RESULTADOS

4.1 Células de Manufatura

O setor de perfilados da empresa foi dividido em quatro células de manufatura, para isso foi feito um levantamento do fluxo de matérias por famílias de peças e/ou produtos, analisando o processo de produção de cada produto. As células de manufatura ficaram divididas da seguinte forma:

- a) Célula 01: ficou definido que a célula 01 produziria produtos com chapas de espessura de 1,20 mm até 4,75 mm e de comprimento até 3,00 metros.

As máquinas que passaram a constituir a célula 01 foram as seguintes : duas guilhotinas 3m, uma recortadeira, uma prensa de 40 toneladas, uma prensa de 65 toneladas, uma prensa de 110 toneladas, uma prensa de 250 toneladas e duas dobradeiras de 3m

- b) Célula 02: ficou definido que a célula 02 produziria produtos com chapas de espessura entre 1,20 mm e 9,53 mm, de comprimento até 6 metros.

As máquinas que passaram a constituir a célula 02 foram as seguintes: uma guilhotina 6m, uma guilhotina 3m, uma prensa 60 toneladas, uma prensa 100 toneladas, uma prensa 260 toneladas, uma dobradeira 4 metros e uma dobradeira 6 metros.

- c) Célula 03: ficou definido que a célula 03 produziria produtos com chapas de espessura entre 6,35 mm e 12,7 mm, de comprimento até 6 metros.

As máquinas que passaram a constituir a célula 03 foram as seguintes: uma guilhotina 6 metros, uma guilhotina 3 metros, uma prensa 60 toneladas, duas prensas 160 toneladas e uma dobradeira 3 metros.

- d) Célula 04: a célula 04 é uma célula especial, onde os produtos que são produzidos por ela, são produtos que necessitam de processos diferenciados, tais como, um recorte especial que não é possível produzir com ferramenta, uma dobra especial

que não é possível dobrar na dobradeira. Essa célula produz produtos com chapas de todas as espessuras, mas a grande maioria das peças produzidas por essa célula são peças de chapa grossa, acima de 9,53 mm

As máquinas que passaram a constituir a célula 04 foram as seguintes: uma guilhotina 2m, uma calandra, um oxicorte, um plasma, uma furadeira, uma perfiladeira, uma prensa de 100 toneladas e uma prensa de 600 toneladas

4.2 Lead Time e Estoque em Processo

A meta do *Lead Time* foi definida com sendo 1,125 dias, ou seja 27 horas, também foi considerado um padrão de 2,25 dias, que equivale a 54 horas. A meta do estoque em processo foi definida em R\$56.000,00. Esses valores foram definidos pela direção através de dados obtidos de meses anteriores.

Como o projeto de manufatura enxuta da empresa teve início no começo do ano de 2007, temos como base, dados dos meses de Maio, Junho, Julho, Agosto e Setembro.

Abaixo será mostrado a evolução do *Lead Time* do setor de perfilados da empresa.

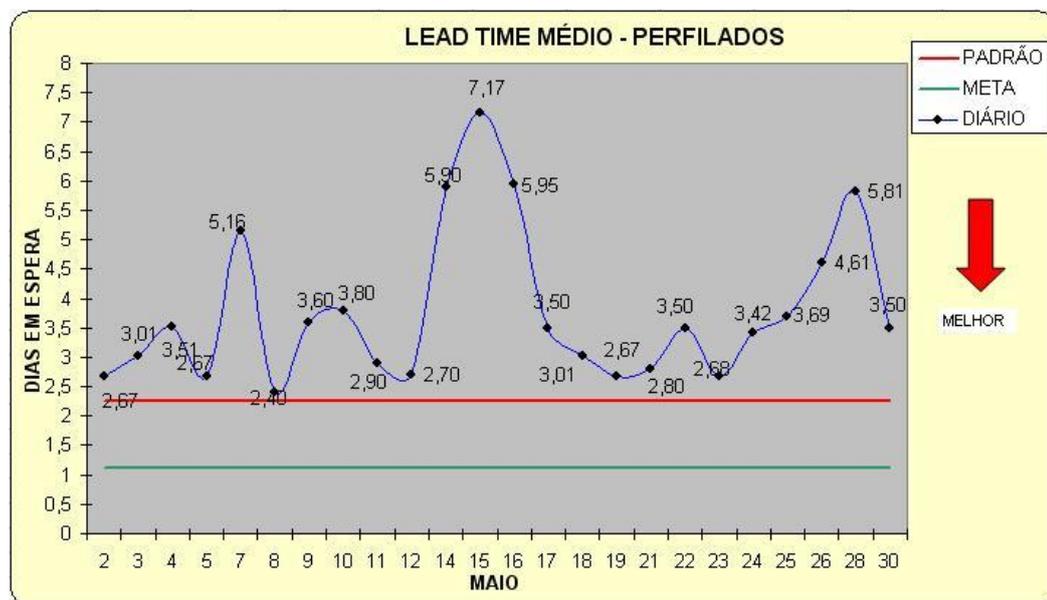


Figura 6: Lead Time do mês de Maio
Fonte: Noma do Brasil S.A.

