

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
José Eugenio Mine Vanzella

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO
AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTO
PEÇAS: Um Estudo de Caso**

Taubaté – SP
2007

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
José Eugenio Mine Vanzella

**IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO
AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTO
PEÇAS: Um Estudo de Caso**

Dissertação apresentada para obtenção do
Certificado de Mestre em Gestão do
Desenvolvimento Regional do Departamento
de Economia, Contabilidade e Administração
da Universidade de Taubaté.

Área de concentração : Sistemas Produtivos
Operações e Inovações

Orientador: Prof. Dr. José Luis Gomes da
Silva

Taubaté – SP

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO

SIBI – SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS / UNITAU

(i)

(ii) **V285i Vanzella, José Eugenio Mine**

Implantação da manutenção autônoma em uma indústria de auto peças: um estudo de caso /. José Eugenio Vanzella- 2006.

99f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2006.

Orientação: Prof. Dr. José Luis Gomes da Silva, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração.

(iii) **1. Produtividade. 2. Manutenção autônoma. 3. Redução de perdas. 4. Qualidade. I. Título.**

JOSÉ EUGENIO MINE VANZELLA
IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA EM UMA INDÚSTRIA DE AUTO
PEÇAS: Um Estudo de Caso

Dissertação apresentada para obtenção do Certificado de Mestre em Gestão do Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté.
Área de Concentração : Sistemas Produtivos Operações e Inovações

Data: _16 de Abril de 2007_

Resultado: _Aprovado_

BANCA EXAMINADORA

Prof. _Dr. José Luís Gomes da Silva_____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _Dr. Antonio Del Arco Junior _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _Dr. Francisco Piorino Neto_____

Assinatura _____

Dedico este trabalho ao meu pai José Benedicto Vanzella, que embora de origem humilde, sempre nos ensinou a importância do saber, buscou em sua trajetória profissional sempre os valores éticos, deixando á seus filhos os valores do temor a Deus, o respeito ao próximo, e a vontade de vencer os desafios.

Á minha mãe Maria Celeste Miné Vanzella, que com amor e carinho, nos ensinou que embora exista tempos difíceis eles não são duradouros, nossa vontade e fé abranda as agruras tornando a vida mais feliz.

Dedico a minha amada esposa Mara Elisabete, que tanto me apoiou nos momentos difíceis, continuou sempre maravilhosa, dedicada e amorosa ao meu lado, e aos meus filhos, fonte de alegria e inspiração para minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus sobretudo, pois sem seu sopro de vida nenhum de nós existiria, sem sua consciência estaríamos sendo dirigidos apenas por instintos, sem seu amor seríamos incapazes de amar.

Agradeço aos meus pais, que foram meus inspiradores, meus apoios, meus líderes, e legaram-me os valores éticos e morais para minha vida.

A minha mulher e filhos, que são os motivos dos meus esforços e meus maiores incentivadores.

Aos Professores do programa, pela sua paixão, pelo trabalho, pela paciência, abnegação, consciência de que sem seu trabalho não haverá sequer possibilidade de um futuro melhor.

Agradeço ao Prof. Dr. Edson Querido, porque abdicando de seu conforto constroem um futuro melhor para milhares de brasileiros, Prof^ª. Dr^ª. Maria Julia Xavier com sua energia e habilidade nos ensina respeito e valores.

A todos os funcionários da casa, especialmente ao secretariado na pessoa da Sra Alda, que sempre apoiou o programa com dedicação.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Agradeço especialmente meu orientador Prof. Dr. José Luís Gomes da Silva, que não somente orientou este trabalho, mas como um amigo indicou os caminhos da pesquisa, dividiu seus conhecimentos, com paciência e compreensão.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi identificar as contribuições da Manutenção Autônoma, por meio de resultados obtidos em produtividade, qualidade e disponibilidade de máquina, em uma empresa de auto peças, situada na Região do Vale do Paraíba, SP. Esta empresa implantou a ferramenta Manutenção Autônoma e teve os indicadores de produtividade, reclamações dos clientes expressa em PPM e disponibilidade de máquinas, alterados ao longo dos anos. No período analisado, observa-se a redução de perdas no sistema produtivo, fato que impactou diretamente na produtividade do parque fabril no período. Analisando os indicadores de disponibilidade de máquina, produtividade e reclamações dos clientes ao longo dos anos estudados, traçou-se um paralelo entre a evolução dos dados e a implantação da Manutenção Autônoma, nas áreas de produção e manutenção. Foram analisados e comparados os dados referentes aos períodos, anterior, durante e posterior à implantação da ferramenta. A implantação da Manutenção Autônoma contribuiu para uma maior e melhor participação dos colaboradores na solução de problemas, e embora houvesse uma substituição de mão-de-obra direta no período analisado, o impacto negativo esperado pela substituição, não foi observado nos indicadores avaliados, estes indicadores também demonstram limitações nos processos produtivos sinalizando a necessidade de modernização de tecnologia.

Palavras-chave: Produtividade. Qualidade. Manutenção Autônoma. Redução de Perdas.

ABSTRACT

The objective of the present assignment was to identify through the results acquired in productivity, quality and availability of machine, in an auto parts company, situated in Paraiba's Valley, SP. The company has introduced the Independent Maintenance Tool, which altered the indicators of quality productivity and availability of machines throughout the years. By means of the implementation of the independent maintenance, it was observed a reduction of losses in the productive system and this fact resulted directly in the productivity during the analyzed period. A parallel was made to analyze the data and also the implementation of the Independent Maintenance, taking into account the whole time of the introduction study. They had been examined and compared the referring data including the periods that is: previous, during and posterior the introduction of the tool. The Implantation of the independent maintenance contributed towards a greater and better participation of the collaborators in solving the problems. The negative impact waited before was not noticed in the productivity pointers and quality, these pointers also demonstrated limitations in the productive processes showing the lack of modernization of technology.

Key words: Productivity. Quality. Independent Maintenance. Reduction of Losses

GLOSSÁRIO

Gargalo – Equipamento ou meio de produção que é a restrição da capacidade produtiva, onde não há como recuperar as perdas.

Manutenibilidade – Grau de facilidade para manutenção, seja física, de peças de reposição ou de acesso ao item a ser reparado.

Termográfica – Medição de temperatura por meio de equipamentos, em geral infravermelhos que demonstram com imagens as diferentes temperaturas dos equipamento ou painéis.

Partículas ionizáveis – Partículas sólidas em suspensão nos líquidos, por ex óleo, que possuem carga elétrica devido a perda ou ganho de elétron.

Insumos – Recursos necessários para o desenvolvimento de um trabalho para atingir um objetivo.

Rotina de trabalho – Procedimentos e normas que descrevem como uma tarefa deve ser realizada.

Falha – colapso de componente ou equipamento que interrompe sua função.

MTBF – Medium Time Between Fail; tempo médio entre as falhas, estimado com base em histórico entre as falhas de um equipamento.

MTTR – Medium time to Repair; tempo médio para reparo, obtido com base no histórico de reparos do item.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Proposições do estudo do trabalho	17
Quadro 2 – Perdas nos equipamentos e máquinas.....	47
Quadro 3 – Perda devido a Recursos Humanos e Insumos.....	49
Quadro 4 – Perdas na Produção.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução das técnicas de manutenção.....	27
Figura 2 – Aparecimento de Falha no sistema-Intervalo P-F.....	32
Figura 3 – Configuração do primeiro padrão de falha “Curva da Banheira”.....	33
Figura 4 – Configuração do segundo padrão de falha.....	34
Figura 5 – Configuração do terceiro padrão de falha.....	35
Figura 6 – Configuração do quarto padrão de falha.....	36
Figura 7 – Configuração do Quinto padrão de falha.....	36
Figura 8 – Configuração do sexto padrão de falha.....	37
Figura 9 - Fluxo Processo Produtivo	43
Figura 10 - Fluxo Causa da Perda e Forma de Medição.....	45
Figura 11 -.Cronograma dos Períodos Analisados.....	64
Figura 12- Lay- out da fabrica.....	65
Figura 13 Localização máquina Chave 3.....	66
Figura 14 Máquinas chave 7;8 e 14.....	67
Figura 15 - Cronograma de Treinamento dos Operadores Seleccionados	76
Figura 16 – Produtividade durante o período pesquisado.....	78
Figura 17 – Média de Produtividade por Período Estudado.....	80
Figura 18 – Disponibilidade de máquina chave ano 2003.....	83
Figura 19 – Disponibilidade de máquina Chave ano 2004.....	85
Figura 20 – Disponibilidade de Máquina Chave ano 2005.....	86
Figura 21- Evolução da Disponibilidade Total de Máquina no Período de Pesquisa.....	87
Figura 22 - Disponibilidade Total Média de Máquina no Período Pesquisado.....	88
Figura 23 - Desempenho de Problemas da Qualidade em 2002.....	91
Figura 24 – Desempenho anual da Qualidade em PPM médio mensal.....	92

SUMÁRIO

Resumo.....	07
Abstract.....	08
Glossário.....	09
1 Introdução	15
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.2. Proposição do Estudo.....	18
1.3 Delimitação Do Estudo.....	19
1.4 Relevância Do Estudo	20
1.5 Organização Do Trabalho	19
2 Revisão Da Bibliografia	20
2.1 Manutenção.	29
2.1.2 Falha.....	30
2.1.3 Tipos de Manutenção.....	37
2.1.3.1Manutenção Corretiva ou Acidental.....	37
2.1.3.2 Manutenção Preventiva Sistemática.....	39
2.1.3.3 Manutenção Preventiva sob condição.....	40
2.1.3.4 Manutenção Baseada na Confiabilidade.....	41
2.1.3 Eficiência dos Sistemas e Conceito de Perdas.....	42
2.2 Disponibilidade De Máquinas.....	51
2.3 Qualidade	52
2.4 Produtividade.....	57
2.5 Fabricação Classe Mundial	58

2.6 Reengenharia.....	69
2.7 Inovações Tecnológicas.....	60
3 Método.....	63
4 Estudo De Caso	71
4.1 Manutenção Autônoma.....	72
4.1.1 Treinamento do Multiplicador.....	73
4.1.2 Seleção Dos Candidatos.....	74
5 Resultados e Discussão.....	77
5.1 Produtividade.....	77
5.2 Disponibilidade	81
5.3 Inovação Tecnológica Implantadas.....	88
5.4 Indicadores da Qualidade	90
Conclusões.....	95
Referências Bibliograficas.....	96

1 Introdução

A manutenção ainda é considerada, no Brasil, por muitas companhias, como um custo a ser reduzido. Esta visão deve-se ao fato de que, durante muito tempo, a função da manutenção era consertar o que havia falhado, permanecendo os mantenedores parados, aguardando que houvesse alguma falha para fazer a intervenção.

Este conceito apresentou alguma mudança, quando os estoques de produtos intermediários e acabados começaram a ser minimizados, por força da redução de custos nas empresas em função da globalização, que aumentou a competição entre os mercados.

Na busca da otimização, foi concebido no Japão no final do século XX, na *TOYOTA MOTOR COMPANY*, um novo sistema de produção que tem como objetivo principal o aumento da eficiência da produtividade eliminando os desperdícios, Ohno (1997). Este sistema reduz estoques que são encarados como um dos desperdícios encontrados nas empresas.

Com estoques de produtos finais menores, os riscos e as conseqüências de paradas por falhas nas máquinas e equipamentos, tornaram-se mais graves e seus custos mais claramente percebidos.

Para evitar os prejuízos que poderiam ser oriundos destas paradas, as empresas, partindo de uma análise de perdas internas, passaram a investir um volume maior de recursos na área de manutenção, inclusive em treinamento e em manutenção preventiva, visando diminuir os índices de falhas e paradas.

Ainda hoje as intervenções planejadas nas plantas das indústrias, continuam a causar interrupção de produção, estas são inconvenientes por reduzirem o rendimento financeiro da empresa, e algumas vezes podem ser evitadas ou mesmo adiadas em função de uma análise cuidadosa no estado do equipamento.

A otimização das intervenções, por meio do diagnóstico real do estado das máquinas e equipamentos, desenvolvida pela Toyota, é uma ferramenta gerencial que aproveita o conhecimento, que os operadores possuem das condições de funcionabilidade de seus equipamentos, uma vez que os mesmos os operam durante todo o período produtivo. Estes podem ser treinados para perceber qualquer variação de desempenho, ruído e temperatura, e à partir de um diagnóstico mais precoce, as intervenções poderiam ser menos custosas, e as paradas minimizadas.

Esta ferramenta veio para auxiliar não somente o diagnóstico de possíveis potenciais de falhas, e evitar que intervenções desnecessárias fossem realizadas, mas também prevenir que falhas graves ocorressem e paralisassem, por um período de tempo maior que o necessário, a produção. Esta ferramenta foi chamada de Manutenção Autônoma e tornou-se um dos pilares da Manutenção Produtiva Total, (*Total Productive Maintenance - TPM*). SHINGEO (1996)

Na Manutenção Autônoma, os operadores passam então, a responsabilizar-se pela conservação dos equipamentos, e sempre que percebem algo que está fora dos padrões de operação normal, acionam as áreas de manutenção, ou ainda executam algumas pequenas intervenções, visando proteger e manter o bom rendimento dos equipamentos.

Com a mudança de comportamento dos operadores, a partir da implantação da ferramenta Manutenção Autônoma, estes adicionam as suas responsabilidades produtivas, o uso correto do equipamento e sua conservação, além de participarem das soluções de problemas originários dos desgastes nas máquinas e equipamentos.

A mudança de comportamento e atitude dos operadores, tem reflexos diretos no desempenho, que podem ser medidos por meio de indicadores de produtividade, qualidade e índice de parada de máquinas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar e descrever a sistemática de implantação da ferramenta, Manutenção Autônoma, em uma unidade fabril de auto-peças

1.1.2 Objetivos Específicos

Analisar os benefícios da aplicação da ferramenta Manutenção Autônoma e seus limites, tendo como base os indicadores de produtividade, reclamações do cliente e disponibilidade de máquina, antes durante e após a implantação, em empresa de auto peças, fornecedora em regime JIS (*Just in Sequence*).

1.2 Proposição do Estudo.

Os objetivos específicos deste trabalho trazem a base para a definição da proposição do estudo, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 Proposição do Estudo

Objetivo	Proposição de Estudo
Analisar e descrever a sistemática da ferramenta, Manutenção Autônoma, na unidade estudada.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Descrever as fases de implementação ✓ Identificar as funções correlatas à aplicação da ferramenta. ✓ Relacionar as atividades desempenhadas à utilização da ferramenta.
Identificar as dificuldades e principais gargalos que ocorreram na implantação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relacionar os gargalos encontrados na implantação com os resultados nos indicadores

1.3 Delimitação Do Estudo

Este estudo será realizado em uma empresa de auto peças, fornecedora de conjunto montado para montadora de veículos automotores, em regime

seqüenciado, com planta fabril localizada no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, comparando-se dados de reclamações dos clientes, produtividade e disponibilidade de máquinas entre os anos de 2002 a 2005.

1.4 Relevância Do Estudo

A Indústria Automotiva tem no final do século XX e início do século XXI uma capacidade de produção instalada, maior que a capacidade de absorção do mercado, em decorrência deste fato, instala-se uma concorrência sem precedentes no setor automotivo. A Manutenção Autônoma é uma ferramenta de redução de desperdícios e otimização da produção. Torna-se, portanto, importante entender e avaliar os benefícios alcançados pela implantação da ferramenta, as principais dificuldades que surgiram no decorrer da implantação, os resultados que foram obtidos, os limites de aplicação da ferramenta e seus reflexos nos indicadores. Estes resultados positivos, mensuráveis e percebidos nos indicadores, permitem a empresa obter uma minimização de custos e conseqüentemente uma vantagem competitiva.

1.5 Organização do Trabalho

O primeiro Capítulo traz além da Introdução, os objetivos, a delimitação do estudo sua relevância e a organização do trabalho.

O Segundo Capítulo traz na revisão da bibliográfica, tem-se a Manutenção classificada por meio dos tipos, as teorias constantes das literaturas especializadas e definições utilizadas para o presente estudo. Com relação ao tema específico de Manutenção Autônoma, este tem ainda bibliografia reduzida.

A Revisão traz ainda alguns conceitos de qualidade, produtividade, e inovação tecnológica.

O Terceiro Capítulo trata da Metodologia utilizada neste trabalho.

O quarto Capítulo trata do estudo de caso, Implantação da Manutenção Autônoma, e seleção dos candidatos.

O Quinto capítulo traz os resultados e análise, dos indicadores estudados ao longo do período.

2 Revisão Bibliográfica

A literatura específica sobre implantação de Manutenção Autônoma, é relativamente reduzida, por tratar-se de uma ferramenta, cuja proposta é: a operação passar a desempenhar algumas funções específicas da área de manutenção, assim, existe literatura abundante sobre manutenção, dirigida para a área de manutenção, mas não modelos de Manutenção dirigida para a área da Operação.

As origens da Manutenção remetem à era pré-industrial, onde os equipamentos eram fabricados de forma artesanal, ou seja, sem padronização e intercambiabilidade. Anteriormente cada equipamento era único e não havia peças sobressalentes, assim a função manutenção era exercida também de maneira única, com a fabricação de um novo componente que se ajustasse ao equipamento quebrado.

A era industrial iniciada no começo do século passado, começou a estabelecer novas necessidades para atendimento dos padrões de desempenho da época, entre eles estava a necessidade de melhorar a manutenção.

Na Segunda Guerra Mundial, segundo Nagau (1998), houve uma grande evolução no conceito de Manutenibilidade e Confiabilidade. Por interesses óbvios, os equipamentos bélicos deveriam ter seus desempenhos maximizados, cumprindo com sua missão e caso apresentassem falha, deveriam ser rapidamente reparados e colocados novamente em ação. Esta condição é válida também para os equipamentos produtivos que se encontravam fora da frente de batalha, recursos produtivos também engajados no conflito. Este histórico da evolução da manutenção é abordado por Nepomuceno (1989).

Outro setor industrial que impulsionou vigorosamente a área de manutenção a partir da década de 50 foi a indústria aeronáutica, principalmente em consequência das possíveis falhas que poderiam ocorrer, foram introduzidas na indústria aeronáutica o conceito de agir preventivamente.

As inspeções constantes nas aeronaves, a fim de garantir o desempenho dos equipamentos, iniciaram desta forma a Manutenção de Inspeção, como medida de garantir o funcionamento correto dos sistemas.

Com o conhecimento adquirido das inspeções e da substituição periódica de itens desgastados, teve início a Manutenção Preventiva com a substituição de itens por tempo, ou horas de trabalho.

