

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**José Paulo Divino**

**ANÁLISE DO PROCESSO TPM E SEU IMPACTO NA  
EFICÁCIA OPERACIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM  
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA CONSUMO**

**Taubaté – SP**

**2007**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**José Paulo Divino**

**ANÁLISE DO PROCESSO TPM E SEU IMPACTO NA  
EFICÁCIA OPERACIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM  
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA CONSUMO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo  
Curso Mestrado Profissional de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Produção.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Co-Orientador: Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

**Taubaté – SP**

**2007**

D618a	<p>Divino, José Paulo. Análise do processo TPM e seu impacto na eficácia operacional: Um estudo de caso em uma indústria de produtos para consumo./ José Paulo Divino – Taubaté: Unitau, 2007.</p> <p>76 f. ;30 cm.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté. Faculdade de Engenharia Mecânica. Curso de Engenharia de Produção Mecânica Orientador: Carlos Alberto Chaves. Co-orientador: Álvaro Azevedo Cardoso.</p> <p>1. TPM, 2. Eficácia Operacional. 3. Trabalho em Equipe. I. Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica. II. Título.</p> <p>CDD(21) 658</p>
-------	--

**JOSÉ PAULO DIVINO**

**ANÁLISE DO PROCESSO TPM E SEU IMPACTO NA  
EFICÁCIA OPERACIONAL: UM ESTUDO DE CASO EM  
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA CONSUMO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo  
Curso Mestrado Profissional de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de  
Taubaté.

Área de Concentração: Produção.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Co-Orientador: Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD

**Data: 09/11/2007**

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Álvaro Azevedo Cardoso, PhD - Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto - Universidade Paulista

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves - Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Doutores Carlos Alberto Chaves e Álvaro Azevedo Cardoso pela orientação segura e objetiva na execução desta dissertação.

Agradeço também ao grupo de estudos do curso de Mestrado de Engenharia Mecânica – modalidade produção, pela convivência agradável e produtiva nestes 18 meses que compartilhamos um ambiente de estudos.

Agradeço a todos os mestres das disciplinas ministradas no curso de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção pelos ensinamentos oportunos a franca discussão e troca de experiências que suas aulas propiciaram a mim e ao grupo de mestrandos.

“We naturally feel more secure with a considerable amount of inventory...We could say this is the response of a farming society. Ours ancestors grew rice for subsistence and stored it in preparation for times of natural disaster... Industrial Society must develop the courage, or rather the common sense, to procure only what is needed when it is needed and in the amount needed”

Toyota production system—beyond large-scale production (**OHNO**, 1988, p.14)

## RESUMO

DIVINO, José Paulo. Análise do processo TPM e seu impacto na Eficácia Operacional: Um estudo de caso em uma Indústria de Produtos para Consumo. 2007. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica com área de concentração em Produção) - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade de Taubaté, Taubaté, Brasil.

O objetivo deste estudo é analisar a implementação e o impacto na eficácia operacional do Processo TPM - Total Productive Maintenance, modelo de gestão para produção, utilizado em muitos segmentos industriais, cujo princípio é prevenção de perdas, além de contribuir com uma proposta para a organização da produção baseada em times semi-autônomos nas indústrias que praticam a filosofia de manufatura enxuta. Dentro do escopo do estudo está a proposta do melhor indicador, que, além de avaliar a eficácia produtiva, também identifique as perdas do fluxo produtivo, possibilitando a sua melhoria contínua. No contexto competitivo atual da indústria, onde velocidade no lançamento de novos produtos, flexibilidade de produção, confiabilidade na entrega, custos baixos e qualidade são relevantes, educação e autonomia da força de trabalho adquirem maior importância. Neste estudo foi analisado o processo de gerenciamento da produção em uma multinacional fabricante de produtos para consumo onde é praticada a filosofia de Manufatura Enxuta, com uma análise da organização de produção da companhia e dos resultados atingidos com a formação de grupos autônomos de produção viabilizados com a implementação do TPM.

**Palavras-chave:** Lean, TPM, Confiabilidade Operacional, Trabalho em Equipe, Eficácia Operacional.

## ABSTRACT

DIVINO, José Paulo. Analysis of TPM Process and The Operational Effectiveness: A case study in an Industry of Consumer Products. 2007. 76 p. Monograph (Professional Master Degree Mechanical Engineering - Área of Production) Mechanical Engineering Department, University of Taubaté, Taubaté.

The purpose of this paper is to analyze the implementation of TPM - Total Productive Maintenance, management system to prevent losses generated in the production assets, widely utilized as management model to operations areas, and its impact in the industrial production effectiveness, besides of to contribute, offering to discussion an production organization based on semi-autonomous teamwork, where the lean model is the operational philosophy implemented. Within this paper will be analyzed the best way to utilize an indicator to evaluate the production effectiveness and consistently identify the opportunities for continuous improvement. In the new industrial age where, speed for new products launching, production flexibility, low costs, reliability and quality are imperative to allow companies competitiveness, education and empowerment of workforce are the key. To this study was analyzed the management production process in a multinational producer of consumer goods, with a detailed analysis of results achieved by semi-autonomous tem work in a specific plant.

**Keywords:** Lean, TPM, Operational Reliability, Team work, Effectiveness.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	i
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	iii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Delimitação.....	3
1.3 Relevância.....	4
1.4 Estrutura do trabalho.....	7
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	
2.1 Manufatura Enxuta.....	8
2.2 Mapa de Fluxo de Valor.....	13
2.3 Troca Rápida.....	15
2.4 5S.....	18
2.5 Perdas do Processo.....	19
2.6 TPM.....	21
2.7 Trabalho em Equipe e Desenvolvimento de Habilidades.....	28
2.8 Confiabilidade Operacional.....	35
2.9 Cartas de Controle.....	35
2.10 OEE - Overall Equipment Effectiveness.....	38
<b>3 METODOLOGIA</b>	
3.1 Metodologia da Pesquisa.....	40
3.2 Coleta de Dados.....	41
3.3 Escopo do Processo Estudado e seus Limites.....	42
3.4 A Organização onde se localiza o Estudo de Caso.....	43
3.5 Processos de Gestão Praticados na área de Produção.....	44
3.6 Implantação de TPM na área de Produção.....	48
3.7 Análise do ambiente onde está inserido o Estudo de Caso.....	56
3.8 O Estudo de Caso - A Linha de Produção número 11.....	57

<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
4.1 Resultados do processo TPM - Todas as fábricas da planta.....	62
4.2 Resultados do processo TPM - Fábrica do Estudo de Caso.....	65
4.3 Resultados do processo TPM - Estudo de Caso - Linha de produção.....	66
<b>5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Delimitação do Estudo.....	4
Figura 2 Companhias Norte Americanas no Mercado Norte Americano de automóveis.....	5
Figura 3 Efeito sobre o estoque na introdução de itens na linha de produção.....	6
Figura 4 Contexto e estrutura do trabalho.....	7
Figura 5 Produção vista como sistema.....	13
Figura 6 Modelo de mapa de fluxo de valor.....	14
Figura 7 Lote econômico de produção.....	16
Figura 8 Evolução de TPM - Fase 1.....	22
Figura 9 Evolução de TPM - Fase 2.....	22
Figura 10 Evolução de TPM - Fase 3.....	23
Figura 11 Evolução de TPM - Fase 4.....	23
Figura 12 Estrutura promocional para TPM.....	25
Figura 13 Ilustração de uma carta de controle.....	36
Figura 14 Processo e eficácia - Entradas e Saídas.....	38
Figura 15 Escopo do projeto de pesquisa.....	42
Figura 16 Organização da área de produção.....	45
Figura 17 Estrutura de gerenciamento da fábrica.....	46
Figura 18 Modelo de gestão integrada.....	47
Figura 19 Estrutura de gerenciamento com secretaria de TPM.....	49
Figura 20 Sistema de aquisição de dados.....	50
Figura 21 Organização da fábrica estudada.....	57
Figura 22 Confiabilidade inerente versus operacional.....	58
Figura 23 Roteiro para avaliar OEE potencial.....	59
Figura 24 Eliminação de deteriorações forçadas versus OEE.....	60
Figura 25 Carta de controle do OEE - para um produto do estudo de caso.....	61
Figura 26 Evolução Manutenção Autônoma versus OEE.....	62
Figura 27 Evolução projetos de melhoria versus OEE.....	63
Figura 28 Relação entre operários e chefes.....	64
Figura 29 OEE versus TPM - Fábrica estudada.....	65
Figura 30 OEE versus TPM - Estudo de Caso.....	66
Figura 31 OEE consolidado - Estudo de Caso.....	67
Figura 32 OEE potencial - Estudo de Caso.....	69

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Indicadores após implementação de células de produção.....	2
Tabela 2 Evolução produção artesanal para produção em massa.....	8
Tabela 3 OEE real versus OEE potencial - estudo de caso.....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Desenvolvimento de Manutenção Autônoma - Etapas 1 a 4.....	27
Quadro 2 Mudança de paradigma - Centro de TD para Universidade Corporativa.....	28
Quadro 3 Criação de conhecimento organizacional.....	31
Quadro 4 Indicadores de Confiabilidade.....	35
Quadro 5 Questionário para auditoria de Manutenção Autônoma.....	54
Quadro 6 Variação de OEE - Estudo de Caso.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 80, quando o tema é administração industrial, os modelos de gestão japoneses, notadamente o processo denominado pelos ocidentais como *Lean Thinking* ou manufatura enxuta tem presença marcante. Termos como *Kanban*, *Kaizen*, *Muda*, JIT e Sistema Toyota de Produção, dentre outros, estão cada vez mais inseridos nas discussões sobre administração e manufatura nas empresas ocidentais.

Isso pode ser aferido pelo número de companhias que oferecem serviços baseados nos conceitos de manufatura enxuta, desde treinamentos até consultoria para implementação destes processos. Uma consulta à internet no dia 12 de Fevereiro de 2006, ([www.google.com](http://www.google.com), resultados em inglês, palavras chaves Lean, Toyota, Kanban, TPM) apresentou até 7000 referências de livros técnicos, 5000 referências de serviços de consultoria, 7700 referências de treinamentos e aproximadamente 5000 referências sobre artigos sobre este tema. A literatura técnica confirma esta influência. Na data citada acima, uma pesquisa na Amazon.com exibiu 1600 livros relacionados à palavra *Lean*.

Segundo Crabill *et al.* (2000), *Lean* é um termo que foi cunhado em 1980 por um grupo de estudos do MIT - Massachusetts Institute of Technology para identificar o Sistema Toyota de Produção. O grupo de pesquisadores concluiu que a empresa Toyota tinha no seu processo de Manufatura uma clara vantagem competitiva em relação aos competidores, e seu foco em eliminar ações que não agregam valor assim como dirigir seus recursos para a satisfação do cliente foi considerado a chave de seu sucesso frente aos outros fabricantes. No Brasil, segundo Ferro (2003), o termo *Lean* foi traduzido no Brasil como Enxuto ou *Lean Thinking*, mentalidade enxuta nas empresas

Ferro (2003) ressalta que os resultados altamente positivos da Toyota em 2002 – 8,1 bilhões de dólares de lucro líquido, apesar da recessão japonesa nos últimos 10 anos, reforçam a robustez deste processo de gestão, tem levado empresas de outros segmentos a aderir a este modelo. A empresa Toyota solidificou sua imagem de eficiência e liderança no mercado em Abril de 2007 quando superou a General Motors em vendas tornando-se a primeira fabricante de carros mundial. A General Motors nunca tinha sido superada, desde 1930 (MONEY 2007).

O grupo industrial Sony, por exemplo, estabeleceu o Instituto Sony-Nakamura Management Institute, com o intuito de disseminar o Sistema Toyota de Produção em suas empresas. A cerimônia de lançamento deste instituto, em fevereiro de 2003, teve a participação de James Womack, presidente do Lean Institute nos EUA, co-autor do livro “A

Máquina que Mudou o Mundo”, e Takahiro Fujimoto, professor da Universidade de Tokio e autor do livro "The Evolution of a Manufacturing System at Toyota”, que recebeu o "Imperial Prize" no Japão em junho de 2002 como o melhor livro do ano (**FERRO, 2003**).

O entusiasmo da Sony por esta filosofia é justificado pelos excelentes resultados alcançados em algumas de suas plantas usadas como piloto para o processo, como em uma fábrica em Minokamo City (imediações de Nagoya), que produz vídeo-câmaras, câmaras digitais, vídeo-games, telefone celular e outros produtos, onde houve a eliminação das linhas e esteiras de montagem, substituídas completamente por células em 1997. A tabela 1 mostra alguns ganhos relativos após esta ação (**FERRO, 2003**).

Tabela 1 – Comparação entre indicadores com a implantação de células de produção em 1997

INDICADORES	1995	2002
Volume de Produção (unidades)	100	400
Defeitos (quantidade)	100	0,2
Pessoas	100	25
Estoque (unidades)	100	20
Investimentos	100	10
Lucros	100	600
Espaço Utilizado	100	12

Fonte – FERRO (2003)

A grande maioria das técnicas de gestão adotadas pelos vários segmentos industriais, tem a indústria automobilística como referência. Peter Drucker, apud Womack, Jones e Roos (2004) a chamava de “Indústria das Indústrias”.

No início do século 20, a General Motors e a Ford na América revolucionaram o modelo industrial com a produção automobilística em massa, rompendo uma tradição de séculos de produção artesanal. Após a segunda guerra, Toyoda e Ohno, da Toyota Japonesa, foram pioneiros no conceito de manufatura enxuta (**WOMACK, JONES E ROOS, 2004**).

Atraídos pelos resultados obtidos por este segmento, através destas metodologias, outras indústrias buscam adaptá-las para seus próprios modelos de negócio, mas, apesar do interesse destas indústrias pelo modelo da manufatura enxuta, percebe-se frustração nas empresas ocidentais quando tentam implementá-las.

Até na literatura sobre o assunto, percebe-se a idéia de que modelos de gestão orientais não são aplicáveis nas indústrias ocidentais. O título “*TPM for Non Japanese Companies*” sobre o processo de gestão de ativos utilizado na Toyota – *Total Productive Maintenance*, de Hartmann, é sintomático. Nesta obra, o autor sugere que os aspectos culturais são relevantes para o sucesso na implementação de ditos sistemas.

“ *You cannot copy the Japanese, because many who have tried have not been very successful. You must be pragmatic and develop a program that works for you, in your environment, with your people*” (HARTMANN, 1992).

Spear e Bowen (1999) também abordam este tema. Segundo os autores, poucos fabricantes têm tido sucesso ao imitar o Sistema Toyota, apesar da empresa japonesa ter sido extraordinariamente aberta sobre suas práticas. “*Frustrados por sua inabilidade em replicar a performance da Toyota, muitos visitantes assumem que o segredo do sucesso da companhia deve repousar nas suas raízes culturais.*”

Estes autores contestam esta afirmação, argumentando que outras companhias japonesas como Nissan e Honda, instaladas no Japão, não têm conseguido os mesmos resultados da Toyota, enquanto que esta companhia tem tido sucesso também nas suas filiais no Ocidente, com funcionários ocidentais e em um ambiente ocidental.

## 1.1 Objetivos

Analisar o impacto da implementação de TPM na eficácia operacional da manufatura, em um ambiente baseado na filosofia de manufatura enxuta, e propor uma métrica para a medição desta eficácia, assim como a melhor forma de gerenciar esta métrica.

## 1.2 Delimitação do Estudo

O escopo deste trabalho está relacionado à área de manufatura, Especificamente em uma companhia de produtos de consumo para uso pessoal. A delimitação do estudo está ilustrada na Figura 1.

- Segmento da Empresa - Industrial de produtos para uso pessoal (higiene e cuidados),
- Porte da Empresa - Grande, multinacional líder em seu segmento,
- Foco do trabalho - Departamento de Produção,
- Escopo do trabalho - Eficácia Operacional,
- Fatores: Organizacional, estrutural e processos no ambiente de manufatura.

Os resultados alcançados não podem ser extrapolados a outros segmentos ou companhias sem os ajustes necessários à condição única de cada ambiente.

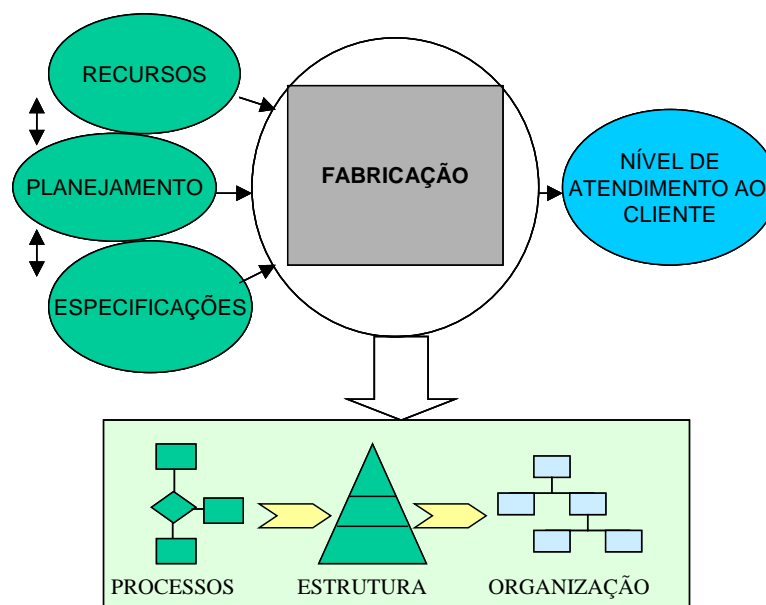


Figura 1 – Delimitação do Estudo  
Fonte - Autor

### 1.3 Relevância do Estudo

Este estudo é relevante, pois aborda a questão da eliminação de perdas em um ambiente onde a flexibilidade de produção é fator determinante na competitividade das empresas. Esta flexibilidade é afetada diretamente pelas perdas do processo de produção, o que pode levar à necessidade de estoques de segurança que têm impacto no custo de produção.

O apogeu da produção em massa se deu em 1955, quando a venda de veículos nos EUA superou 7 milhões de unidades. Ford, GM e Chrysler foram responsáveis por 95% do total. Seis modelos representavam 80% do total. Estes dados ilustram a liderança da indústria americana onde a produção em massa se desenvolveu. Também em 1955 foi o início da presença de companhias de outros países no mercado norte americano, aumentando a opção para o consumidor e iniciando a competição entre as companhias. A figura 2 mostra a participação das indústrias de propriedade Norte-Americana no Mercado Norte Americano de Automóveis (WOMACK, JONES E ROOS, 2004).

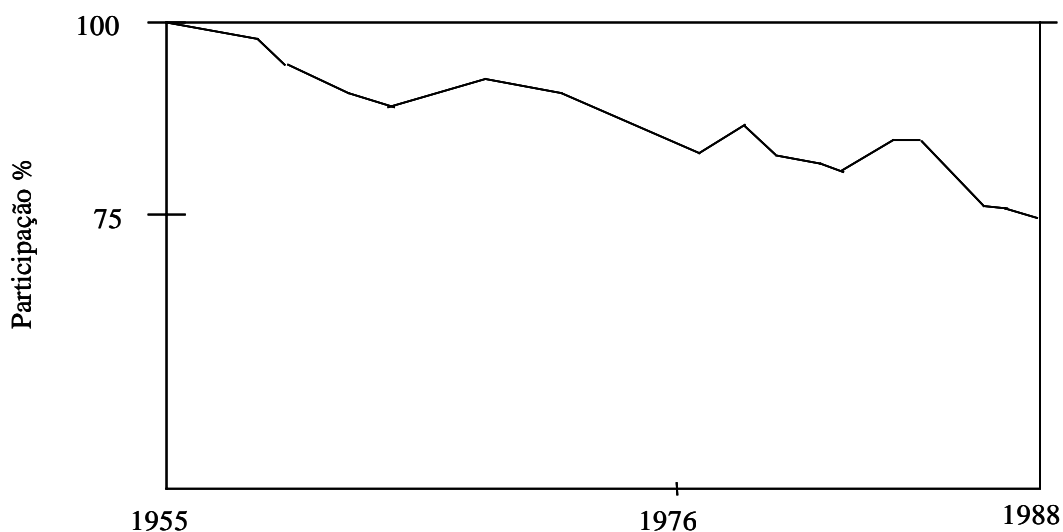


Figura 2 – Participação das Companhias de Propriedade Norte-Americana no Mercado Norte-Americano de Automóveis.

Fonte – WOMACK, JONES E ROOS (2004)

A entrada de novas companhias nos mercados acirrou a competição, levando ao aumento de modelos oferecidos aos consumidores. Este panorama tem impacto direto nos sistemas de manufatura, pois a flexibilidade na produção passa ter importância. Entre 1987 e 1998 o número de modelos da montadora Daimler Benz evoluiu de 7 para 15 (SEIDEL, LOCH e CHAHIL, 2004). A fusão de empresas possibilita o lançamento de mais produtos em menos tempo. A PSA (Citroen – Peugeot) por exemplo, entre 2001 e 2003 lançou 25 modelos de carros no mercado, sendo hoje a sexta maior companhia dentro do segmento (PATCHONG, LEMOINE E GILLES, 2003). Para sustentar esta dinâmica de inovação, as indústrias tiveram que abandonar o paradigma de altos volumes como estratégia de manufatura.

Magee (1977) considerou a função de estoque como necessária para compensar os tempos das operações de produção, ou estoque necessário, porque leva tempo para transportar o material de um lado para outro. Os estoques de segurança são necessários para absorver as variações inesperadas que ocorrem na procura e na operação do sistema. O estoque de segurança age como pára-choque. Na mesma obra o autor discorre sobre os custos adicionais do armazenamento quando existe variedade de produtos.

Nesta época, o inventário ainda era considerado uma necessidade para a indústria ocidental. A Figura 3 ilustra este paradigma, apresentando um aumento de estoque quando a diversidade de produtos aumenta.

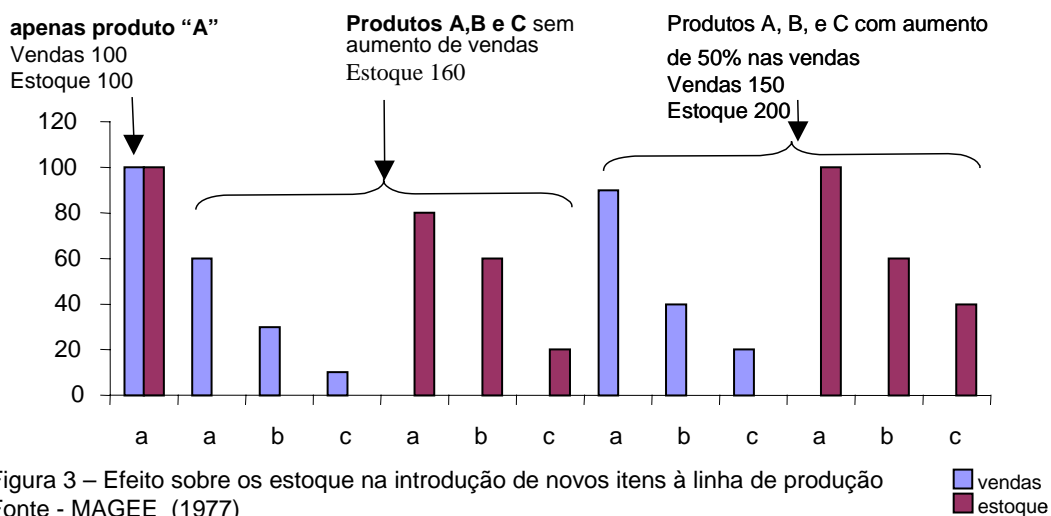


Figura 3 – Efeito sobre os estoques na introdução de novos itens à linha de produção  
Fonte - MAGEE (1977)

Christopher (1982) reafirma o conceito japonês de estoque como tradução de desperdícios e perdas. Na obra, o autor descreve que o princípio básico do JIT - Just-in-Time, é assegurar que todos os elementos da cadeia de produção estejam sincronizados, prevenindo perdas e assim eliminando a necessidade de estoque, contrariando assim o paradigma da necessidade de estoque.

A redução no ciclo de vida dos produtos mostra que o mercado mudou. As primeiras máquinas de escrever (mecânicas) tinham um ciclo de vida de 30 anos. A geração de máquinas elétricas reduziu este ciclo para 10 anos. As eletrônicas encurtaram ainda mais este ciclo – para 5 anos. Os modernos processadores de textos têm um ciclo de vida de 1 ano ou menos. Isso ocorre em todos os segmentos. Este fenômeno justifica também o fato de que os distribuidores não aceitam mais manter grandes estoques.

As empresas japonesas, entre 1982 e 1990, passaram de 47 para 87 modelos de automóveis. No mesmo período, as empresas americanas conseguiram aumentar de 36 para 53 modelos o seu catálogo de produtos. Nas empresas japonesas, o tempo médio que um produto fica em produção é de 1,5 a 2 anos enquanto que nos EUA este tempo é de 4,7 anos (WOMACK, JONES E ROOS, 2004).

Estas mudanças no mercado levaram as indústrias a aderir ao modelo de manufatura enxuta, mas a inexistência de estoques de segurança cria necessidades dentro do ambiente industrial.