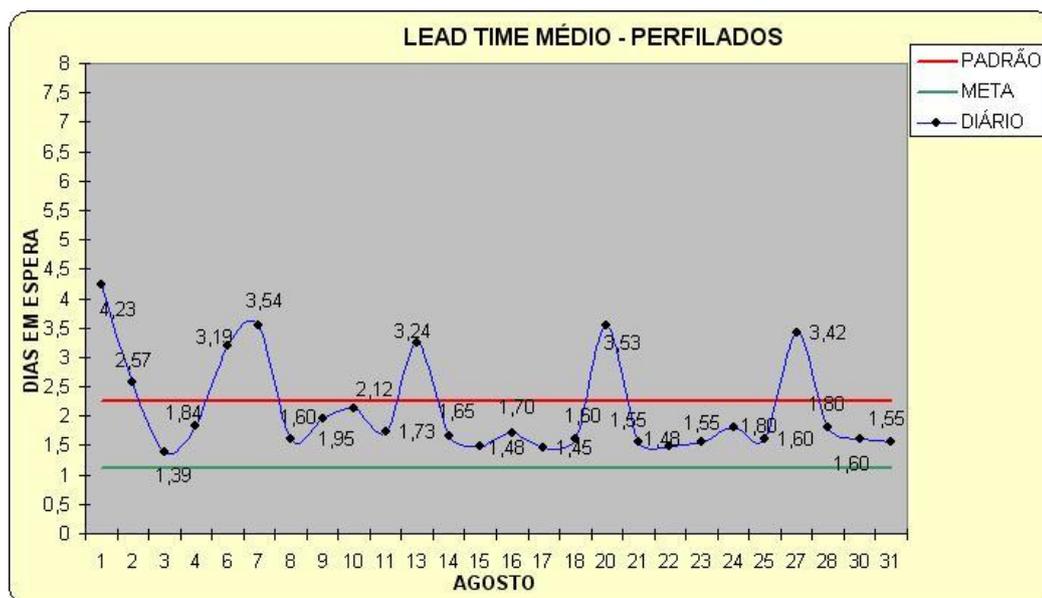


Figura 9: Lead Time do mês de Agosto
Fonte: Noma do Brasil S.A.

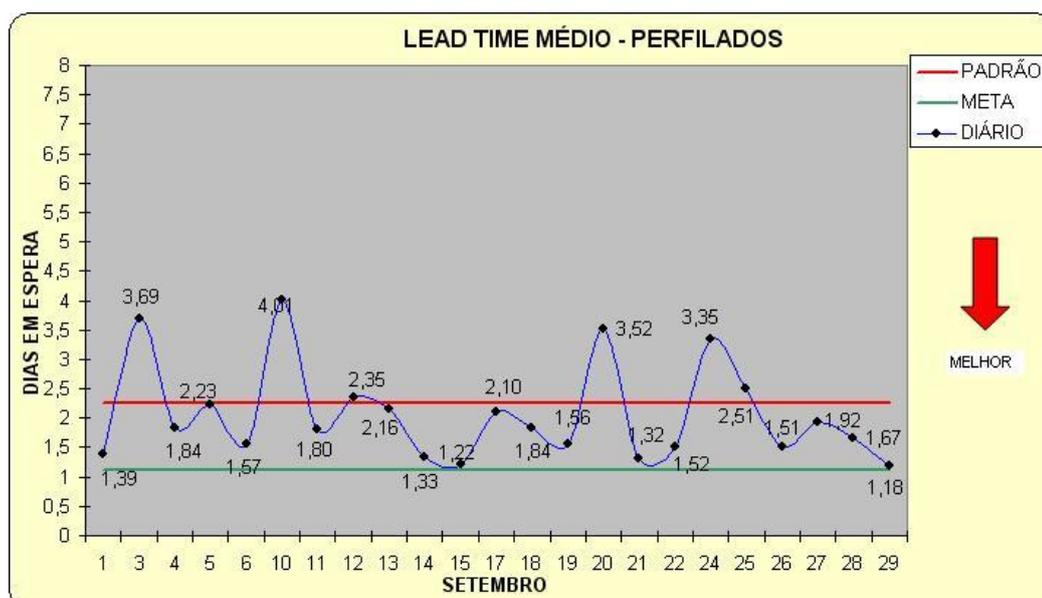


Figura 10: Lead Time do mês de Setembro
Fonte: Noma do Brasil S.A.