Na início da década de 70, no Japão surgiu o TPM (*Total Productive Maintenance*) ou manutenção produtiva total, na *Toyota Motors Company* e logo foi assimilada pelas indústrias de manufatura.

Esta filosofia de trabalho, está apoiada em 8 pilares, segundo Gomes;& Oliveira, (2002):

- **Melhoria específica** – objetiva, aumentar a eficiência global do equipamento e do processo; desenvolver melhorias para eliminar perdas do processo produtivo.
- **Manutenção Autônoma** – objetiva capacitar o operadores de produção, para fazer a distinção entre normalidade e anormalidade no equipamento, tomar providências rápidas e corretas contra anomalias, manter sob controle as condições ideais de operação.

- **Manutenção Planejada** – objetiva aumentar a eficiência global do equipamento, *Overall Equipment Efficiency* (OEE), por meio do aumento da disponibilidade operacional - aumento da confiabilidade medida por tempo médio entre falhas, *Médium Time Between Fail* (MTBF) e redução do tempo médio de reparo *Médium Time To Repaire* (MTTR); atingir quebra zero, aumentar a eficiência e eficácia dos equipamentos e reduzir os custos correlatos de manutenção.
- **Educação e Treinamento** - objetiva elevar os níveis de habilidade dos operários, técnicos e liderança; incrementar a capacitação e a proatividade do pessoal.
- **Gerenciamento Antecipado** – objetiva reduzir o tempo de projeto, partida operacional (*star-up*) de equipamentos; reduzir o tempo de introdução de produtos e processos.
- **Qualidade** – objetiva atingir zero defeito, com causa raiz no equipamento, eliminando as variações do processo causados por desgaste natural dos equipamentos.
- **Segurança, higiene e meio ambiente** – objetivo zero acidente; desenvolver uma área de trabalho isenta de poluição, saudável isenta de impacto ambiental.
- **Sistema de Apoio** – objetiva processar informações de maneira rápida, com qualidade e confiabilidade; aperfeiçoar os processos administrativos; reduzir perdas administrativas.

A filosofia do TPM está ligada a otimizações, que vão além da manutenção industrial, esta filosofia promove uma mudança geral na empresa, onde o foco principal é a otimização recursos necessários a produção, por meio de eliminação das perdas em todos os processos da empresa.

Um dos pré-requisitos para o TPM é uma ferramenta chamada 5 S, o “S” é derivado de palavras japonesas que tem significado distintos, segundo Guedes Jr., O. F.; & Oliveira R. C (2002) “S” pode ser interpretado como:

- ✓ **SEIRI** que significa “Organização”, entretanto organização não é simplesmente manter tudo em seu lugar, mas também separar o necessário do desnecessário, desta forma ao procurar-se algo este será encontrado com maior rapidez, coisas que não tem uso não deverão ser guardadas. Deve-se estabelecer critérios para eliminar o desnecessário, bem como a participação da empresa como um todo para que ao descartar algo tenha-se a certeza que o mesmo não será utilizado, normalmente se faz uma limpeza ou separação geral e disponibiliza-se para avaliação das áreas e finalmente se faz o descarte.
- ✓ **SEITON** que significa “Ordem e Arrumação”, após o descarte das coisas desnecessárias, se providencia uma estocagem prática, que facilitará a localização do item e seu acesso rápido. Com o estoque minimizado, organizado e ordenado, reduz-se as perdas provenientes da procura por determinado item ou mesmo falhas no controle de inventários.
- ✓ **SEISO** que significa “Limpeza”, a limpeza não somente da sujeira mas a eliminação das causas de sujeira é fundamental para uma boa inspeção na

máquina, facilita a identificação de vazamentos, trincas e outros problemas que por ventura venha a ser percebido.

- ✓ **SEIKETSU** que significa “Asseio e Padronização”, o asseio é a limpeza diária do equipamento, e a padronização é a busca do padrão de execução do trabalho, consolida os três “S” anteriores, e faz parte do processo visual de controle e gerenciamento, que pode utilizar cores, cartazes, faixas de identificação, setas e sinalizações específicas e padronizada para indicar tarefas, pontos de referencias de inspeção, trajetos e seqüências.
- ✓ **SHITSUKE**, que significa “Disciplina”, a disciplina nada mais é do que a repetição sistemática diária dos quatro “S” anteriores, que foram executados, desta forma se formará uma nova mentalidade na empresa, garantindo o cumprimento dos acordos firmados com os colaboradores, a disciplina transforma as boas prática em rotina de busca de redução de desperdício e melhora de desempenho.

Com a aplicação do 5 “S” a empresa permanecerá organizada, limpa, padronizada e disciplinada, mas também, abrirá um processo de maior participação dos colaboradores na observação dos desperdícios e busca pelo melhor rendimento.

Na busca continuada pela eficiência e eficácia dos equipamentos, para obter maior competitividade no mercado, surge na década de 80, a Manutenção Preditiva, ou seja, manutenção baseada na condição de operação do equipamento, que pode ser determinada por meio de:

- ✓ Análise de vibração em equipamentos rotativos,

- ✓ Termografia que consiste em utilizar equipamentos que medem a temperatura por meio de infravermelho e detectam pontos quentes nos equipamentos e painéis,
- ✓ Análise de propriedade do óleo, lubrificantes ou isolantes, em equipamentos mecânicos e transformadores elétricos, estas análises, verificam, por exemplo, o número de partículas suspensas, oxidação, ionização, entre outras qualidades do óleo.

Por meio dos resultados obtidos nestes ensaios, define-se a condição de operação dos equipamentos e o melhor momento para uma intervenção, com o menor custo evitando desperdícios. NAGAU (2005)

Com a abertura do mercado comercial no Brasil na década de 90, o país foi inserido no contexto competitivo mundial, e os enfoques de qualidade, custos e perdas, ganharam maior importância na indústria automotiva brasileira, principalmente nas indústrias de autopeças, que deveriam competir com as empresas estrangeiras.

Alguns conceitos mundiais descritos por Schonberger (1988), apontaram para a necessidade de uma vigorosa renovação de conceitos produtivos, estes conceitos mundiais tiveram que ser absorvidos no parque industrial brasileiro, revisando níveis de estoques, cadeia de valor, metas de qualidade, alavancagem de projetos novos e simplificação de modelos de gestão.

Outro conceito trazido por Goldratt e Cox (1993), estimulava um novo modelo de gestão, onde, os operadores deixavam de ser simples partes das máquinas, para

fazerem parte da massa pensante das empresas, solucionadores de problemas, principio utilizado na Manutenção Autônoma.

Hammer e Champy (1993) pregavam a reengenharia, como um novo modelo de trabalho, com novos conceitos de aproveitamento de trabalhadores, de produtividade, e do cliente como razão para existência da empresa, portanto deveria satisfazê-lo plenamente.

Dessa forma os pontos mais importantes para a atualização trazida pela abertura de mercado foram; a empresa toda voltada para o cliente, e a redução de custos, obtidos por meio do aumento da eficiência e eficácia dos sistemas produtivos e a participação dos colaboradores na solução de problemas da produção.

A manutenção Industrial teve uma forte evolução tecnológica, com a importação de novos equipamentos e máquinas, neste aspecto uma das formas de transferência de tecnologia, mas também com o emprego de novas técnicas de gerenciamento e participação dos operadores, estes avanços tecnológicos, possibilitaram aumentar disponibilidade da planta produtiva e também a confiabilidade nos equipamentos, reduzir os desperdícios e melhorar a competitividade.

Outros estudos como Kletz (1993) destaca a importância da manutenção, por meio de comentários sobre acidentes com graves conseqüências, originados devido a falhas de manutenção, com risco não somente material, mas também a vidas humanas e danos ambientais, ressaltando a importância da área de manutenção.

Borges (1995) traz para a Industria em geral as possibilidades de benefícios á partir da aplicação das técnicas de Manutenção Baseada na Confiabilidade.

O conceito de manutenção Centrada na Confiabilidade originou-se nos países Europeus. Segundo Nagau (1998), a Inglaterra é um dos principais promotores deste conceito, através da publicação e divulgação de diversos trabalhos pela Universidade de Manchester.

A evolução da Manutenção na Figura 1 elaborada por Mubray (2000), permite observar a manutenção em 3 gerações, iniciando-se na primeira geração com o quebra conserta e indo até a última com o emprego de tecnologias e engenharias, objetivando garantir a confiabilidade do equipamento, e também prevenir e melhorar o mesmo. Este aprimoramento permite assim uma vida útil competitiva mais longa.

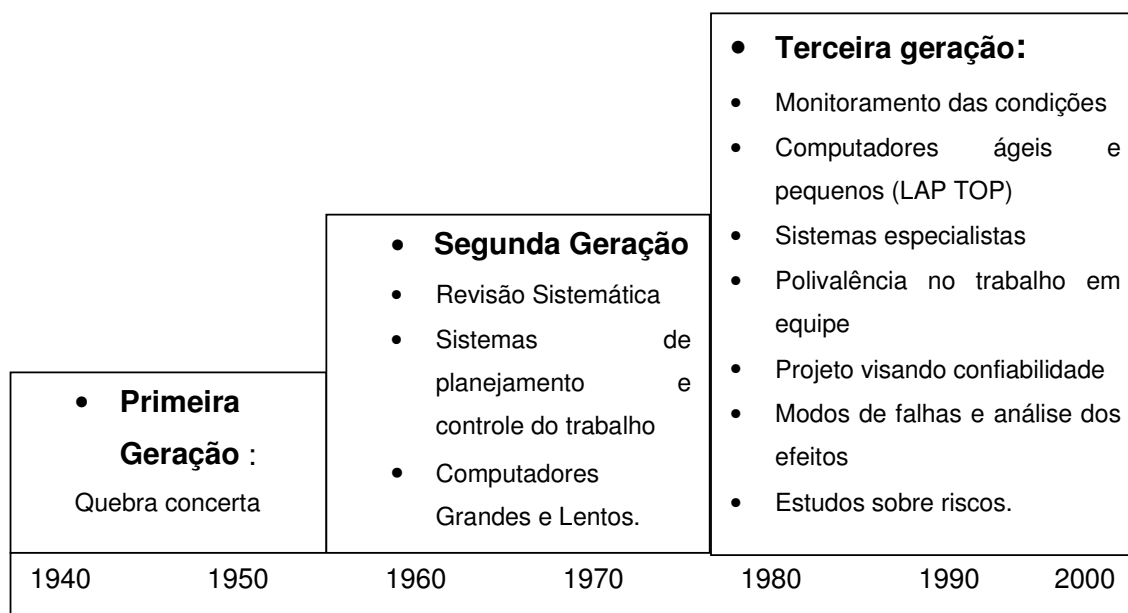


Figura 1: Evolução das técnicas de manutenção

Fonte: Mubray 2000

No início do século XXI a evolução da gestão empresarial, passa a tratar a área de manutenção como parte essencial no sucesso das empresas, sendo esta área considerada não só como redutora dos custos operacionais totais, mas também como uma área que assimila novas tecnologias, desenvolve melhorias e prolonga a vida dos equipamentos produtivos.

Com o mercado globalizado, e a aquisição de equipamentos de diversas procedências, por meio das importações de máquinas e equipamentos formadores de capital, as empresas passam a exigir de seus mantenedores, constantes atualizações e assimilações tecnológicas.

A necessidade de especializações, principalmente em automações, sensoriamento remoto e intercomunicações, que visão otimizar recursos, minimizar custos, passou a exigir dos profissionais de manutenção, constante atualização.

No Brasil a indústria de autopeças, foi um dos segmentos que mais recebeu equipamentos de tecnologia diferenciada, vindos de diversas procedências, entretanto a pressão da concorrência globalizada também exigiu uma evolução dos conceitos de redução de custos e foco no cliente.

Os veículos automotivos, projetados pelas matrizes de forma centralizada e em seguida, “adaptados” pelas engenharias de produtos das filiais, exigem das fábricas de auto peças, uma constante otimização de custos, caso contrario o componente virá importado de algum outro país.

Por conseguinte muitas das indústrias de autopeças brasileiras foram internacionalizadas, absolvidas por empresas multinacionais que fazem o suprimento a nível global.

Esta rápida substituição das empresas nacionais por empresas globais neste ramo, colocou o parque industrial em contato com novas tecnologias e formas de administrar.

Tal fato ocorreu em virtude da forte competitividade que este mercado traz na sua origem, uma vez que as matrizes estão instaladas em grande parte nos Estados Unidos e Europa, são os detentores da alta tecnologia, do capital, dos conceitos de eficiência e eficácia e possuem os melhores padrões de qualidade e produtividade.

Dessa forma a área de atividade de Manutenção ganhou importância no contexto empresarial brasileiro.

2.1. Manutenção

O termo manutenção é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, na norma NBR 5462 (1994) como o conjunto de esforços e recursos técnicos, materiais e administrativos, destinados a manter, reparar ou recolocar um item em condições de desempenhar a função a este destinado. Define-se item, como uma parte de um todo, que possa ser avaliado ou analisado individualmente, seja este, componente, dispositivo, unidade funcional, sistema ou equipamento.

Manutenção é definida por Zaions (2003), Mirshawka (1991) e Olmedo (1993) e Tavares (1996), como o conjunto de ações e recursos aplicados aos ativos, para mantê-los nas condições de desempenho de fábrica e de projeto, garantindo funções, qualidade, custos, prazos e vida útil adequados.

Pode ser observado que aspectos como qualidade, função, custos, vida útil, entre outros, estão envolvidos na definição de manutenção, que deixa de ser abordada simplesmente como “manter a ação”. Máquinas que melhor conservadas passavam a produzir durante mais tempo e com qualidade melhor. Estando mais conservadas, aumentavam sua vida útil e, conseqüentemente, o aproveitamento dos recursos de forma mais eficiente, minimiza os custos operacionais, o que sem dúvida leva a uma maior competitividade da a empresa.

Nestas condições a Manutenção, que antes concertava o que quebrava, ou seja, a intervenção se dava após a ocorrência da falha, passa a intervir de forma programada, garantindo um período maior de operação do equipamento, e evita a falha.

2.1.2 Falha

Define-se como falha o não cumprimento da função para o qual o item foi concebido. Para Zaions (apud Mubray 2000) é preferível definir as falhas como a perda das funções específicas, deste modo o equipamento pode estar em falha quando seu desempenho estiver abaixo do padrão esperado.

Os eventos de falha funcional são considerados como a paralisação do equipamento. O equipamento ao entrar em falha perderá seu rendimento, esta perda será agravada até o ponto onde tornar-se-á perceptível, ao ser identificada a possibilidade de interrupção da função, denomina-se falha potencial, caso esta seja

concretizada, a paralisação do item será inevitável e o item entrará em falha funcional.(ZAIIONS, D. R. 2003).

A Figura 2 permite a visualização de forma gráfica do aparecimento da falha em um sistema genérico.

O ponto “**i**” é o ponto onde inicia a falha no sistema, neste momento começa a redução do desempenho do equipamento, entretanto ainda de forma discreta esta redução não é percebida. No ponto “**P**” a perda de desempenho torna-se mais acelerada e já é possível a identificação da falha potencial. O ponto “**F**” é onde será efetivada a falha funcional, ou seja a interrupção da operação do equipamento.

Identificam-se três condições de desempenho do equipamento, em uma fase inicial o desempenho é normal e condiz com o padrão desejado e projetado do equipamento.

Em uma segunda fase após iniciar a falha (**i**), o rendimento começa a ser prejudicado, e apresenta uma curva de queda de rendimento um pouco mais acentuada que o desgaste normal do equipamento.

O ponto (**P**), indica onde a falha já está em curso e deteriorando o equipamento de forma mais rápida, a partir deste ponto, o equipamento apresenta aquecimento, ruído, vibração excessiva e deteriorar-se em maior velocidade, se não houver intervenção, atingirá o ponto de falha funcional (**F**). (ZAIIONS, D. R. 2003).

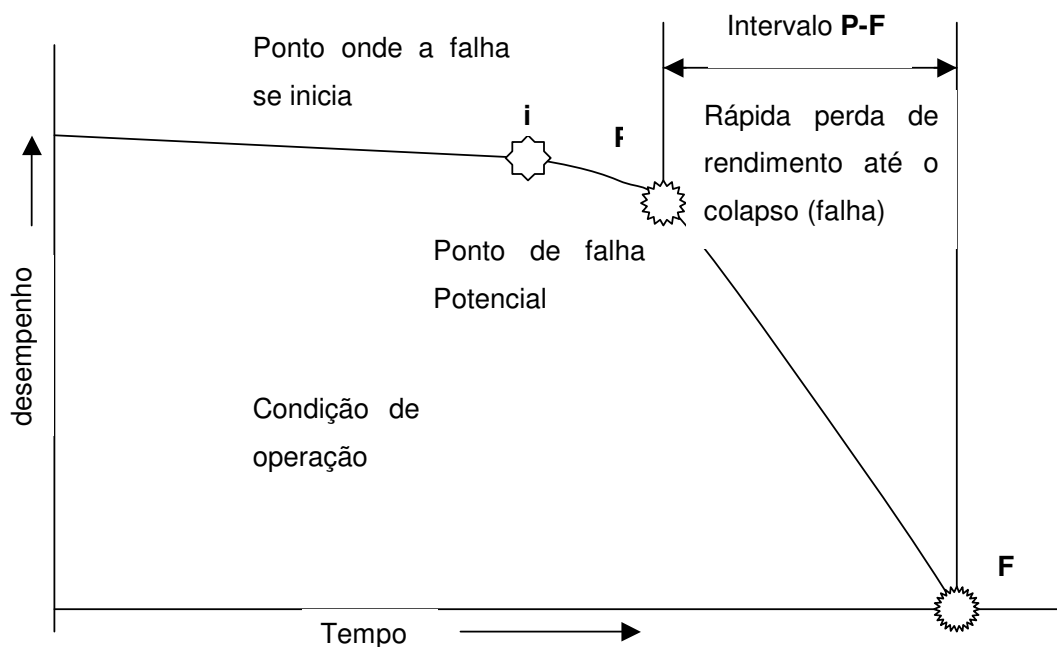


Figura 2 Diagrama de falha Potencial

Fonte- Zaions, D. R. (2003).

Dessa forma afirma-se que os equipamentos e dispositivos obedecem a determinados padrões de falha, os quais são caracterizados por determinadas curvas. Estas curvas são obtidas em função de uma taxa de falhas por tempo de vida do equipamento.

$$Taxa = \frac{N^{\circ} Falha}{(Período \dots de \dots tempo)} \quad \text{Equação 1}$$

Zaions, D.R.(2003) demonstra que são seis os padrões de falhas em relação à vida do equipamento adotadas na Manutenção Centrada na Confiabilidade.