Dentro do conceito de Kanban, se uma linha de produção não cumprir os requisitos do fluxo, como tempo de produção ou qualidade do produto, por conta de problemas de manutenção ou operação, isso realmente traria sérios problemas (OHNO, 1988).

Uma estratégia de baixos estoques e alta variedade de produtos exige uma linha de produção altamente confiável. A interrupção da produção põe em risco o atendimento ao cliente. Segundo Molbray (2000), a partir dos anos 70 uma nova expectativa foi gerada no ambiente produtivo, relacionada a novos índices de confiabilidade.

#### 1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, estruturados da seguinte forma, representado na Figura 4:

- **Capítulo 1:** Introdução ao tema escolhido que compreende: introdução, objetivos, delimitação e relevância.
- **Capítulo 2:** Revisão da literatura procura conceituar os processos presentes no contexto estudado.
- **Capítulo 3:** Procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do estudo, estratégias de pesquisa e o contexto onde se localiza o estudo de caso.
- **Capítulo 4:** Discussão sobre o trabalho, onde os resultados relevantes e processos relacionados são analisados
- **Capítulo 5:** Conclusões e sugestões para estudos complementares.

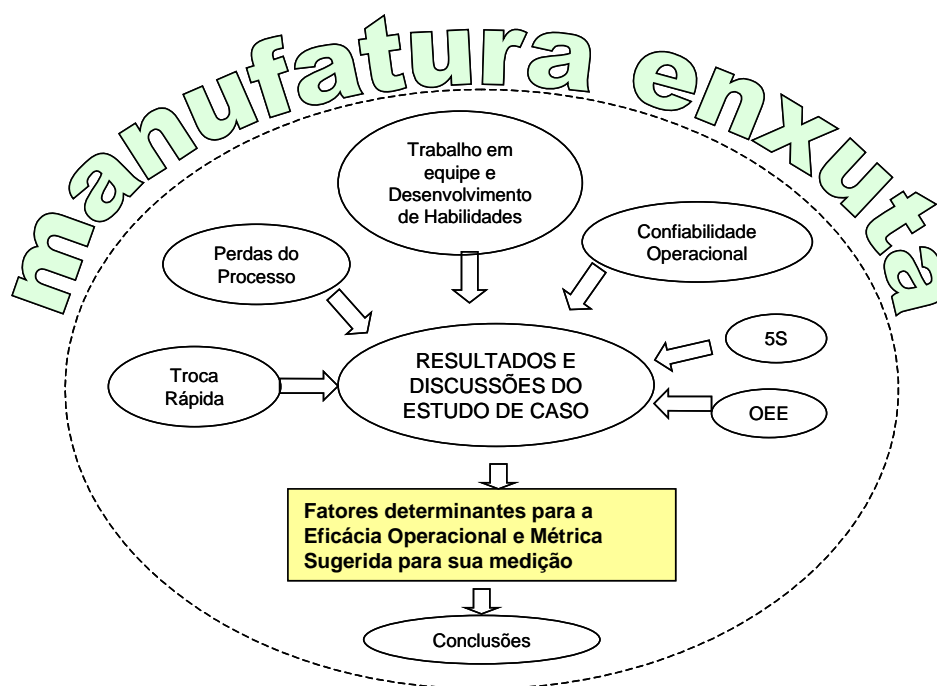


Figura 4 Contexto e estrutura do Estudo  
Fonte - Autor

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Manufatura enxuta

Para definir o que é Manufatura Enxuta, é necessário percorrer rapidamente a evolução do sistema de produção na Indústria Automobilística.

No final do século XVIII, a Europa tinha várias companhias que construía carros. Estes produtos, sob encomenda, eram fabricados de forma artesanal. Isso significa que dois carros não eram iguais entre si. O tempo de fabricação era longo e a força de trabalho tinha que ser altamente qualificada. Como o automóvel era um produto destinado a uma classe rica, o preço não importava para o comprador, assim o custo operacional não era relevante para o fabricante (WOMACK, JONES E ROOS, 2004).

Após a primeira grande guerra, nos EUA, a indústria evoluiu para a produção em massa e então as fábricas artesanais na Europa ficaram em segundo plano. Isso se iniciou em 1908, com o famoso modelo T desenvolvido por Henry Ford. O segredo da produção em massa não estava na linha de montagem em movimento – como muitas pessoas acreditavam, e sim na padronização de peças e tarefas. A linha de montagem móvel foi acrescentada posteriormente para eliminar o movimento dos trabalhadores.

A Tabela 2 mostra o grande impacto que este processo teve na produtividade.

Tabela 2 - Evolução da produção artesanal para produção em massa

<b>MINUTOS PARA MONTAR</b>	<b>PRODUÇÃO ARTESANAL TARDIA - 1913</b>	<b>PRODUÇÃO EM MASSA - 1914</b>
MOTOR	594	226
GERADOR	20	5
EIXO	150	26,5
TOTAL	764	257,5

Fonte - WOMACK, JONES E ROOS (2004)

Obviamente o custo por automóvel diminuía com a quantidade produzida e então este processo de fabricação tornou o produto acessível à classe trabalhadora, o que significou um mercado imenso para a incipiente indústria, legitimando o processo de produção instituído por Henry Ford. Este processo de linha de montagem foi desenvolvido em 3 etapas.

- O trabalhador montava praticamente todo o carro em plataformas de montagem. Aqui ainda se observava traços da era artesanal.
- O trabalhador se movimentava em direção aos carros estacionados em linha. Aqui, com o desenvolvimento de materiais e melhoria dimensional, o trabalho era muito pouco artesanal.
- A linha de montagem se movimentava, passando o automóvel pelos trabalhadores, que executavam tarefas específicas. Este modelo persiste até hoje, de uma forma geral.

A adesão dos outros fabricantes, inclusive na Europa, a este modelo de produção foi o início dos problemas na indústria. Maior quantidade de companhias representa mais produtos, e com variedade. Isso, aliado às condições econômicas após 1973, que reduziu as alternativas de emprego, causou uma estagnação no mercado que poderia persistir não fosse o aparecimento da nova indústria japonesa (**WOMACK, JONES E ROOS**, 2004).

No Japão as coisas não foram diferentes. Em 1974, embora a economia do Japão tinha colapsado e muitas companhias estavam sofrendo a recessão e a crise do petróleo, na Toyota, mesmo com a redução nos lucros, os ganhos nos anos de 1975, 1976 e 1977 foram maiores que nas outras companhias. O diferencial desta companhia foi produzir muitos modelos em pequenos lotes. Eliminar perdas pela adoção do JIT que, em última análise, é a eliminação de estoques desnecessários (**OHNO**, 1988).

Este sistema, chamado Sistema Toyota de Produção, e no ocidente conhecido como Lean, iniciou-se após a Segunda Grande Guerra.

Mas segundo Liker (1998), apud Womack, Henry Ford foi o primeiro “*Lean Thinker*” da indústria. A revitalização da unidade Highland Park, Detroit, em 1914 que, além de possuir linha de montagem em fluxo contínuo, fabricava componentes em processos seqüenciais com um pequeno estoque de semi-acabados.

O problema é que Ford projetou o processo baseado em condições muito especiais, como alto volume de produção, sem variedade de produtos, possibilitando linhas dedicadas.

Quando em 1920 estas bases mostraram-se errôneas, e a demanda variável tornou-se uma realidade, Ford mudou não a linha de produtos, mas, de forma equivocada, a estrutura do complexo de New Rouge em Detroit. Rearranjou suas linhas e células de processo. Instituiu o

sistema de “empurrar” para o processo seguinte de forma que a variação de demanda terminou por criar vastos estoques de produtos acabados que, por sua vez, eram empurrados para a cadeia de revendedores (**LIKER**, 1998).

Taichii Ohno explica que, na indústria de Ford, a cadeia de produção, com velocidade fixa, despejava semi-acabados para o processo seguinte em um fluxo contínuo, “empurrando” a linha de produção até o distribuidor, o que ainda hoje pode ser percebido em muitas companhias.

Como Ford, o Sistema Toyota é baseado no fluxo de trabalho. A diferença é que, enquanto no sistema Ford se gerenciava o inventário de peças para garantir continuidade, na Toyota eles eliminaram o inventário de peças (**OHNO**, 1988).

Eijii Toyoda estudou por 3 meses o sistema Ford no complexo de Rouge. Utilizou aquele mesmo processo automatizado no Japão, mas estudando todas as perdas que exigiam estoques de segurança nas diversas fases do processo e melhorando a qualidade em cada operação, o que gerou uma redução drástica nos custos (**HENDERSON e LARCO**, 2000).

Na mesma obra o autor descreve os pontos fundamentais da metodologia Lean:

- Uma organização Lean é excepcionalmente limpa, segura e organizada.
- A produção é JIT – Just-in-Time e apenas de acordo com a demanda do cliente. Inventários podem ser necessários, mas são indesejáveis e tratados como perdas.
- Qualidade do produto em alto nível de excelência. Preferivelmente Six Sigma - 3,4 PPM. (partes por milhão de defeitos)
- Equipes de trabalho com forte poder de decisão. Poucos níveis hierárquicos.
- Gerenciamento através de quadros de gestão à vista. *Dashboards* são comuns e oportunos à célula correspondente. Há visibilidade na *performance*.
- Busca incessante da perfeição. Em todos os níveis há a cultura de melhoria contínua.

John Y. Shook, que trabalhou 11 anos como engenheiro na Toyota no Japão, define o processo de manufatura enxuta em 8 lições (**LIKER**, 1998):

- Aprenda fazendo. O processo deve ser conhecido nos seus mínimos detalhes.
- Economia de escala não deve ser a meta da indústria. Seus esforços devem ser na direção de eliminar perdas do processo.
- *Jidoka*. Sem tradução para o Inglês, pode ser entendido como “desenhar processos onde o ser humano não esteja atado ao equipamento”. Processo onde o trabalhador

tem que “vigiar” a operação é considerado aviltante. (quem está trabalhando para quem afinal? A máquina para o homem ou o homem para a máquina?)

- *JIT – Just-in-Time*. O material correto no tempo certo e na quantidade correta.
- *Heijunka* – Nivelamento da produção pelo volume e variedade.
- *Pull System, Kanban System* – Neste processo a cadeia de produção se torna um relacionamento entre cliente-fornecedor. Desta forma o fluxo está garantido e é produzido apenas o que o cliente quer. Kanban significa sinal, e é a resposta simples a um complexo receituário de processos computadorizados que além de caros não torna o processo visível a quem o administra.
- *One Piece Flow* - A garantia de tempos reduzidos de entrega com o mínimo de operações é One Piece Flow. Obviamente essa política leva a necessidade como troca rápida e equipamentos posicionados em fluxo direto.
- *Takt Time* – O elemento final. É a ferramenta que conecta a produção ao cliente. Ou o fornecedor ao cliente. É baseado na demanda necessária por unidade de tempo. Se a demanda média é 1 produto final por 0,5 segundos, a produção deve ser de 1 produto a cada 0,5 segundos. Toda a cadeia será então dimensionada baseada neste ideal.

Conhecer estes elementos não garante sucesso na implementação de um sistema Lean, pois a transição de um sistema de produção onde “apagar incêndios” é a rotina diária, exige disciplina e método.

Thomas Y. Choi pesquisou durante 2 anos, 7 companhias que formaram um grupo de implantação do processo em Michigan (**LIKER**, 1998).

Um dos erros capitais, observado em uma das empresas, foi encarar a metodologia e todo o sistema como ferramentas para resolver problemas técnicos específicos.

Outro engano foi instituir um programa de contratação de novos funcionários com a participação dos times de trabalho. De fato, a decisão de contratação estava sempre com os gerentes, o que desapontou os funcionários. Basicamente a idéia era instituir uma forte autonomia aos times de trabalho. A definição do nível de autonomia deve ser cuidadosamente analisada.

Outra companhia formou uma força tarefa composta de gerentes para instituir trabalho padronizado nas operações de produção. A justificativa para não incluir operários da linha foi "Necessitamos antes dar propriedade aos gerentes sobre este processo". O grupo não progrediu. Desfez-se por falta de ação. Outro grupo formou um time de implementação

iniciando com a disseminação de um programa 5S, além de outras medidas relacionadas a melhorias específicas. Neste caso, foi formado um grupo de implementação sem o cuidado de formar equipes semi-autônomas.

Este grupo deixou a companhia e levou com eles toda a energia necessária para a implementação do processo. O programa foi rotulado como uma aventura que terminou em fiasco. O programa 5S limitou-se à contratação de faxineiros para a planta (**LIKER, 1998**).

As fases principais para a implementação podem ser reduzidas a 4:

- Mapeie seu processo.
- Implemente 5 S.
- Organize e implemente fluxo contínuo.
- Implemente Kanban.

Um estudo realizado no MIT Aeroespacial Production (**CRABILL ET AL., 2000**) propõe uma seqüência de ações para a implementação do processo. Iniciar um novo empreendimento já com a filosofia de manufatura enxuta, seria mais fácil que transformar uma empresa tradicional. As fases iniciais tratam do Gerenciamento da Mudança, Plano Estratégico e Definição do Valor da nova abordagem para o cliente. Esta é a fase da preparação, onde a importância do papel da alta direção é traduzida por ações claras e objetivas. As fases subseqüentes compreendem a implementação das ferramentas específicas como: Mapa de Fluxo de Valor, *Takttime*, Kanban, e outras.

Liker (1998) recomenda um processo de implantação em fases. Implementar as peças de um sistema de uma só vez pode trazer benefícios limitados ou fracassar, já que algumas condições importantes deveriam estar presentes para que as ferramentas da metodologia tenham sucesso. Principalmente em uma operação já existente, é necessário desenvolver um processo para implementação da manufatura enxuta. Um processo de implementação desenhado para seus específicos objetivos. As 5 fases recomendadas pelo autor são:

- Estabilidade.
- Fluxo contínuo.
- Produção sincronizada.
- Sistema puxado.
- Produção nivelada.

Nos dois planos de ação citados, nota-se uma preocupação com a estabilidade antes do fluxo contínuo. Um dos obstáculos encontrados na jornada para um processo de manufatura enxuta são os transtornos causados durante a implantação do fluxo contínuo e JIT. Com todos os processos conectados em um fluxo contínuo, e sem pulmões para garantir continuidade, os problemas de produção já assimilados por uma cultura ultrapassada não podem mais ocorrer (HENDERSON e LARCO, 2000).

## 2.2 Mapa do Fluxo de Valor

Este termo foi cunhado pelo Lean Enterprise Institute, uma organização de pesquisa norte americana para difundir os princípios da manufatura enxuta.

Os autores Rother e Shook (1999) lembram a necessidade de um fluxo de produção com conceitos e técnicas Lean. Os autores, enquanto estudavam os princípios de implementação do sistema Toyota de produção, perceberam que a prática de mapear o processo tinha potencial para se tornar uma ferramenta. Segundo os autores, na Toyota este método é chamado “Mapa do fluxo de informação e materiais”. Não é usado como material de treinamento, mas sim como meio para desenvolver planos para o estado futuro da área de manufatura.

Deming (1989) apresenta um fluxo onde a produção é vista como sistema, apresentado em agosto de 1950 em uma conferência em Mont Hakone – Japão. Tal fluxo é apresentado na Figura 5 e mostra que a melhoria de qualidade envolve todo o processo, desde a entrada de materiais até o redesenho de produtos e serviços para o futuro.

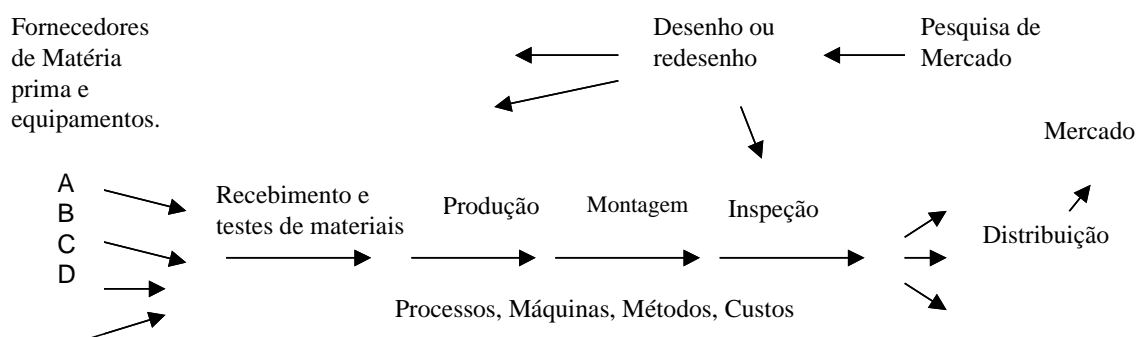


Figura 5 – Produção vista como sistema  
Fonte - DEMING (1989)

A mesma idéia e propósito deste desenho de 1950 podem ser identificados no modelo de mapa de fluxo de valor da Figura 6, considerada uma ferramenta importante para mapear o fluxo dos processos no sistema Lean.

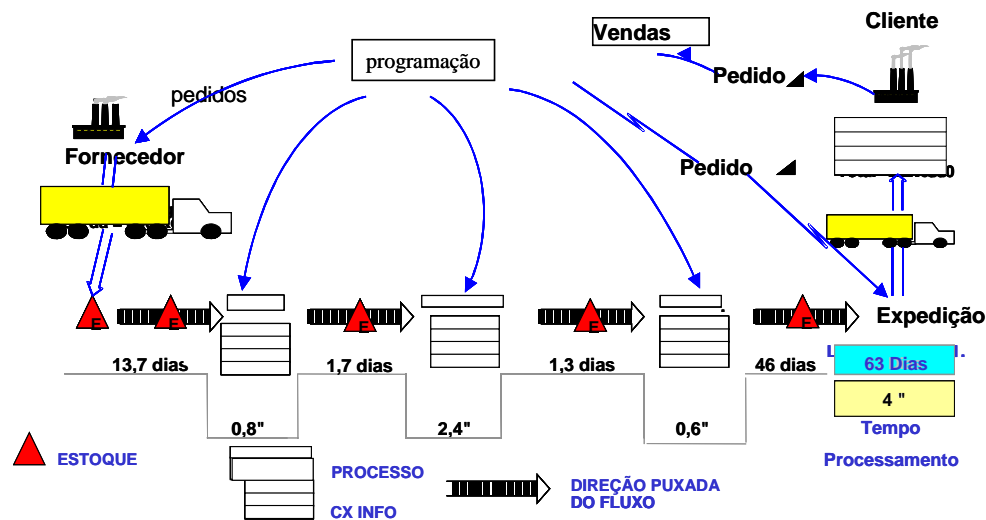


Figura 6 - Modelo de Mapa de fluxo de valor.  
Fonte - ROTHER, MIKE AND SHOOK (1999)

Os benefícios do modelo de Mapa de Fluxo de Valor são os seguintes (**ROTHER e SHOOK, 1999**):

- Visibilidade para o fluxo e não de processos separados.
- Visibilidade para as perdas e suas fontes.
- Padroniza a comunicação na manufatura.
- Forma a base para a implementação do sistema Lean.
- Mostra a conexão entre o fluxo de informação e materiais.
- Pode ser utilizado como base para melhoria contínua.

O mapa atual, como mostrado na Figura 6, identifica os processos, suas saídas e suas perdas atuais, como por exemplo, o tempo de processamento em um estágio específico, suas indisponibilidades como o tempo para manutenção e troca de produtos.

Neste estágio, o importante é o mapeamento do fluxo, o tempo de ciclo real para a produção que atenda o fluxo da demanda (*takt time*), visibilidade dos processos e suas perdas. Os tempos de ciclo para cada processo e suas perdas devem ser traduzidos em quantidade de produtos que representarão os inventários que garantem o fluxo e o atendimento ao cliente.

Pode-se dimensionar o inventário da última fase, que representa o produto final, por tipo de perda. Isso é, se manutenção corretiva representa X produtos, X produtos será a

parcela de inventário relacionado a esta perda. Assim, a redução desta perda imediatamente refletirá na redução de inventário. Da mesma forma a redução no tempo de ciclo impactarão positivamente no inventário (**ROTHER e SHOOK**, 1999).

O propósito deste mapa é então dar visibilidade às fontes de perdas do processo, para permitir o processo de melhoria contínua, com o objetivo final de construir uma cadeia de produção onde os processos individuais sejam conectados aos seus clientes com um fluxo contínuo, e que cada processo gere o mais próximo possível o que o cliente necessita e quando necessita.

### 2.3 Troca Rápida

Considerando a produção flexível em pequenos lotes, o processo de *set-up*, preparação da máquina para fabricar outro produto, tem papel fundamental para a continuidade do fluxo de produção.

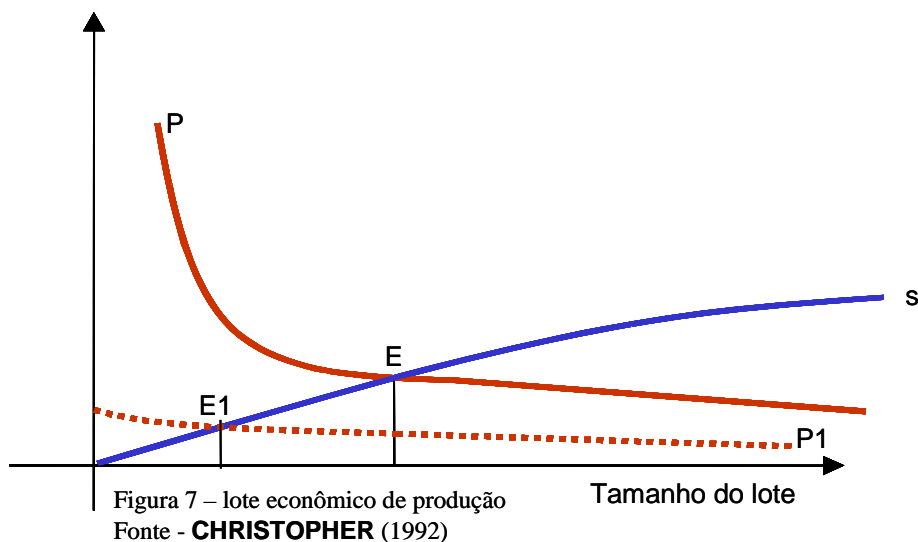
Shingo (2003) criou o sistema SMED (*Single Minute Exchange Die*), troca de produtos em tempo de apenas um dígito – minutos, e, em seu livro, o autor lembra que, no passado, estoques eram criados para compensar as perdas por defeitos dos produtos gerados durante uma troca de produtos no processo.

Outra prática, em algumas indústrias, é diminuir a variedade de produtos para evitar os problemas com a troca de processo. Para isso, apóia-se na teoria do lote econômico de produção baseada na crença de que uma diversidade de produtos exige investimentos em linhas de produção, já que vários produtos por linha acarretam muitas atividades para a troca de produto, diminuindo a disponibilidade dos ativos para produção (**CHRISTOPHER**, 1992). A Figura 7 apresenta esta teoria onde:

- **S** representa o custo de armazenagem (manteve o tamanho do lote e aumentou a diversidade).
- **P** representa o impacto da quantidade de trocas de produtos (inverso ao tamanho do lote), impacto este na indisponibilidade ou no custo de capital para novos ativos.
- **P1** representa o impacto da troca de produtos levando em consideração que a duração foi minimizada com ações de melhoria.
- **E** representa o tamanho de lote para cada produto a ser fabricado na mesma linha.
- **E1** representa o tamanho de lote ideal após as ações de melhoria no tempo de troca.

Esta teoria conclui que não é possível aumentar a variedade de produtos, sem investimentos em novos ativos para compensar o tempo improdutivo causado pelo tempo de troca de ferramentas, ajustes e outros, durante a entrada de um novo produto na linha de produção. Desta forma a flexibilidade da linha de produção fica condicionada ao aumento de estoques por causa do tamanho de lote ideal que reduza a quantidade de trocas.

Esta teoria não leva em consideração que o tempo de troca pode ser reduzido. Se os tempos improdutivos fossem reduzidos com projetos de melhoria, o impacto da troca seria reduzido, e assim o tamanho de lote produzido poderia ser menor, aumentando a flexibilidade da linha de produção para atender apenas a demanda gerada pelo cliente, sem a necessidade de estoques (**CHRISTOPHER**, 1992).



O fato do aumento na variedade dos produtos não significa que a quantidade total de produtos cresce na mesma proporção. Desta forma, para atender a demanda é necessário eliminar o tempo de troca de produtos e, com a mesma linha de produção, fabricar uma gama de modelos, condição essencial para atender uma demanda dinâmica (**SUSAKI**, 1987).

Nos anos 50, quando a produção nivelada foi implementada na Toyota, o tempo de troca de produto foi reduzido substancialmente, em alguns casos chegando a um total de 15 minutos. Troca de produto sempre foi considerada um elemento que reduz eficiência e aumenta custos. Este paradigma tem que ser quebrado, pois esta atividade é necessária e uma oportunidade de melhoria no fluxo (**OHNO**, 1988).

A troca de produto se inicia quando a produção de um produto é completada e termina quando o próximo produto a ser produzido na mesma linha está dentro dos requisitos de qualidade.