Fazendo uma média dos *Lead Times* de cada mês, obtemos a seguinte tabela 1:

Tabela 1: Média dos *Lead Times* (Dias)

Mês	Média dos <i>Lead Times</i> (Dias)
Maio	3,78
Junho	2,36
Julho	2,53
Agosto	2,14

Setembro	2,07
----------	------

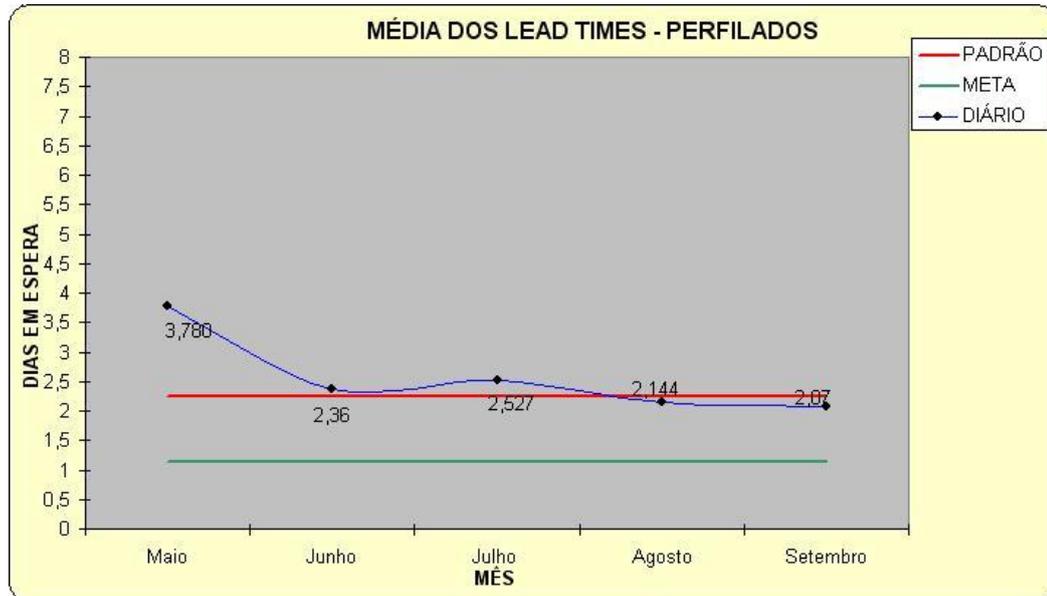


Figura 11: Lead Time do mês de Setembro

Fonte: Noma do Brasil S.A.

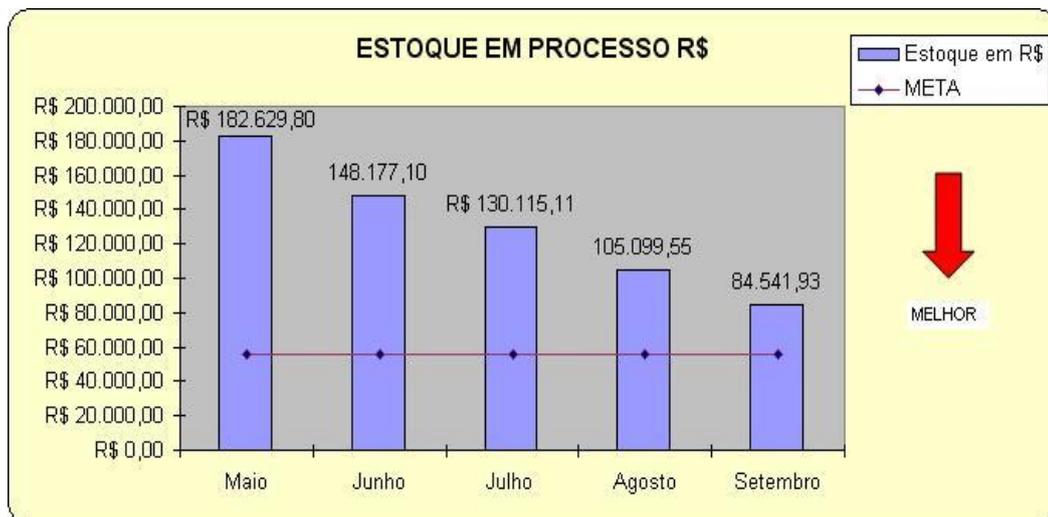


Figura 12: Estoque em processo em R\$

Fonte: Noma do Brasil S.A.