A Figura 3 mostra o primeiro padrão da configuração de freqüência de falha chamada curva da banheira, este nome vem do formado da mesma, devido a taxa

maior uma distribuição de falhas no início da operação e final de vida do equipamento. O número elevado de falhas no início da operação do equipamento, esta relacionada à montagem do mesmo, após determinados ajustes o número de falhas decresce a um patamar inferior, e se estabiliza, voltando a subir no final da vida do equipamento, agora em função do desgaste generalizado do mesmo (ZAIONS D. R.2003)

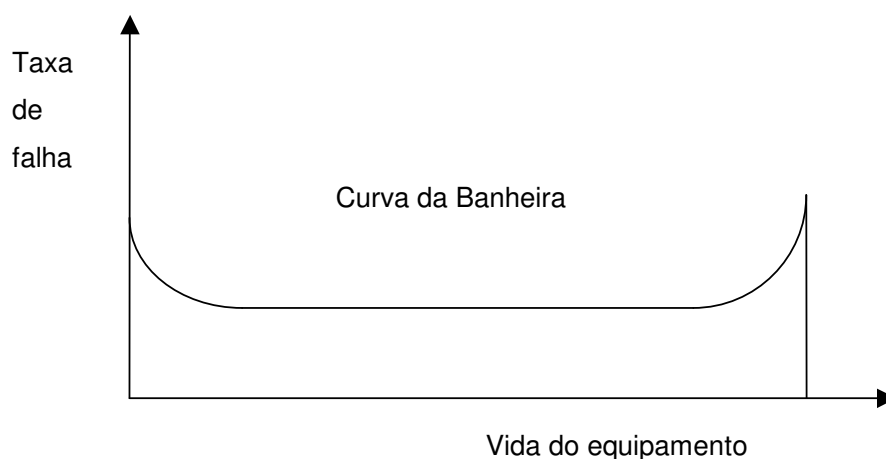


Figura 3: Configuração do primeiro padrão de falha “Curva da Banheira”

Fonte: Zaions, D. R. (2003).

A Figura 4 traz o segundo padrão de falha relacionado com o desgaste natural de componentes que estão sujeitos a esforços mecânicos cíclicos e contato constante com a matéria. (ZAIONS, D. R.2003). Neste tipo de equipamento, as vidas dos componentes, são projetadas para um determinado período de tempo, ao atingir este tempo, haverá uma sucessão de falhas que muitas vezes inviabilizam a continuidade do mesmo, sendo necessário a substituição ou uma intervenção de grandes proporções.

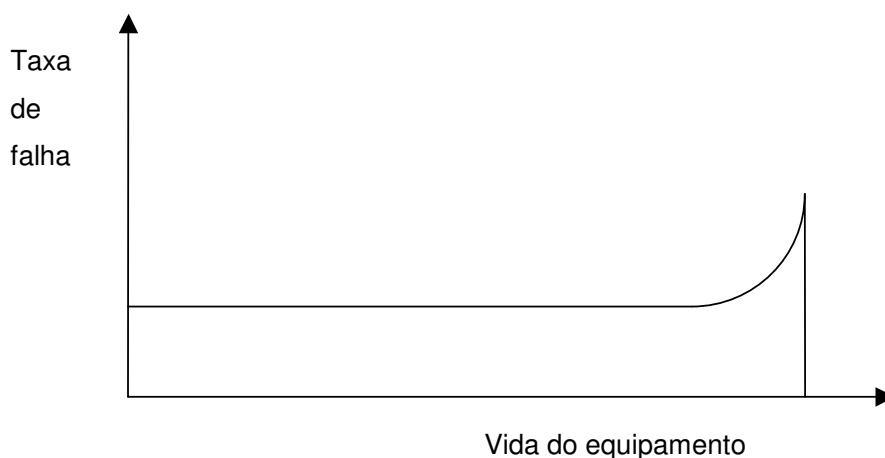


Figura 4 Configuração do segundo padrão de falha

Fonte- Zaions, D. R. (2003).

Neste tipo de padrão de falha, segundo Zaions 2003 (Apud Lafraia 2001) o tempo médio entre falhas, não trará benefícios para uma manutenção programada, uma vez que a vida útil do equipamento é o período ideal de operação do mesmo, ou seja, o período onde o equipamento apresenta a menor taxa de falha e a vida útil são coincidentes, desta forma quando a taxa de falha aumentar significativamente o equipamento estará finalizando sua vida útil.

Na Figura 5, o terceiro padrão de falha segue um incremento de ocorrência de forma gradual e constante, segundo Zaions D. R. (2003) este padrão pode ser decorrente de fadiga, acarretando dessa forma a perda progressiva da resistência mecânica em função da redução de área resistente, e aumento de folgas mecânicas. Ou mesmo a degeneração dos contatos elétricos / eletrônicos em função de oxidações entre outros. Neste padrão a taxa de falha aumenta gradativamente, até um ponto onde o custo inviabilizará a manutenção do equipamento.

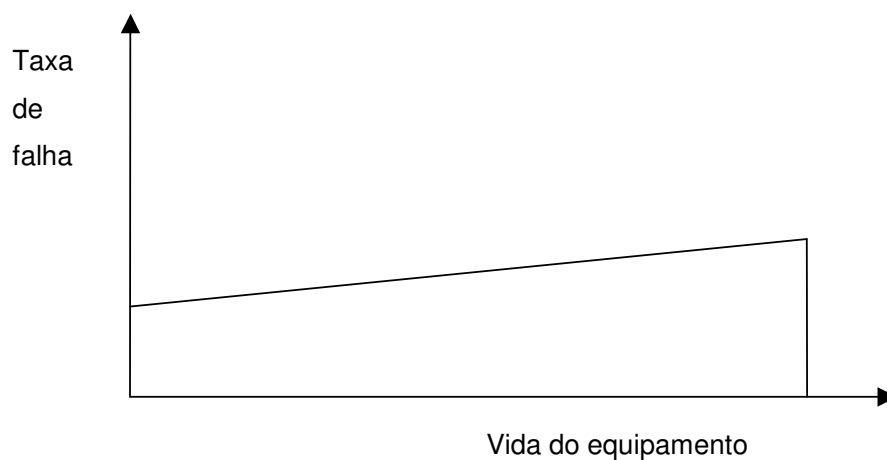


Figura 5 Configuração do terceiro padrão de falha

Fonte- Zaions, D. R.(2003).

Na Figura 6 o quarto padrão de falha indica um início de operação com uma baixa taxa de falha, que se eleva no decorrer do tempo, atinge um equilíbrio e permanece em um patamar constante, geralmente ocorre em equipamentos de uso contínuo e com alto grau de maturidade do projeto. Nestes equipamentos os planos de manutenção já são previamente conhecidos, e quando implementados corretamente, permitem resultados previsíveis.

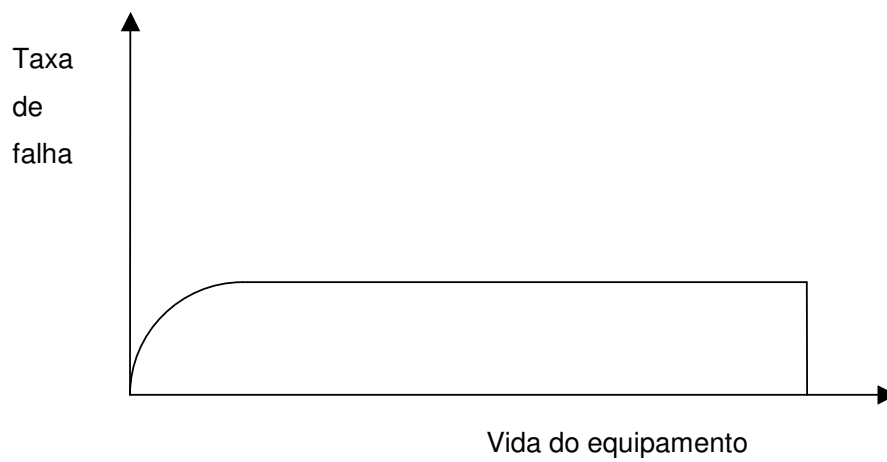


Figura 6: Configuração do quarto padrão de falha

Fonte- Zaions, D. R. (2003).

Na Figura 7, o quinto padrão de falha é constante, o que indica segundo Zaions D. R. (2003), que a natureza das falhas é aleatória no sistema, sendo assim não são previsíveis, ou seja, não existe um padrão ou causa específica para que as mesmas ocorram. Neste modo de falha não é possível utilizar a frequência da falhas para determinar o final da vida útil do equipamento, uma vez que a taxa é constante.

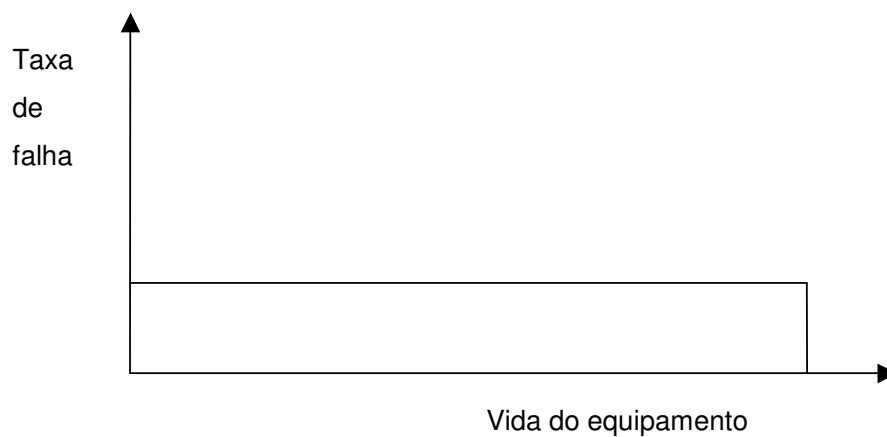


Figura 7: Configuração do quinto padrão de falha

Fonte- Zaions, D. R. (2003).

Na Figura 8 o sexto padrão de falha, é caracterizado por ter uma alta intensidade de falha no início da operação do equipamento, pode ocorrer em equipamentos novos ou ainda após uma completa restauração, este padrão de falhas é em função de ajustes e acomodações dos elementos do equipamento, após esta fase as falhas ocorrem de forma aleatórias.

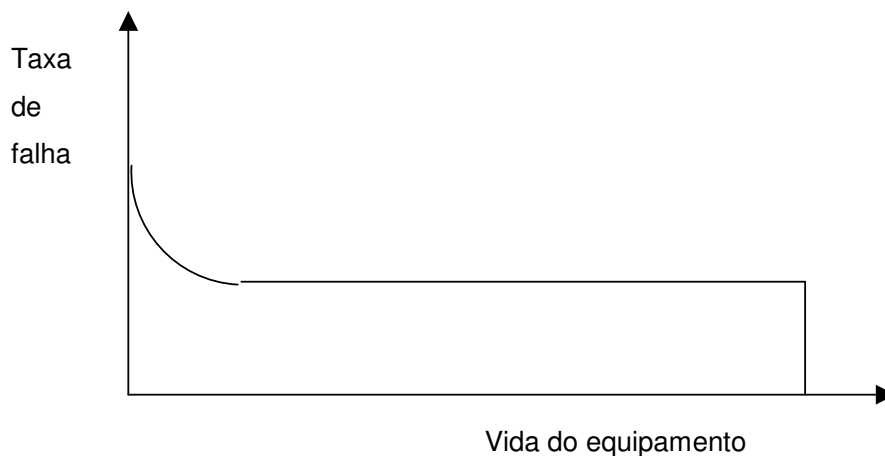


Figura 8: Configuração do sexto padrão de falha

Fonte- Zaions, D. R. (2003).

2.1.3 Tipos de Intervenção de Manutenção

2.1.3.1 Manutenção Corretiva ou Acidental

Conforme a NBR-5462 (1994), o termo Manutenção Corretiva, é utilizado como a manutenção ou intervenção, realizada após a ocorrência da falha, esta

intervenção é realizada para reabilitar o item a voltar a desempenhar sua função inicial.

A intervenção pode ser a substituição de componentes do item, ou mesmo sua substituição completa, Manutenção Corretiva pode ser encontrada também com a interpretação de retornar o equipamento ao desempenho inicial. (GOMES & OLIVEIRA, 2002).

A utilização da intervenção do tipo Manutenção Corretiva nas empresas modernas, está ligada a fatores de baixo impacto, que não causam grandes conseqüências em caso de falha, uma lâmpada de iluminação, colocada em uma sala comum não trará grandes conseqüências caso falhe, assim quando esta queimar corrige-se a falha. Entretanto uma lâmpada sinalizadora de falha de refrigeração de um sistema, poderá trazer certamente um impacto maior, neste caso a falha deve ser detectada por inspeção constante, se a lâmpada for de sinalização em equipamento complexo de controle, deverá haver sistemas redundantes que protejam os equipamentos desta falha.

A Manutenção Corretiva ainda é utilizada em empresas, que não perceberam a evolução de gestão técnica na área, ou, que não conseguem mensurar o benefício da redução das intervenções não planejadas. Em geral para minimizar os impactos das falhas, são utilizados estoques elevados, com custos elevados, nestas empresas ao ocorrer á falha, haverá certamente grandes perdas de recursos e tempo, muitas vezes com reflexos no cliente, uma vez que a empresa deverá reagir ao acontecido, e os estoques podem ser insuficientes. (NAGAU, 2005)

Em alguns segmentos como os estabelecimentos comerciais, onde os equipamentos são de pouca complexidade, ou de fácil obtenção de peças de reposição, onde os itens de manutenção são obtidos com muita facilidade devido a utilização de equipamentos produzidos em grande escala, também utiliza-se a manutenção corretiva

Mesmo em estabelecimento pequenos, pode haver equipamentos que requerem alguns cuidados, como congeladores, mas, principalmente instalações elétricas, que se submetidas a este tipo de manutenção podem trazer prejuízos consideráveis. (NAGAU, 2005)

2.1.3.2 Manutenção Preventiva Sistemática

É definida na norma NBR-5462 (1994), como a manutenção ou intervenção, em intervalos previamente definidos, independentemente da condição física do item, e seu objetivo principal é substituir ou reparar o item antes que este venha a falhar, esta ação é realizada de maneira planejada, e visa reduzir os custos advindos de falhas (quebras) inesperadas que causam grandes desperdícios, tanto de tempo como de recursos, além de colocar em risco outras partes ou itens dos equipamentos que estariam em perfeito funcionamento.

A manutenção Preventiva Sistemática são as revisões programadas em intervalos fixos de tempo, como mensal, semestral, anual ou pelo trabalho realizado, aplicado em troca do óleo de veículos a cada determinada Kilometragem (Nagau 2005), esta troca de óleo, não significa que as propriedades lubrificantes deste óleo

se esgotaram, porém dependendo das condições de utilização, e das propriedades do óleo seu desempenho pode não satisfazer as exigências do equipamento.

Muitas empresas industriais utilizam-se deste tipo de manutenção, que quando bem planejada evita quebras e intervenções indesejadas, entretanto ao se utilizar da Manutenção Preventiva Sistemática, pode-se estar substituindo itens que poderiam ser mais utilizados.

No caso do óleo de veículos comerciais, o insumo tem custo baixo, entretanto em motores de grande porte estacionários ou em equipamentos complexos como transformadores de tensão, estes lubrificantes ou isoladores, são compostos complexos e de alto custo, nestes casos a substituição preventiva pode estar trazendo um desperdício para a empresa (NAGAU, 2005).

2.1.3.3 Manutenção Preventiva sob Condição.

Este conceito de manutenção esta baseia-se na inspeção dos equipamentos, por meio de testes, e medições, onde as condições de operação do item pode ser diagnosticado, e determina quais itens estão ou não com um índice de desgaste, que venha a comprometer o equipamento. A NBR-5462 (1994) define como a manutenção preventiva sob condição, quando as intervenções são baseadas em aplicações sistemáticas de técnicas de medições e análises, visando reduzir as intervenções preventivas por tempo de utilização e que eventualmente são desnecessárias, e aproveitando o máximo da utilização do item.

Ao aumentar a complexidade dos equipamentos e sistemas, o conhecimento da real condição de operação de cada item se faz necessário, desta forma as intervenções serão otimizadas, para tal utiliza-se de informações obtidas através de medições ensaios e inspeções nos componentes dos sistemas.

Por meio de análise de partículas sólidas ionizáveis, suspensas, de uma pequena amostra, pode-se definir, se o nível de isolamento do óleo de um transformador, e se este esta em condições de cumprir com suas funções. Fazendo-se uma leitura de temperatura com infravermelho, em um painel elétrico, é possível verificar se o mesmo precisa de re-apertos, ou substituição de algum componente desgastado. Através de análise de vibração em eixos e mancais, estabelecem-se as folgas dos mancais e rolamentos necessárias para o seu perfeito funcionamento, ou caso necessário defini-se sua provável substituição antes que uma falha ocorra.

Estas análises, ensaios e verificações, permitem avaliar com exatidão a condição exata dos equipamentos, desta forma, o gestor poderá avaliar e decidir o que causa menor impacto na produção, a paralisação para a intervenção ou se a perda de desempenho em função do desgaste, até uma parada planejada, evitando assim intervenções onerosas. (NAGAU, 2005)

2.1.3.4 Manutenção Baseada na Confiabilidade

A Manutenção Baseada na Confiabilidade é a manutenção preventiva planejada que estuda a condição de operação do equipamento e estima quando o equipamento trabalhará sem apresentar qualquer falha. Apoiada em estudos de

engenharia de confiabilidade que surgiram a partir dos anos 50 do século XX, sua ampla utilização veio da análise das políticas de manutenção na indústria aeronáutica americana.

A manutenção baseada na confiabilidade, esta ligada a utilização de técnicas de estatísticas e também de engenharia, que definem a atuação e o tempo de vida dos equipamentos e componentes, é possível através da aplicação desta técnica afirmar quando o equipamento irá falhar, qual será a falha e em que item, e intervir antes que a falha ocorra.

Este conjunto de técnicas, que formam o conceito de manutenção baseada na confiabilidade, foi desenvolvido principalmente em empresas de produção continua onde a falha de um equipamento compromete toda a função da empresa. (NAGAU, 2005)

2.1.4 Eficiência dos Sistemas e Conceito de Perdas

Todo sistema de produção possui entradas e saídas, a diferença entre as entradas e saídas, fornece um rendimento que é a eficiência do sistema, nos casos de máquinas e equipamentos de transformação, este rendimento é sempre inferior a 100%.

Ao analisar todos os processos produtivos e administrativos verifica-se que todos possuem perdas, portanto, têm-se eficiências menores que 100%.