Em outras palavras, inclui a remoção do equipamento de ferramentas e componentes utilizados para a fabricação do produto anterior, a montagem dos novos mecanismos que produzirão o produto entrante, os ajustes necessários, testes e aprovação da qualidade especificada (NAKAJIMA, 1982).

Segundo Shingo (2003), o processo de troca de produto e a redução no tempo de duração, devem seguir os seguintes passos:

- Atividade Externa: Composto por tarefas que podem ser executadas com a linha de produção trabalhando.
- Atividade Interna: Tarefas que necessitam de parada da máquina. Contemplam a montagem de conjuntos, ferramentas etc..
- Ajustes: Etapa de ajustar o produto entrante.
- Transforme as atividades internas para atividades externas. Para isso, conjuntos reservas, mecanismos e outros projetos são requeridos.
- Implemente operações em paralelo nas atividades internas.
- Minimize o impacto de sistemas de fixação para mecanismos nas atividades internas.

Como a etapa de ajuste após a montagem representa a parte mais crítica na troca de produto, o grande objetivo então é eliminar esta necessidade.

Enquanto os ajustes forem feitos baseados na intuição, testes são necessários em cada operação, e isso leva a perda de tempo e produtos. Os ajustes devem ser eliminados pela definição de parâmetros e assim se tornarão uma atividade interna. A simplificação e padronização das atividades relacionadas à troca de produto, além da organização da área, melhoram significativamente a segurança no trabalho, além de diminuir a necessidade de trabalhadores muito especializados para a operação (SHINGO, 2003).

O processo de troca de produto é relevante para a manufatura e uma estratégia para esta atividade deve ser implementada levando em consideração as 3 dimensões da troca rápida: atividades externas, internas e os ajustes. A inclusão deste tema durante o projeto do equipamento de produção e do produto deve ser encorajada.

## 2.4 5S

Limpeza e organização da área de trabalho pode não ser um tema atraente para um grande número de pessoas nas organizações e quem já tentou praticar esta disciplina encontrou muitas dificuldades para mantê-la. Praticando o princípio “um lugar para tudo, e tudo no seu devido lugar”, o senso de operação padrão é adquirido e a área de trabalho passa a ser organizada, limpa e saudável. Pessoas que têm orgulho de seu local de trabalho estarão mais próximas de produzir produtos de alta qualidade.

Estes são os princípios básicos e deveriam estar entre os primeiros estágios que a alta direção toma para a melhoria das operações industriais, pois uma das formas mais fáceis de aferir a atitude de uma empresa em relação às atividades de melhoria contínua, é caminhar pela área de trabalho e observar.

O estado físico da área reflete a cultura dos empregados e a presença da administração, e é o melhor indicador de qualquer relatório financeiro. O nível de excelência de uma área está relacionado com o nível de qualidade dos produtos, o número de quebras de máquinas, nível de inventário, nível de absenteísmo e outras perdas.

Organização do trabalho e da área tem uma justificativa econômica, pois afetam a eficiência da operação, tempo para buscar peças e materiais, ferramentas e outros artigos necessários longe do local de aplicação são exemplos de problemas causados pela má organização (SUSAKI, 1987).

O valor da segurança, ordem e limpeza nas áreas de trabalho é subestimado. Na Toyota considera-se que de 25 a 30% dos problemas de defeitos em produção estão relacionados a estes itens, além do aspecto subjetivo que representa a moral dos empregados quando trabalhando em um ambiente agradável e seguro. O sistema 5S da Toyota é um processo de educação onde os praticantes aprendem fazendo os seguintes princípios essenciais:

- Senso de Utilização (Seiri) – Na área de trabalho deve estar o que é necessário. A aplicação deste senso, apesar de parecer fácil e óbvia, é a tarefa de se despojar de coisas velhas, de valores sentimentais. Tudo é guardado porque “pode ser necessário”.
- Senso de Organização (Seiton) – O que restou da aplicação do primeiro senso deve ser organizado de forma que sua utilização seja facilitada.
- Senso de Limpeza (Seiso) – A área de trabalho, periféricos, máquinas e outros ativos devem estar imaculadamente limpos.

- Senso de padronização (Seiketsu) – Fazer das práticas anteriores uma rotina do dia-a-dia, não pode ser um evento. Procedimentos e outras ferramentas são então implementados.
- Senso de Disciplina (Shitsuke) - Compromisso com os 4 sentidos anteriores e sistema de melhoria contínua (**HENDERSON e LARCO, 2000**).

Thomas Y. Choi formou um grupo de pesquisa chamado CIUG (*Continuous Improvement Users Group*) para avaliar o impacto das técnicas de melhoria na implementação de um processo integrado de melhoria contínua. O grupo foi fundado em 1990 em Michigan, e, de 1990 a 1992, foram acompanhadas 7 companhias que estavam implementando processos de melhoria contínua com vistas a Lean Manufacturing.

Foi elaborada uma tabela, produto desta pesquisa, onde consultores independentes classificaram as companhias que melhor implementaram o processo de melhoria contínua, ou seja, a implementação que teve o maior impacto na empresa, e as práticas-chaves que ajudaram este desenvolvimento. Na empresa classificada em primeiro lugar, das 6 práticas-chaves identificadas, 3 estavam diretamente relacionadas ao programa 5S. O sucesso deste programa residiu, nesta companhia, à participação total e ao processo de reconhecimento relacionado. Como esta companhia não focou todo o fluxo de trabalho, os ganhos de produtividade foram poucos – por volta de 4%. Mas os índices de rejeição de materiais em processo foram reduzidos em dois terços (**LIKER, 1998**).

Introduzir fluxo contínuo e produção sincronizada com a demanda facilita a implementação do 5S. Aplicar esforços em organizar uma área onde superprodução, inventário de semi-acabados, fluxos confusos e outras mazelas da produção para estoque (em massa) pode ser uma perda de tempo. Para que organizar e limpar algo que não deveria existir? (**LIKER, 1998**).

## 2.5 Perdas do Processo

Segundo Liker (1998), considera-se perda de processo tudo o que impede o fluxo contínuo do produto enquanto ele está sendo transformado na cadeia de valor. Isto significa produto onde é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária e é afetado por problemas de qualidade que impedem o fluxo, geram inventários, e tempo gasto em trânsito. A eliminação destas perdas significa "transformação em Lean"

Nakajima (1982), enumera as seis grandes perdas do processo produtivo:

- *Quebra de equipamento* são classificadas em perda de tempo – reduz a produtividade, e perda de produtos – causada por produtos defeituosos;
- *Trocas e perdas por ajustes* relacionado a perda de tempo por necessidade de troca de produtos;
- *Pequenas paradas em operação* relacionadas às interrupções da produção por problemas operacionais e de matéria-prima;
- *Queda da velocidade de produção* causada principalmente por falta de habilidade, matéria prima defeituosa e outros motivos operacionais;
- *Defeitos do produto e retrabalho*;
- *Perdas por reinício do processo*.

A superprodução é a mais importante fonte de perdas. Superprodução significa produzir mais, mais cedo ou mais rápido que o requerido pelo processo seguinte da cadeia. Não causa apenas inventário e capital paralisado, pois requer espaço, movimentação, controles, pessoas e equipamentos, retrabalhos, etc. (**ROTHER e SHOOK**, 1999).

Deming (1989) atesta que qualidade não é produzida na inspeção e sim no processo de produção, já que, quando o produto deixa a porta do fornecedor, é muito tarde para fazer algo com relação à qualidade.

Ohno (1988) considera que *capacidade é igual à perda mais trabalho* e enumera as 7 perdas da cadeia de produção:

- Produção não necessária;
- Perda de tempo por espera;
- Perda por transportes;
- Perda por processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentos;
- Perda por produtos defeituosos.

Em um processo JIT sem inventários extras, as perdas obrigatoriamente são eliminadas e assim a tendência é apenas atividades que agregam valor ao cliente sejam desempenhadas.

Womack (2004) concorda com o conceito de superprodução como cortina para as perdas, citando o exemplo da prensagem de elementos na Toyota no final da década de 50.

Com a necessidade de pequenos lotes de produtos, as etapas intermediárias do processo preocupavam-se muito mais com a qualidade das partes e do fluxo, já que as perdas ficavam evidentes (**WOMACK, JONES E ROOS**, 2004).

## 2.6 TPM - Total Productive Maintenance

Uma abordagem presente no TQM – Total Quality Management, implementado por companhias japonesas nos anos 70, além de propagar autonomia para os grupos de trabalho, sugere que trabalhadores da produção podem fazer o trabalho dos mecânicos e técnicos. Um dos objetivos do TPM era mover a manutenção preventiva de um organizado departamento de manutenção para o pessoal de produção e finalmente transferir toda a manutenção dos equipamentos produtivos para os grupos de produção.

Esta abordagem tem tido sucesso limitado na indústria por conta dos problemas de implantação, relacionados principalmente ao tema de treinamento (**BROWN**, 2004).

TPM é um programa que contempla 4 aspectos fundamentais de manutenção: Manutenção de rotina, preventiva, preditiva e imediata. É um programa que tem como único objetivo assegurar que não há tempo perdido por conta de mal função do equipamento (**HENDERSON e LARCO**, 2000).

Liker (1998) condiciona a implementação de TPM à eliminação de estoques. “Manter o fluxo de produção depende da disponibilidade do equipamento”. No Passado, a Ford programava produção enquanto as máquinas estivessem operando, e assim faziam inventário para garantir o fluxo quando a máquina estivesse inoperante por problemas relativos à manutenção. Sem equipamentos confiáveis, um sistema puxado, com muito pouco inventário poderá enfrentar problemas de continuidade.

FTPM – Ford Total Productive Maintenance foi um programa que estava em implementação antes de ser desenvolvido o Ford Production System. Infelizmente, é difícil motivar pessoas a praticar as disciplinas quando elas contam com um grande estoque para eliminar ameaças ao fluxo de produção. Redução de estoques e TPM caminham de mãos dadas (**LIKER**, 1998). Susaki (1987) ilustra o desenvolvimento de TPM em 4 fases onde:

A **fase 1** é o alicerce de TPM e compreende inspeção e limpeza diária do equipamento pelos operadores. Considera como atividade de envolvimento total dos empregados, com o intuito de atingir a mínima perda através de operações de manutenção. Segundo o autor, limpando e inspecionando o equipamento os operários vão adquirindo habilidades para detectar anormalidades, o que leva à consciência do valor de cuidar bem do equipamento. O

autor considera esta atividade importante para prevenir problemas de falhas em equipamentos causados por deterioração forçada. A evolução do processo nesta fase é ilustrada pela Figura 8. Para o autor, esta curva representa a distribuição dos tempos médios entre falhas em um equipamento, que são menores por conta da deterioração forçada decorrente da má operação.

**FASE 1**  
**Redução da variação no tempo médio entre falhas**  
**aumenta a confiabilidade**

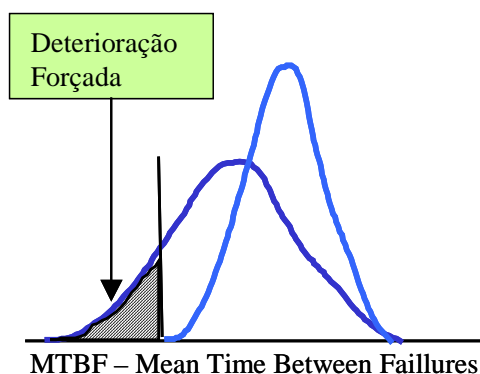


Figura 8 – Evolução do TPM – Fase 1  
 Fonte - **SUSAKI** (1987).

Na **fase 2**, sem deterioração forçada, apenas a deterioração natural está presente e a manutenção preventiva periódica traz resultados sólidos. Obviamente, as máquinas estão sendo operadas sob prescrições rígidas de limpeza, ajustes etc. e a manutenção preventiva aumenta o tempo médio entre falhas, como ilustrado na Figura 9.

**FASE 2**  
**Aumento do Tempo Médio entre Falhas**  
**aumenta tempo de vida**

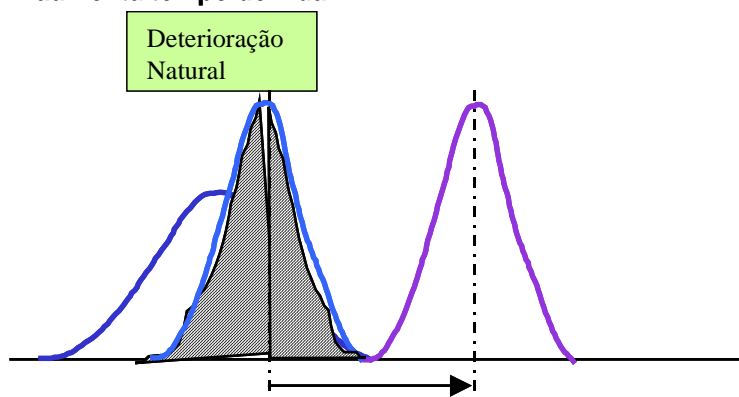


Figura 9.– Evolução do TPM – Fase 2  
 Fonte: **SUSAKI** (1987)

Na **fase 3**, mostrada na Figura 10, esforços para eliminar quebras emergenciais e manter a máquina na sua condição básica continuam com o aumento do conhecimento dos operadores, que, além de identificar anormalidades, também conseguem restaurá-las em alguns níveis. Mais importante é que o conhecimento do processo leva os operadores a evitar erros de operação que sejam danosos ao processo. Através de ações do departamento de manutenção, algumas partes do equipamento são redesenhadas para aumentar tempo de vida.

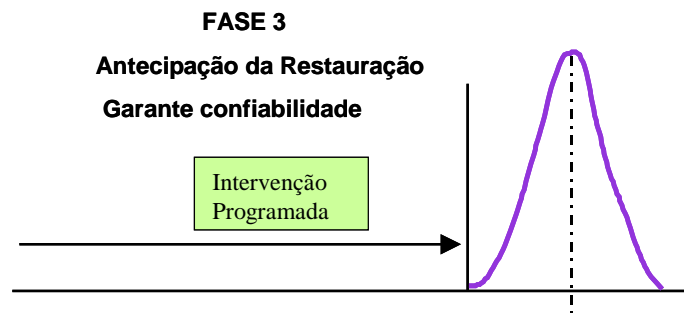


Figura 10 – Evolução do TPM – Fase 3

Fonte: **SUSAKI** (1987)

Se as fases anteriores forem bem aplicadas, um maior conhecimento do MTBF - Tempo Médio entre Falhas, do equipamento possibilita intervenções planejadas, assegurando confiabilidade de produção.

Na **fase 4**, ilustrado pela Figura 11, a manutenção baseada em condição é implementada. Para que técnicas de manutenção preditiva tenham efeito, é importante que as fases anteriores sejam implementadas e estejam em uso. Técnicas de diagnóstico só são efetivas quando as condições básicas estejam mantidas. Desta forma, com um conhecimento e domínio maior dos intervalos entre as quebras é possível prever a quebra e, a partir da análise segura da evolução da falha, determinar a intervenção planejada que maximize o uso do ativo.

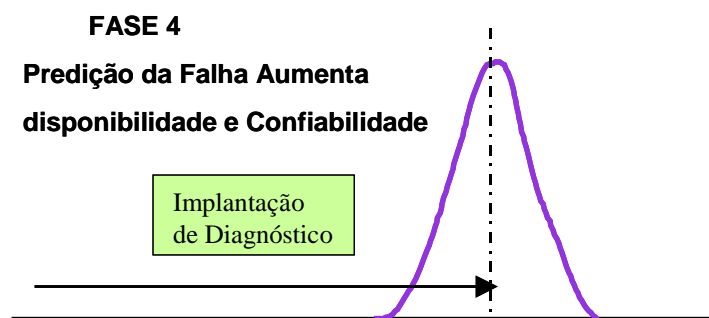


Figura 11 – Evolução de TPM – Fase 4

Fonte: **SUSAKI** (1987)

Falhas de equipamentos estão associadas à forma como pessoas se comportam, e se o processo não for alterado, falhas continuam a ocorrer. Operadores, mantenedores e outras pessoas envolvidas com operações devem entender seus papéis, interagir e trabalhar com sinergia (SUZAKI, 1987).

Hartman (1992) descreve TPM como uma ferramenta essencial para os resultados do *Just-In-Time*, redução do tempo de ciclo e redução dos tempos de troca de produto. O autor apresenta duas definições para o sistema. No Japão, é definido como “Manutenção Produtiva envolvendo total participação”, que além de maximizar a eficácia do equipamento e estabelecer um completo processo de Manutenção Preventiva, envolve todos empregados.

Para todos os autores citados, TPM é fortemente relacionado à manutenção do equipamento, apesar de algumas menções a outras funções como troca de produto. A abordagem Japonesa, apesar de se reportar também ao equipamento, aumenta o escopo do processo.

Segundo Shirose (1995), TPM, *Total Productive Maintenance*, é o conjunto de atividades para eliminação de quebras, defeitos e todas as perdas relacionadas a equipamento, gradualmente melhorar a eficácia, melhorar os lucros da companhia e criar um ambiente de trabalho motivador. As 6 grandes perdas enumeradas são: quebras, trocas de produto, espera e pequenas paradas, redução de velocidade de produção, defeitos e retrabalho.

Os princípios do sistema definidos pela JIPM (*Japan Institute Plant Maintenance*) a partir dos 2 objetivos principais, zero quebras e zero defeitos produzidos são 5 (NAKAJIMA, 1982):

- Aumentar o rendimento global do equipamento (disponibilidade, performance, qualidade).
- Desenvolver um processo de manutenção produtiva para a vida do equipamento.
- Envolver todos os departamentos que projetam, usam ou mantêm o equipamento.
- Envolver todos os empregados – de gerentes a operadores.
- Promover TPM através de Gerenciamento Motivacional – reconhecimento das atividades de pequenos grupos autônomos.

Os objetivos de TPM são implementados através das atividades de pequenos grupos que devem ser constantemente motivados por gerentes e trabalhadores. Estes pequenos grupos devem funcionar em todos os níveis da empresa, da alta direção à linha de produção. Líderes dos grupos são membros de grupos do próximo nível, de forma a conectar os diferentes

grupos de trabalho e fortalecer tanto a comunicação horizontal como a vertical. A Figura 12 ilustra esta estrutura.

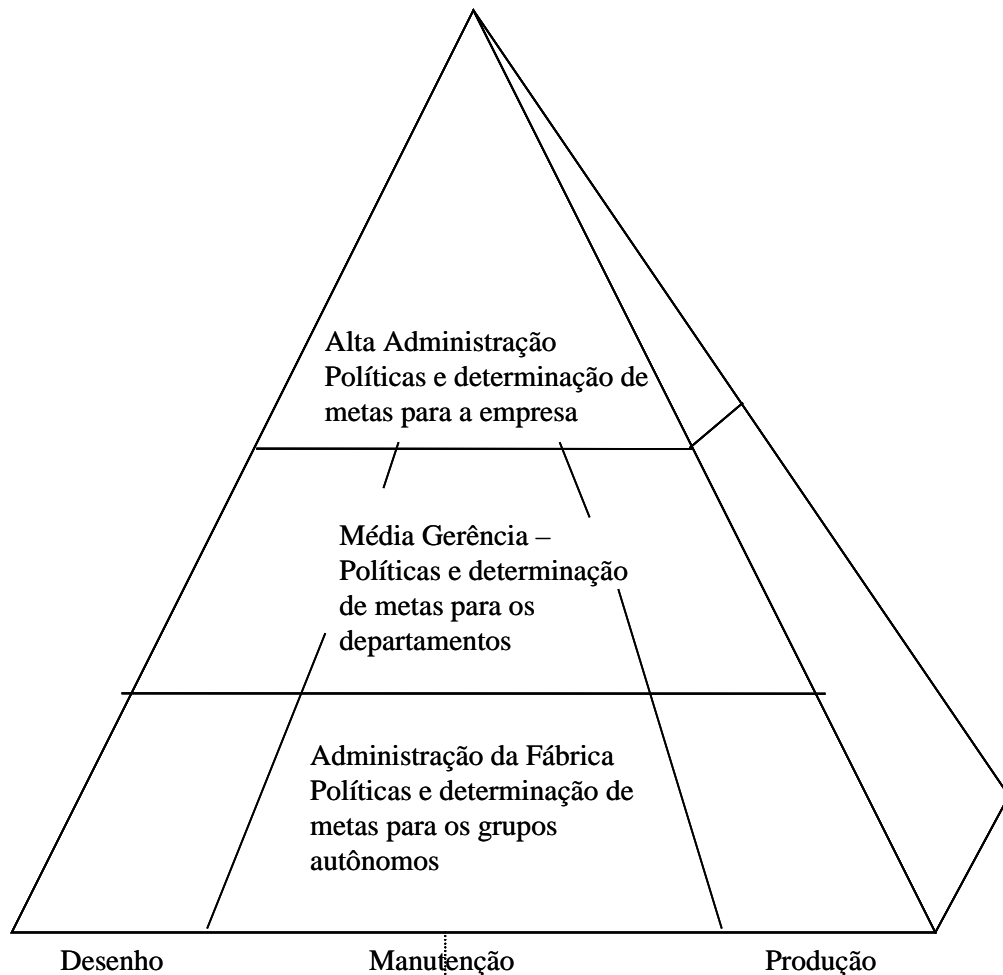


Figura 12 - Estrutura Promocional para TPM  
Fonte - NAKAJIMA (1982)

Existem requisitos mínimos para ter êxito na implantação de TPM:

- *Melhorar a eficácia do equipamento:* Times de projeto são formados por técnicos de manutenção, engenheiros de projeto e supervisores de produção. Equipamentos com perdas crônicas são identificados, preferivelmente equipamentos que podem ter melhorias significantes em um prazo de 3 meses. Cada time de projeto aborda uma das 6 grandes perdas presentes no processo escolhido.
- *Manutenção Autônoma por Operadores:* Peça chave no programa, este objetivo se caracteriza por uma mudança cultural na manutenção e na produção. A meta final é incorporar senso de propriedade nos operadores de forma que estes assimilem seu

papel crucial na manutenção do processo. Isso inclui eficácia, tempo de troca de produto, ajustes, 5S, segurança e não produção de defeitos (NAKAJIMA, 1982).

O relacionamento entre operadores e mantenedores é uma barreira para a implementação deste processo. Enquanto existir o paradigma “Eu opero, você conserta”, pouco resultado advirá deste processo. As atividades de manutenção não podem ser abordadas adequadamente apenas pelos mantenedores, e principalmente as atividades para manter as condições básicas devem ser executadas por aqueles que estão mais próximos do equipamento, os operadores. Estas atividades incluem a manutenção emergencial e a preventiva, sendo que lubrificação, identificação e restauração de inconveniências e outras atividades devem fazer parte do papel desempenhado pelo operador. Assim, treinamentos devem ser ministrados adequadamente, e o escopo do trabalho deve ser aumentado de forma planejada.

Por outro lado, os papéis desempenhados na função manutenção não devem ser confundidos com o papel desempenhado pelos operadores neste novo ambiente. Na prática o que ocorre é que com a virtual transferência de algumas atividades da manutenção para a operação, os mantenedores terão disponibilidade de tempo para melhorar a confiabilidade do equipamento. Este programa de desenvolvimento é formal, com metas de eficiência e eficácia determinadas tanto para o progresso do processo quanto para os resultados do negócio.

Os pontos importantes para a implementação da manutenção autônoma são:

- Educação e Treinamento – Oportuno para os diversos níveis da empresa.
- Envolvimento dos departamentos envolvidos – Produção, manutenção e engenharia.
- Formação de equipes de trabalho. A base do programa é o trabalho em equipe.
- Anunciar que manutenção autônoma não é trabalho voluntário. Educação e treinamento devem ser progressivos. Cada etapa da manutenção espontânea constrói as habilidades relacionadas. Isso deve ser gerenciado.
- Metas devem ser criadas para cada fase.
- Os operadores devem criar seus padrões de limpeza, lubrificação e inspeção. Eles devem desenvolver as habilidades para esta tarefa.
- Cada etapa deve ser certificada quando atingidas as metas estipuladas. A direção da empresa deve participar desta avaliação.
- Selecione áreas piloto (equipamento, partes, etc) para servir de modelo.

O programa de manutenção autônoma é composto por sete etapas:

- Limpeza Inicial
- Redução de fontes de sujeira e locais de difícil acesso
- Estabelecimento de padrões provisórios
- Inspeção geral
- Inspeção autônoma
- Padronização
- Gerenciamento autônomo

O Quadro 1 detalha as 4 primeiras etapas (NAKAJIMA, 1982).