4.3 Considerações Finais

Analisando os gráficos podemos verificar que a meta não foi atingida em nenhum dos meses analisados, contudo podemos notar uma melhora contínua. O processo de implantação da manufatura enxuta é um processo complexo que leva tempo para que todo o setor esteja totalmente integrado a filosofia e podemos verificar no dia-dia que a empresa tem apresentado uma constante melhora.

É importante destacar também que para toda segunda-feira, o Lead Time é maior que a média, isso se deve ao fato de que o dia de Domingo também entra no Lead Time, então toda ordem que não é concluída até sábado, terá um acréscimo de pelo menos 24 horas para quando ela for concluída.

Podemos destacar algumas dificuldades encontradas durante esse tempo de estudo:

- a) A resistência das pessoas envolvidas à mudança, dificultando a implantação de uma nova proposta;
- b) A tendência natural de alguns membros do processo em voltar a trabalhar da forma “antiga”, contrapondo-se ao modelo proposto, voltando a gerar problemas de uma superprodução por exemplo;
- c) A descontinuidade dos trabalhos após um determinado período de atuação da equipe, onde foram alcançados bons resultados.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com o propósito de aumentar a competitividade e de reduzir desperdícios em uma conceituada empresa produtora de carretas, buscou-se desenvolver um modelo baseado no conceito de manufatura enxuta e focado no setor de perfilados, o qual é normalmente considerado pelas empresas deste segmento como gargalo do seu processo produtivo, e, portanto um setor estratégico.

O objetivo específico pretendia verificar a melhora no *Lead Time* de produção e do Estoque em Processo do setor de perfilados da empresa. Esses objetivos podem se considerar alcançados mesmo não atingindo a meta estabelecida, pois devemos considerar que o projeto ainda se encontra em andamento e vem apresentando melhora a cada mês.

Apesar dos inúmeros benefícios gerados a partir da implantação do conceito, constatou-se também algumas limitações no decorrer dos trabalhos, que devem ser encaradas como oportunidades de melhorias e de novas pesquisas.

Levando-se em conta a experiência adquirida na realização deste trabalho e na efetiva participação em cada etapa do mesmo, pode-se citar algumas recomendações que poderiam contribuir no desenvolvimento de trabalhos futuros, como seguem:

- a) Ao invés de fazer uma análise geral do *Lead Time*, poderíamos fazer uma análise do *Lead Time* por célula de produção, assim teríamos uma maior controle, e poderíamos saber qual célula tem apresentado um melhor desempenho em relação as outras, também seria mais fácil de combater os problemas;
- b) Estender o trabalho aplicado no setor de perfilados, para os demais setores da empresa. Além de aumentar os ganhos da empresa, proporciona um estudo mais amplo sobre os benefícios que a mesma pode adquirir com o sistema operando em todos os setores;
- c) Investir mais em treinamentos e na conscientização das pessoas envolvidas, mostrando a importância das mudanças propostas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J.M. **Proposta de um modelo híbrido de gestão de produção**: aplicação na indústria aeronáutica. 2001. Dissertação (Doutorado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.
- BARBOSA, F. A. **Um estudo da Implantação da Filosofia Just In Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRPII**. 1999. Dissertação de Mestrado. São Carlos, 1999.
- CANEN, A. G.; WILLIAMSON G. H. **Facility layout overview: towards competitive advantage**. Facilities Volume 16 Number 7-8, 1998, 198-203 p.
- CORREA, H.L.; GIANESSI, I.G.N. **Just in Time, MRPII e OPT - Um Enfoque Estratégico**. Editora Atlas, 1996.
- HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation**. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Center, 2000.
- LIN, F.; SHAW, M. **Reengineering the order fulfillment process in supply chain networks**. Internet Journal of Flexible manufacturing Systems v.10, 197-229 p.
- MONDEN, Y. **Toyota Production System**. Tokyo: Eng Mng P, 1998, 480 p.
- MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**, Thomson Pioneira, 2001, 254-273 p.
- NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.
- NICHOLAS, John. **Competitive Manufacturing Management**. Chicago: Irwin/McGraw-Hill, 1998, 840 p.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**, The Lean Enterprise Institute , 1999.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SIMS, R.JR. **MH problems are business problems**. Industrial Engineering, May, 1990

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Editora Campus, 1992.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Lean Thinking**. Editora Simon & Schuster, 1996. CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

NOMA, **A história da empresa**. Disponível em: <www.noma.com.br>. Acesso em: 10 maio 2007.

BIBLIOGRAFIA

TUBINO, D.F. Sistemas de produção: A produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

ROTHER, M.; HARRIS, R. Criando fluxo contínuo – um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção, The Lean Enterprise Institute, 2002.