A Figura 9 mostra o esquema de um processo produtivo, onde a entrada representadas pela cadeia de suprimentos / informações, proverão as informações e

insumos, ao Desenvolvimento de Produto, a Produção e ao Recurso Humanos, que realizarão a transformação da matéria prima em produto e irão subsidiar a Gestão do negócio, a saída será o produto final e os resíduos, resultado dos processos internos da empresa.

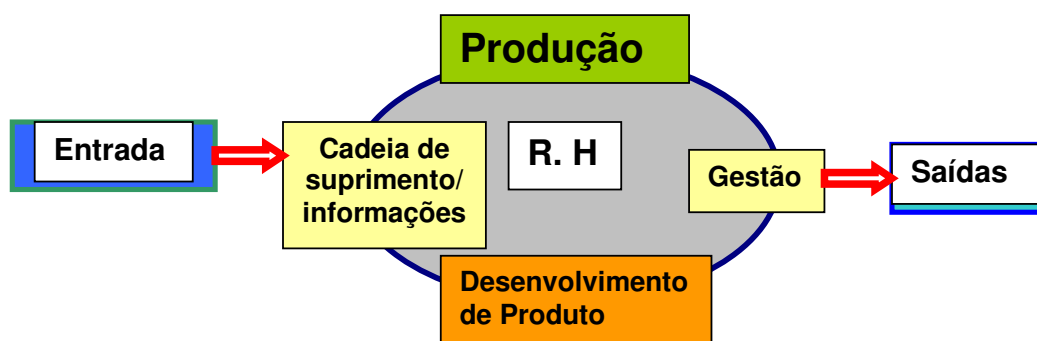


Figura 9 , Fluxo Processo Produtivo

Fonte: (Gomes, E. R; & Oliveira, R C; 2002)

Todos os recursos que entram no sistema e é processado, geram saídas que podem ser produtos e serviços. A relação entre as entradas e as saídas fornece um rendimento do sistema, e também as perdas que estão inerentes a todos os processos.

As perdas podem ser classificadas de diversas formas, segundo Gomes;& Oliveira, (2002) as perdas podem ser classificadas em cinco grupos principais :

- ✓ Perdas por produção: Quebra de equipamento = parada de produção
 - Baixa velocidade de produção = ineficiência do equipamento
 - Super produção = Desperdício de matéria prima e tempo
- ✓ Perdas por Qualidade: Defeitos de qualidade

Reclamações dos cliente.

- ✓ Custos: Custos elevados de fabricação

Custos elevados de gestão.

Ineficiência administrativa, excesso de burocracia.

Perdas logística: Atraso de entrega

Estoques excessivos.

- ✓ Perdas sociais : Acidentes

Poluição

Uma vez identificadas e classificadas as principais perdas no processo produtivo, que reduzem a eficiência da operação, pode-se identificar as causas raízes destas perdas, que são segundo Gomes;& Oliveira, (2002) são originárias de quatro fatores:

- Homem,
- Máquina,
- Método / Fluxo de Produção
- Material / Energia.

Para definir corretamente onde estão as perdas principais em um processo, e qual perda é a mais crítica, é necessário fazer uma medição das eficiências destas quatro principais causas raízes: **o homem** pode ser medido pela rotina de trabalho; **a máquina** pelo mapeamento das perdas através de apontamento e comparação com os números de projeto; **o método ou fluxo de produção** pelo Mapeamento do fluxo de valor, ou seja, onde o processo agrega custo ou valor ao produto; e finalmente, **material energia** pelo balanceamento de massa/energia.

As duas áreas mais simples de serem aferidas são as máquinas e o método ou fluxo de produção, nesta área inclusive é onde se pode alcançar o maior retorno com baixo investimento e alta velocidade de resposta. Uma máquina ao se verificar um desgaste excessivo, basta corrigi-lo e o rendimento retornará ao projetado. Da mesma forma ocorre com o método ou fluxo de produção, que ao ser mapeado demonstra atividades que agrega valor, e busca-se eliminar as atividades que não agregam valor.

Na Figura 10 tem-se um esquema dos processos e das formas de medição de cada um. No centro, estão colocadas os processos que permitem maior retorno e de forma mais fácil, Máquina e Método Fluxo de Produção, às perdas nas máquinas, são bem visíveis, pois, interrompem a produção ou trazem uma saída final, inferior ao projetado, fáceis de serem mensuradas e, portanto, em geral podem ser eliminadas com baixo esforço. (GOMES & OLIVEIRA, 2002).

O segundo grupo de perdas a ser atacado é o Método ou Fluxo de Produção, este grupo também é de fácil visualização, excesso de transporte, estoques elevados e espera, estão neste grupo.

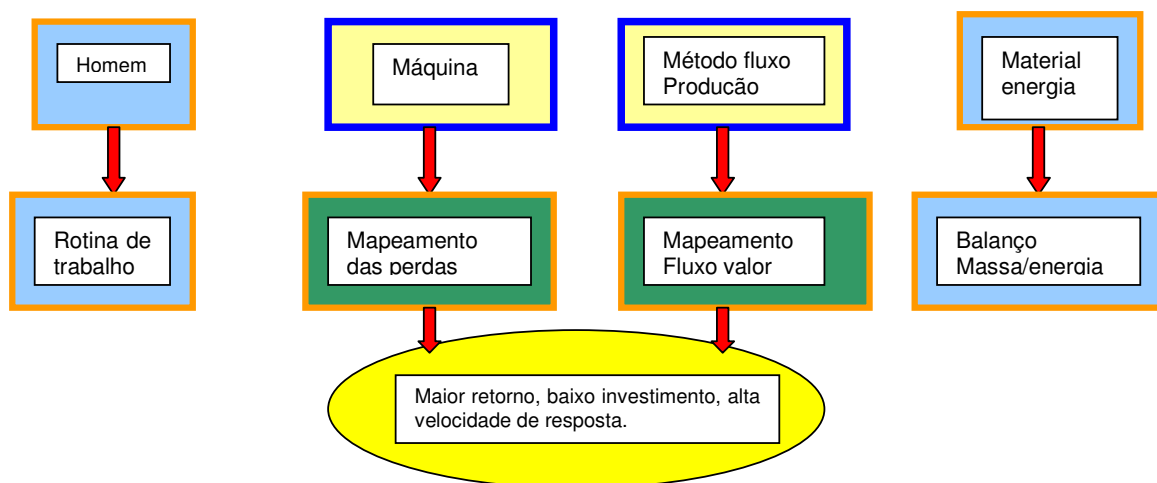


Figura 10. Fluxo Causa da Perda e Forma de Medição .
Fonte: Guedes Jr., O. F; & Oliveira R. C (2002)

Para avaliar as perdas de máquina, que é uma das mais significativas utiliza-se diversos indicadores, obtidos sempre se partindo de uma capacidade máxima comparada com a produção real obtida.

Um destes indicadores o “OEE” *Overall Equipment Efficiency*, é obtido descontando-se todas as interrupções de operação destes equipamentos, uma vez que estes equipamentos estarão disponíveis 24 horas por dia, ou seja, o 100% é considerado como a possibilidade de uma vez dada a partida no equipamento este não mais parará, sempre produzindo em sua capacidade máxima.

Em uma planta industrial, mesmo de operação contínua, ocorrem interrupções de produção, ainda que sejam anuais ou em intervalos maiores, sempre haverá paradas para manutenção. Para minimizar estas paradas, em geral o ideal é optar por uma manutenção planejada, com um cronograma de atividades específico e detalhada, onde se faz todo o planejamento das atividades e dos recursos necessários, de acordo com um cronograma pré-estabelecido, cronograma este baseado na vida média útil dos equipamentos.(NAGAU, 2005)

Auxiliado por inspeções e manutenções periódicas menores, que realimentam o sistema, pode-se em alguns casos substituir as intervenções programadas por período médio de vida útil, por intervenções baseadas na condição de operação do equipamento, onde a utilização de tecnologias, como por ex: análise de vibrações, ou térmica, reduzem a paralisação do equipamento.(NAGAU, 2005)

Outra ação é a sub-divisão do trabalho da manutenção, fazendo mais paradas, porém, as intervenções consomem um tempo menor, de forma que, o tempo total da soma das paradas, seja inferior ao tempo de uma única parada, muito mais complexa, com riscos maiores na intervenção em si (NAGAU 2005).

Quanto maior e mais complexa as tarefas de manutenção, maiores serão as chances de falha no planejamento, prolongando o tempo de intervenção. Portanto, aconselha-se quando for possível tornar as intervenções mais simples e com menor tempo de parada, melhor para a empresa. (NAGAU 2005)

A manutenção autônoma é uma ferramenta para simplificar as intervenções, deixando tarefas básicas, como completar óleo, realizar reapertos, a cargo da produção, reduzindo o tempo de intervenção e o número de itens a ser verificado pelos mantenedores. (GOMES & OLIVEIRA, 2002).

No Quadro2 encontra-se indicado as principais perdas nos equipamentos.

Perdas nos equipamentos	Descrição
Manutenção Programada	Desligamento para manutenção periódica
Quebra ou falha	Parada inesperada devido a quebra durante o regime de produção
Set-up ou Ajustes	Interrupção da produção devido a ajuste para próximos lotes, ou liberação
Troca de ferramentas	Substituição de ferramentas e gabaritos com interrupção de produção
Partida e desligamento	Tempo decorrente de procedimentos de partida e parada de máquina
Espera	Qualquer tipo de espera, seja materiais, ordens de produção, mão de obra, etc.
Baixa velocidade /pequenas paradas /ociosidade	Diferença em tempo devido a máquina trabalhar abaixo da velocidade projetada
Defeito ou retrabalho.	Fabricação de peças defeituosas, descartes, retrabalho ou recuperação.

Quadro 2: Perdas nos equipamentos e máquinas.

Fonte: Gomes & Oliveira, 2002.

As perdas nos equipamentos são importantes pois sugerem a interrupção do fornecimento. Assim a norma ISO/ TS16949(2002) em seu item 7.5. solicita às autopeças, a definição dos equipamentos “chaves” que podem comprometer a qualidade ou fornecimento de produto a montadoras. Perdas em máquinas críticas ou máquinas chave são as que geram as maiores conseqüências negativas para a

empresa, causando danos irreversíveis na produtividade, reduzindo o desempenho da planta de forma irreversível, podendo inclusive comprometer a qualidade do produto final.

O equipamento “chave” ou crítico é aquele que não possui substituto para realizar a função a ela incumbida, e na qualidade exigida pela montadora, esta máquina caso apresente falha paralisa a produção.

A máquina chave pode estar em uma linha de produção, ou estar fora do sistema produtivo. O Transformador de energia de entrada em uma fábrica, geralmente é um equipamento único, e caso a empresa não possua alternativa de geração própria de energia que pode ser um gerador próprio, o transformador será considerado com máquina crítica, ou chave.

Outro grupo de perdas é o Grupo de Recursos Humanos e Insumos, aqui estão relacionadas perdas onde o fator humano influencia diretamente. Estas perdas são mais difíceis de serem visualizadas e mesmo mensuradas, elas causam em sua maioria, alto impacto nos resultados, mas, também exigem um grande esforço para sua eliminação (GOMES & OLIVEIRA, 2002).

Em geral para eliminar estas perdas, necessita-se de mudança comportamental dos colaboradores, diretos e indiretos, sendo estes a causa raiz, encontra-se alguns vícios de procedimentos, falta de motivação para inovação, falta de atitude positiva, adoção de rotinas improdutivas na produção e manutenção.

Quando se trata de mudança comportamental o esforço da empresa não será pequeno, muitas vezes sem o engajamento dos principais executivos, não se consegue o objetivo, entretanto observa-se que as maiorias destas perdas não

necessitam de grandes aportes de recursos financeiros, o próprio recurso humano ou gestor pode ser o provocador destas mudanças.

As falhas administrativas para serem sanadas necessitam de mudanças de comportamento e atitudes, entretanto não é fácil obter estas mudanças, em função de hábitos desenvolvidos. (GOMES & OLIVEIRA, 2002).

O Quadro 3 traz as principais falhas devido a recursos humanos e insumos em um processo seriado.

Perdas por Recursos humanos e Insumos	Descrição
Falhas administrativas	São decorrentes de espera por decisões, horas extraordinárias, falta de materiais, demora nas compras, problemas de comunicação.
Falhas operacionais	Devido ao não cumprimento de normas, padrões de trabalho, ou tarefas específicas.
Falha Logística	Movimentação excessiva, Lay-out deficiente, sistemas de armazenamento deficiente, falta de automatização.
Desorganização da produção	Desorganização da linha de montagem causando lentidão, movimentos desnecessários, esperas, dificuldades na realização do trabalho.
Medição e ajustes excessivos	Perdas decorrentes da carga de hora versus homem excessiva em controles e ajustes
Rendimento de material insatisfatório	Perdas por desempenho inadequado de material, quebra de qualidade que não paralisa totalmente a produção, mas geram retrabalhos ou tempos extra para completar a operação.
Desperdício de energia	Insumos utilizados em excesso para se obter o mesmo trabalho, ex: vazamento de ar comprimido, vapor, temperatura elevada, etc..
Baixa eficiência de moldes ou gabarito	Gastos devido a desgastes prematuros, custos de reparos ou substituições, .

Quadro 3 Perda devido a Recursos Humanos e Insumos

Fonte: Gomes & Oliveira, 2002.

Estas perdas são facilmente identificadas, e na maioria das vezes sua correção não requer grande investimento, uma vez que com o conhecimento e treinamento da mão de obra da empresa, adquire-se uma cultura que evitará a maioria das perdas provenientes deste grupo.

O Quadro 4 demonstra sucintamente o ultimo grupo das principais perdas decorrentes do ambiente de produção, que podem ser desde superprodução até correção de produtos que não estão de acordo com a especificação.

As perdas na área produtiva, embora algumas devido a comportamento, são facilmente mensuráveis uma vez que a atividade da área de produção, é planejada e estudada na busca de definição de padrões de desempenho e otimizações exaustivamente em todas as empresas competitivas.

Estas perdas quando sistematicamente analisadas, apontam para causas que podem ser eliminadas ou tratadas de forma a reduzir seu efeito na produção, obtendo-se resultados satisfatórios em sua minimização.

Em geral este grupo é o melhor controlado nas empresas em função destes estudos, de padronização e engenharia de processos e métodos, e também por ser a área que agrega valor ao produto.

O Quadro 4 aborda perdas na produção de bens manufaturados.

Perdas no Fluxo de Produção	Descrição
Super Produção	Produção mais rápida do que necessário, ou em quantidade maior, leva a áreas extras de estocagem, desgaste maior do equipamento, e intervenção antes do planejado.
Transporte desnecessário	Perda por qualquer transporte desnecessário - excesso de estoques, ou movimentação na produção, incluindo estoques em processos.
Movimentos desnecessários	Movimentação excessiva do ser humano desnecessário, por ex: andar até o estoque que devido ao excesso esta fora de posição.
Perdas por espera	Perdas decorrente do tempo ocioso entre operações produtivas, e desbalanceamento
Estoques desnecessários	Perdas decorrentes de abastecimento em excesso que não ajude ao fluxo da peça.
Processos redundantes	Perdas devido a processo redundantes que não agregam valor ao produto.
Correção	Perdas devido a seleção, inspeção, conserto, refugo de produtos ou serviços para atingir a qualidade desejada pelo cliente.

Quadro 4: Perdas na Produção

Fonte: Gomes & Oliveira, 2002.

2.2 Disponibilidade de Máquina

A Disponibilidade de máquina pode ser definida como uma proporção calculada entre o tempo total, e o tempo em que o equipamento está disponível, operante, e realizando as funções ou atividades que lhe são pertinentes. (ZAIONS 2003)

O Cálculo da disponibilidade de máquina está relacionado com dois dados básicos, que são o tempo disponível para a produção, e o tempo de parada de máquina durante o período considerado, ou seja, o cálculo pode ser expresso pelo tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio para reparo (MTTR) da máquina ou equipamento.

Conforme Zaions 2003 (apud Nepomuceno, 1989), a equação matemática para se obter a disponibilidade de máquina ou equipamento é dada por:

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: MTBF é o tempo médio entre falhas do item

MTTR é o tempo médio para reparo das falhas ocorridas neste item.

Esta formula foi utilizada no cálculo do indicador de disponibilidade de máquina deste trabalho.

2.3 Qualidade

A Qualidade nos anos 80 do século XX foi um diferencial de competitividade, passou a ser então o objetivo estratégico para empresas nos mais diversos ramos de atividade, nos anos 90 deixou de ser um valor estratégico para as empresas e tornou-se uma necessidade para que as empresas pudessem competir no mercado (KAPLAN, R. S. & NORTON D. P. 1997, pg 92).

Edwards Deming foi o maior defensor da qualidade no mundo dos negócios. Sua formação acadêmica em física e posteriormente matemática, o qualificou para ensinar controle estatístico de qualidade ligado a produção de armamentos durante a segunda guerra mundial.

Os conceitos lançados por Deming, embora na área da qualidade, foram os precursores dos conceitos da Manutenção Autônoma, que é realizada por meio dos operadores, que caso não tenham consciência da importância destes, não realizaram corretamente suas novas tarefas.

A partir de 1950 foi Deming designado para no Japão difundir as técnicas de controles estatísticos da qualidade, onde iniciou uma série de palestras para os industriais Japoneses, que não somente receberam o ensinamento, mas o difundiram de tal forma que hoje Edwards Deming é considerado o responsável pela revolução industrial Japonesa do pós guerra, a união dos Cientistas e Engenheiros Japoneses, premia com o Deming Prize anualmente as melhores empresas no campo da qualidade (LIMA, C; SILVEIRA, A, J, L; DA COSTA, M. S. 2002)

Conforme Lima, et Al (2002). As idéias de Edwards Deming foram as responsáveis pela construção de um direcionamento na área da qualidade, baseados em 14 pontos de melhoria da qualidade.

- Constância de propósito de aperfeiçoamento do produto e serviço tornando-se competitivo, perpetuando-se no mercado e gerando empregos.
- Adoção da filosofia da responsabilidade da administração na qualidade, que passa, pela excelência nos treinamentos, motivação dos colaboradores, eficiência e eficácia nas áreas administrativas e de apoio e não somente na produção.
- Eliminação da inspeção por meio da absolvição da qualidade por toda empresa, sempre que houver necessidade de inspeção, para uma pesquisa de causa raiz, deve reverter em melhoria do processo ou produto.
- O negócio compensador não apenas no preço, levam a constantes trocas de fornecedores, a confiança excessiva nas especificações, e quando há necessidade de aprimoramento, estes não são efetivados. O fornecimento deve ser calcado em relacionamentos duradouros, baseados na qualidade e confiança.
- Adoção da melhoria continua, com objetivo de aumentar a percepção da qualidade pelo cliente, a produtividade pela empresa e a redução dos custos.