Quadro 1 – Desenvolvimento da Manutenção Autônoma, passos 1 ao 4

ETAPA	ATIVIDADE	OBJETIVOS PARA O EQUIPAMENTO	OBJETIVOS PARA O OPERÁRIO	PAPEL DA LIDERANÇA
1 – Limpeza Inicial	Remover sujeira , contaminantes e partes sem uso do equipamento	Eliminar causas ambientais da deterioração forçada .(sujeiras pó para prevenir deterioração forçada)	Desenvolver interesse, orgulho e cuidados pelo equipamento através do contato freqüente.	Ensinar : controle de sujeira, deterioração e trabalhos relacionados e a importância de manter as condições básicas.
2–Reduzir fonte sujeira - facilitar acesso	Eliminar fontes de sujeira e locais de difícil acesso para inspeção	Aumentar confiabilidade inerente pela prevenção da acumulação de sujeiras e fortalecer a manutenibilidade	Aprender conceitos e técnicas de melhorias através da implementação de melhorias incrementais.	Atender prontamente as questões e as necessidades de recursos das equipes -Promover controles Visuais
3 – Padrões de Limpeza e Lubrificação	Definir padrões de limpeza, lubrificação e reaperto que possam ser facilmente cumpridos.	Manter condição básica do equipamento (atividades para prevenção de deterioração), limpeza lubrificação e reaperto	Entender a importância da manutenção através do exercício de definir e manter seus padrões .	Garantir conhecimento sobre conteúdo e forma de padrões de limpeza, Desenvolvimento de padrões de lubrificação
4 – Inspeção Geral	Conduzir treinamento em habilidades de inspeção. Encontrar e restaurar pequenas deteriorações. Modificar equipamento para facilitar inspeção	Inspeção visual da maior parte do equipamento. Restaurar deterioração. Fortalecer confiabilidade. Métodos para facilitar inspeção.	Conhecer e entender mecanismos, funções e critérios de inspeção. Adquirir habilidades para fazer pequenos reparos. Fortalecer habilidades de liderança	Preparação de Manuais de treinamento e “cases” para estudo. Ensinar tratamento de pequenas deteriorações. Envolver líderes de equipe a participar na programação da manutenção.

FONTE - NAKAJIMA (1982)

## 2.7 Trabalho em equipe e desenvolvimento de habilidades

Trabalho em equipe e capacitação são unanimidade entre os pesquisadores dos sistemas de produção.

Eboli (2004) em uma análise do desenvolvimento do processo de capacitação na indústria, cita a passagem da administração taylorista-fordista para a gestão flexível, em que, estruturas verticalizadas e centralizadas cedem lugar para estruturas horizontalizadas e amplamente descentralizadas. A rígida divisão entre trabalho mental e manual passa a ser eliminada, tarefas fragmentadas e padronizadas passam a ser integrais e complexas, exigindo, em todos os níveis organizacionais, pessoas com capacidade de pensar, decidir e executar simultaneamente. Na organização taylorista, trabalho repetitivo e reprodução do conhecimento eram suficientes para um bom resultado nos negócios em um ambiente estável externamente à empresa.

Contrária a isso, a tendência atual mostra a necessidade de um trabalhador preocupado com seu desenvolvimento, onde não só o desenvolvimento de habilidades específicas tem importância. Isso levou à evolução do conceito de Centros de Treinamento para Educação Corporativa, comparados a seguir no Quadro 2 (EBOLI, 2004).

Quadro 2- Mudança de Paradigma de centro de TD para universidade corporativa.

<b>MUDANÇA DE PARADIGMA</b>		
<b>CENTRO DE TREINAMENTO</b>		<b>EDUCAÇÃO CORPORATIVA</b>
Desenvolver Habilidades	<b>OBJETIVO</b>	Desenvolver Competências Críticas
Aprendizado Individual	<b>FOCO</b>	Aprendizado Organizacional
Tático	<b>ESCOPO</b>	Estratégico
Necessidades Individuais	<b>ÊNFASE</b>	Estratégia de Negócios
Interno	<b>PÚBLICO</b>	Interno e Externo
Espaço Real	<b>LOCAL</b>	Espaço Real e Virtual
Aumento das Habilidades	<b>RESULTADO</b>	Aumento de Competitividade

Fonte – EBOLI (2004)

As etapas básicas que a pesquisadora define para a concepção de uma Educação Corporativa, incluem:

- Envolver e comprometer a alta administração com o processo de aprendizagem.
- Definir o que é crítico para o sucesso.
- Realizar diagnóstico das competências críticas empresariais, organizacionais e humanas.
- Alinhar o sistema de educação às estratégias de negócios
- Criar um ambiente e uma rotina de trabalho propício à aprendizagem.
- Estabelecer um sistema eficaz de avaliação dos resultados obtidos com investimentos em treinamento (**EBOLI**, 2004).

Segundo Ohno (1988), trabalho e esportes têm muita coisa em comum, e no Japão, as competições esportivas são em muitos casos individuais, como se vê nas artes marciais. O autor afirma que não há verdadeiramente competição, mas sim “busca e estudo do caminho” de forma devotada. Isto é paralelo ao que ocorre no trabalho, já que a arte individual é altamente avaliada, mas a serviço dos resultados da equipe. Esportes competitivos foram incorporados ao Japão com a cultura ocidental. Na moderna indústria, a harmonia do indivíduo, trabalhando como um time, é mais procurada que a arte do artesão solitário.

Segundo Hartmann (1992), times de trabalho devem ser considerados como um conjunto de competências, desde análise de falhas até ajuste e programação de equipamentos de alta tecnologia. Os treinamentos devem ser oportunos de forma que todos terão um nível de competência e outras serão incorporadas à equipe na quantidade necessária (**HARTMANN**, 1992). Quando aborda times para projetos específicos de melhoria em operação, o autor diz que “Times de Melhoria Contínua” são organizados *usualmente de forma voluntária*, entre operadores de mesmas máquinas, grupo de máquinas ou área.

A flexibilidade é um fator importante para a formação do espírito de equipe. O processo de rotação entre tarefas, todos os trabalhadores do grupo adquirindo todas as competências necessárias ao ambiente, provê, além de flexibilidade na conciliação entre recursos e demanda, uma saudável competição entre os indivíduos por adquirir novas capacidades. O processo deve ser transparente e a recompensa deve ser considerada (**SUZAKI**, 1987).

Matthew Zayko, Walton H. Hancock e Douglas Broughman (**LIKER**, 1998), coordenaram a mudança de trabalho individual para times em células de produção e evidenciam os seguintes pontos:

**Envolvimento dos empregados** que viriam ser membros de times desde o início. Na fase de planejamento todos foram educados em conceitos de células de produção.

A **definição de líderes** únicos para vários times gerou problemas relacionado às expectativas dos funcionários. O líder era altamente qualificado para exercer as funções na célula onde ele era parte do time, e o papel de líder, como facilitador e coordenador para várias células, implementado após algum tempo exigia outras qualificações, o que não foi a princípio entendido por funcionários antigos que não aceitaram bem este novo funcionário. Após o êxito da implantação, a alta direção decidiu eliminar o papel de líder/facilitador entendendo que um novo padrão mental – trabalho autônomo e em grupo havia sido inserido no ambiente.

- **Como os líderes de time**, por deterem a melhor competência entre os membros tinham a expectativa de assumir uma nova posição de facilitador de processo, a alta direção definiu então que os líderes deveriam desenhar este papel de facilitador focado no trabalho em equipe, além de definir padrões de recompensa para todos os membros, baseado no caráter multifuncional adquirido com novas habilidades.
  - O treinamento dos times além de aspectos específicos das tarefas, incluiu o desenvolvimento pela própria equipe, de fluxos de produção e seus imperativos, procedimentos para as tarefas, controles visuais para a área de trabalho, aspectos de segurança e outros.
  - Após o treinamento e a validação do material desenvolvido pelo time, foi promovido treinamento cruzado entre os times de trabalho.

Os autores concluem que Melhoria Contínua baseada em esforços individuais é um mito, e a gerência deve reforçar que todo trabalho é em equipe, e os grupos devem ser estruturados (**LIKER**, 1998).

Scharmer (1996), *apud* Ikujiro Nonaka (1996), discutindo conceitos sobre a criação e manutenção do conhecimento propôs a seguinte estrutura para o conhecimento:

- Conhecimento tácito: contextual, pessoal e difícil de comunicar formalmente.
- Conhecimento específico: Transmissível através de linguagem formal.

Sem transformar conhecimento tácito em conhecimento explícito, o mesmo não pode ser compartilhado, sobretudo no ambiente de trabalho. Só através da interação entre conhecimento tácito e explícito, o conhecimento pessoal vem a ser conhecimento organizacional.

A interação entre os dois promove a conversão do conhecimento da seguinte maneira:

- **Socialização**, do conhecimento tácito individual para o conhecimento tácito de grupo.
- **Externalização**, do conhecimento tácito para o conhecimento explícito.
- **Combinação**, do conhecimento explícito desorganizado e separado para o conhecimento explícito sistêmico, e **Internalização**, do conhecimento explícito para o conhecimento tácito.
- **Socialização** é o processo de compartilhar experiências. Só é possível se houver estrutura direcionada para isso.
- **Externalização** é o processo de transformar conhecimento tácito em modo formal e transferível, através de metáforas comuns a quem dialoga.
- **Internalização** é a experiência de fazer.
- **Combinação** é sistematizar os conhecimentos explícitos que estejam desorganizados.

Segundo o autor, socialização é crucial. Sistemas que são orientados a times de trabalho têm maior probabilidade de sucesso no desenvolvimento de habilidades e conhecimento organizacional entre seus empregados. O Quadro 3 mostra esta dinâmica.

Quadro 3 - Criação do Conhecimento Organizacional

	Para conhecimento tácito	Para conhecimento explícito
A partir do conhecimento tácito	Socialização	Externalização
A partir do conhecimento explícito	Internalização	Combinação

Fonte - NONAKA (1996)

O compromisso dos empregados com qualidade cresce naturalmente quando os mesmos são envolvidos nas decisões que afetam seus trabalhos. Isso inclui configurar suas linhas de trabalho, além de selecionar e treinar novos membros para o grupo (FEIGENBAUM, 1983). Uma característica de uma organização Lean, são as equipes de trabalho com poder de decisão. Isso só pode ser possível com a eliminação de níveis hierárquicos que inibiriam o poder decisório da equipe. Parar uma linha com problemas ou

executar uma manutenção, decisões que a principio parecem fáceis, são difíceis em uma companhia com estrutura hierárquica muito rígida (HENDERSON e LARCO, 2000).

Dentro dos conceitos ocidentais de criação de organizações de alto desempenho através do trabalho em equipe, estas organizações diferem das tradicionais nos seguintes aspectos:

- Existem muitas oportunidades de aprender novas habilidades.
- O aprendizado é recompensado
- Pessoas são estimuladas a aprender o máximo possível sobre todos os aspectos da organização
- O treinamento em diversas áreas é a norma. Segundo Boyeth (1999) *apud* Kim (1993), nos estágios iniciais de vida de uma companhia aprendizado individual e organizacional são quase sinônimos. Como a organização é pequena, o compartilhamento de idéias e informações é freqüente, mas enquanto a empresa cresce, há um esforço para capturar este conhecimento em manuais, arquivos etc. Entretanto, mesmo nas companhias mais sistematizadas, grande parte deste conhecimento não é registrado, e assim permanece como uma memória tácita, coletiva, mas necessária na comunidade de trabalhadores.

Nakajima (1982) descreve a evolução de times de trabalho da seguinte forma:

- *Círculos de controle de qualidade 1962* – formados voluntariamente por tema para lidar com específicos problemas dentro do TQC. Em termos de teoria organizacional eles são organizações informais.
- *ZD Groups (Zero Defects Groups)* – 1965 – Iniciou nos EUA, como um meio de envolver todos os empregados individualmente na solução de problemas de entrega. São consideradas organizações formais.

As companhias japonesas importaram o conceito de ZD e incorporaram aos Círculos de Controle Qualidade. Estes grupos, no término do projeto escolhido, são reorganizados para o problema seguinte, que pode ser selecionado independentemente dos objetivos da gerência, apesar de que a mesma promove os objetivos para direcionar as prioridades. Isso é possível, pois os grupos são de natureza informal, trabalhando inclusive nas horas livres. Os Zero Defeito Grupos, por outro lado, devem escolher objetivos consistentes com os da companhia, pois são grupos formais, trabalhando em horas pagas e com a liderança da supervisão.

O departamento do governo americano, *Food and Drugs Administration*, FDA, que certifica as empresas manufatureiras nos EUA e nos países que exportam para os EUA, define as competências exigidas no ambiente industrial, da seguinte forma:

- Educação – Nível escolar – Grau de instrução
- Experiência – Vivência anterior em ambientes de trabalho
- Treinamento- Treinamentos específicos relacionados
- Habilidades – Capacidade de executar a tarefa

Estas exigências são definidas a nível individual, e estão relacionadas à função que será exercida pelo funcionário. Devem existir procedimentos para garantir que todos os funcionários estejam adequadamente preparados para exercer suas tarefas (FDA, 1997).

## 2.8 Confiabilidade Operacional

Segundo Juran (1974), confiabilidade é um componente da disponibilidade e significa “sem falhas”. A definição clássica é “Probabilidade de um produto funcionar sem falhas sob determinadas condições em um período determinado”

Confiabilidade no meio industrial é associada à *performance* de um produto e é a medida da probabilidade de um produto não falhar.

Feigenbaum (1983) define que confiabilidade de produto é a capacidade de uma unidade exercer uma função requerida sob determinadas condições em um determinado período. Quantitativamente ele define: “*Confiabilidade quantitativa é a probabilidade de que uma unidade irá exercer uma função requerida sob determinadas condições em um período determinado*”. O autor também considera os seguintes pontos para desenvolvimento de um programa de confiabilidade:

- **Margem no desenho:** Aplicar coeficiente de segurança durante o projeto do produto. A idéia principal é cobrir possíveis sobrecargas causadas por mau uso, variações desconhecidas na carga, etc.
- **Subutilização:** Designar o produto para um uso onde o esforço é muito menor que a resistência projetada.
- **Redundância:** Criar redundâncias para os subsistemas mais críticos
- **Processo de Fabricação:** A partir do momento da melhora do processo de manufatura e do estabelecimento de um novo nível de confiabilidade, é importante controlar e

garantir a sustentação deste novo nível de manufatura. Todo processo tem variação inerente. Acompanhamento e análise desta variação através de carta de controle onde os limites de especificação estejam definidos. Se o processo está sob controle o mesmo é previsível, o que é essencial no caminho da confiabilidade (FEINGENBAUM, 1983).

Apesar da dificuldade de conceituar confiabilidade, pode-se generalizar definindo-a como “Um dispositivo é considerado confiável se permanece cumprindo sua função durante toda sua vida útil de projeto independente das condições favoráveis ou adversas”. A partir da consideração de vida útil como “Tempo de vida em que o dispositivo deve operar de maneira satisfatória, obedecendo às condições de projeto e sob manutenção regular de acordo com o especificado”, o autor define confiabilidade como:

“Probabilidade de um produto (peça, equipamento, circuito, máquina, etc.) fabricado em conformidade com dado projeto operar durante um período especificado de tempo (eventual tempo de vida útil) sem apresentar falhas identificáveis” (NEPOMUCENO, 1989).

De acordo com Nakajima (1982), confiabilidade é subdividida em:

- **Intrínseca** que é baseada em projeto e determinada durante o desenho, fabricação e montagem do equipamento. Poucos problemas são causados por esta classe de falhas.
- **Operacional** que é relacionada ao uso e determinada pela forma com que o equipamento é utilizado pelo usuário, afetada por erros de manipulação, operação e inconsistência na manutenção das condições.

Segundo Juran (1974), a probabilidade de trabalhar sem falhas pode ser convertida em outros indicadores como, por exemplo, tempo médio entre falhas. Para o autor, a confiabilidade inerente ao desenho do produto deve ser chamada confiabilidade intrínseca. A confiabilidade real sempre será menor que esta devido à influência de ambiente, manutenção, etc. O termo "Confiabilidade Operacional" distingue a real da projetada. Confiabilidade não significa atender a especificação de produto, ou através de testes em laboratório. A avaliação da confiabilidade real deve ser feita baseada em histórico de uso em condições reais (JURAN, 1974). A definição de confiabilidade envolve 3 elementos principais:

- Quantificar confiabilidade em termos de probabilidade.
- Requisitos para a performance do produto e condições de operação.
- Requisitos para o tempo entre falhas.

Alguns índices para a medida da confiabilidade são apresentados no Quadro 6.

Quadro 4 – Indicadores de confiabilidade

Métrica	Significado
Tempo Médio entre Falhas	Tempo médio entre falhas sucessivas de um produto reparável.
Taxa de Falhas	Quantidade de Falhas em um período de tempo
Tempo Médio até a falha	Tempo Médio até a falha de um produto reparável ou não
Disponibilidade	Tempo Operacional expresso como porcentagem considerando o tempo de reparo
Eficácia do Sistema	O quanto um produto atende as especificações

Fonte – Juran (1974)

Para a melhoria contínua da confiabilidade, é importante definir a medida adequada para esta característica. Às vezes, disponibilidade tem mais significado que confiabilidade (JURAN, 1974) e, quando aplicada a um sistema produtivo, a disponibilidade do produto pode ser associada à eficácia desejada pelo usuário.

## 2.9 Cartas de Controle

O problema central do gerenciamento e liderança em manufatura está na inabilidade em entender informação em termos de variação quando estão em pauta os aspectos relacionados à eficácia do processo e performance dos funcionários. Basear melhoras de processo em performance individual deve ser considerado fútil. Focar em pessoas que estão abaixo da média de produção ou acima da média de erros, assim como crer que todos têm a mesma eficácia, é ineficaz e custoso para a companhia. As ações requeridas para eliminar causas comuns de variação são totalmente diferentes daquelas requeridas para eliminar causas especiais. A questão reside em avaliar o que é um processo estável. Causas comuns de variação são aquelas de sistema e causas especiais de variação, as que constituem eventos (DEMING, 1989).

Segundo Box e Hunter (1978), é importante identificar e controlar as fontes de variação em um processo. Cartas de controle podem detectar causas especiais de variação e assim permitir supervisão e controle de sistemas operacionais. Cartas de controle consistem de dados registrados em ordem de ocorrência (temporal). Cartas de controle podem informar

quanto de variação em relação à média do processo, o mesmo pode apresentar. Em última análise, representam a estabilidade do processo e a isso diz-se que o processo está sob controle. De outra forma, pode indicar se o processo não está estável, ou fora de controle.

A coleta de dados para análise e resolução de problemas deveria levar em consideração que um tratamento destas informações e apresentação das mesmas, na área onde o problema em questão se desenvolve, tem um valor relevante no resultado esperado. Mesmo que estas informações coletadas sejam destinadas a análises especializadas em níveis mais profundos. Na área onde a ação primária pode ser tomada, informação sobre o processo é essencial. Estas informações devem estar disponíveis de forma que a evolução do processo esteja evidente. Uma forma de apresentar dados de processo é conhecida como Cartas de Controle. A grande contribuição deste método simples de informação está no entendimento de processo desenvolvido, desde que estas cartas estejam disponíveis no local do processo.

Basicamente, o conceito está na seguinte configuração, apresentada na Figura 13.

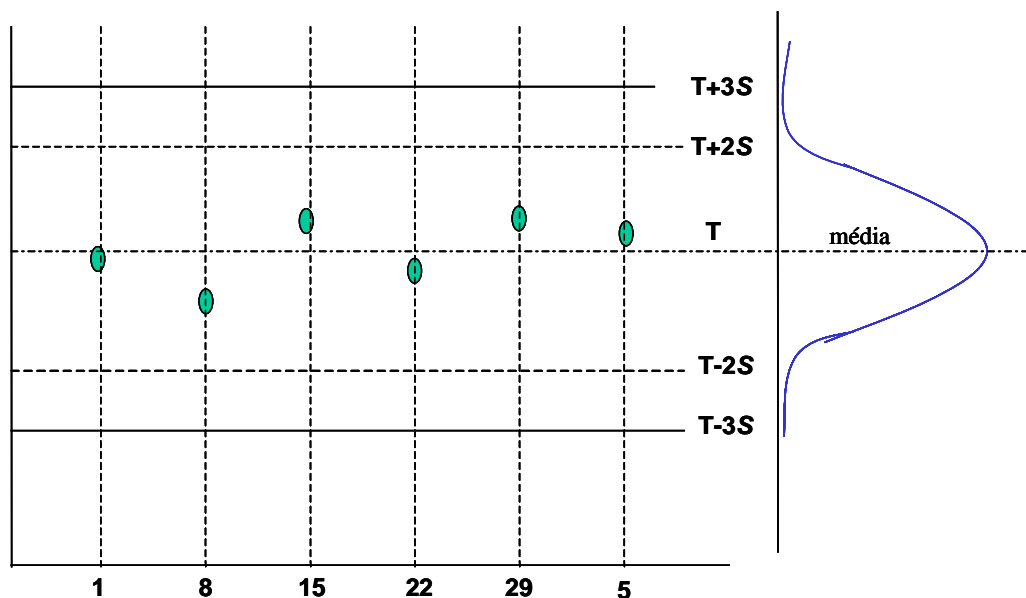


Figura 13 - Ilustração de uma Carta de Controle.  
Fonte - BOX, HUNTER (1978)..

Assumindo que a característica medida deve ter uma distribuição normal, as linhas de controle estariam centradas em relação à média  $T$ , com seus limites inferiores e superiores situados a três desvios padrões. Isto significa que aproximadamente 99,7% para três desvios, e 95% para dois desvios. O valor de  $S$  é o desvio padrão da quantidade controlada usado para definir as linhas de controle do processo quando em controle (BOX E HUNTER, 1978).

Intuitivamente, profissionais de experiência em suas tarefas dividem as causas de variação em esperadas ou usuais, e as não esperadas.

As esperadas, normalmente ocorrem dentro dos limites de especificação de uma variável. As não esperadas estão fora dos limites de especificação. As seguintes questões são úteis para definir o quanto de variação é aceitável:

- A variação usual, ou esperada do processo, é menor que os limites de especificação? Se for, o processo atende aos requisitos.
- A variação esperada, é maior que os limites de especificação? Se for, o processo não atende aos requisitos, e neste caso, se é necessário adequar o processo, reduzindo a variação através de projetos de melhoria.

Os 2 tipos fundamentais de cartas de controle utilizados são:

- Cartas de controle para variáveis, popularmente conhecidos como  $\bar{x}$  barra, R.
- Cartas de controle para atributos.

Muitos dos dados tomados nos processos são do segundo tipo. Isso indica se a característica atende ou não, se algo é ruim ou não. Para direcionar ações corretivas e preventivas, é importante realçar o nível de bom ou ruim. Em medidas de variáveis, isso é atingido, o que faz deste tipo de carta de controle mais utilizado na indústria.

Existem 2 condições sob as quais estas cartas de controle são utilizadas.

- Não há padrão determinado: Isso quer dizer que os limites de controle nunca foram relacionados com especificações. Isso ocorre quando as condições do processo são alteradas, ou para um processo que nunca foi examinado. Limites de controle e valores da média - tendência central - são calculados e as especificações são estabelecidas baseadas nestes resultados.
- Há um padrão determinado: Média e valores de dispersão são especificados. Neste caso, verifica-se a necessidade de melhoria do processo (**FEINGENBAUM**, 1983).

Cartas de controle dizem ao operador quando ele deve ou não interferir no processo. Isso produz melhores produtos, processo eficaz com menos esforço do operário. As variações observadas dentro dos limites de controle são chamadas variações inerentes e são por conta de causas comuns, ao acaso, e estas variações movem a média para baixo ou para cima, mas dentro dos limites de controle. Diferentemente, variações por causas especiais como: novo

equipamento, matéria-prima, operador e outras, causam sobressaltos na tendência geral, indicam pontos fora de controle, e estas causas, são facilmente identificadas e eliminadas.

Além de pontos fora dos limites, existem outros sinais de processo fora de controle. Os padrões de distribuição temporal podem indicar tendências do processo. As fontes de causas especiais provêm de várias categorias e incluem: alteração no equipamento, alteração nos materiais, métodos inadequados, causas de ambiente e pessoas - relacionados à capacitação (AMSDEN E BUTLER, 1986). Quando as causas especiais são removidas, a variação restante deve ser considerada inerente ao processo (DEMING, 1989). Cartas de controle têm sido utilizadas para avaliar não só a capacidade de processos quanto ao cumprimento da especificação de produto, mas também outros resultados referentes às saídas de sistemas, como eficácia geral, parâmetros, etc.

## 2.10 OEE - Overall Equipment Effectiveness

Produtividade pode ser definida como o resultado final do processo dividido pela entrada de insumos. Por exemplo, quantidade de carros por funcionário, enquanto que eficácia é o resultado real do processo dividido pelo resultado esperado. Produtividade é afetada pela eficiência e pela eficácia, como mostra a Figura 14 (WAUTERS E MATHOT, 2002).