- Adoção de treinamento, padronizado no conteúdo e diferenciado na aplicação para obter o correto entendimento e resposta dos colaboradores.
- Administração deve assumir a liderança, com ênfase na gestão das pessoas, encontrando e alocando as pessoas certas para as funções certas.
- Eliminar o medo, os colaboradores têm medo de informar, de questionar, de admitir que não sabem, a relação de transparência é fundamental para eliminação e a administração deve transmitir a segurança aos mesmos.
- Eliminação das barreiras interdepartamentais, a empresa como um todo é uma equipe, e deve trabalhar como um corpo único para atingir seus objetivos.
- As variações dos processos produtivos são inúmeras, a começar pelos insumos, condições de máquinas e dispositivos, mão de obra, treinamento entre outros, estas condições impedem muitas vezes o atendimento da qualidade, a adoção de slogan, que exortam a metas inatingíveis sevem somente para frustrar e impor penas aos colaboradores.
- A imposição de metas e cotas diárias, muitas vezes apenas depõe contra o atendimento da qualidade, além de trazer uma queda significativa no ânimo dos colaboradores que não conseguem atender a imposição de quantidade com qualidade.

- Promover o orgulho do trabalho realizado aos colaboradores, ou seja, todo colaborador deve orgulhar-se do produto de seu trabalho, e da qualidade do mesmo. Remover as barreiras que
- Educação e treinamento, a administração deve promover e incentivar, também para si, treinamento e desenvolvimento, as pessoas devem estar constantemente reciclando seus conhecimentos, mantendo-se atualizadas.
- Colocar em prática os 13 pontos anteriores, por meio da criação e incentivo de grupo de colaboradores.

Outra importante ferramenta da qualidade é o ciclo PDCA (*Plan / Planejar, Do / fazer, Check / verificar, Act / atuar*) que segundo, Lima, et Al (2002) no Japão foi chamado de ciclo Deming.

A ferramenta PDCA propõe um ciclo de melhoria continua nos processos e produtos, em função do constante aperfeiçoamento dos processos e melhoria de seus parâmetros, este tipo de análise foi colocada como vital para a própria sobrevivência da empresa, também se tornou conhecido como “O Ciclo Deming de Aperfeiçoamento Continuo”.(RIBEIRO, C. R; SANTOS, G. C; SILVA, L. H. 2002)

Esta ferramenta é utilizada na área da Manutenção, ao analisar as causa dos defeitos nas máquinas, e propor soluções de melhoria especifica para a eliminação destas.

Kaoru IshiKawa foi outro nome importante da cultura da qualidade no Japão, foi o autor da frase “ Qualidade começa com educação e termina com educação”.

Como outros importantes nomes na cultura da qualidade, fez uso intensivo das técnicas de estatística disponível, empregando-as na análise de dados obtidos na indústria. Em seu método de análise enfatiza uma coleta de dados confiáveis, uma estratificação simples e acessível, utiliza diagramas como o de Pareto, para priorizar as ações a serem empreendidas para melhoria da qualidade. (RIBEIRO, C. R; SANTOS, G. C; SILVA, L. H. 2002). Esta ferramenta é utilizada pelos operadores que realizam a Manutenção Autônoma, afim de definir prioridades.

Outra ferramenta utilizada por Kaoru é a chamada espinha de peixe, onde se procura encontrar a causa raiz dos problemas detectados, baseado em elementos que são: máquina, mão de obra, meio ambiente, método e matéria prima.

Ao detectar-se que a causa raiz do problema esta na máquina, os operadores que realizam a Manutenção Autônoma e, portanto, tem uma grande conhecimento da mesma podem ser chamados para buscar soluções conjuntas.(KAORU 1998)

Outras técnicas como carta de controle, diagramas de dispersão inspeções e amostragem também estão entre as enfatizadas por Kaoru Ishikawa.

Com o foco voltado a Organização, Kaoru Ishikawa foi um dos responsáveis pelos movimento, que aqui no Brasil foi chamado, “Círculos de Controle da Qualidade”, sua visão era de integrar e enfatizar que qualidade deve ser fruto da participação de todos os níveis da empresa, “seja do presidente ao operário, do projeto ao pós venda”, segundo Ribeiro, C. R; Santos, G. C; Silva, L. H. (2002), formando uma “companhia de controle da qualidade”, esta participação, traz um entrosamento e ajuda ao alto gerenciamento nas definições de políticas, e verificação das mesmas.

Segundo Ribeiro, C. R; Santos, G. C; Silva, L. H. (2002), ao aplicar esta técnica, desenvolvida por Kaouru Ishikawa, podem ser obtidos os seguintes resultados:

- ✓ Qualidade uniforme do produto.
- ✓ Melhor confiabilidade dos bens.
- ✓ Minimização dos custos em função da redução dos desperdícios.
- ✓ Melhora da produtividade.
- ✓ Padronização de técnicas e melhora das mesmas.
- ✓ Maior integração entre os departamentos.
- ✓ Maior transparência nas reuniões.
- ✓ Otimização nos reparos de máquinas e equipamentos.
- ✓ Melhor relacionamento humano.

As formas de medir a qualidade são várias, conforme KAPLAN et. Al (1997. pg 93) entre outras estão a incidência de defeitos ocorridos no fornecimento, medidos em PPM, (partes defeituosas por milhão de partes fornecidas), índices de devoluções de clientes por partes fornecidas, reclamações de clientes, taxa de pontualidade em entregas, entre outros.

2.4 Produtividade

Produtividade é a redução do tempo gasto para executar um serviço ou o aumento da qualidade de produtos elaborados, com a manutenção dos níveis de qualidade sem acréscimo de mão de obra ou aumento dos recursos necessários. (RIBEIRO, C. R; SANTOS, G. C; SILVA, L. H. 2002)

Na indústria Automobilística a produtividade é um dos principais indicadores a serem controlados, pois define uma relação entre os insumos e o produto, neste segmento é fácil estabelecer uma relação entre a produtividade de uma determinada empresa com outra, dividindo o número de horas trabalhadas por todos os empregados da fábrica pelo número de veículos produzidos segundo Womack, J.P; Jones, D.T; Roos. D. pg 70 (1992), entretanto devido a diversas funções exercidas em uma montadora e a contratação de serviços especializados, com freqüência o número de colaboradores da empresa é reduzido, assim é necessário que se faça uma parametrização de tarefas comuns, para que se obtenha uma comparação entre produtividade, além de um produto equivalente.

2.5 Fabricação Classe Universal

A Fabricação Classe Universal pode ser considerada como a capacidade de uma empresa produzir, em conformidade com os melhores atributos, de custo qualidade, produtividade e prazo de entrega, encontrados nos melhores parques industriais do mundo.

Para a consideração de fabricação classe universal, é necessária a comparação de atributos referentes a produto e processo fabril.

Estes atributos de qualidade, produtividade, prazos de entrega, níveis de estoques, equipamentos produtivos, tecnologia empregada, quando comparados, deverão ser competitivos no mercado mundial, considerando-se a correlação entre produtos e custos obtidos. (SCHONBERGER, R. J, 1988).

A Manutenção Autônoma, busca a eliminação de desperdícios, também proporciona a transferência de tecnologia, pois ensina aos operadores a prática de pequenos e rápidos reparos, e ainda possibilita aos mantenedores, disponibilidade para tarefas mais complexas, como por exemplo, melhoria específica, que certamente melhoram os atributos da empresa.

2.6 Reengenharia

Surgida na década de 80, trouxe uma nova maneira de pensar para as empresas, a conotação de eficiência, passou a ser vista do ponto de vista do cliente e não mais de maneira interna na empresa, a figura do cliente satisfeito, mesmo que internamente, gerou grandes modificações no de comportamento dos colaboradores, que passaram a participar mais ativamente na empresa.

Esta nova visão de cliente, causou um choque de produtividade e eficácia nas empresas, o fundamental passou a ser o que se o que o cliente deseja, e que deveria ser realizado para satisfazer este desejo.

Para definir o que precisava ser feito, muitos colaboradores passaram a enxergar a empresa pelos olhos do cliente e não mais com os olhos do empregado ou superior hierárquico.

Esta fase trouxe grandes avanços no desempenho, com a adoção de indicadores que traziam oportunidade de melhoria, acompanhavam o andamento da produção, qualidade e logística de forma integrada. (HAMMER, M. CHAMPY, J. 1994)

2.7 Inovações Tecnológicas.

A experiência mostra que quando uma tecnologia atinge seu limite técnico, uma nova tecnologia aparece para cumprir suas funções eficazmente. SANTOS (2003). A estes avanços da-se o nome de inovação tecnológica.

Os equipamentos possuem uma vida útil, e dependendo de sua tecnologia atingem determinado nível de desempenho, que em função da época e do grau de exigência específica do cliente é ou não aceitável.

Quando uma tecnologia amadurece, geralmente encontra um limite de desenvolvimento que pode ser real ou percebido, ao aproximar-se deste ponto a variação de incremento de sua utilização desacelera. SANTOS (2003)

Com a evolução cada vez mais rápida da tecnologia, muitos equipamentos tornam-se obsoletos ainda em bom estado de uso.

As tecnologias novas são caras se comparadas com a tecnologia anterior. As primeiras aplicações devem, portanto, ocorrer onde os atributos tecnológicos permitem a satisfação de uma necessidade que não pode ser adequadamente satisfeita pela tecnologia antiga. SANTOS (2003)

Esta obsolescência muitas vezes reside no grau de qualidade intrínseco do projeto e fabricação do equipamento, por exemplo, uma parafusadeira pneumática possui um determinado grau de precisão e controle sobre uma junta a ser apertada. Esta parafusadeira embora possua inovações, traz em seu conceito uma imprecisão proveniente de sua tecnologia que é o uso do ar comprimido para realizar o trabalho de apertar.

Assim embora muitos aperfeiçoamentos tenham sido realizados em termos de precisão e exatidão de aperto uma máquina pneumática, terá sempre uma desvantagem sobre máquinas elétricas ou eletrônicas que possuem outro conceito tecnológico, e permitem uma precisão e exatidão maior.

Quando o cliente passa a exigir melhores padrões de precisão e exatidão, que não estão acessíveis a tecnologia obsoleta, o caminho será sempre o de re-trabalho com a utilização de mão de obra para garantir que o aperto esteja atendendo a nova exigência, este procedimento aumenta o custo da empresa, ou o que ocorre na grande maioria dos casos, a substituição da tecnologia do equipamento por outra mais moderna e eficaz.

Outro fator que impele para inovação tecnológica é a produtividade, visto que devido a sua defasagem tecnológica equipamentos exigem cuidados extras, e maior número de horas gastas em manutenção para sua operação normal e satisfatória, portanto, maior número de horas paradas e menor desempenho.

Voltando ao exemplo da parafusadeira pneumática, esta exige cuidados constante com a lubrificação, a pureza do ar que recebe, verificação constantes nas mangueiras e conexões, além do próprio consumo de ar e, portanto equipamentos como compressores, linhas de distribuição de ar, entre outros. Todos estes precisam ser inspecionados e mantidos em condições boas para uso, demandando tempo e recursos.

A própria tecnologia ao tornar-se obsoleta, apresenta falhas no abastecimento de peças de reposição, inclusive com falhas qualidade na reposição das peças, que em alguns casos passam a não atender as exigências do usuário.

A inovação tecnológica faz-se necessária, para obter novos padrões de qualidade, produtividade e custos a fim de manter competitividade e as exigências de mercado atendidas.

3 Método

O método científico permite que através de experiências, repetidas e reproduzidas, metodicamente, se amplie o conhecimento científico, este se caracteriza pelo acolhimento metódico e sistemático dos fatos, (ZAIONS, D. R. - 2003).

O pesquisador obtém conhecimento, que são princípios e leis que regem fatos, analisados metodicamente e sistematicamente, determinados através de classificação, comparação e análise de resultados obtidos de seus experimentos.

O estudo de caso é a descrição analítica de fatos ou situações, no ponto de aplicação ou acontecimento, que pretende orientar a criação de procedimentos a fim de permitir á luz destes conhecimentos, atingir em loco um determinado objetivo.

O estudo de caso busca analisar intensamente uma unidade, que pode ser desde um individuo até uma empresa, e ao definir padrões de resultados, pode ter sua aplicação expandida para outras unidades.(ZAIONS D. R. 2003)

As conclusões obtidas no estudo de caso devem ser ligadas as questões iniciais da pesquisa.

Segundo Zaions, et al (apud Yin 2001) são 5 os componentes importantes a serem avaliados:

- ✓ As questões de um estudo.
- ✓ Suas Proposições se houver.
- ✓ Suas Unidades de análise
- ✓ A lógica que une os dados, ás proposições.
- ✓ Os critérios para interpretar as descobertas.

A empresa Alfa foi à empresa qualificada, para o desenvolvimento do trabalho, refere-se a uma empresa fornecedora de auto peças, localizada na região do Vale do Paraíba, com fornecimento de abastecimento *Just in Sequence* (JIS).

Foram levantados os dados históricos ao longo de 2002 á 2005, e em função das atividades da área de manutenção e operação, classificado os períodos em Pré-implantação, Implantação, Consolidação e Inovação Tecnológica.

A Pré-implantação, que neste estudo foi de janeiro até dezembro de 2002, neste período o sistema de trabalho da área de manutenção era focado na manutenção corretiva, ou seja, intervenções após a falha ocorrida, algumas inspeções em equipamento que eram considerados importantes, sem porém o conceito de equipamento chave, a qualificação dos mantenedores era suportada pelos anos de experiência dos mesmos.

Na Figura 11, tem-se o cronograma dos períodos analisados.

Ano	2002												2003												2004												2005											
Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Pré-implantação	█																																															
Implantação													█																																			
Consolidação																			█																													
Inova. Técnico.																															█																	

Figura 11 Cronograma dos períodos analisados

O Lay out (Figura 12) da fabrica priorizava a produção e o fluxo de componentes, sendo a área de manutenção e seus 3 almoxarifados, uma para peças mecânica, outro para peças elétricas e um terceiro para outros, posicionados distantes e isolados do parque fabril.

Dessa forma foram diagnosticados:

- ✓ Uso Intensivo de Manutenção Corretiva.
- ✓ Baixo rendimento da área de manutenção.
- ✓ Perda de produtividade na área produtiva em função de paradas não programadas.
- ✓ Baixa confiabilidade no parque fabril.
- ✓ Improvisos constantes nas intervenções.
- ✓ Falta de peças sobressalentes.

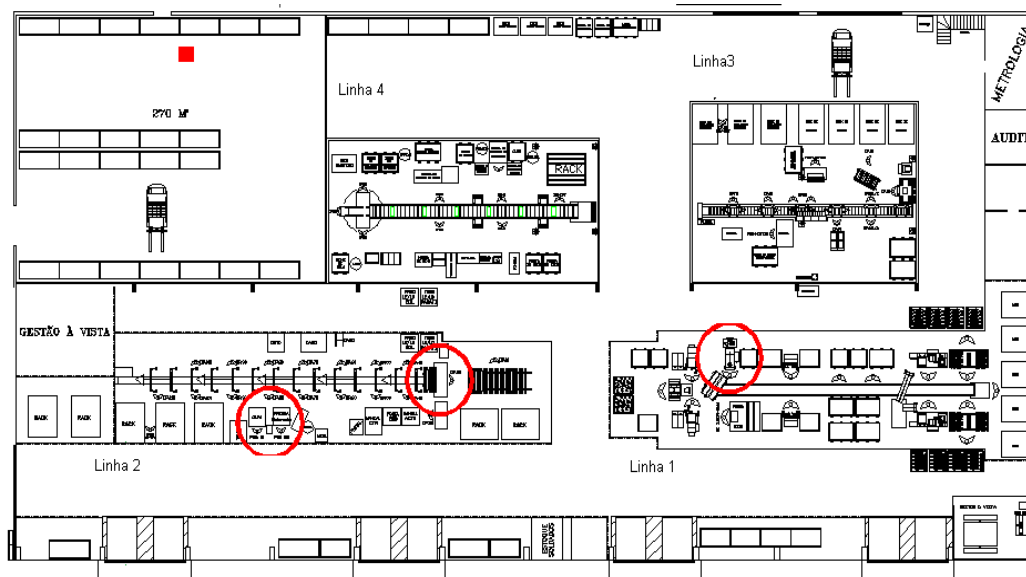


Figura 12 Lay- out da fabrica

O período de implantação teve seu início com o treinamento de um multiplicador, e em Janeiro de 2003 deu início a implantação que foi até julho de 2003. Nesta fase foram treinados os operadores, que receberam a tarefa de realizar as inspeções e pequenas intervenções nas máquinas.

Este período foi caracterizado por:

- ✓ Escolha dos operadores.
- ✓ Diagnóstico das máquinas e equipamentos.
- ✓ Desenvolvimento do treinamento dos operadores.
- ✓ Acompanhamento dos operadores pela manutenção.
- ✓ Avaliação dos treinamentos.
- ✓ Implantação de indicadores e definição de máquinas chave

A Figura 13 mostra o lay-out da linha 1, e a máquina definida como chave pelos operadores, por ser uma máquina sem que caso sofresse quebra paralisava a produção sem condições de ser substituída.

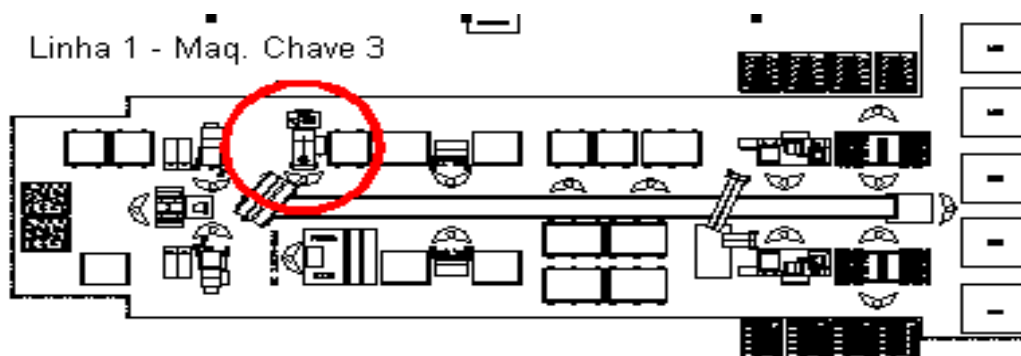


Figura 13 Localização máquina Chave 3

A Figura 14 mostra o lay-out da linha II, e as máquinas apontadas como chave para esta linha.

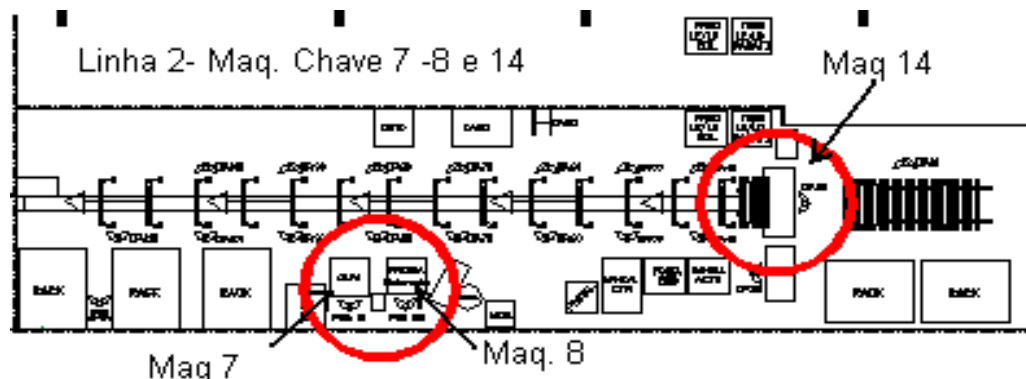


Figura 14 Máquinas chave 7;8 e 14

O período de consolidação teve início em agosto de 2003, com os operadores Treinados, estes passaram a incorporar as novas tarefas de inspeções nos equipamentos, completar níveis de óleo, verificação de vazamentos e eliminação, substituição de unidades de filtro e lubrificação de ar, eliminação de causa de sujeiras, re-aperto em equipamentos e dispositivos, e também, informar a manutenção sempre que as máquinas e equipamentos apresentavam alguma variação no seu desempenho.

Os operadores também passaram a influenciar mais nas decisões de investimentos em equipamentos, uma vez que os equipamentos que apresentavam constantes falhas de regulagens, falhas constantes, ou mesmo uma grau de obsolescência, eram as principais causas de defeitos nos clientes.

Este período caracterizou-se por:

- ✓ Inspeção, diagnóstico e correção de falha em potencial no processo produtivo, evitando assim que a falha ocorresse.

- ✓ Participação ativa dos operadores na solução de problemas de qualidade detectados nos clientes, por meio de diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe, principalmente quando a causa raiz detectada estava na máquina.
- ✓ Baseado nos diagnósticos das máquinas e causas de problemas potenciais, que poderiam vir a ocorrer nos clientes, os operadores propunham investimentos em dispositivos á prova de falha ou mesmo substituição de máquinas.

A fase da Inovação Tecnológica caracterizou-se pela implantação de novas tecnologias e adição ao processo e dispositivos á prova de falha, substituição de máquinas que não apresentavam a confiabilidade ou mesmo a precisão e exatidão desejada.

Foram analisados na empresa os indicadores de Reclamação do Cliente expresso em PPM, Produtividade e Disponibilidade de máquinas.

Na empresa estudada, um dos Indicadores de qualidade mede as reclamações vindas do cliente, com causa raiz no processo do fornecedor, é medida em PPM (Partes Por Milhão) de forma mensal.

Para se estabelecer uma referência do processo produtivo da empresa, neste trabalho foi utilizado no ano de 2002, período pré-implantação da ferramenta, a evolução mensal do indicador. Assim foi possível identificar a condição operacional do processo. Nos demais anos do estudo foram utilizadas as médias anuais de PPM.

O indicador de produtividade foi obtido de forma contínua ao longo dos anos estudados, e calculado as médias em cada período do estudo, ou seja, pré-implantação, Implantação, e inovação tecnológica.

$$\frac{V_m}{MOD} * \frac{1}{D_t} \equiv Pr \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: Pr = Produtividade.

Dt = Dias trabalhados.

Vm = Volume Mensal.

MOD = N^o de colaboradores diretos na produção.

O indicador de disponibilidade de máquinas foi desdobrado em geral, e específico das máquinas chave, onde a (equação 2), permite mensurar quanto a aplicação da Manutenção Autônoma impacta nas perdas.

O cálculo da Disponibilidade Total de máquina (D_T), baseou-se na determinação das perdas acumuladas nas máquinas chaves.

$$[(D_T - D_{003}) + (D_T - D_{007}) + (D_T - D_{008}) + (D_T - D_{014})] = P_{TM} \quad (\text{equação 3})$$

onde :

D_T = disponibilidade total de máquina (100%)

D₀₀₃ = Disponibilidade máquina chave 3

D₀₀₇ = Disponibilidade máquina chave 7

D₀₀₈ = Disponibilidade máquina chave 8

D_{014} = Disponibilidade máquina chave 14

P_{RT} = Perda Total nas Maquinas Chave

O rendimento na máquina chave foi calculado por meio da (equação 3)

$$((P_{RM}) - 100) = R_{MC} \quad (\text{equação 4})$$

onde:

P_{RM} = Perda Resultante Máquina Chave

R_{MC} = Rendimento Máquina Chave

Ao comparar os resultados obtidos de ganho em desempenho e os benefícios obtidos na manutenção, atende-se a proposição da obtenção de resultados.

4 Estudo De Caso

Para a execução deste trabalho optou-se por um estudo de caso, onde foi pesquisada uma empresa, que apresentou todos os indicadores e registros necessários para atender o estudo, e sua proposição.

A empresa estudada trabalhava antes da implantação da ferramenta, com a área de Manutenção atuando em 80% das intervenções após a falha se manifestar, ou seja, já com o desempenho do equipamento comprometido ou até mesmo interrompido.

Em função do número de intervenções não programadas no parque industrial, que ocasionava uma perda devida a paradas de máquinas da ordem de 10%, a empresa optou pela Manutenção Autônoma, inicialmente como uma tentativa, que tornou-se bem sucedida, para melhorar o controle sobre e o desempenho da área de Manutenção.

Os indicadores não eram confiáveis uma vez que o apontamento, era realizado de forma manual pela produção, em relatórios diários de ocorrências, muitas vezes com dados estimados de tempo de parada.

Os dados de manutenção, como MTTR e MTBF não existiam, uma vez que dependiam da produção para serem levantados, a disponibilidade de máquina também não era medida com exatidão, assim a ação a ser tomadas, muitas vezes, era de forma empírica.

Este estudo foi idealizado á partir da disponibilidade de registros de desempenho, de todas as fases de implantação e consolidação da ferramenta Manutenção Autônoma, possibilitando uma análise da evolução da empresa antes,

durante e após a implantação, onde podem ser observadas as dificuldades para a implantação e também seus reflexos nos indicadores.

4.1 Manutenção Autônoma

Ao optar pela Manutenção Autônoma, a empresa também optou por desenvolver uma estratégia de implantação própria, que consistiu em:

- ✓ Treinar multiplicador, e difundir a ferramenta.
- ✓ Selecionar os operadores que desempenhariam a função.
- ✓ Treinar os operadores.
- ✓ Definir área piloto
- ✓ Acompanhar os resultados.

O período de janeiro de 2003 á junho de 2003, foi o período de treinamento dos operadores da Manutenção Autônoma, neste período ocorreu o aprendizado dos colaboradores da produção e iniciou uma mudança no comportamento dos mesmos, o que refletiu ainda que de forma discreta nos indicadores.

O período de Consolidação da ferramenta foi de julho de 2003 á setembro de 2004, nesta fase, já com os conhecimentos adquiridos pelos operadores e aplicados no parque fabril, observaram-se melhoras nos desempenho dos indicadores analisados.

A partir de setembro de 2004 inicia-se o período de Inovação tecnológica, este período trata das melhorias específicas de máquinas, substituição de

tecnologia, de pneumática por elétrica em 4 casos, e adoção de melhorias de lubrificação e inspeção em geral.

4.1.1 Treinamento do Multiplicador

O treinamento do multiplicador foi realizado por meio de cursos oferecidos por consultorias, que auxiliam no entendimento da ferramenta e de conceitos de manutenção, tais como: falha, prevenção de falha, intervenção planejada, quebra, entre outros, entretanto, para a empresa que procura implantar a ferramenta, os conceitos gerais nem sempre podem ser aplicados em sua totalidade, uma vez que os operadores que realizaram as funções nem sempre possuem os pré-requisitos necessários, e mesmo a área de manutenção, deve ser preparada para atender as novas diretrizes.

Um fator a ser considerado, é o recurso humano que será trabalhado para a realização da tarefa, uma vez que os operadores de produção ao assumir novas tarefas, deverão ser motivados a fazê-lo, treinados a assimilarem uma nova postura, e para tal é necessário que a hierarquia da empresa esteja ciente da importância da nova ferramenta, que trará custos mas também benefícios.

Outro ponto a ser observado é que cada empresa possui particularidades de estoques, equipamentos, sistemas de entrega, sistema de produção a própria organização administrativa da empresa, fazendo com que a teoria absorvida nos cursos de Manutenção, seja adaptada aos recursos e exigências da empresa, portanto o multiplicador deverá conhecer a empresa para que haja maiores chances de um retorno mais rápido.

Assim a escolha do multiplicador deve ser pautada na capacidade técnica, mas também, na liderança do multiplicador sobre os colaboradores que no futuro desempenharão as funções.

4.1.2 Seleção de Candidatos

Para iniciar o programa de Manutenção Autônoma, foi preciso que a Empresa definisse os operários que executariam a função de Manutenção Autônoma, e em seguida, capacitar os colaboradores, que agregariam aos seus afazeres as tarefas de inspeção das condições de operação dos equipamentos.

A ferramenta da Manutenção Autônoma teve seu início de implantação a partir de janeiro de 2003, com uma primeira etapa de seis meses de treinamento operacional, para um público de 25 operadores aproximadamente.

A empresa adotou o voluntariado na escolha dos candidatos a desempenhar a função da Manutenção Autônoma, esta opção tinha como principal objetivo, obter maior compromisso dos colaboradores com o sucesso da adoção da ferramenta, o que ocorreu.

Os colaboradores que se interessaram por desenvolver estas tarefas foram identificados, e passaram a serem preparados e qualificados em função dos treinamentos e cursos que possuíam, esta etapa de triagem levou a formação de um programa de treinamento elaborado pelo responsável pela manutenção, pelos mantenedores e pelo multiplicador da ferramenta.

O objetivo do programa de treinamento, foi capacitar os operadores de produção a realizar as pequenas manutenções que os equipamentos necessitassem, e assim, reduzir a carga sobre os mantenedores.

Com este resultado, o tempo extra que os mantenedores dispuseram foram utilizados em funções mais nobres, como busca de novas soluções para problemas crônicos, mudança de tecnologia, mudança de equipamentos, melhoria específica, desenvolvimento de dispositivos e chaves que facilitaram a manutenção e ganho de produtividade.

O processo com um todo ocorreu de forma tranqüila, permitindo que o acompanhamento das etapas pelo gestor se desse com clareza. Também foram implementadas melhorias nos treinamentos, e no processo, vindas da participação dos próprios colaboradores.

Os operadores da área de produção em geral não possuem qualificação específica de manutenção, são treinados a desempenhar tarefas simples e repetitivas, que não necessitam um grau de conhecimento técnico elevado.

O grande desafio do treinamento da Manutenção Autônoma, foi transformar estes colaboradores não qualificados, em inspetores de máquinas e equipamentos, que deverão diagnosticar as condições de conservação das máquinas, utilizando principalmente seus próprios sentidos, como audição, tato, e visão.

Para que os colaboradores percebessem as variações do desempenho das máquinas e equipamentos, os mesmos deveriam ser conscientizados das perdas, e que estas, comprometem a empresa, como eles também fazem parte da empresa, também estariam sendo prejudicados. Deveriam, portanto, desenvolver uma postura

crítica com relação ao desempenho das máquinas equipamentos, e observar desgastes ou qualquer anomalia na operação.

Esta nova postura crítica, somente foi desenvolvida por meio de inspeções diárias monitoradas pelos mantenedores, e até mesmo pelos gestores do programa, que esclareceram as dúvidas, utilizando exemplos práticos da área produtiva, que os operadores conhecem muito bem.

A empresa adotou um cronograma inicial de treinamento conforme a Figura 15, que traz a parte teórica, informando o que era importante para que o equipamento funcione corretamente, mas também um treinamento comportamental, para que as atitudes refletissem a necessária visão crítica do mantenedor.

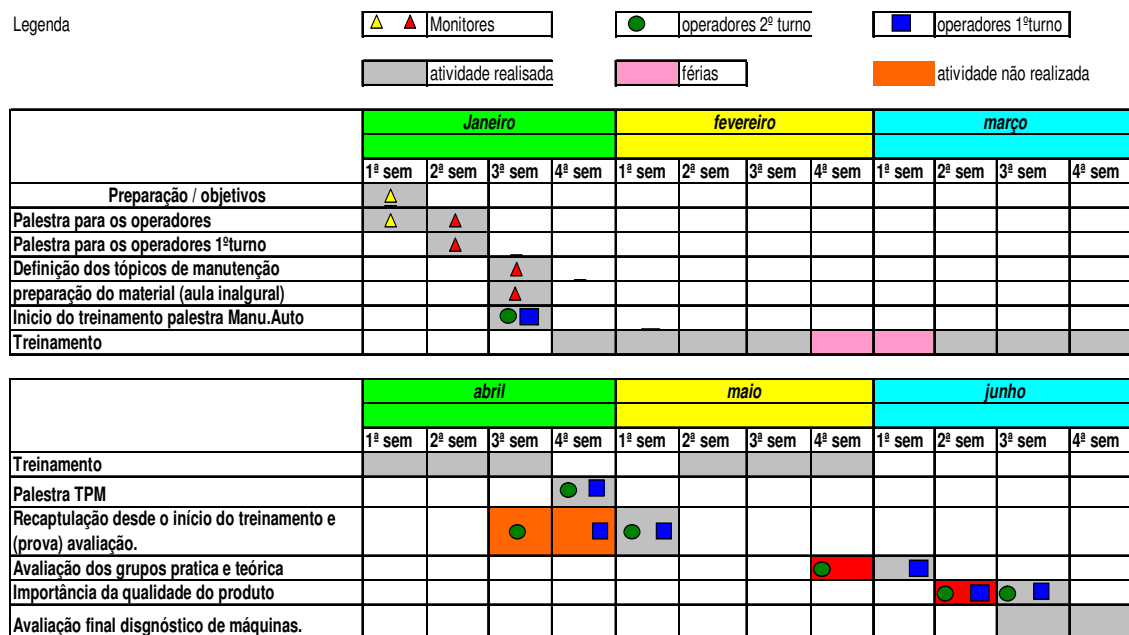


Figura 15 Cronograma de Treinamento dos Operadores Selecionados

5 Resultados e Discussão

5.1 Produtividade

A produtividade mostrou uma significativa melhora de rendimento, quando efetuado a comparação entre os períodos estudados. Os resultados obtidos demonstram um crescimento a cada etapa, desde a implantação até a fase de inovação tecnológica.

A disseminação de tecnologia da área de manutenção para os operadores da produção, investimentos em treinamento e valorização dos Recursos Humanos, trouxeram resultados positivos ao longo das etapas, como mostrado na Figura 16, aumentando a competitividade da empresa, pois em função da motivação despertada nos operadores, houve queda de problemas de qualidade e aumento da disponibilidade de máquina, e como consequência um ganho real de produtividade.

A Figura 16, mostra a evolução da produtividade ao longo dos meses, de janeiro de 2002 á Setembro de 2005, na empresa Alfa. Estes dados refletem as fases de pré-implantação até a fase de inovação tecnológica.

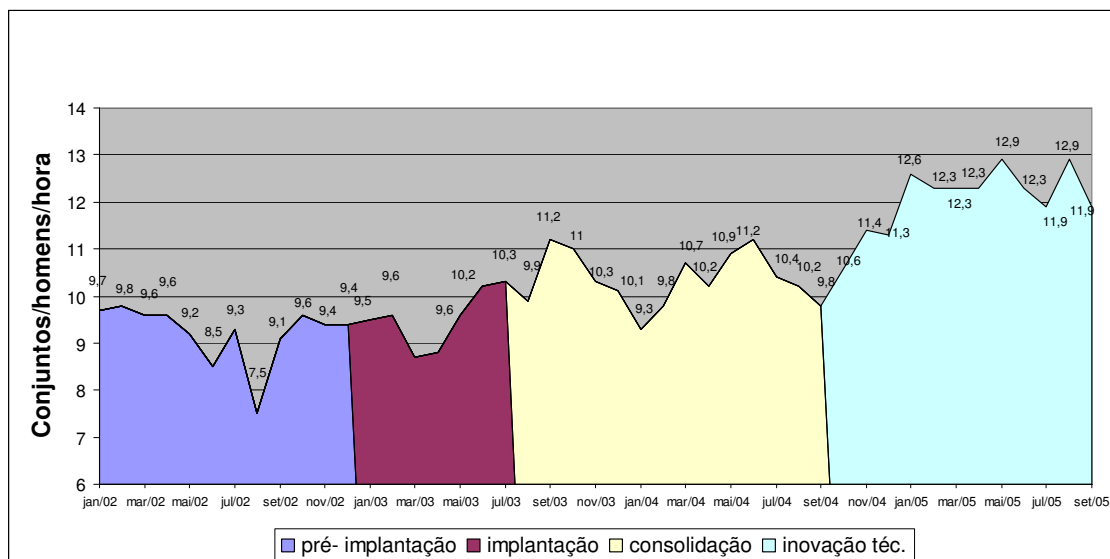


Figura 16: Produtividade durante o período pesquisado

Observa-se ainda na Figura 16, que embora a tendência seja de crescimento na produtividade, existem pontos onde a produtividade tem seus valores bastante reduzidos. Isto ocorreu em função da empresa Alfa analisada, ser fornecedora em regime JIT, o que significa que não possui estoques reguladores, desta forma, a mesma é fortemente influenciada pela demanda do cliente, que puxa a produção.

Como o indicador de produtividade adotado pela empresa, considera o custo da mão de obra paga na sua totalidade, quando há uma redução de demanda pelo cliente, os colaboradores continuam a disposição na empresa, e em sua folha de pagamento, portanto com o custo fixo, este custo deverá ser absorvido por um número menor de itens produzidos, o que representa uma redução de produtividade para a empresa.

Este fato que pode ser visualizado pelo dado da produtividade no mês de Agosto de 2002, aonde se verifica o declínio acentuado no índice de produtividade,

que chegou a 7,5 tendo alcançado no mês anterior 9,3 em função da redução de demanda no cliente.