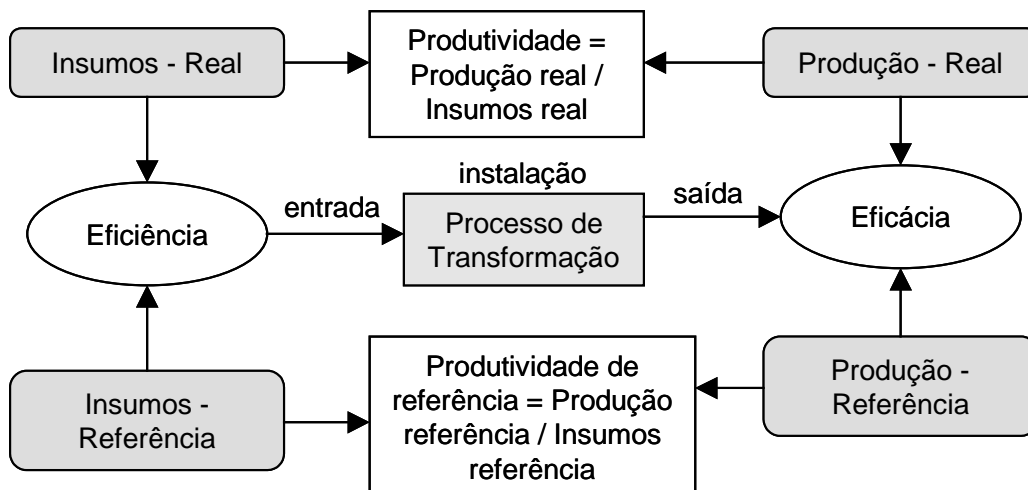


Figura 14 - Processo e eficácia - entradas e saídas  
Fonte - WAUTERS E MATHOT (2002).

Segundo Nakajima (1982), OEE – *Overall Equipment Effectiveness* é a medida da efetividade dos ativos produtivos e é composta por 3 elementos:

- 1- **Disponibilidade (D)**: Afetada por perdas relativas a quebras, ajustes e troca de produtos, falta de matéria-prima, falta de mão-de-obra e outras.
- 2 - **Performance (P)**: Afetada por redução da velocidade nominal e por pequenas paradas durante o período produtivo.
- 3 - **Qualidade (Q)**: Afetada pelas perdas de matéria-prima em processo, produtos defeituosos e retrabalhos no produto final.

$$D = \frac{(\text{total calendário} - \text{tempo sem demanda}) - (\text{tempo parado de máquina})}{(\text{total calendário} - \text{tempo sem demanda})} \quad (1)$$

Onde:

- Tempo sem demanda é a falta de vendas, a ociosidade.
- Tempo parado de máquina são as quebras, paradas inesperadas e outras paradas, incluindo falta de matéria-prima, falta de mão-de-obra, etc.

$$P = \frac{\text{Total produzido}}{\text{Velocidade nominal} \times (\text{total calendário} - (\text{tempo sem demanda} + \text{tempo parado de Máquina}))} \quad (2)$$

Onde,

- Total produzido é a quantidade de produção, incluído perdas.
- Velocidade nominal é a velocidade de validação do equipamento.

$$Q = \frac{\text{Quantidade de produtos aprovada}}{\text{Total produzido}} \quad (3)$$

$$OEE = D \times P \times Q \quad (4)$$

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Metodologia da Pesquisa

Este capítulo descreve a estratégia utilizada na pesquisa para o trabalho, e os métodos utilizados. As características da pesquisa (SILVA, 2005) desenvolvida nesta dissertação são:

Aplicada: Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática em problemas específicos.

- A delimitação do estudo define um problema específico, que no caso é a análise da importância da eficácia operacional em uma área de produção.

Qualitativa: O processo e seu significado é o foco principal da abordagem.

- O ambiente natural é a fonte direta de coleta de dados e o pesquisador o instrumento chave e tende a analisar os dados indutivamente, isso é, o conhecimento é fundamentado na experiência, não levando em conta princípios pré-estabelecidos.
- O estudo é realizado em uma área onde a dinâmica dos processos é o foco principal da abordagem. A coleta de dados foi executada no ambiente onde se desenvolve a problemática estudada.

Exploratória: Visa proporcionar maior conhecimento sobre o problema a fim de, torná-lo explícito.

- O estudo é exploratório na medida em que utiliza pesquisa bibliográfica e exemplos que estimulem a compreensão do problema.

Quanto aos procedimentos técnicos, a metodologia inclui:

Pesquisa Bibliográfica: Usando como fonte publicações, artigos técnicos e publicações na internet.

Pesquisa Documental: Elaborada a partir de documentos que não receberam tratamento analítico.

- Utilizado amplo material documental gerado na dinâmica dos processos presentes na área de produção e analisados nesta dissertação.

Estudo de Caso: Envolve o estudo de um objeto a fim de conhecê-lo detalhadamente.

- O problema é específico e presente em uma situação real. Para o entendimento e resposta exigida pelo estudo, todas as análises realizadas foram utilizadas informações da linha de produção elegida como estudo de caso.

### 3.2 Coleta de dados

No desenvolvimento do estudo, foram utilizadas as técnicas de Observação Participante e Consulta a registros e arquivos

- Levando-se em consideração que o pesquisador trabalha nesta companhia, especificamente na área onde se desenvolve o estudo, esta técnica de coleta de dados não poderia deixar de ser usada. A grande vantagem está no acesso irrestrito às diversas situações que compõe o problema. O pesquisador utilizou as visitas periódicas ao grupo de operadores e supervisores para observação das atividades rotineiras relativas à operação. Também durante reuniões dos coordenadores de TPM das fábricas, que é coordenada pelo pesquisador, foram feitas observações relevantes para o estudo.

Para compreender as associações e fatores que influenciam na implantação de processo de confiabilidade operacional, foram consultados registros como:

#### A - Implementação de Programa 5S - 1996

- Conjunto de documentos detalhando todo o processo de implementação deste processo, desde o gerenciamento da mudança até o sistema de auditoria implementado.

#### B – Relatório da Consultoria JIPM - *Japan Institute Plant Maintenance* - 1997

- Documento onde a Instituição que criou o TPM como processo, relata a auditoria realizada na empresa, apontando as recomendações para implementar o processo com sucesso.

#### C - Auditoria Interna de TPM - 2005

- Conjunto de documentos de auditoria que aponta oportunidades de melhoria do processo através de análise da aderência das fábricas ao mesmo.

D - Consulta a registros e arquivos de tipo eletrônico

- Registros de eficácia desde 1996 para todas as fábricas.
- Registros de paradas de máquina desde 2005 da linha de produção eleita como estudo de caso coletados no Sistema de Gerenciamento de OEE.
- Políticas referentes à programa de reconhecimento por melhorias executadas.
- Metas e objetivos de eficácia da área da produção.
- Estratificação das metas a partir dos objetivos estratégicos definidos.
- Anais do simpósio interno de TPM - 1999.
- Conjunto de documentos que detalha toda a evolução do processo desde 1996.

### 3.3 Escopo do processo estudado e seus limites

O objetivo deste módulo é delimitar o estudo, além de estruturar o escopo do projeto, para permitir a caracterização do ambiente onde o estudo de caso está inserido.

O caso estudado - Linha de Produção de uma Multinacional Americana de Produtos para uso pessoal. A Figura 15 mostra como a estrutura foi definida.

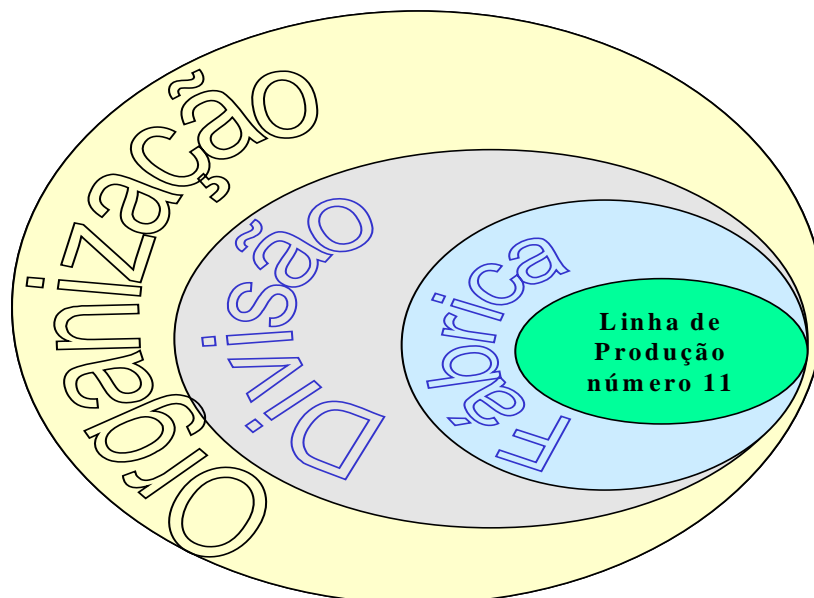


Figura 15 – Escopo do projeto  
Fonte - Autor

### 3.4 A Organização onde o Estudo de Caso se localiza

A organização em questão foi fundada em 1886, na cidade de New Brunswick, no estado de New Jersey, nos Estados Unidos. Iniciou com uma linha de produtos para a saúde, suprimindo a necessidade de produtos para hospitais, após os descobrimentos relativos à microbiologia hospitalar. Hoje a organização está presente em mais de 50 países, nos 5 continentes, com mais de oitenta mil funcionários, e comercializa seus produtos em mais de 170 países. No Brasil está instalada desde 1933. É considerada a maior organização dedicada à saúde e bem estar atuando no segmento profissional (médico hospitalar), farmacêutico e produtos para o cuidado pessoal, como higiene e cosméticos, sendo conhecida também pelos valores que prega e que norteiam suas iniciativas e ações.

O "Nosso Credo", conjunto de valores escrito por um filho de um dos fundadores em 1943, é reconhecido no universo empresarial como um conjunto completo de valores. Como carta de princípios, é consultada em cada decisão tomada na organização, garantindo alinhamento e perenidade dos valores da organização, sendo inclusive utilizado para a manutenção destes valores através de uma pesquisa interna que "escuta" cada um dos funcionários em todo o mundo, confrontando a prática de cada companhia com o credo. O conteúdo é considerado visionário, tendo em vista a data (sessenta anos atrás) em que foi escrito, onde conceitos como meio ambiente e comunidade são abordados de forma direta. Contempla todos os aspectos relevantes para o negócio. O conteúdo é apresentado a seguir:

Para os clientes:

*“Cremos que nossa primeira responsabilidade é para com os médicos, enfermeiras e pacientes, para com as mães, pais e todos os demais que usam nossos produtos e serviços. Para atender suas necessidades, tudo o que fizermos deve ser de alta qualidade. Devemos constantemente nos esforçar pra reduzir nossos custos, a fim de manter preços razoáveis. Os pedidos de nossos clientes devem ser pronta e corretamente atendidos. Nossos fornecedores e distribuidores devem ter a oportunidade de auferir um lucro justo.”*

Para os Funcionários:

*“Somos responsáveis para com nossos empregados, homens e mulheres que conosco trabalham em todo o mundo. Cada um deve ser considerado em sua individualidade. Devemos respeitar sua dignidade e reconhecer seus méritos. Eles devem sentir-se seguros em seus empregos. A remuneração deve ser justa e adequada e o ambiente de trabalho limpo,*

*ordenado e seguro. Devemos ter em mente maneiras de ajudar nossos empregados a atender suas responsabilidades familiares. Os empregados devem sentir-se livres para fazer sugestões e reclamações. Deve haver igual oportunidade de emprego, desenvolvimento e progresso para os qualificados. Devemos ter uma administração competente e suas ações devem ser justas e éticas”.*

Para a Comunidade e meio ambiente:

*“Somos responsáveis perante as comunidades nas quais vivemos e trabalhamos, bem como perante a comunidade mundial. Devemos ser bons cidadãos – apoiar boas obras sociais e de caridade e arcar com a nossa justa parcela de impostos. Devemos encorajar o desenvolvimento do civismo e a melhoria da saúde e da educação. Devemos manter em boa ordem as propriedades que temos o privilégio de usar, protegendo o meio ambiente e os recursos naturais”.*

Para os investidores:

*“Nossa responsabilidade final é para com nossos acionistas. Os negócios devem proporcionar lucros adequados. Devemos experimentar novas idéias. Pesquisas devem ser levadas avante, programas inovadores desenvolvidos e os erros reparados. Novos equipamentos devem ser adquiridos, novas fábricas construídas, e novos produtos lançados. Reservas devem ser feitas para enfrentar os tempos adversos. Ao operarmos de acordo com estes princípios, os acionistas devem receber justa recompensa”.*

A organização é composta por 3 companhias; Médico Hospitalar, Produtos Farmacêuticos e Produtos ao Consumidor. No Brasil, as 3 companhias compartilham o mesmo espaço e as funções de Segurança Patrimonial, Serviços Médicos, Restaurante, Utilidades, Segurança do Trabalho e Recursos Humanos. Esta planta tem certificações ISO 9001, ISO14001, e ISO 13485.

### **3.5 Processos de gestão praticados na área de Produção**

O estudo de caso escolhido está inserido dentro do complexo regional de operações da companhia de produtos ao consumidor, área de operações. É chamado de Planta Industrial esse conjunto de mais de uma fábrica em um mesmo local.

Assim, a companhia, está composta pelas Plantas Industriais da Argentina, Brasil, Colômbia, Venezuela e Trinidad Tobago. A Planta do Brasil representa 83% da capacidade da região. Faz parte da estratégia da companhia mover as fontes de produção para os países que compõem a estrutura regional, de acordo com a necessidade.

A planta industrial do Brasil, instalada em São José dos Campos, foi inaugurada em 1954 e emprega hoje 2300 funcionários, distribuídos em 8 fábricas, onde 145 linhas produzem em torno de 600 produtos diferentes.

O estudo de caso se desenvolveu em uma destas unidades, a fábrica de Fraldas Descartáveis, especificamente na linha de produção número 11.

Serão apresentados o contexto onde esta linha de produção está inserida, a estrutura administrativa da Planta Industrial, e os processos de gestão praticados. Assim, os contornos do processo estarão definidos.

Desde 1990 estas unidades fabris, estão organizadas em um sistema conhecido por *Fábrica Focada*, onde competências consideradas essenciais ao tema produção estão presentes em cada uma delas. Cada fábrica focada então tem uma gerência e esta se reporta a uma diretoria de manufatura na direção geral da Planta. A Figura 16 ilustra esta organização, estratificando uma das fábricas focadas, e mostrando os papéis desempenhados.

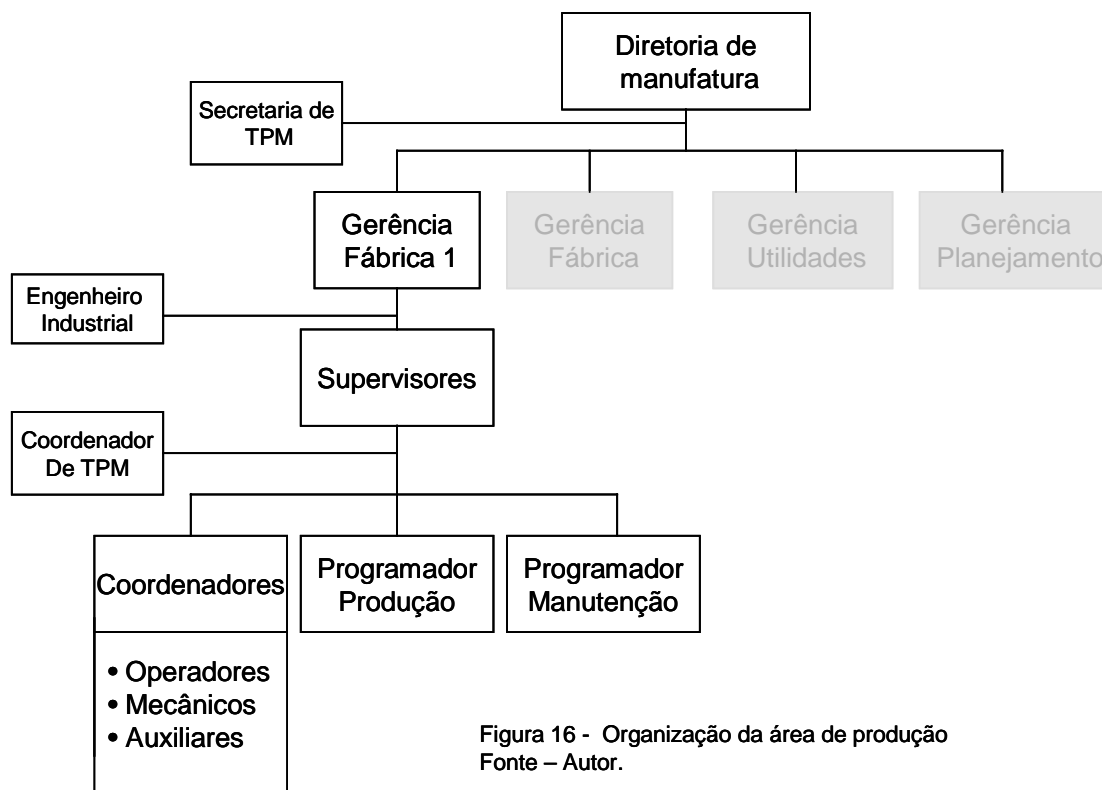


Figura 16 - Organização da área de produção  
Fonte – Autor.

Esta organização é estruturada de forma que os processos implementados nas fábricas sejam padronizados, mas que melhores práticas sejam desenvolvidas e compartilhadas. Na maior parte das fábricas, os funcionários desempenham mais que um papel. Isto significa que o número de funções não representa o número de funcionários.

Os processos da Planta são implementados através de uma estrutura de comitês que garante a operacionalização eficiente destes processos. Estes comitês são formados por representantes dos diversos níveis e garantem o alinhamento das ações, desde a definição de objetivos estratégicos até a ação operacional. A figura 17 ilustra esta organização de comitês, que têm a seguinte estrutura:

- Comitê de Manufatura: Reportando-se à vice-presidência regional, é composto pelos Gerentes das Fábricas e coordenado pelo Diretor de Manufatura. Participam ainda os Gerentes de RH, Qualidade, Utilidades de Planejamento. O calendário de reuniões contempla a presença em de outras áreas, como Diretoria de Engenharia, de Processos e Custos.
- Comitê dos Gestores: Reporta-se aos Gerentes de Fábrica. Participam supervisores de produção e manutenção de todas as fábricas.

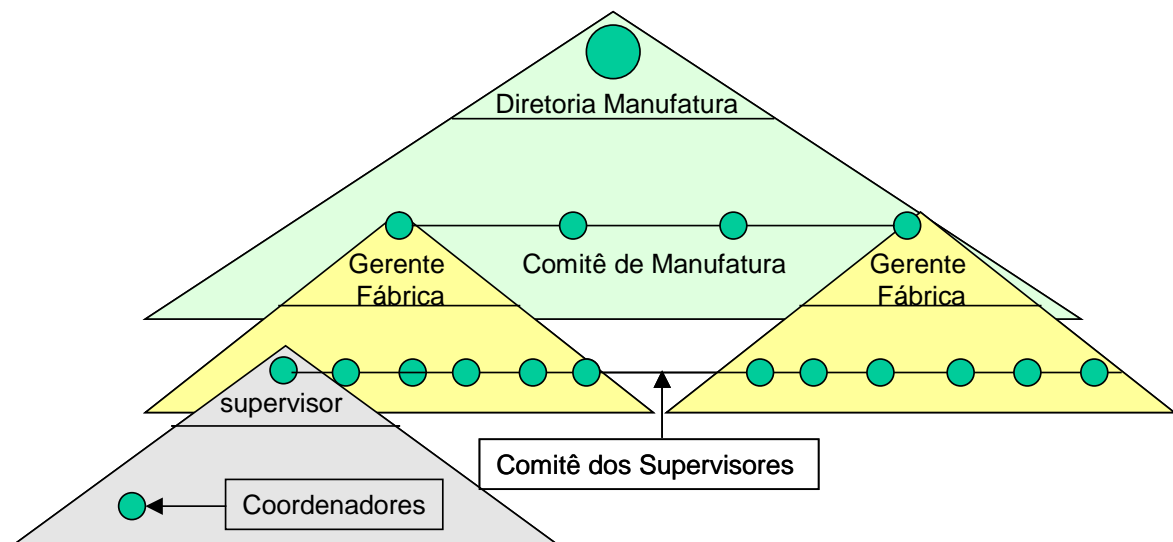


Figura 17 – Estrutura de Gerenciamento  
Fonte - Autor

A Planta Industrial tem como objetivo tornar-se referência em segurança e meio ambiente. Desde 1938, suas afiliadas têm como obrigatoriedade a formação da CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (adotada na legislação Brasileira em 1943). O

processo de segurança é integrado a todos os processos da companhia. Por norma interna, cada funcionário recebe no mínimo 12 horas por ano de treinamento e educação em segurança e meio ambiente.

No plano da qualidade, nos anos 70, a companhia foi pioneira, na aplicação dos CCQ - Círculos do controle da qualidade - grupos de melhoria, no Brasil. Como exportadora, está sujeita às normas do Quality System Requirements - FDA.

O processo de gestão integrado, apresentado na Figura 18, compreende:

- Auditoria para evidenciar oportunidades de melhoria.
- Geração de um Plano de ação e medição – *Dashboard*.
- Aplicação de ferramentas específicas (*Lean, SixSigma, Dex* - desenho de novos processos).
- TPM - Processo para sustentar os processos de produção.

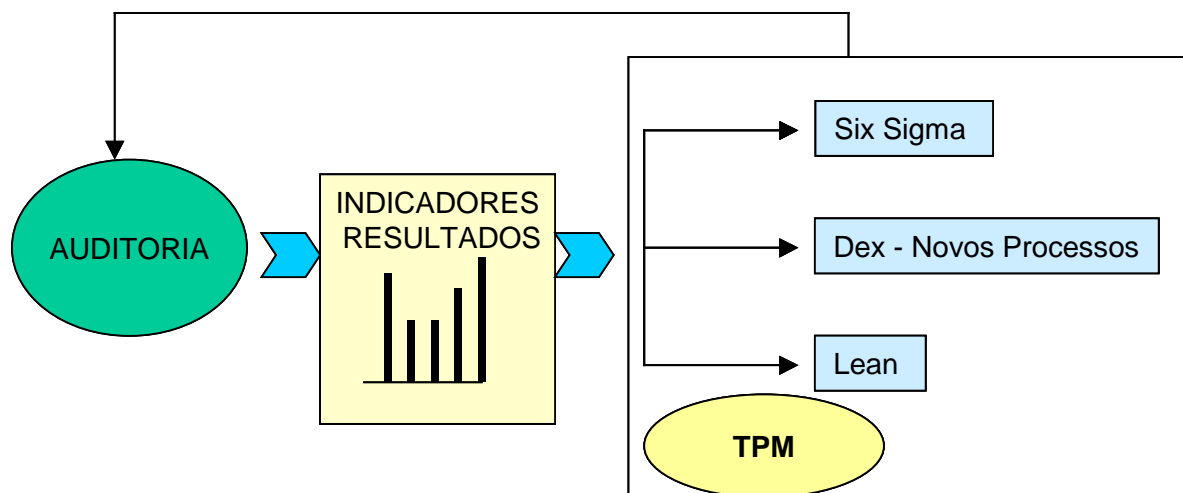


Figura 18 - Modelo de Gestão Integrada  
Fonte – Autor.

Auditoria: Processo baseado no modelo aplicado no Prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade Americano. Neste modelo, as categorias avaliadas são liderança, comunicação, planejamento estratégico, desenvolvimento de recursos Humanos, gerenciamento de processos, resultados dos negócios e satisfação do consumidor.

A aplicação desta auditoria é a cada 2 anos e os avaliadores são funcionários da organização, mas de outras fábricas. O resultado da avaliação classifica a companhia com um critério rigoroso, em que o processo utilizado tem peso de 50% e os ganhos reais os outros 50%.

Indicadores - Resultados: Conjunto de indicadores utilizados para melhorar a operação. Contém todas as métricas definidas na aplicação da auditoria, mas pode incluir outras de acordo com a necessidade. A avaliação de desempenho dos funcionários contempla estes resultados. Objetivos são traçados e responsabilidades atribuídas no início de cada ano.

A estratificação desses indicadores contempla até os times de produção e a diretoria de manufatura monitora o cumprimento através de uma reunião mensal.

Six-Sigma: Processo de melhoria aplicado a projetos onde a complexidade exige análise estatística. A Planta Industrial dispõe de 2 *Master Black Belts*, 11 *Black Belts* e vários *Green Belts* certificados.

Dex Novos Processos: Dex (*Design Excellence*) é a aplicação da rota de análise do processo six-sigma para desenvolvimento de novos processos.

Lean: A filosofia *Lean Thinking*, traduzida em processos bem definidos, foi implementada na Planta Industrial em 2002. Utiliza todas as ferramentas como: Mapa de Fluxo de Valor, Sistema Puxado, *Kanban* e outras. Seu objetivo é diminuir tempo de ciclo. Seu benefício é medido pelo inventário de produtos acabados e de matéria-prima.

### 3.6 Implementação de TPM na área de Produção

O processo TPM foi organizado para que as novas iniciativas na área de produção sejam implementadas através de sua estrutura.

O processo foi implementado a partir de 1994 e seguiu as seguintes fases recomendadas pela JIPM - *Japan Institute Plant Maintenance* (Organização que padronizou e difundiu a metodologia):

- **Direção Superior Declara a Implementação**

Esta fase foi cumprida com a criação e disseminação de uma visão para a Planta para os anos seguintes, associada ao processo TPM.