O mesmo fato ocorreu em março de 2003 quando houve férias coletivas parciais. Em dezembro e janeiro de 2004 novas férias coletivas, e novamente a produtividade foi prejudicada. Finalmente em Setembro de 2004, nova queda de demanda e novo reflexo na produtividade.

O que ocorre é que a empresa não pode flutuar a mão de obra direta na mesma velocidade da flutuação de demanda, uma vez que os operadores devem ser treinados, e no caso estudado a empresa possui muitas operações de itens de segurança, o que representa um risco maior de peças não conforme para operários não treinados.

Outro fator de influência na produtividade está relacionado diretamente com a presença das perdas humanas, Já definidas no Quadro “3”, aqui observa-se principalmente as perdas operacionais, pois o indicador avalia a produtividade em função da Mão de obra direta. O método empregado na empresa foi o voluntariado, entretanto, ocorreu que os colaboradores que não se ofereceram, ao tomar conhecimento dos treinamentos passaram a reagir negativamente ao processo, o que ocasionou uma queda na produtividade, fato observado em Agosto de 2003 onde interrompe uma trajetória de crescimento na produtividade.

Esta dificuldade foi resolvida com a adoção de uma política de transparência, uma vez que o voluntariado foi aberto a todos aqueles que se dispuseram a fazerem o novo trabalho, e para serem capacitados deveriam ser treinados, os demais já haviam feito sua opção, e estavam fora dos treinamentos. A recuperação da curva de produtividade logo se fez presente.

A Figura 17 traz o comportamento da média de produtividade alcançada na empresa Alfa, ao longo dos períodos, de pré-implantação da ferramenta de Manutenção Autônoma, da implantação, da consolidação e da inovação tecnológica, em função do tempo.

Ao analisar o resultado da produtividade média, observa-se que o tempo gasto pelos operadores nas tarefas na Manutenção Autônoma, ou como chamada na empresa Alfa, “manutenção de primeiro nível”, não influenciaram negativamente a produtividade, ao contrario a produtividade média apresentou evolução positiva. Embora a expectativa fosse ao contrário uma vez que o tempo produtivo do operador estava sendo desviado para realizar inspeções e pequenas intervenções entretanto, como as máquinas passaram a ter desempenho médio superiores e também as paradas não programadas diminuíram, os resultados foram positivos.

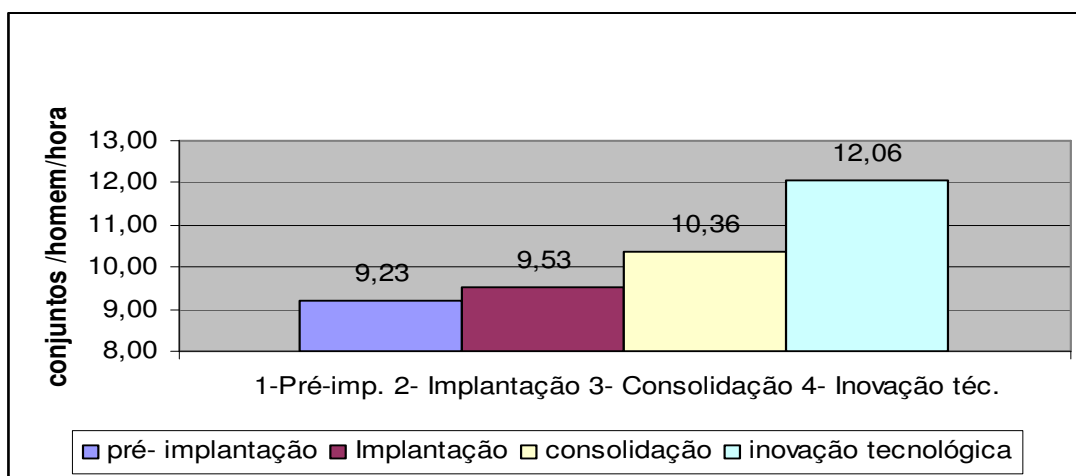


Figura 17 Média de Produtividade por Período Estudado

Esta evolução positiva pode ser constatada nas médias de produtividade e está relacionada com a redução de paradas e consequentemente aumento da eficiência da planta.

Com a introdução da Manutenção Autônoma na empresa Alfa, pode-se gerar, novos indicadores de perdas e também classificar as máquinas com o intuito de identificar quais as máquinas que seriam consideradas mais críticas para garantir a continuidade do processo produtivo, as máquinas chaves.

Estas máquinas ou equipamentos foram observados mais atentamente e criado um indicador específico de perda, o qual foi acompanhado separadamente. Cabe ressaltar, que a redução da perda nestas máquinas, têm influência direta no rendimento da planta e, portanto, na produtividade.

No caso estudado foram identificadas 4 máquinas chaves:

- ✓ Máquina 003 prensa hidráulica, pela qual passa a totalidade de produtos da linha I, que produz 3800 conjuntos diários, em caso de falha, pode paralisar a produção.
- ✓ Máquina 007 prensa hidráulica, faz a pré-montagem de componente para todos os conjuntos da linha II, que produz 1400 conjuntos diários.
- ✓ Máquina 008 prensa hidráulica, pode paralisar a linha II se vier a falhar, é a mais complexa das máquinas chave, com CLP (Controlador Lógico Programável), diversos circuitos e pokaioques de controle.
- ✓ Máquina 014 prensa hidráulica com dispositivo de cravamento horizontal, onde se inicia a montagem realizada na linha II, caso falhe, não existe processo substituto, pode causar a paralisação da linha II.

5.2 Disponibilidade de Máquinas

O indicador de Disponibilidade de Máquina, foi criado na empresa estudada para calcular a partir dos dados de paradas, um percentual de tempo em que as

máquinas estivessem disponíveis para produção, diferente do OEE (Overall Equipment Efficiency), este indicador desconta o tempo que a máquina estará desligada em função de paradas programadas, como finais de semana, refeições e mesmo turnos sem atividades.

Portanto, para o cálculo da disponibilidade de máquina (equação 3) foi considerado como tempo total produtivo do equipamento, os turnos que o mesmo opera, assim caso haja equipamentos que operem em 2 turnos, o tempo total disponível para a produção é de 17 horas, caso o equipamento opere em apenas 1 turno, o tempo total disponível é de 8,5 horas diárias, e quando o equipamento operar em horas extraordinárias, estas horas serão acrescentadas às horas totais disponíveis para produção.

Este indicador possui um controle para a fábrica toda, e também é realizado para cada uma das máquinas definidas como chave, uma vez que quando uma máquina chave interrompe sua operação, pode haver a paralisação de toda uma linha de montagem.

A Figura 18 traz o desempenho das máquinas definidas como chave, a partir do 2º trimestre de 2003. O período de implantação da ferramenta corresponde ao 1º e 2º trimestre do ano de 2003. No primeiro trimestre não havia o indicador disponível, pois as máquinas não eram identificadas como máquinas chaves. Ao ser percebida a importância das falhas nestes equipamentos foi então criado um indicador próprio para melhor monitoramento.

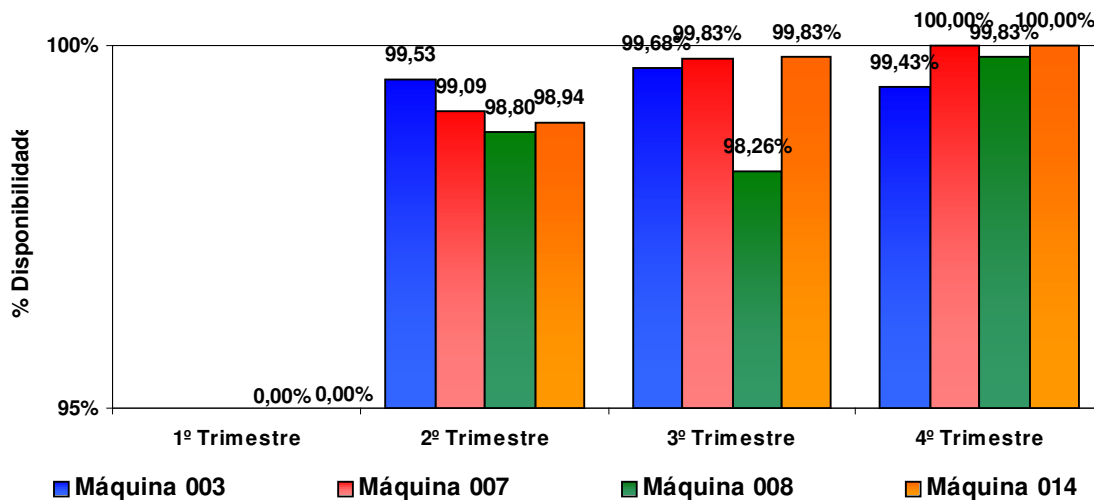


Figura 18: Disponibilidade de máquina chave ano 2003

Observa-se ainda na Figura 14, que no 2º trimestre a disponibilidade inicial da máquina 008 (máquina chave) é de 98,80 %, o que indica uma perda de 1,2% na produção da planta, esta perda representa 12,2 minutos de paralisação no dia. Estas perdas são acumulativas, por ocorrerem em máquina chave, e a produção da empresa estudada é em regime *just in time*, portanto não existe estoque intermediário para ser consumido, para uma avaliação mais precisa as perdas de cada equipamento devem ser somadas.

Dessa forma e conforme a equação 2, o cálculo da perda resultante (P_{RM}) no 2º trimestre de 2003 é:

$$P_{RM} = [(D_T - D_{003}) + (D_T - D_{007}) + (D_T - D_{008}) + (D_T - D_{014})] \quad (\text{equação 3})$$

$$P_{RM} = (100-99,59)+(100-99,09)+(100-98,80)+(100-98,94)$$

$$\text{ou } P_{RM} = 3,58\%$$

Aplicando a equação 4

$$((P_{RM}) - 100) = R_{MC} \quad (\text{equação 4})$$

$$((3,58) - 100) = 96,42 \%$$

O rendimento na máquina chave para o 2º trimestre no ano de 2003 foi de 96,42%, perda de 40,1 horas no trimestre.

Ao Analisar a Figura 19 que representa o início do período de consolidação da Manutenção Autônoma até o 3º trimestre de 2004, constata-se que houve no 2º trimestre uma perda de eficiência, retratada pela queda no nível do indicador, esta queda foi decorrente da falta de inspeções regulares, e da falta de experiência dos colaboradores da produção que assumiram as tarefas da Manutenção Autônoma.

Os operadores ainda não inspecionavam as máquinas como deveriam, e os mantenedores, que após treinar os operadores, não mais realizavam as inspeções regulares e pequenos reparos, resultando em uma perda de rendimento por paradas e uma necessária reciclagem das atribuições junto aos operadores.

Aplicando as equações 3 e 4 temos obtém-se o rendimento de:

$$P_{RM} = (100-99,53)+(100-99,09)+(100-98,80)+(100-98,94) = 3,64$$

$$((3,64) - 100) = 96,36 \%$$

ou seja, o rendimento, retornou aos níveis anteriores a implantação da ferramenta, mostrando claramente a dificuldade de incorporar as novas tarefas de forma consistente, e a necessidade de acompanhamento dos indicadores pelo gestor.

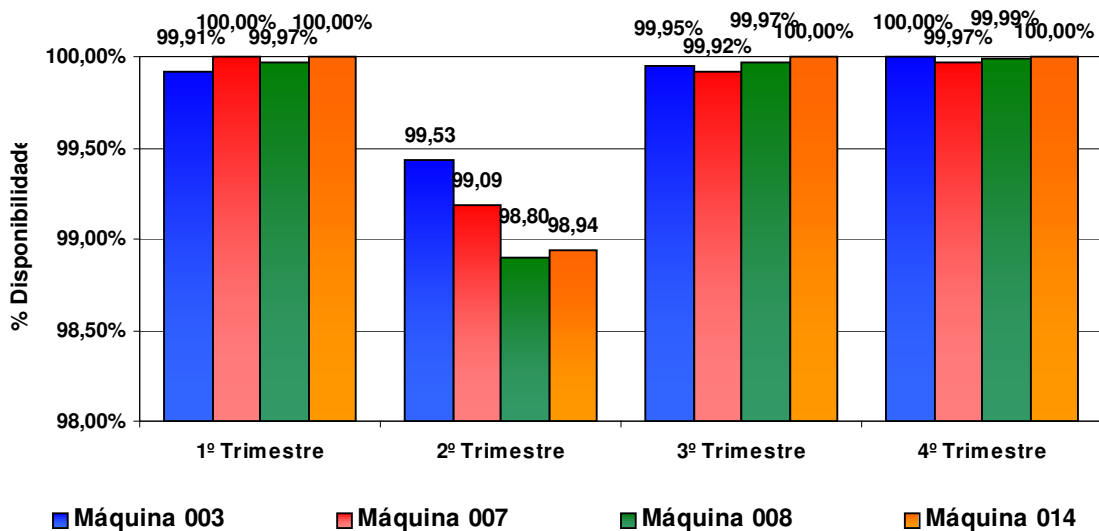


Figura 19 Disponibilidade de máquina Chave ano 2004

Na Figura 20, que representa a consolidação da Manutenção Autônoma, onde no 1º trimestre de 2005, a perda total nas máquinas chave foi de 00,4%, representando assim um rendimento na máquina chave de:

$$P_{RM} = [(100 - 99,97) + (100 - 100) + (100 - 99,99) + (100 - 100)]$$

ou $P_{RM} = 0,04\%$

Aplicando a equação 4 obtém-se

$$((0,04) - 100) = 99,06 \% \text{ de rendimento.}$$

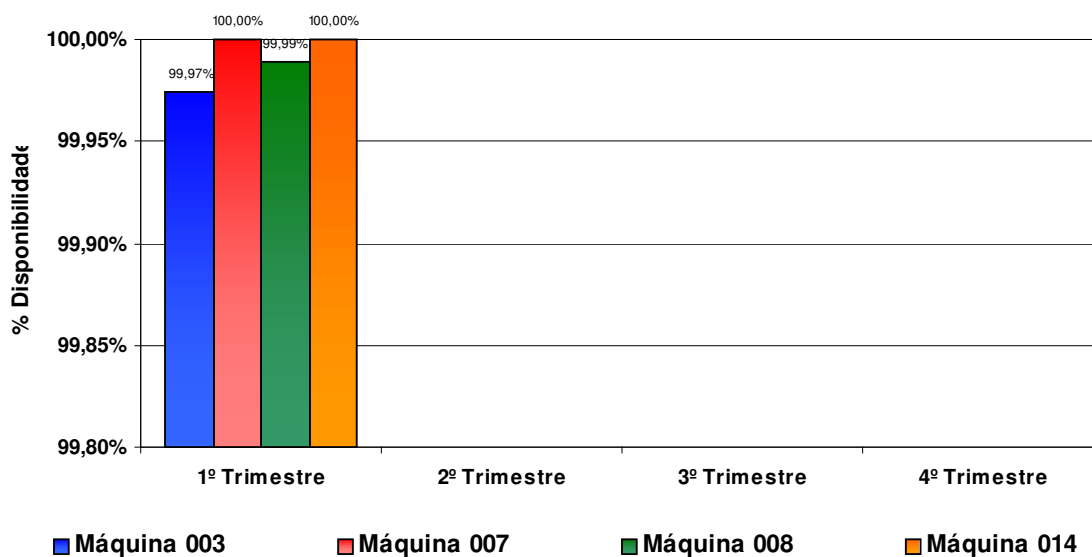


Figura 20 Disponibilidade de Máquina Chave ano 2005

Para uma melhor visualização da evolução do indicador de disponibilidade de máquina nas etapas, a Figura 21 traz de forma contínua os dados coletados a partir do período anterior a implantação da Manutenção Autônoma até pós-inovação.

Pode-se observar a evolução da curva, com os valores mensais de disponibilidade média do parque fabril.

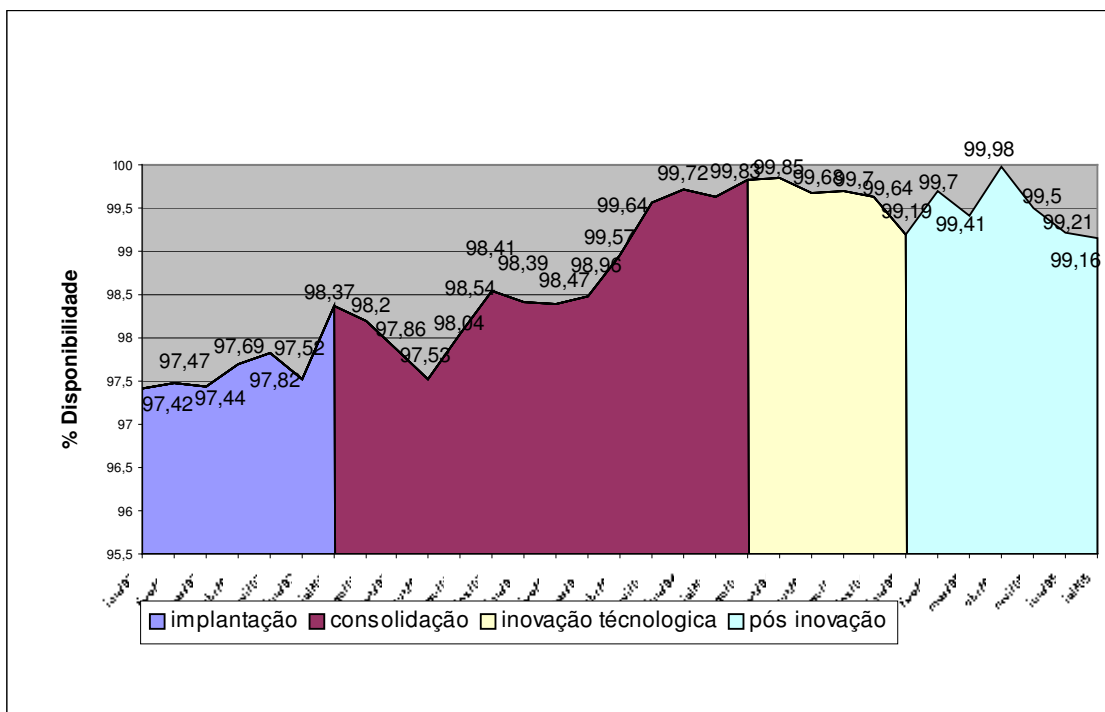


Figura 21: Evolução da Disponibilidade Total de Máquina no Período de Pesquisa

A Figura 22 retrata as médias de disponibilidade de máquinas para os períodos de implantação, consolidação, inovação e pós-inovação.

A Figura 22 demonstra ainda uma evolução positiva nos períodos analisados, sendo que no período pós-inovação, observa-se pequena queda de 0,053%. Este valor não foi considerado significativo pois representa uma perda média de 10 minutos nos meses pós inovação, esta variação pode ser atribuída a simples leitura ou mesmo apontamento das paradas, portanto foi desconsiderada na análise final do indicador.