*Organização - Dentro dos próximos 3 anos a área de operações será organizada em processos focados e autônomos, baseados na disseminação adequada da tecnologia, da perícia, do conhecimento e das habilidades, de modo a estimular as pessoas ao envolvimento e senso de propriedade. As estruturas atuais de fábricas focadas e equipes de melhoria contínua, direcionarão a formação de grupos multidisciplinares, focados em*

*operar, controlar e desenvolver processos completos dentro das fábricas, com poder de decisão, de modo a atingir suas metas.*

- **Educação Introdutória e Campanha para TPM**

Foi estabelecido um processo de comunicação através do jornal da unidade, concomitante com a educação e treinamento dos Gestores e Gerentes.

Visitas a outras companhias que já praticavam o processo foram organizadas para estes níveis. Formação de 3 instrutores pela JIPM foi necessária e este grupo tornou-se o centro coordenador de implementação do processo.

- **Organização da Secretaria de TPM e Máquina Piloto para Grupo Gerencial**

Esta secretaria, sob a coordenação dos 3 instrutores, foi idealizada para que o corpo gerencial tivesse participação efetiva. Desta forma, foi incorporada à estrutura da planta já existente, adicionando níveis de times de trabalho e a função de coordenador de TPM na área. Estes Times de Trabalho, chamados Times de TPM, são as equipes de máquina, dos 3 turnos. Incluem um técnico de manutenção. A Figura 19 mostra como ficou a estrutura final.

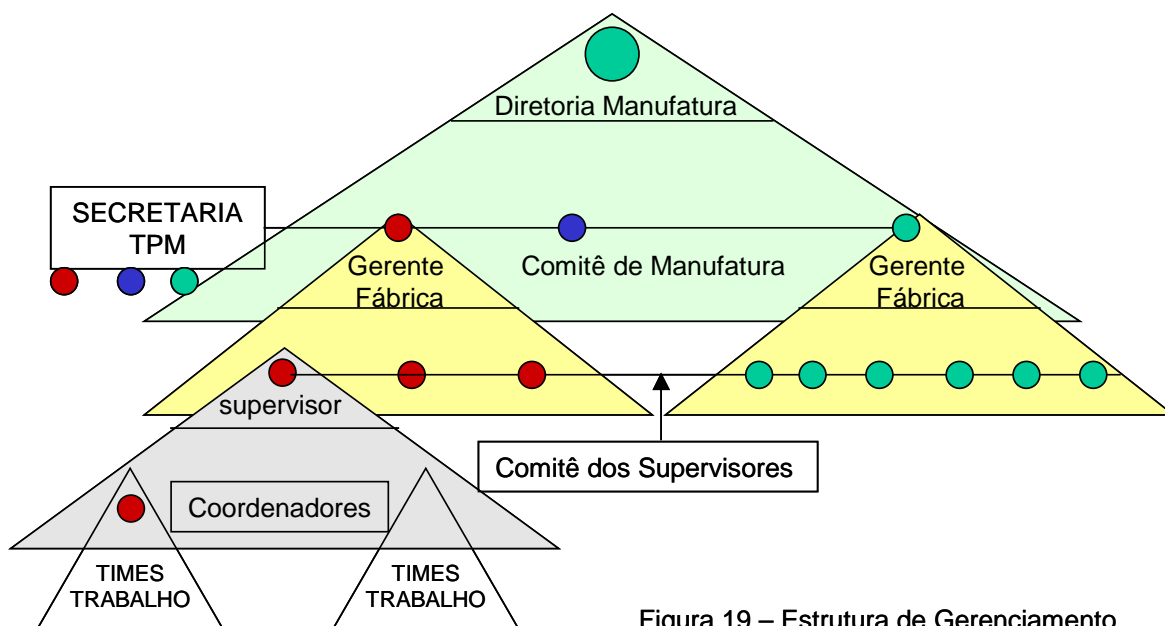


Figura 19 – Estrutura de Gerenciamento Com Secretaria de TPM  
Fonte – Autor.

- **Estabelecimento dos Princípios e Indicadores**

Os princípios definidos foram que o processo deveria obrigatoriamente estar alinhado com os "Princípios do Credo" e com os processos de Segurança, Meio Ambiente e Qualidade já existentes.

Foi estabelecido como medida de eficácia e indicador da evolução do processo o OEE (Overall Equipment Effectiveness). Para o gerenciamento desta métrica, a fábrica desenvolveu um sistema para administração e controle ilustrado na figura 20.

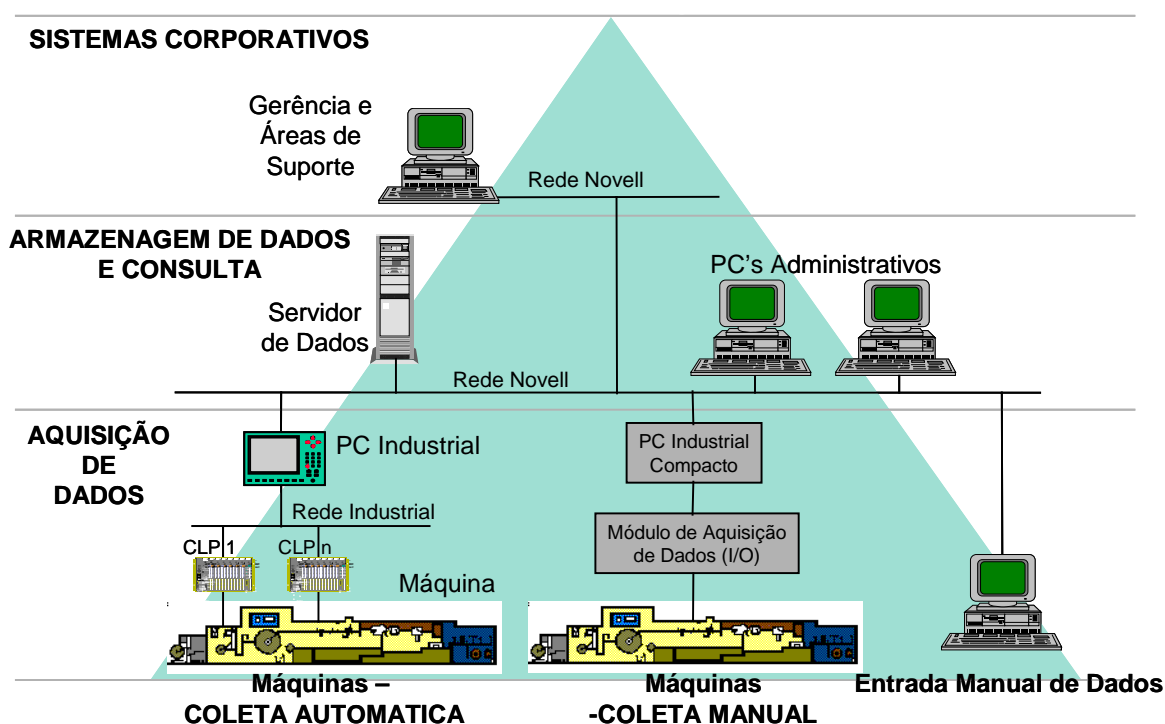


Figura 20 – Sistema de Aquisição de Dados – arquitetura  
Fonte - Adaptado de arquivo da Companhia pelo Autor.

- **Criação do Plano Piloto para Implementação do Processo**

O início foi marcado pela implementação de 5S de forma rigorosa em todo o parque industrial. Isso ocorreu a partir de 1994. As etapas de utilização, limpeza e organização movimentaram 1500 funcionários e a Gerência da Planta. Publicação semanal reforçando o programa, processo de reconhecimento e auditorias conduzidas pela supervisão foram relevantes para o sucesso do programa.

A partir daí, foram implementados os Pilares de Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Melhoria Específica e Capacitação, e foi estabelecido um sistema de reconhecimento para melhoria contínua.

- **Melhoria Contínua - modelo do processo**

Baseado na rota do PDCA, (*Plan, Do, Check and Act*) este modelo estipula a comprovação dos resultados e direciona a execução do projeto em equipe.

Esta rota de melhoria é chamada DMAIC, ferramenta da qualidade para o processo *Six-Sigma*, na qual:

- **Definir** - Seleciona a oportunidade de melhoria. Considera a definição do problema apresentado. Nesta fase, o grupo de melhoria deve identificar o problema e as possíveis causas a serem eliminadas. Também a relevância do problema deve ser medida, traduzida em unidade monetária, e metas devem ser traçadas. Para iniciar esta fase, a equipe não necessita de aprovação da gerência.
- **Medir** - Nesta fase as possíveis causas definidas anteriormente devem ser medidas, para validar o real impacto nas perdas e no problema selecionado para o projeto. Ferramentas - gráfico temporal ou carta de controle.
- **Analisar** - Aqui as causas selecionadas anteriormente devem ser analisadas, para definir ações de bloqueio ou mitigação dos efeitos da causa raiz. Os custos de implementação são definidos nesta fase. A aprovação da gerência é feita a partir de uma análise de custo versus benefício.
- As ferramentas de qualidade utilizadas incluem Pareto, Gráfico de Causa e Efeito, e outras.
- **Implementar** - Implementação das ações definidas anteriormente - se aprovado.
- **Controlar** - Controle dos resultados obtidos para validar o resultado final da melhoria implementada. Ferramentas - Carta de controle ou gráfico temporal.

Note-se que não é considerado um projeto *Six-Sigma*, já que não se trata de melhoria radical de conceitos, mas sim de melhoria incremental, o que justifica o uso de ferramentas simples na metodologia.

- **Definição dos critérios de recompensa**

Os critérios compreendem trabalhos em equipe, relevância da melhoria, resultados versus metas, e forma de execução. A avaliação é feita por um comitê formado por gerentes e representantes de recursos humanos.

Todo projeto pode ter no máximo 20 pessoas participando. Se for aprovado para reconhecimento, cada participante recebe uma quantia em dinheiro em sua conta bancária. A cada 3 meses são votados pelo comitê de reconhecimento os 3 melhores projetos dentre

os que foram premiados na primeira avaliação. Os vencedores recebem de novo uma recompensa em dinheiro por membro da equipe. No final do ano, os 12 projetos vencedores concorrem a 3 prêmios anuais outorgados em uma feira de projetos aberta à visitação de todos os funcionários.

### **3.6.1 Retomada do processo - Relançamento do programa**

Em 1997, a Planta contratou a consultoria da JIPM para avaliar a implementação e recomendar futuros passos. O especialista criticou duramente a abordagem adotada na implementação. Apesar dos ganhos percebidos pela direção da companhia, as grandes perdas da área de produção não foram tratadas corretamente por conta de falhas na implementação. Um extenso relatório foi produzido e a direção da companhia alterou o modelo de implementação. Alguns pontos importantes detectados pelo consultor:

- A Planta tem no planejamento e capacidade de organização sua maior fortaleza, mas as ações não acompanham o planejado.
- O comitê de TPM não está devidamente estruturado.
- O estado dos equipamentos quanto à condição básica não corresponde às avaliações e auditorias já executadas.
- Não há senso de propriedade instalado nos operadores e gestores.

Em um documento de junho de 1997, como resposta às oportunidades identificadas pela auditoria, o diretor da companhia declara:

*"Em 1994 reconhecemos que deveríamos implantar TPM como estratégia para assegurar nossos objetivos operacionais e suportar o desenvolvimento de nossos negócios. Reconhecemos que o processo criará condições para o auto desenvolvimento das células de manufatura para a identificação e eliminação de perdas, com a elevação da eficácia dos equipamentos, melhorando assim a produtividade e custos.....aprendemos muito, temos dedicado muito esforço na educação de pessoas. O relatório do consultor mostra que não sistematizamos coisas simples e importantes para sustentar o processo.....Precisamos mudar esta situação, e estaremos empenhados na articulação de uma estrutura que atenda as recomendações do especialista".*

A partir deste momento, a estrutura de implementação foi alterada, adicionando, em cada fábrica, um coordenador de TPM e reforçando a presença gerencial na evolução dos times. Assim ficou estruturado:

- **Comitê de TPM:** Chamado de GPT - Grupo de Produtividade Total, este comitê tem a função de implementar e desenvolver o processo de gestão no nível de operação de produção. Todos os pilares citados acima são coordenados por este processo. É composto por coordenadores representantes de cada fábrica, capacitados como facilitadores de TPM, gerenciados por um instrutor que é responsável pela secretaria de TPM. Atua como consultoria interna nos temas de Produtividade e Eficácia de produção.
- **Comitê dos Pilares de TPM:** Composto por um supervisor de produção de cada Fábrica, os Pilares de Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Gestão das Competências Funcionais e Melhoria específica são formados de acordo com a necessidade, conforme decisão do Comitê de Manufatura. O Grupo é responsável pela operacionalização dos processos definidos pelo GPT.

O sistema TPM foi totalmente incorporado à cultura da Planta, implementado em todas as fábricas, com um total de 140 times de trabalho. Os chamados Times de TPM são responsáveis pela operação de linha de produção.

Treinamentos foram formatados e ministrados a cada time de TPM - total de 48000 horas-homens de treinamento em 10 anos, formulários específicos desenvolvidos e disponibilizados na intranet da companhia, garantindo a padronização do processo.

### 3.6.2 Auditoria Interna do processo TPM - 2005

Em 2005, após 8 anos de prática pela Planta, foi realizada uma auditoria interna do processo. Esta auditoria avaliou a coordenação do processo e a aderência do mesmo às linhas de produção, assim como os resultados alcançados em relação às expectativas da direção da empresa. A metodologia utilizada foi um questionário específico onde os itens relevantes de cada pilar foram abordados. O Quadro 5 mostra o questionário utilizado para o pilar de Manutenção Autônoma.

Quadro 5 – Modelo de questionário para auditoria de Manutenção Autônoma

item	questão	0%	25%	50%	75%	100%
01	As demarcações da área estão conservadas e em uso					
02	A área em geral está bem conservada e limpa					
03	As ferramentas e materiais estão conservados e limpos					
04	Os equipamentos estão sem deteriorações estruturais aparentes					
05	As deteriorações estruturais estão etiquetadas					
06	Os equipamentos estão limpos e sem objetos estranhos sobre as guardas ou internamente					
07	Os mecanismos dos equipamentos estão bem conservados, limpos e sem deteriorações aparentes					
08	As deteriorações dos mecanismos estão etiquetadas					
09	Cabos elétricos, conexões e mangueiras pneumáticas em bom estado, fixos, limpos, sem dobras e desgastes aparentes					
10	O tratamento das fontes de sujeira trouxeram o resultado esperado					
11	O tratamento dos locais de difícil acesso trouxeram o resultado esperado					
12	Os controles visuais são utilizados					
13	As reuniões da equipe estão ocorrendo					
14	Os quadros de gestão a vista estão atualizados					
15	Todos os membros da equipe participam das atividades de limpeza e inspeção					
16	Os procedimentos de limpeza e inspeção estão atualizados					
17	Parametrização de atividades críticas foram executadas					
18	Trocas de produtos foram parametrizadas e seus tempos são medidos					

Fonte – Arquivos da Secretaria de TPM

Cada fábrica formou um grupo de auditores com a participação de um representante de cada turno de produção, um mantenedor, um coordenador de produção e o gestor de produção. O coordenador de TPM da área foi o facilitador do processo. Em toda a Planta, 86 funcionários participaram do processo de auto-avaliação. O relatório final desta auditoria mostrou os seguintes aspectos, relacionado a todas as fábricas avaliadas:

- **Fortalezas do processo**

Filosofia 5S viva e robusta, prática de disseminação de conhecimentos, projetos para segurança, melhoria de OEE e custos são priorizados.

- **Organização**

-Uma rotatividade dos membros da equipe em torno de 10% ao ano.

-A participação efetiva dos membros da equipe em atividades de gestão de TPM aumenta consideravelmente durante o período de avaliação da linha de produção.

-60% dos membros da equipe são treinados e educados em TPM e ferramentas da qualidade, incluindo 5S.

- **Pilar de Treinamento**

-Não há coordenação de treinamento eficiente na área. Treinamentos específicos não são abordados adequadamente.

- **Pilar de Manutenção autônoma**

- Os tempos de troca de produto não estão sendo tratados.

- Não há revisão de procedimentos baseado em eficácia operacional.

- **Pilar de Controle Inicial**

- Confiabilidade não é contemplada em projeto de novos equipamentos.

Além desta auditoria interna, o processo tem sido avaliado nos últimos anos pelos auditores da companhia - matriz dos EUA, sendo os resultados reconhecidos como vetor importante para a excelência em manufatura. Algumas destas avaliações foram:

- **Auditoria de Lean (Auditores externos - da matriz)**

- Atribuiu 7 ao processo TPM no quesito cuidado com o ativo (0-10).

- Atribuiu 8 ao processo TPM no quesito administração do OEE (0-10).

- **Auditoria de Manutenção (auditores independentes contratados pela matriz)**

- Atribuiu 94 ao processo no quesito cuidado com o ativo (0-100).

- Atribuiu 87 ao processo TPM no quesito Administração do OEE (0-100).

### **Menções**

- Auditorias de Segurança e Meio Ambiente.

- Auditorias de Qualidade - Certificações ISO 13485 e ISO 9000:2000.

Todas as observações geradas por estas auditorias têm sido utilizadas para avaliação e melhoria contínua do processo.

A avaliação do processo na Planta incluiu:

- **Evolução do OEE** de todas as máquinas desde 1996 até 2005. Estes resultados de eficácia foram consolidados anualmente, representando a média ponderada pela utilização (tempo de máquina programada para produção) dos resultados de todas as linhas de todas as fábricas.
- **Evolução da quantidade de projetos** para melhoria contínua executados pelos times de produção de 1996 a 2005.
- **Evolução da autonomia das equipes** de trabalho - representada pela relação entre o número de trabalhadores e supervisores, considerando todas as fábricas da Planta, de 1996 a 2005.

### **3.7 Análise do ambiente onde o Estudo de Caso se localiza**

A Fábrica onde a linha de produção estudada está instalada, tem um grupo de 5 linhas completas de produção que fabricam e embalam mais de 20 códigos diferentes de produtos, e utiliza em torno de 45% de sua capacidade instalada para atender o mercado.

O processo de TPM implementado demonstra solidez em alguns aspectos, e oportunidades (listadas abaixo), que foram evidenciadas durante a auditoria interna de 2005, citada no item 3.6.2.

- 100% dos funcionários foram educados e treinados na metodologia TPM.
- A máquina piloto para o processo não está sendo utilizada como meio de aprendizado, como recomendado pela metodologia.
- Não foram definidos indicadores de eficiência e eficácia para os passos de TPM.
- A condição básica dos equipamentos e área, incluindo organização e aspectos relacionados ao 5S, foi avaliada como excelente.

A avaliação do processo nesta fábrica incluiu: Evolução do OEE das 5 máquinas desde 1997 até 2005. Estes resultados de eficácia foram consolidados anualmente, representando a média ponderada pela utilização (tempo de máquina programada para produção) dos resultados de todas as linhas.

A fábrica tem 250 funcionários trabalhando em 3 turnos organizados de acordo com a Figura 21.

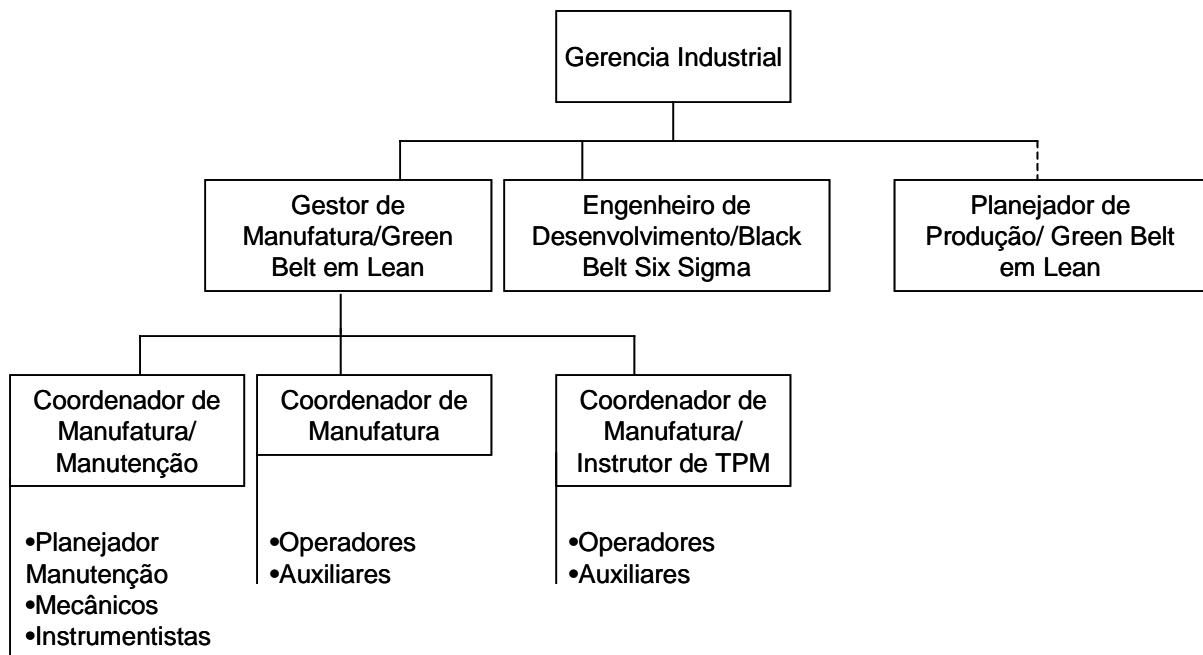


Figura 21 - Organização da Fábrica do estudo de caso  
 FONTE - Autor

### 3.8 O equipamento Estudado - A Máquina 11

A máquina em questão foi instalada na fábrica em 1998. As razões pela sua escolha como piloto foram:

- O processo TPM foi aplicado integralmente - Desde sua instalação.
- Os resultados de eficácia (OEE) não apresentaram evolução nos últimos anos.
- Nesta fábrica, a flexibilidade das linhas de produção é relevante, desta forma a confiabilidade operacional é uma variável importante no resultado, o que justifica uma análise mais abrangente dos processos aplicados e dos resultados gerados.

A velocidade de produção nominal desta linha de produção é de 480 produtos por minuto, fabrica 5 tipos de produtos, trabalhando em 3 turnos, sendo operada por um time de 24 pessoas com 9 operadores e 15 auxiliares.

A auditoria interna realizada em 2005 evidenciou que a equipe que opera este equipamento pratica o processo TPM na etapa 4 da manutenção autônoma (Quadro 1, seção 2.6), com uma rotina de reuniões com frequência quinzenal, e os pontos fortes do processo observado foram os seguintes:

- Existe uma iniciativa muito forte em treinamento específico.

- O processo de inspeção e manutenção autônoma é executado. Praticamente 30% de toda manutenção programada é fruto das inspeções executadas pelos operadores.
- A filosofia 5S e segurança são importantes no dia-a-dia do time. As medições de eficácia assim como as informações sobre perdas e manutenção, são confiáveis e mantidas atualizadas.

A fim de atingir os objetivos propostos no início desta pesquisa, o estudo de caso foi analisado levando em consideração os aspectos de eficácia de operação e processos relacionados - especificamente o TPM. Esta análise permite determinar o OEE potencial por causas operacionais e assim conhecer o OEE possível de ser alcançado sem investimentos em tecnologia. O conceito está apresentado na Figura 22.

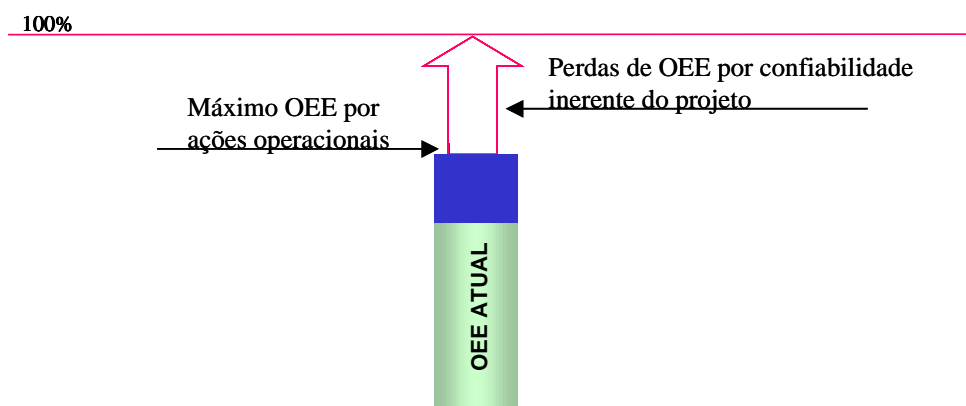


Figura 22 Ilustração- Confiabilidade inerente versus confiabilidade operacional

Fonte – Autor.

A análise da linha de produção escolhida foi estruturada para avaliar o OEE real em um período determinado e, a partir destes dados, aplicar um modelo para avaliar o OEE potencial para esta linha de produção - baseado em ações operacionais, conforme a seqüência apresentada na Figura 23.

Os dados utilizados são reais e foram coletados no Sistema PDA - Sistema de Aquisição de Dados da Produção, que é dedicado ao cálculo de eficácia de produção - OEE, e o tratamento dos mesmos foi feito através de:

- Microsoft Excell (organização dos dados transferidos do sistema de Coleta de Produção).
- Minitab 14 (tratamento estatístico dos dados).
- Microsoft Powerpoint (tratamento gráfico dos dados)

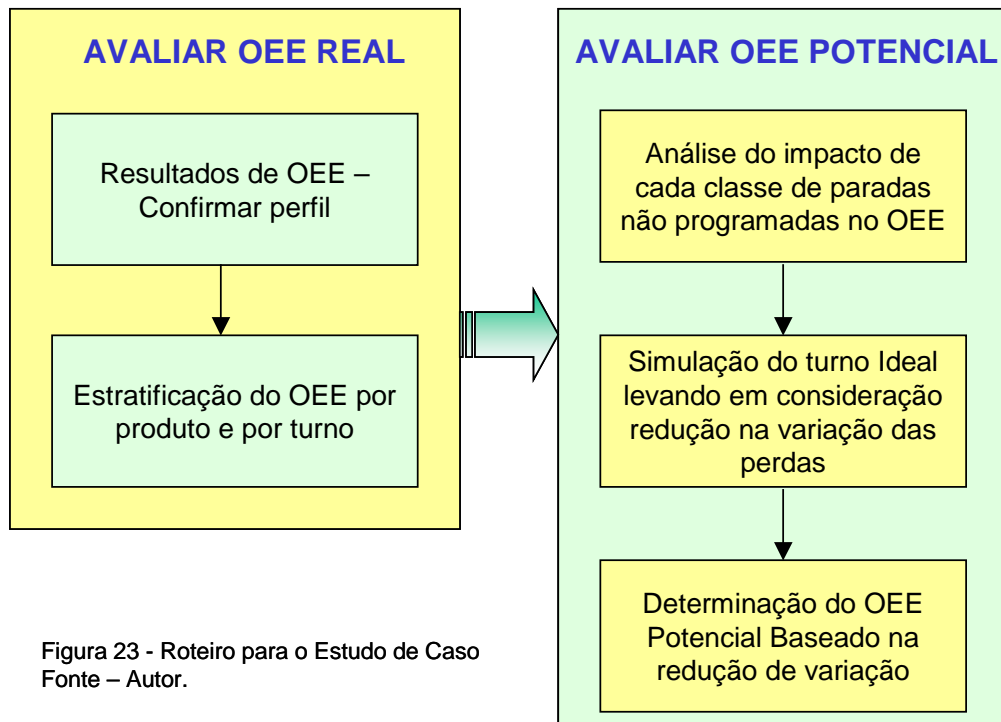


Figura 23 - Roteiro para o Estudo de Caso  
Fonte – Autor.

A **avaliação da eficácia real** - OEE do equipamento em questão foi realizada, avaliando o indicador desde 1999 até 2005, consolidando o OEE de janeiro a dezembro de cada ano. Após esta avaliação da evolução do OEE, foi avaliado o período específico de julho a dezembro de 2005, com a seguinte seqüência de procedimentos:

- **Coletar OEE de cada turno na seqüência de ocorrência - em porcentagem.**
- **Estratificar o OEE por produto e por turno - apresentar cartas de controle.**

Os resultados foram separados por turno de trabalho (A, B, e C) e por produto, sendo construídas cartas de controle com os dados, com o objetivo de observar condições específicas. Nesta fase, conseguiram-se as médias de OEE por turno de trabalho e por produto.

A **determinação do OEE potencial** baseou-se na redução de variação das causas operacionais que reduzem a eficácia. A Figura 24 ilustra esta abordagem, onde a eliminação das deteriorações forçadas **PO** altera a distribuição das eficácias, deslocando a média de **U1** para **U2**. Nota-se na figura que o máximo OEE já atingido não se altera.

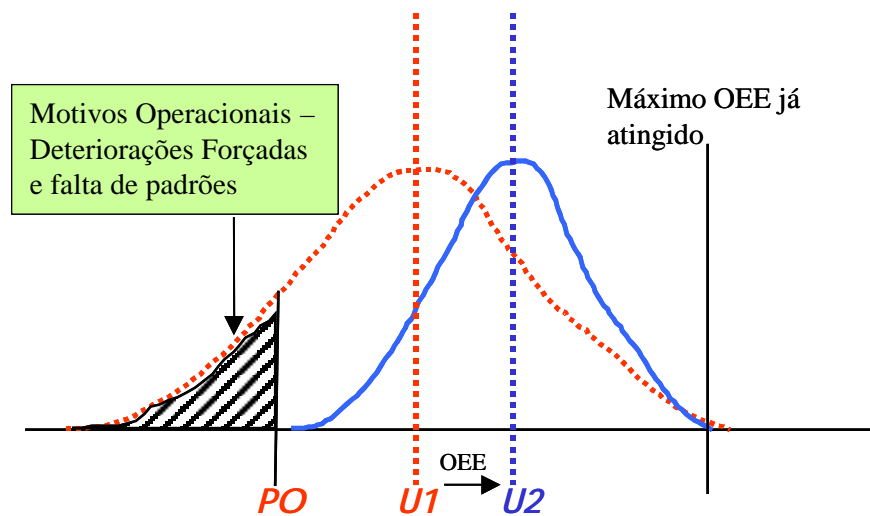


Figura 24 - Eliminação das deteriorações forçadas x média

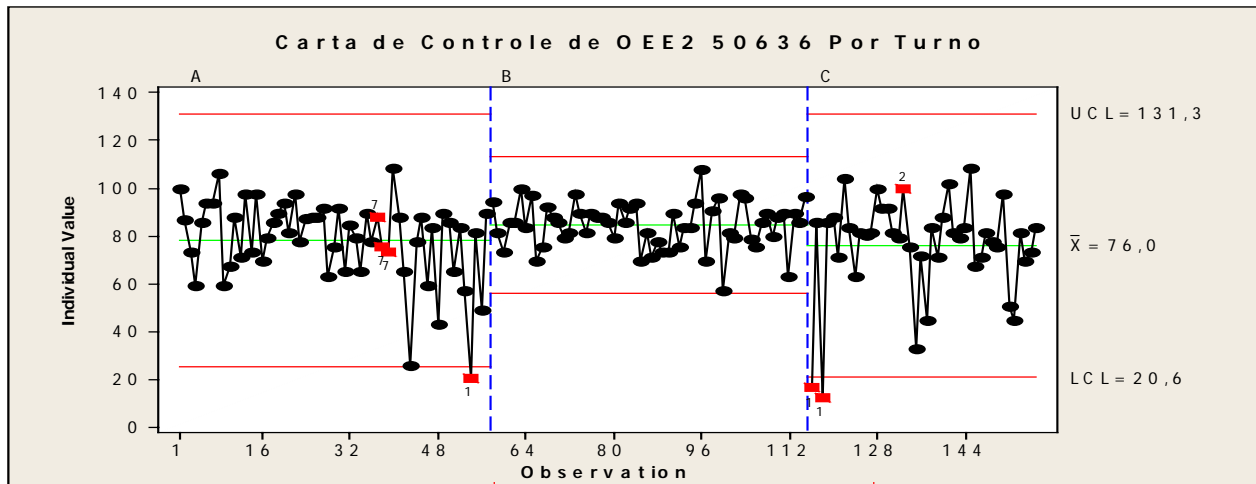
Fonte – Adaptado de Nakajima (1982) pelo Autor.

O método utilizado para a análise do OEE Potencial seguiu a seguinte seqüência:

- **Construir a carta de controle para valores individuais para o OEE dos três turnos, para cada produto, excluindo os dados referentes às paradas planejadas, como Manutenção Preventiva e Troca de Produto.**
  - Como manutenção preventiva e troca de produto são programadas, poderiam estar localizadas em apenas um dos turnos, dificultando a comparação entre os turnos, necessária para avaliar falta de padrões de operação.
  - Todas as paradas do equipamento que impactaram no OEE foram coletadas, para o mesmo período; por turno e produto e classificadas para permitir a separação entre causas operacionais e outras causas.
  - As perdas consolidadas por classes foram relacionadas a cada turno e a cada produto, no período analisado. Para cada classe de perda, estão anotados o número de ocorrências, a duração e o impacto no OEE, calculado utilizando as equações (1), (2), (3) e (4) mencionadas na seção 2.10.

A Figura 25 apresenta esta análise para o produto de código 50636, com a carta de controle do OEE para o período de julho a dezembro de 2005, para os turnos A, B e C, e a tabela relacionando as classes de perdas que impactaram no OEE de cada turno. Todos os produtos fabricados por esta linha de produção no período citado foram analisados da mesma forma. As perdas operacionais referem-se a ajustes e limpezas em processo, enquanto que a

matéria-prima pode gerar perdas na troca ou quebra em processo, que também estão relacionadas diretamente às habilidades e procedimentos do operador.



Classe	A			B			C		
	Frequência(n° vezes)	Tempo(min)	OEE2 %	Frequência(n° vezes)	Tempo (min)	OEE2 %	Frequência(n° vezes)	Tempo(min)	OEE2 %
Corretiva	39	1587	4.49	25	796	2.15	35	1979	5.74
Planejada	2	960	2.86	1	40	0.12	0	0	0.00
Limpeza Programada	7	433	1.29	7	354	1.05	22	1782	5.30
Change Over	2	152	0.44	2	98	0.28	7	584	1.73
Operacional	28	815	2.42	15	476	1.41	18	614	1.66
Matéria Prima (Quebra/Falha na Troca)	11	543	1.85	13	263	0.78	20	367	1.09
Matéria Prima (Falta)	1	93	0.27	0	0	0	0	0	0.00
Planejamento	1	40	0.12	2	66	0.19	1	17	0.05
Mão de Obra	1	29	0.08	0	0	0	1	24	0.07
Qualidade	0	0	0.00	2	74	0.21	1	42	0.12
<b>Soma</b>	<b>92</b>	<b>4652</b>	<b>13.82</b>	<b>67</b>	<b>2167</b>	<b>6.19</b>	<b>105</b>	<b>5409</b>	<b>15.76</b>

Figura 25 - Carta de Controle Valores Individuais - OEE e perdas relacionadas - Jul 05 – Jan 06. Turnos ABC Produto 636 Máquina 11

Fonte – Informações do Sistema PDA tratadas pelo autor.

- **Escolher o melhor resultado (menor perda) para cada classe de perda entre os três turnos e construir o turno ideal, ou seja, definir o OEE que seja o produto do menor conjunto de perdas operacionais e consolidar os resultados de OEE dos produtos.**
- O turno onde ocorreu a menor perda para uma classe específica, por exemplo, quebra de matéria prima ou falha na troca, representa a melhor prática, que deve ser observada pelos operadores dos outros turnos. Avaliando todas as classes de perdas com este critério, pode ser calculado o OEE potencial para cada produto, considerando o período de 6 meses de análise.
- Para consolidar o OEE potencial de todos os produtos e obter o OEE potencial da linha de produção, foi calculada a média das eficácias (OEE), ponderando pela utilização da máquina para produzir cada produto - o que foi programado.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados e as oportunidades do processo de manutenção da eficácia operacional na empresa estudada. Os resultados foram coletados em arquivos da companhia citados no capítulo da metodologia, com tratamento dos dados pelo autor. As análises foram feitas baseadas nos temas estudados no capítulo Revisão da Literatura.

### 4.1 Resultados do processo TPM considerando todas as fábricas da planta

#### 4.1.1 Eficácia (OEE)

O processo analisado tem sido aplicado nas oito fábricas que compõem a Planta de São José dos Campos, desde 1995. A Figura 26 apresenta a evolução deste indicador, onde as colunas representam a quantidade de máquinas em cada etapa da manutenção autônoma, e a linha, representa o OEE consolidado destas máquinas no mesmo ano.

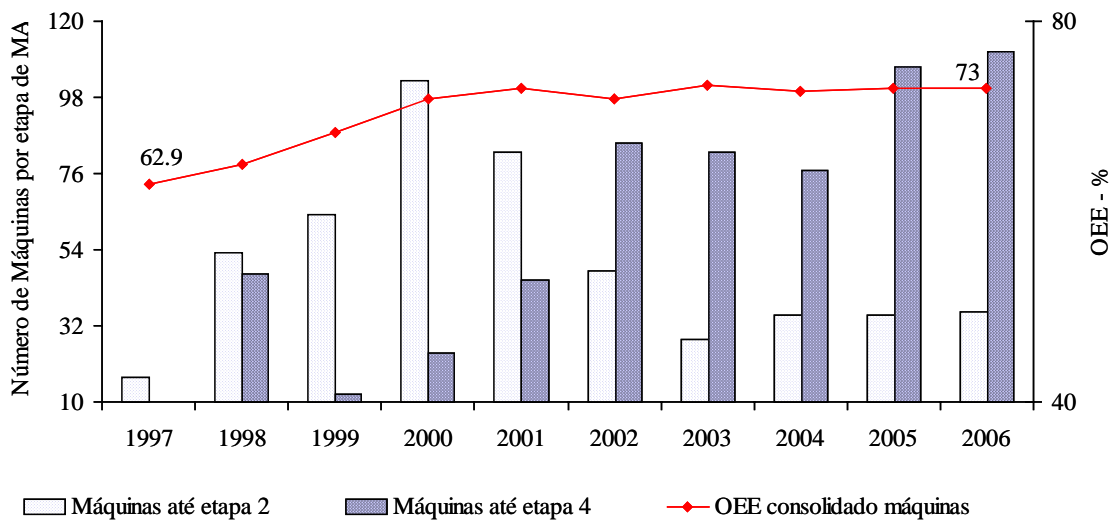


Figura 26– Quantidade de linhas de produção nas etapas da manutenção autônoma versus evolução do OEE  
Fonte – Adaptado pelo autor do arquivo da empresa.

#### Análise do gráfico

Os resultados de OEE consolidados para toda a Planta - 8 fábricas, acompanham a evolução das linhas de produção no processo TPM, como mostra o aumento do número destas linhas nas etapas da manutenção autônoma, porém, há uma estabilização do OEE a partir de 2001.

O pilar de TPM que visa bloquear a turbulência pela entrada de novos processos é o de Controle Inicial. No item 3.6., não é citado este pilar durante a implementação de TPM na área de produção, e a auditoria interna de TPM, citada no mesmo capítulo, mencionou a falta de confiabilidade nos novos projetos implementados nas fábricas.

Segundo Shirose (1995), as empresas devem não apenas buscar eliminar as complexidades dos produtos que afetam o processo de manufatura, mas também desenvolver processos de produção confiáveis, fáceis para operação, livres da necessidade de manutenção e adequados à necessidade de troca rápida de produtos. Os requisitos de operação e manutenção devem levar em conta as necessidades e experiências da área de produção.

#### 4.1.2 Projetos de Melhoria Contínua

A Figura 27 compara a evolução da quantidade de projetos para melhoria do OEE com a evolução do indicador na Planta estudada (consolidação de 8 fábricas).

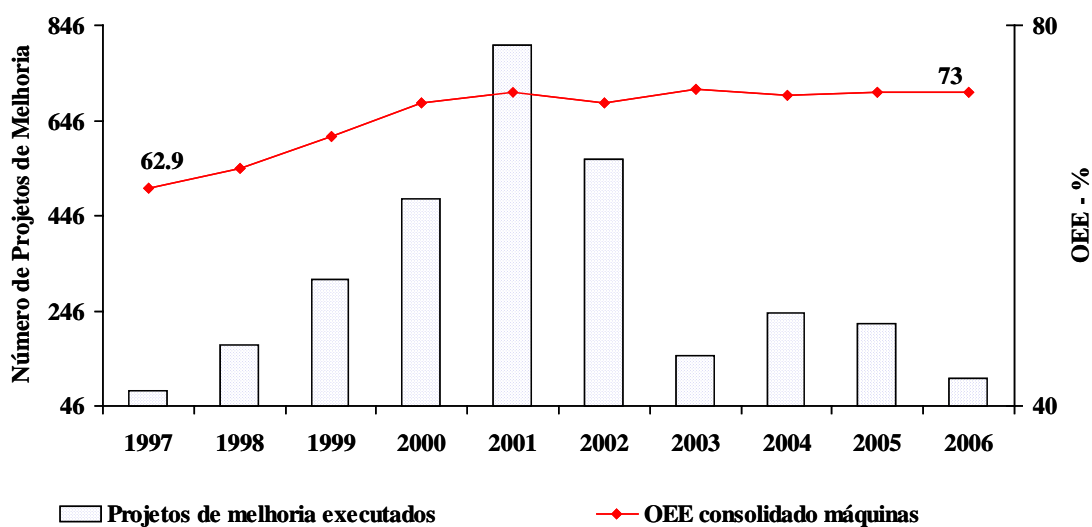


Figura 27 – Projetos de Melhoria versus evolução do OEE  
Fonte – Adaptado pelo autor do arquivo da empresa.

#### Análise

Um dos princípios básicos de TPM é a busca contínua da melhoria de eficácia. O pilar de melhoria específica tem como objetivo principal promover um ambiente onde os membros dos times de produção continuamente gerem projetos de melhoria. A eficiência deste processo pode ser medida pela quantidade de projetos relacionando aos resultados de OEE no mesmo

período. Nos resultados apresentados na Figura 25, é evidente a redução no número de projetos para melhoria contínua a partir de 2001, e isto tem uma relação aparente com a fraca evolução da eficácia, a partir do mesmo ano. Este detalhe do processo não foi identificado durante as auditorias realizadas (mencionadas no capítulo 3, itens 3.6.1 e 3.6.2). A única menção sobre o programa de melhoria contínua refere-se à falta de projetos para redução nos tempos das trocas de produto.

#### 4.1.3 Evolução da Autonomia dos Times de Trabalho

A autonomia dos grupos de trabalho, ou times de operação pode ser avaliada pela relação entre a quantidade de subordinados e chefes presentes na área de produção. A figura 28 representa a evolução real desta relação de 1996 a 2006.

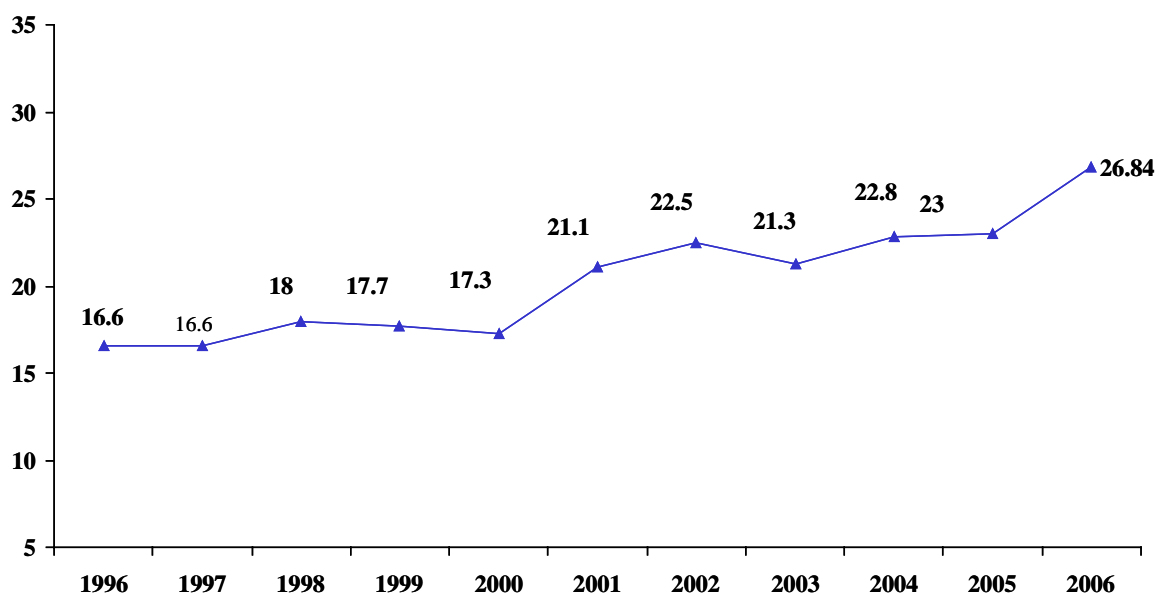


Figura 28 - Relação entre subordinados e chefes diretos na área de produção  
Fonte - Adaptado pelo autor a partir da dados da companhia.

#### Análise

A relação entre subordinados e chefes na área de produção vem aumentando significativamente. Isso sugere que o processo de delegação e de envolvimento dos funcionários está aumentando, o que é um dos princípios do TPM - Propriedade por parte dos trabalhadores. Este índice reforça o resultado das auditorias, que destacaram o excelente estado físico das áreas das fábricas, quanto à organização, limpeza e outros fatores relacionados à aplicação do 5S.

## 4.2 Resultados da fábrica estudada - Evolução da eficácia - OEE e processo TPM

Os resultados de OEE da fábrica foram consolidados anualmente considerando 5 linhas de produção. A Figura 29 mostra a evolução do OEE comparando com a etapa de manutenção autônoma do processo TPM que as linhas da fábrica estão praticando.

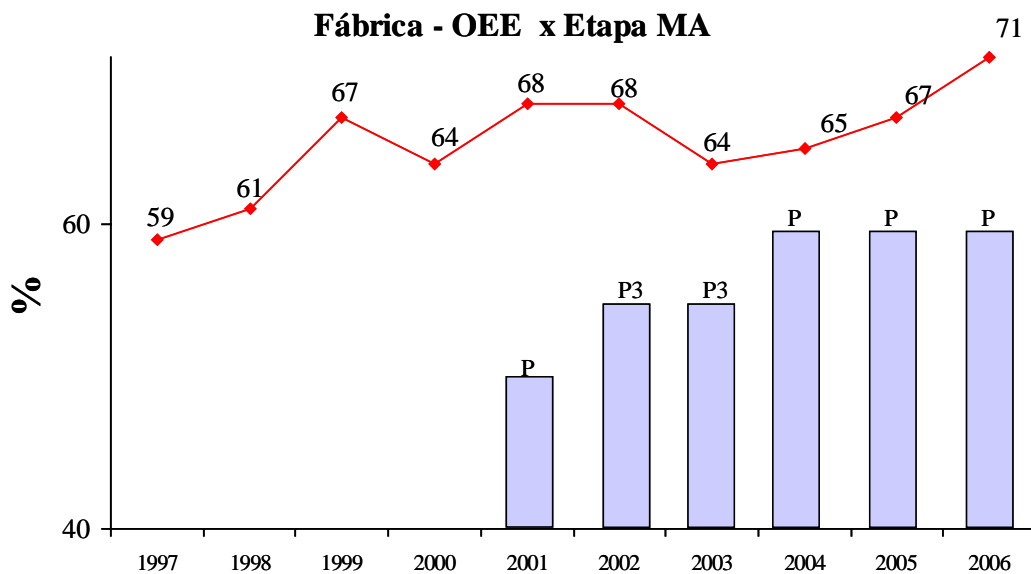


Figura 29 – OEE versus Etapas de manutenção autônoma – Fábrica  
Fonte – Dados dos Arquivos da Fábrica com adaptação pelo autor.

### Análise

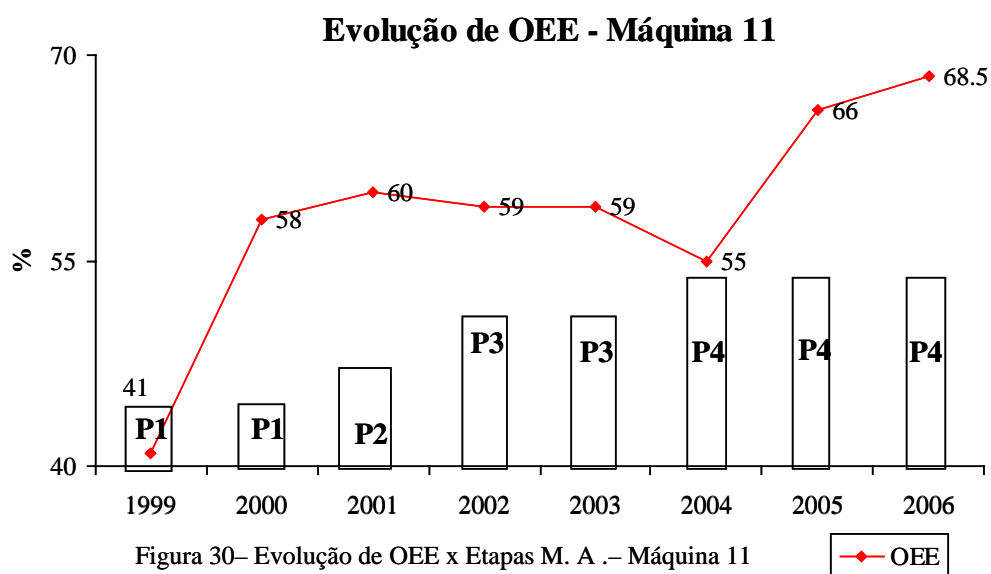
O perfil da evolução da eficácia desta fábrica é similar ao da planta inteira (8 fábricas), produto do mesmo processo de gestão que é padronizado para todas as fábricas.