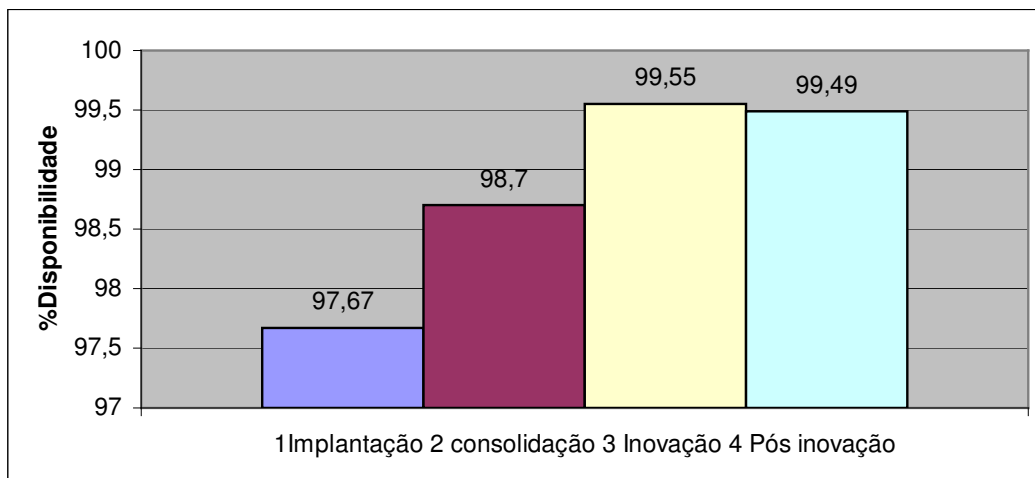


Figura 22: Disponibilidade Total Média de Máquina no Período Pesquisado

5.3 Inovações Tecnológicas Implantadas

A inovação tecnológica aplicada na empresa estudada, foi a substituição de parafusadeiras pneumáticas, por parafusadeiras elétricas programáveis, e a adoção de pokaiques em postos onde foram identificados maiores riscos de quebra de qualidade .

Estas novas tecnologias permitiram, no caso das apertadeiras, realização de apertos com maior exatidão e precisão, e no caso de pokaiques a eliminação de falhas que dependiam do julgamento humano para aprovação ou reprovação da operação.

Ao adotar nova tecnologia, é esperado que a manutenção necessite de tempo para que seus integrantes venham a absorvê-la.

Em conseqüência espera-se que o índice de disponibilidade de máquina venha a apresentar algum reflexo negativo, pois as intervenções e mesmo o início de

operações, apresentem falhas, tanto da equipe que ainda não possui a habilidade necessária, como o próprio equipamento que está iniciando a operação, conforme descrito em algumas curvas de falhas: Figura 3 e Figura 8.

Ao analisarmos a Figura 21 no período de inovação tecnológica esta expectativa não ocorreu, indicando que os treinamentos, ou ainda, o tempo extra que os mantenedores obtiveram com a redução de tarefas rotineiras, permitiram rápida adaptação a nova tecnologia.

Após a absorção da nova tecnologia, os pontos de observação e controle, foram passados aos operadores, para que os mesmos executassem as atividades de Manutenção Autônoma no equipamento.

Ainda no aspecto de novas tecnologias a adoção de Pokaioques, que visão impedir a possibilidade de falha do processo, estas falhas ou defeitos são causadas, involuntariamente pelos operadores, durante a execução de suas atividades, devido a permissividade do próprio processo, que ao ser concebido não observa todas os modos de falha, estas falhas no caso estudado, eram principalmente montagem equivocada de componentes, e aprovação de operações cujo resultado eram duvidosos.

O objetivo principal do pokaioque é o ganho na qualidade. Cabe aqui lembrar que a implantação do dispositivo não acarretou problemas, já que os colaboradores engajados na Manutenção Autônoma, participam ativamente de soluções de problemas de qualidade e auxiliam na implantação quando possível dos Pokaioques.

Estes dispositivos também entraram na atividade de verificação da Manutenção Autônoma, quanto a operação correta e desgastes devido ao uso.

5.4 Indicadores de Qualidade

Os dados coletados são referentes à somatória de problemas constatados nos clientes, que após análise por profissionais de ambos, cliente e fornecedor, foram considerados causados pela empresa fornecedora de autopeças analisada.

A empresa possuía cinco linhas de produção, sendo três principais, que respondiam por 96% da produção e faturamento. As linhas principais possuem 48 postos de trabalho, destes quando se iniciou os estudos, 9 postos possuíam pokaioques.

A implantação de Manutenção Autônoma é uma forma de participação dos colaboradores na própria gestão da empresa, sendo assim também é parte integrante de uma administração participativa, portanto é natural esperar-se evolução nos resultados na área de qualidade,

É importante observar que, não houve alterações na diretriz de busca pela melhoria da qualidade, que poderiam influenciar no indicador e, portanto, na análise sobre o impacto da ferramenta Manutenção Autônoma no desempenho da qualidade.

Como ponto inicial para a análise do indicador, a Figura 19 apresenta a evolução mensal dos PPM de 2002, período precedente à implantação da ferramenta Manutenção Autônoma, iniciada em Janeiro de 2003. Esta demonstra as limitações do processo anterior à implantação da ferramenta, onde a faixa de operação do processo era de +/- 12 PPM.

Observa-se que a dificuldade para atingir índices melhores, no ano de 2002 uma vez que o processo apresenta regressão á média (12PPM), esta flutuação

indica que os operadores encontravam-se engajados com a qualidade e que o processo esta estável, porém no seu limite devido às condições operacionais das máquinas.

Comparando-se os valores de PPM, no início do ano e no final do mesmo, 28 e 21 respectivamente, com um pico de 26 em agosto, percebe-se que os valores são próximos, e pertinentes ao processo, mantendo uma curva de eventos relativamente estável, e previsível.

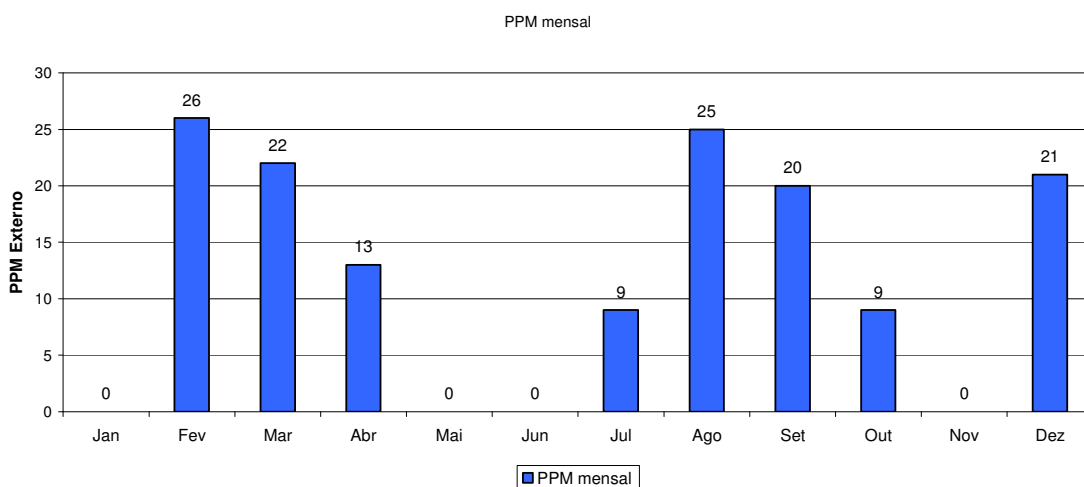


Figura 23 Desempenho de Problemas da Qualidade em 2002

A existência de problemas exposto na Figura 23, foi encarado como normal, pela empresa no período pré-implantação. O processo de produção da empresa contava com 48 postos, realizando 1.584.000 operações mensais, produzindo 120.000 conjuntos por mês.

Todo o sistema operando em sua condição normal, tem como resultado de rendimento, um determinado número de produtos onde em função da somatória de

variações do sistema produtivo, não atenderão as especificações finais, e estas perdas serão inevitáveis e inerentes ao próprio desempenho do sistema.

A Figura 24 traz a média anual de PPM a partir de 2002, evidenciando a evolução da qualidade na empresa estudada, em função da redução significativa dos PPM's ao longo do período pesquisado, permitindo uma comparação do desempenho anterior a implantação da ferramenta.

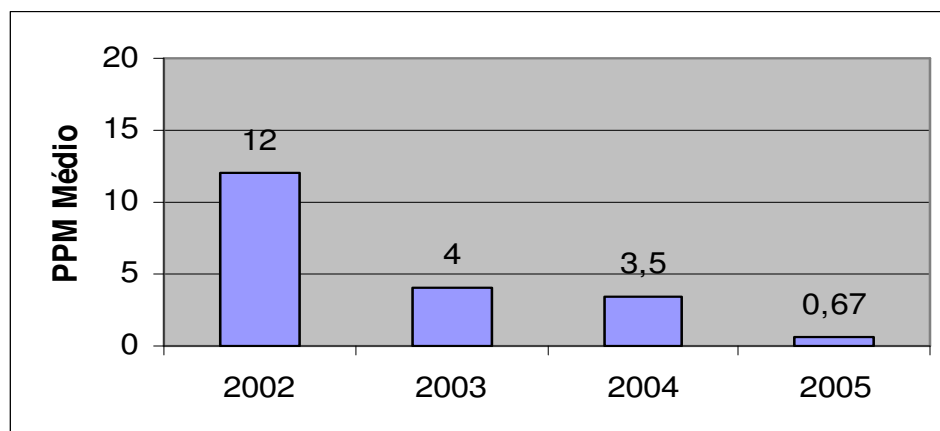


Figura 24 Desempenho da Qualidade em PPM Médio Mensal:2002 a 2005

Observa-se que ao comparar os resultados do ano de 2003 com 2002, neste indicador houve uma redução de 67%. Esta redução obtida em um processo que se encontrava estável, como mostrado na Figura 23, indica que a introdução da ferramenta Manutenção Autônoma, trouxe resultados, parte pela motivação dos operadores, parte pela necessidade de inspeções diárias praticadas pelos operadores.

Em 2004 ocorreu uma redução de 13% em média, saindo de 4 PPM para 3,5 PPM em média, conforme pode ser observado na Figura 24. Este resultado confirma o novo limite operacional do processo, ou seja, a ferramenta Manutenção Autônoma,

produziu um resultado positivo no processo, que em função das máquinas e tecnologias que eram utilizadas, forneciam uma saída do sistema de 3,5 PPM.

Os dados da Figura 24 indicam também que, as decisões do processo já não dependem dos operadores, estes estão muito mais conscientes e participativos, atentos a qualquer variação de desempenho nas máquinas e equipamentos, bem como nas variações de qualidade de componentes.

Estes valores do indicador demonstram que as máquinas e equipamentos estavam operando em 2004 muito próximo do ideal, e as falhas eram percebidas antes que causassem queda de qualidade, ou seja, conforme a Figura 2, estas operam na faixa anterior ao ponto “P”, onde seu desempenho está compatível com o projetado.

O processo de inovação tecnológica iniciou-se a partir de Agosto de 2004, pode-se observar o efeito das inovações tecnológicas implantadas, no resultado do indicador, ano de 2005, ou seja, o rendimento do processo melhorou em relação ao do sistema anterior, expandindo seu limite, no caso, reduzindo as quebra de qualidade, e por consequência o número de PPM.

A redução observada na Figura 24, quando compara-se 2004 com 2005 é em função da implantação das inovações tecnológicas, no caso a adoção de parafusadeiras elétricas e poka-yokes, em postos de trabalho que apresentavam maiores índices de quebra de qualidade. Estes investimentos de recursos e até financeiros, provaram ser eficazes do ponto de vista da qualidade, que é o objeto de controle deste indicador.

Os pontos críticos levantados no processo para que estes investimentos fossem definidos, foram resultados de análise conjuntas entre operadores da

produção, mantenedores, que propunham melhorias específicas e também pela área de qualidade e engenharia, desta forma podê-se atuar na causa raiz dos problemas.

Este indicador traz de forma mais forte os resultados obtidos pela implantação da ferramenta, com a redução de 12 PPM para 4 PPM, redução de 66,7%, sendo que, no indicador de produtividade conforme a Figura 17 o ganho foi de 9,23 para 10,36 ganho de 11%, e no indicador de disponibilidade de máquina conforme Figura 22, foi de 97,67 para 98,7, ganho de 1%.

Quanto a Inovação Tecnológica, esta, representou também um impacto positivo nos indicadores analisados, no indicador de qualidade a redução foi de 3,5 PPM para 0,67 conforme figura 20, ganho de 522 %, no indicador de produtividade, de 10,36 para 12,06 ganho de 16,41%, e no indicador de disponibilidade, conforme Figura 22, de 98,7 para 99,49, ganho de 0,8%.

6 Conclusões

- Em função da implantação da ferramenta Manutenção Autônoma, a empresa modificou suas características de operação, e também o comportamento dos operadores.
- As mudanças no comportamento dos operadores trouxeram resultados positivos para a empresa, como a redução de tempo de falha nas máquinas, e conseqüentemente melhora no desempenho da produtividade.
- A Ferramenta de Manutenção Autônoma trabalha intensivamente combatendo as perdas, conseqüentemente desperdícios de recursos.
- O retorno financeiro embora não avaliado, torna-se visível no custo operacional da empresa, pela melhora dos indicadores de produtividade, qualidade e disponibilidade de máquinas, quando da adoção da Ferramenta Manutenção Autônoma.
- Com a implantação da Ferramenta Manutenção Autônoma houve maior participação dos colaboradores na solução de problemas de qualidade.
- A adoção da ferramenta, não só motivou os colaboradores, mas também manteve as condições operacionais dos equipamentos em níveis mais elevados, conseqüentemente melhorou o produto final.
- Os níveis de ppm estabilizaram-se em 4 e 3,5 respectivamente, indicando que o processo como um todo estava estável e próximo do limite de desenvolvimento.
- A introdução de novas tecnologias no sistema produtivo da empresa, não causaram redução do desempenho nos indicadores analisados, como esperado, ao contrário, os indicadores continuaram com resultados positivos, conclui-se que a adoção da ferramenta Manutenção Autônoma, contribuiu para uma assimilação e aceitação das novas tecnologias, com maior rapidez e facilidade.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

BORGES, E.P; FONSECA, O. **Manutenção Baseada em Confiabilidade: a Experiência Aeronáutica a Serviço da Indústria em Geral**, In : 10º Congresso de Manutenção – Trabalhos Técnicos pp 27-44 ABRAMAM – Associação Brasileira de Manutenção , RJ, 1995

GOMES, E. R; & OLIVEIRA, R C; **Curso Manutenção Autônoma- Auto –Gestão no Chão de Fabrica – “CGE”- www.cgeconsulting.com.br – Empresa de Consultoria e Treinamento - 2002**

GUEDES Jr., O. F.; & OLIVEIRA R. C. **Curso Implantação de TPM- Ambiente de Manufatura Enxuta: - “CGE” -www.cgeconsulting.com.br – Empresa de Consultoria e Treinamento - 2002**

GOLDRATT, E. M; COX Jeff. **A Meta- Um processo de Aprimoramento Contínuo**. São Paulo: Educadora,1994

HAMMER, M; CHAMPY, J. **Reengenharia – Revolucionando a empresa em Função dos Clientes, da Concorrência e das Grandes Mudanças Gerenciais**. São Paulo: Ed. Campus Ltda, 1994.

ISO TS 16949, **International Standardisation Organisation** , version 2002

KAPLAN, R. S. & NORTON D. P, **A Estratégia em ação Balance Scorecard.**
Rio de Janeiro: Ed. Campus , p.92 -1997.

KLETZ, T.A. **“O Que Houve de Errado?” – Casos de Desastres Industriais Químicas, Petroquímicas e Refinarias.** Makron Books, S. Paulo, 1993

LAFRAYA, J.R. Barusso **Manual da Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade.** Rio de Janeiro: Qalitmark Petrobrás, 2001

LIMA, C; SILVEIRA, A, J, L; DA COSTA, M. S. **Seminário sobre Willian Edwards Deming – MBA Produção e Tecnologia Módulo Gestão da Qualidade.** UNITAU, Taubaté, 2002.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva – Caminho Para Zero Defeitos.** Makron Books, S. Paulo, 1991

MUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade** .São Pulo Aladon ltds, 2000

NAGAU, S. K. **Manutenção Industrial Análise, Diagnóstico e Propostas de Performance em Industrias de Processo** – Dissertação Apresentada ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998

NAGAU, S. K. **Processo de medição de Performance Aplicado á Área de Manutenção.** 6º Congresso Brasileiro de Manutenção – Trabalhos Técnicos, pp. 269 – 278, ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção, RJ, 1991

NAGAU, S. K.. **Importância do Planejamento Estratégico para o Desenvolvimento da Função Manutenção,** in 8º Congresso Brasileiro de Manutenção – Trabalhos Técnicos, pp. 33 – 46, ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção RJ, 1993

NAGAU, S. K. EXCELLENCE CONSULTING: **Curso Gerência de Manutenção Classe Mundial** – Melhores Práticas -www.excellenceconsulting.com.br- Consultoria em Manutenção Lubrificação e Treinamento:2005

KAORU ISHIKAWA: **TQC- “Total Quality Control” estratégia e administração da qualidade**, (trad. Mario Nishimara) Ed. IMC 1998

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva. Volumes 1 e 2**, Edgard Blucher, S. Paulo, 1989.

KAPLAN, ROBERT S. NORTON DAVID P: **A Estratégia em Ação**, pg 92, Ed Campus, 1997.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1ª ed., Porto Alegre, Bookman, 1997.

RIBEIRO, C. R; SANTOS, G. C; SILVA, L. H. **Seminário sobre Kaoru Ishikawa– MBA Produção e Tecnologia, Módulo Gestão da Qualidade**. UNITAU, Taubaté, 2002.

SANTOS, Paulo Remi Guimarães. **Módulo Técnicas de Previsão Tecnológica - MBA Produção e Tecnologia**, UNITAU, Taubaté 2003

SCHONBERGER, R. J. **Fabricação Classe Universal**. São Paulo : Pioneira, 1988.

SHINGO, Schigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da produção**. 2ª ed., Porto Alegre, Bookman,1996

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção- Estratégias Otimização e Gerenciamento**, Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda. , 1996

WOMACK, J.P; JONES, D.T; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Uma Planta de Celulose e Papel** – Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.212f.