A evolução do OEE pode ser considerada estável, apesar da tendência positiva a partir de 2004. As auditorias de TPM citadas no capítulo 3, itens 3.6.1 e 3.6.2, mencionaram a falta de indicadores de eficácia como requisitos para a mudança das etapas da manutenção autônoma, e na Figura 27 está claro que estas linhas de produção foram certificadas nos passos 2, 3 e 4 sem melhoria de eficácia (OEE). Segundo Shirose (1995), da etapa 1 à etapa 3 da manutenção autônoma pode ser aferida uma redução significativa de quebras de máquina e pequenas paradas (indiretamente melhoram o OEE), e estes deveriam ser os requisitos para a certificação da linha no próximo passo de manutenção autônoma.

### 4.3 Resultados do estudo na Linha de Produção estudada

#### 4.3.1 Evolução do OEE em relação ao processo TPM - Evolução dos Passos

A relação entre a evolução de OEE e os passos de TPM para a máquina 11, uma das 5 máquinas da fábrica cujo OEE foi apresentado na seção 4.2., é apresentado na Figura 30.



#### Análise

Esta linha de produção apresenta o mesmo perfil de evolução do OEE em relação às etapas da manutenção autônoma que foi apresentado pela fábrica onde a linha está instalada. Considerando que a evolução nas etapas de TPM representa a aplicação de um processo de gestão, e que em todas as fábricas desta planta o processo aplicado é o mesmo, não se trata de um problema localizado em uma linha de produção específica e sim uma oportunidade a ser explorada no próprio processo de gestão.

#### 4.3.2 OEE na linha de produção 11 por turno e por produto

No Quadro 6 estão relacionados o OEE e o desvio-padrão para cada produto nos turnos de produção A, B e C de julho a dezembro de 2005. O OEE é consolidado para o período, e o desvio-padrão reflete a variação entre os resultados de eficácia para os turnos A, B e C.

produtos	636			637			644			645			647			todos
turnos	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	todos
OEE %	74,38	76,67	68,42	69,63	75,18	73,61	64,65	72,2	61,9	60,38	67,10	72,04	68,66	65,45	66,05	69,15
Desvio-Padrão	15,25	20,32	15,58	15,26	20,32	15,58	27,58	7,92	21,49	23,69	22,26	11,9	13,97	22,44	22,71	19

Quadro 6 - Perfil da eficácia e variação na Máquina 11 – Julho 05 – Dezembro 05

Fonte – Adaptado pelo Autor das Informações recolhidas do PDA.

## Análise

Todos os turnos de produção ocorreram na mesma máquina e o quadro estratifica os resultados por produto e por turno. A variação do OEE é evidente, mesmo quando o mesmo produto é fabricado nos 3 turnos. Isso sugere problemas de padronização nas tarefas de produção ou a habilidade dos operadores não são as mesmas.

### 4.3.3 OEE considerando o impacto de perdas operacionais (todos os produtos)

A Figura 31 apresenta o OEE da linha de produção registrados sequencialmente na carta de controle por turno e por data, do período de julho a dezembro de 2005, eliminando todos os resultados de OEE nas datas onde ocorreram trocas de produto ou manutenção preventiva.

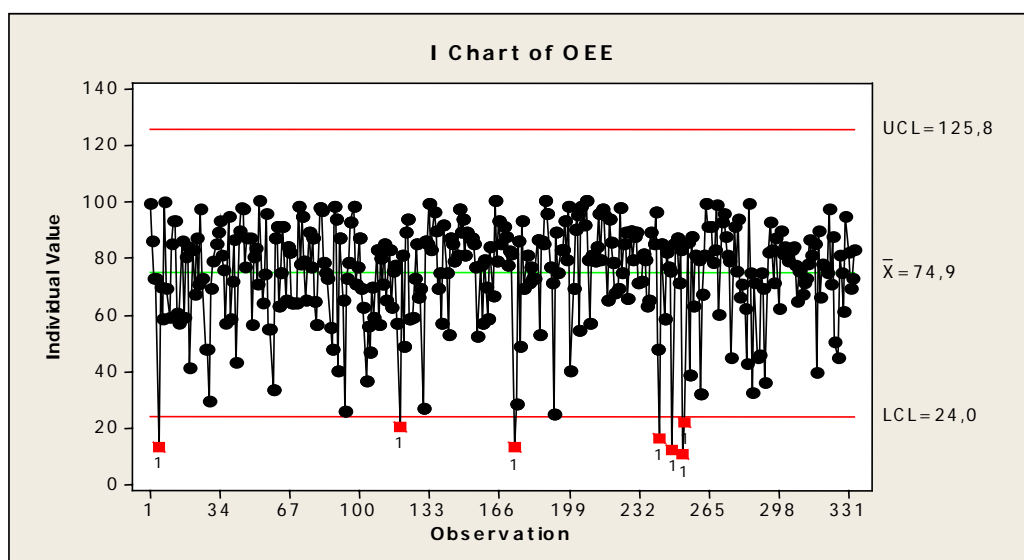


Figura 31 - OEE Consolidado Jul ho a Dezembro 2005 , Máquina 11

Fonte – Informações do Sistema PDA tratadas pelo autor.

### Análise

A variação do OEE na linha é evidente para estes produtos no período estudado. O OEE médio, desconsiderando as paradas programadas, foi de 74,9%, com um desvio padrão de 18,9%.

Em uma estimação por ponto de um parâmetro populacional, pode-se incorrer em erro, já que normalmente os estimadores são variáveis aleatórias, muitas vezes contínuas. A probabilidade de que a estimativa adotada venha a coincidir com o verdadeiro valor do parâmetro é praticamente nula. A construção de um intervalo que contenha esta estimativa permite controlar o erro (COSTA NETO, 1977).

Segundo o mesmo autor, quando trata-se de grandes amostras, pode-se considerar o desvio padrão da mesma como muito próximo do desvio-padrão da população.

O intervalo de OEE operacional para este processo, com um nível de confiança de 95%, é de:

$$IC : X \pm Z \times \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (5)$$

Onde

*IC* : intervalo de confiança

*X* : Média = 74,9 %

*Z* : variável normal referente ao nível de confiança desejado (para 95%,  $Z = 1,96$ )

*S* : Desvio Padrão = 18,9

*N* : Número de termos = 331

**O IC Obtido foi de 72,8% a 76,9%**

#### 4.3.4 Comparação entre OEE real e OEE Potencial

O produto final da análise foi o OEE potencial da linha de produção estudada, considerando apenas as perdas operacionais em todos os turnos do período e todos os produtos fabricados.

A Tabela 3 compara a média real e o desvio padrão entre os OEE dos turnos no período.

Tabela 3 – OEE Real versus OEE Potencial, Resultado Final

PERÍODO JULHO-DEZEMBRO 2005	Média do OEE	DESVIO-PADRÃO
REAL	74,9%	18,39%
POTENCIAL	80,7%	12,54%

Fonte – Autor.

A carta de controle, Figura 32, apresenta a diferença entre o OEE real e o OEE potencial para o período estudado.

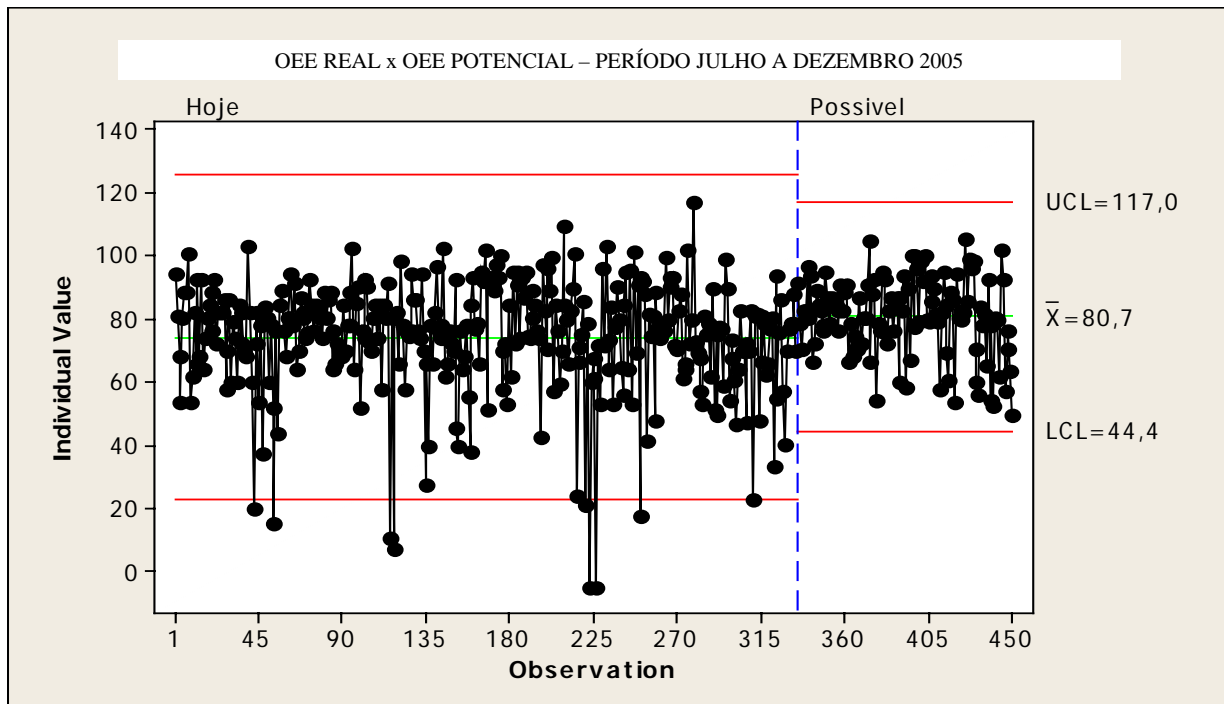


Figura 32 - Comparação entre OEE real e OEE potencial - todos turnos, todos produtos Máquina 11

Fonte – Informações do Sistema PDA tratadas pelo autor.

### Análise

A variação do OEE potencial calculado é menor que o OEE real no período estudado, já que o cálculo do OEE potencial considerou apenas os melhores resultados de perdas de cada turno. Aplicando a equação (5) para calcular o intervalo de confiança para o OEE potencial com um nível de confiança de 95%, tem-se:

$$\text{Média} = 80,7\%$$

$$\text{Desvio Padrão} = 12,54\%$$

$$Z \text{ para } 95\% = 1,96$$

$$N = 331$$

**O IC obtido foi de 79,4% a 82,0%.**

## 5 DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Produtividade e confiabilidade são objetivos relevantes em uma indústria, pois produtividade tem impacto direto no custo do produto e na capacidade de produção, enquanto que confiabilidade é a garantia de que o cliente será atendido com o produto pedido, na quantidade solicitada e no tempo desejado, atendendo os objetivos de qualidade. No contexto atual, onde a diversidade de produtos é um imperativo para a competitividade, estes dois indicadores são críticos e intimamente relacionados. Utilizar estoques para garantir o atendimento ao cliente é adicionar custo ao produto, e eliminar as perdas do processo deve ser a filosofia aplicada.

Instalar tecnologia para a melhoria da produtividade não elimina a necessidade de manter a eficácia dos processos, pois a nova tecnologia, de qualquer forma, terá de ser gerenciada pelos trabalhadores que a utilizam. TPM - Total Productive Maintenance, como modelo de gestão, tem se tornado popular entre as indústrias por sua abrangência ao abordar a prevenção das perdas, maximizando a eficácia do sistema de produção.

Na Planta analisada, dez anos de prática do processo geraram um nível de *autonomia* para as equipes de trabalho, evidenciado pela relação entre comandados e chefes - Figura 28 e os resultados das auditorias realizadas na fábrica - citados no capítulo 3, itens 3.6.1 e 3.6.2, que atestaram o estado de conservação, limpeza e organização das áreas e equipamentos. O índice de 30% de manutenções programadas geradas pela inspeção dos operadores - citado na seção 3.8, também é um forte indicador da autonomia dos Operadores. Segundo Nakajima (1982), Manutenção Autônoma por Operadores é o que distingue TPM de outros modelos de Gestão. Companhias que estabelecem padrões de pensamento não conseguem mudar da noite para o dia. Um destes padrões é "*Eu opero, você conserta*", que deve ser eliminado do ambiente de produção. Todos devem concordar que o operador é responsável para cuidar de seu próprio equipamento. Em um ambiente onde a tecnologia é cada vez mais aplicada e onde as mudanças são parte do processo, autonomia para tomada de decisões oportunas passa a ser um imperativo para as empresas, e isso deve ser desenvolvido. Na fábrica estudada, este conceito foi aplicado, mas sem metas para evolução. Apesar do sucesso do processo evidenciado pelo aumento na relação entre chefes e comandados, o sistema não está sob controle, ou seja, não há metas específicas para avaliar esta autonomia, como, por exemplo, medições das manutenções executadas pelos Operadores. A companhia deve adotar este objetivo do TPM para permitir que o processo de desenvolvimento da autonomia seja contínuo.

Quanto à *eficácia operacional*, a linha estudada - Máquina 11, apresenta o mesmo perfil de evolução do OEE, com tendência estável a partir de 2001 e, associado com a evolução do número de projetos para melhoria de OEE da fábrica, sugere falta de motivação para com o processo de melhoria contínua - Figura 27. Segundo **Shirose** (1995), a linha de produção deve definir sua estrutura de perdas com metas claras de melhoria dos diversos indicadores, e para a eficácia este indicador é o OEE. As ações requeridas para redução das perdas da linha de produção podem ser classificadas em: temas simples, de dificuldade moderada, temas difíceis, temas difíceis e extensos e temas difíceis e urgentes.

A Companhia deve explorar esta oportunidade, definindo o escopo dos projetos por competência e gerando metas para os projetos de temas simples que possam ser executados pelas equipes de operadores de máquinas. O engajamento no processo de melhoria contínua como requisito para promoção no passo de TPM, o que não está ocorrendo atualmente, como demonstra a Figura 26, onde a evolução no processo de TPM não está relacionada à evolução do OEE, também motivaria o envolvimento das equipes de operadores no esforço de redução das perdas do processo.

O estudo efetuado para conhecer o *OEE Potencial* da linha de produção número 11, mostrou que a redução na variação do OEE através da padronização dos turnos de produção resulta no aumento da média no período estudado - Tabela 3. Os fatores de gerenciamento que favorecem esta variação são: procedimentos inexistentes ou falhos e falta de padrões de operação e manutenção, que causam deteriorações forçadas, influenciando a variação do tempo médio entre as falhas de processo.

Conhecer o OEE possível através das variáveis que compõem a métrica permite ações de prevenção dentro do processo, considerando a metodologia dos pilares de TPM.

O processo de classificação das perdas que impactam no OEE, pode obedecer às seguintes métricas:

- Permitir a consolidação das perdas
- Possibilitar o direcionamento da ação por competências
- Possibilitar a identificação de problemas comuns aos processos.
- Permitir a identificação do setor do equipamento, troca do produto e matéria-prima
- Dar visibilidade às atividades críticas e permitir monitoramento.

Um exemplo de direcionamento da ação por competências é delegar o tratamento da classe de perdas **Manutenção** para o Departamento de manutenção da fábrica.

No caso das **manutenções corretivas** ou emergenciais, uma medida importante é o tempo médio entre falhas - MTBF, que é impactado sobretudo pelas deteriorações forçadas, além do nível de gerenciamento da manutenção. Então, o papel do operador é essencial para a melhoria deste índice. Manutenção autônoma deve ser desenvolvida nesta direção (NAKAJIMA, 1982), e assim a variação do MTBF pode também ser uma medida da eficiência da Manutenção Autônoma.

A redução do MTTR - *Mean Time to Repair*, aumenta a disponibilidade do equipamento. O tempo médio para reparar é impactado pelos recursos da manutenção, como treinamento, ferramentas adequadas, procedimentos e política de peças de reposição. O MTTR passa então a ser uma medida importante da eficiência da manutenção.

O objetivo da **manutenção preventiva** deve ser a redução efetiva das paradas emergenciais, sem onerar a disponibilidade total do equipamento.

A classe de perdas operacional, no estudo de caso, foi resumida pela equipe de operação em 3 ações que causam paradas do equipamento em processo e são observadas pelos operadores em setores específicos: Ajustes, reinício por causa de pequenas interrupções e limpezas necessárias em processo.

Os **ajustes**, outra classe de perdas importante na eficácia do processo, normalmente são necessários para corrigir um possível item de especificação do produto. A necessidade, então, é detectada através de inspeção do produto terminado. A causa desta inconveniência é a falta de parametrização do processo. A equipe de máquina deve aplicar um modelo de parametrização visando padrões de regulagem.

Eliminar **pequenas interrupções** durante o processo exige a busca da causa raiz do problema. A solução do problema pode estar nas medidas citadas anteriormente relativas aos ajustes e à limpeza em processo. Deve-se medir o índice de ocorrências desta natureza de falhas utilizando o mesmo conceito de MTBF.

A **limpeza em processo** é executada sempre que os operadores, com sua experiência já conhecem os pontos da máquina que acumulando resíduos causam interrupções no processo ou contaminação dos produtos.

Prevenir o **acúmulo de sujeira** exige o tratamento adequado das fontes de sujeira. A abordagem deve ser a eliminação das fontes de sujeira. Se não for possível, conter esta sujeira de forma a evitar o acúmulo em posições críticas para o processo. Esta prática é parte da etapa 2 da Manutenção Autônoma – seção 2.6 quadro 1. Avaliar o índice de intervenções desta natureza antes e depois dos projetos de melhoria garante a eficácia dos mesmos

Quanto à **troca de produto**, a abordagem não deve ser eliminar a troca, e sim minimizar o impacto da mesma, reduzindo o tempo de duração, conforme apresentado no capítulo 2.3 - Troca Rápida, Figura 7.

## 6 CONCLUSÕES

A implementação de TPM em uma área de manufatura mostrou-se viável, em vista da aderência do processo em toda a fábrica e no estudo de caso no período estudado, e sua relação com os resultados apresentados nesta pesquisa, dos quais destacam-se:

- A evolução na relação entre subordinados e chefes, na divisão onde a fábrica estudada, se localiza, de 16.6 para 26.84, apresentada na Figura 28, mostra o desenvolvimento de autonomia entre os operários.
- Os ganhos de OEE - na fábrica, 59% para 71%, apresentado na Figura 29, e na máquina que foi eleita como estudo de caso, de 41% para 68.5%, apresentado na Figura 30, são indicadores da eficácia do processo TPM.

Por outro lado, a estabilização do OEE em toda a divisão a partir de 2001, coincide com a diminuição de projetos de melhoria desenvolvidos pelas equipes de trabalho, Figura 24, e o relatório da auditoria executada em 2005 na fábrica onde o estudo de caso está instalado, citou que não existem resultados de eficácia relacionados às etapas de evolução do processo TPM - seção 3.5.

Quanto a estas metas de OEE, o que se deve esperar das equipes semi-autônomas de operação, dentro do processo TPM, é continuamente buscar a padronização dos métodos e atividades operacionais, que causam perdas no OEE.

A análise das variações destas perdas entre os turnos de produção como sugerido na Figura 21, permite a determinação da eficácia operacional da linha de produção além das ações pelos operadores, de bloqueio destas perdas.

A mesma análise pode ser útil na determinação do escopo de projetos relacionados à melhora de OEE, que envolvam o departamento de engenharia, ou seja, a melhoria da confiabilidade inerente, ou de projeto dos equipamentos.

**Recomendação para outros estudos relacionados ao tema:** O presente estudo não abordou o aspecto financeiro a ser considerado na implementação dos processos propostos. Alguns fatores como, desenho do produto favorecendo a manufatura e tecnologia aplicada eliminando as variáveis de processo, podem reduzir o custo da eficácia operacional, além de melhorar a confiabilidade com a eliminação de fatores subjetivos do ambiente. Esta análise complementaria o presente trabalho.

## 7 REFERÊNCIAS

- AMSDEN, T. ROBERT, BUTLER, E. HOWARD. **SPC Simplified Practical Steps to Quality**, NY, Quality Resources, 1986.
- BROWN, MICHAEL V. **Managing Maintenance planning and schedule**, MA, Wiley Publishing Inc., 2004.
- BOYETH, JOSEPH , BOYETH, JIMMIE. **O guia dos Gurus**, RJ, Campus, 1999.
- BOX, GEORGE E.P., HUNTER, WILLIAM, **Statistics for Experimenters**, NY, John Wiley & Sons, 1978.
- CRABILL, JOHN ET AL., **Production Operations Transition-To-Lean Team**, Lean Aerospace Initiative, MIT, MA, 2000.
- CHRISTOPHER, MARTIN, **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**, SP, Pioneira Thomson, 1992.
- COSTA NETO, PEDRO LUIZ DE OLIVEIRA, **Estatística**, SP, Editora Edgard Blucher , 1977.
- DEMING, W. EDWARDS, **Out of Crisis**, MIT, 1989.
- EBOLI, MARISA, **Educação Corporativa no Brasil – Mitos e Verdades**, SP, Editora Gente, 2004.
- FDA, DEPT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, **Medical Device Quality Systems Manual – A small Entity Compliance Guide**, US, HHS publications 1997, section 5, 1997.
- FEINGENBAUM, ARMAND V. **Total Quality Control**, USA, McGraw-Hill Inc., 1983.
- FERRO, JOSÉ ROBERTO, **O Japão Redescobre a Toyota**, Lean Mail, Abril 2003, disponível em [www.lean.org](http://www.lean.org)., acessado em 08/04/2006.
- HARTMANN, EDWARD H. **Successfully Installing TPM in a Non-Japanese Plant**, PA, TPM Press, 1992.
- HENDERSON, BRUCE A. AND LARCO, JORGE, L. **Lean Transformation**, VA, The Oaklea Press, 2000.
- JURAN, J. M. AND GRZYNA, FRANK M. **Juran's Quality Control Handbook.**, US, MacGRAW-HILL Book company, 1974.
- LIKER, JEFFREY K. **Becoming Lean – Inside Stories of US Manufacturers**, OR, productivity inc., 1998.
- MAGEE, JOHN F. **Logística Industrial – análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição**, SP, Biblioteca Pioneira de negócios- ed. Brás., 1977.

- MONEY, **Money.cnn.com/2007/04/24/gm/news/gm-toyota/index.htm**, acessado em 23/08/2007.
- MOUBRAY, JOHN, **Manutenção Centrada em Confiabilidade**, UK Aladon Ltd, 2000.
- NAKAJIMA, SEIICHI, **TPM Development Program**, MA, Productivity Press, 1982.
- NEPOMUCENO, LAURO XAVIER, **Técnicas de Manutenção Preditiva**, SP, Edgard Blücher, 1989.
- OHNO, TAIICHI **Toyota Production System – Beyond Large-Scale Production**, OR, Productivity Inc, 1988.
- PATCHONG, ALAIN, LEMOINE, THIERRY, KERN, GILLES, **Improving Car Body Production at Peugeot Citroen**, 2003, disponível em [http://web.mit.edu/patchong/www/index\\_1\\_fichiers/patchong-edelman.pdf](http://web.mit.edu/patchong/www/index_1_fichiers/patchong-edelman.pdf). acessado em 16/03/2006
- ROTHER, MIKE AND SHOOK JOHN, **Learning to See**, MA, The Lean Enterprise Institute, Inc., 1999.
- SCHARMER, OTTO, **Knowledge Has to Do with Truth, Goodness, and Beauty**, Conversation with Professor Ikujiro Nonaka, Tokyo, Japan, February 23, 1996, disponível em [www.dialogonleadership.org/nonaka.1996.html](http://www.dialogonleadership.org/nonaka.1996.html), acessado em 12/01/2006.
- SEIDEL, MARKUS, LOCH, CHRISTOPH, CHAHIL, SATJIV, **Quo Vadis, Automotive Industry. A Vision of possible Industry Transformation**, European Management Journal volume 23-4, 2004, disponível em <http://www.insead.edu/~loch/articles/EMJ%202005.PDF>, acessado em 16/07/2006.
- SHINGO, SHIGUEO, **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**, RS, Artmed Editora, 2003.
- SHIROSE, KUNIO, **TPM Team Guide**, OR, Productivity Press, 1995.
- SILVA, EDNA LÚCIA, **Metodologia da Pesquisa e elaboração de dissertação**, 4. Ed. Rev. Atual. - Florianópolis, UFSC, 2005, 138 P.
- STEVEN SPEAR, BOWEN, H. KENT, **Decoding the DNA of The Toyota Production System**, Harvard Business Review, 1999, disponível em <http://www.Harvard.edu/hbsp/prod-detail>, acessado em 12/07/2006.
- SUZAKI, KIYOSHI, **The new manufacturing Challenge**, NY, The Free Press, 1987.
- WOMACK, JAMES P., JONES, DANIEL, ROOS, DANIEL, **A máquina que mudou o mundo**, Rio de Janeiro, Editora Campus, 2004.
- WAUTERS, FRANCIS, MATHOT, JEAN, **Overall Equipment Effectiveness**, 2002, disponível em <http://library.abb.com / GLOBAL/SCOT/SCOT296.nsf/veritydisplay / 4581D5D1CE980419 c 1256bfb006399b9>, acessado em 12/01/2007.