



ISSN: 1984-3151

# MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

## INDUSTRIAL MAINTENANCE: IMPLEMENTATION OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)

**Cássio Ferreira Nogueira<sup>1</sup>; Leonardo Miranda Guimarães<sup>2</sup>; Margarete Diniz Braz da  
Silva<sup>3</sup>;**

- 1 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH. ESAB IND. E COMERCIO LTDA - Contagem, MG. – [cassio.nogueira@esab.com.br](mailto:cassio.nogueira@esab.com.br)
- 2 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH. THELGA Comércio e Serviços LTDA Belo Horizonte, MG. – [leo\\_mg09@yahoo.com.br](mailto:leo_mg09@yahoo.com.br)
- 3 Mestre em Administração, Universidade Fumec, 2010 . Professora do Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, MG – [margaretedbs@gmail.com](mailto:margaretedbs@gmail.com)

Recebido em: 01/06/2012 - Aprovado em: 30/06/2012 - Disponibilizado em: 30/07/2012

*RESUMO: O presente trabalho consiste na criação de uma metodologia de análise de falha de um equipamento destinado à fabricação de componentes empregados na montagem de máquinas de solda de uma indústria da área de soldagem. Essa metodologia é uma das exigências de um programa de gestão de equipamentos e processos produtivos, adotado pela empresa, chamado TPM (Total Preventive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total). O TPM tem várias áreas de atuação, destacam-se: o meio ambiente, operação de equipamentos e manutenção. Cada uma das áreas desse programa de gestão possui uma ferramenta específica chamada de pilar. O cerne desse trabalho é o pilar de MP (Manutenção Profissional) do TPM. Nesse pilar está incluído o levantamento de falhas crônicas referentes a um equipamento, o estudo das reais causas dessas falhas, a identificação de pontos de melhoria no equipamento e a criação de um plano de manutenção otimizado para o equipamento estudado. Para realizar o desenvolvimento dessa metodologia foram utilizadas técnicas de RCM (Reliability Centered Maintenance ou Manutenção Centrada na Confiabilidade), estudos de FMEA (Failure Mode and Effect Analysis ou Modo de Falha e análise do efeito) e ciclos de gestão PDCA (Plan, Do, Check and Act ou Planejar, Realizar, Verificar e Agir). Com o resultado desse trabalho foi alcançado um plano, onde se tem o menor custo de realização de manutenção preventiva e a identificação das causas raízes das principais falhas do equipamento.*

*PALAVRAS CHAVE: TPM. Estudo de falhas. Manutenção Profissional.*

*ABSTRACT: The present work is to establish a methodology for failure analysis of an equipment for the manufacture of components used in assembling welding machines an industry from the welding area. This methodology is one of the requirements for a management program for equipment and processes, adopted by the company, called TPM (Total Production Maintenance). The TPM has several areas, stand out the environment, equipment operation and maintenance. Each one of these areas of program management has a specific tool called the pillar. The core of this work is the pillar of MP (Professional Maintenance) from TPM. This pillar is included identify chronics failures related to equipment, the study of the real causes of these failures, the identification of areas for improvement in equipment and creating a maintenance plan optimized for the equipment studied. To accomplish this development of this methodology were used techniques RCM (Reliability Centered Maintenance), FMEA studies (Failure Mode and Effect Analysis) and cycle management PDCA (Plan, Do, Check and Action). As a result of this work has been achieved an plan, which has the lowest cost of performing preventive maintenance and identify the root causes of major equipment failures.*

*KEYWORDS: TPM. Study faults. Professional Maintenance.*

## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da manutenção teve seu marco após a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria necessitou se adequar para atender a demanda do mercado. Antes deste período as máquinas eram pouco mecanizadas e muitas vezes superdimensionadas, prevalecendo a presença da mão-de-obra industrial.

Após a Segunda Guerra Mundial até a década de 60 houve uma modificação do processo produtivo, devido pressões do mercado por todos os tipos de produtos, o que levou a mecanização dos equipamentos e a instalação de áreas industriais.

Entretanto, a manutenção dos equipamentos era cara, o que ocasionou em um aumento dos custos operacionais, mas muitas empresas enxergam, até os dias atuais, a manutenção de um equipamento produtivo (Ativo) como uma despesa indesejável. Quando a manutenção é bem estruturada pode ser considerada fonte de lucro e um diferencial competitivo no mercado. Ao se tratar de qualidade e produtividade, a manutenção exerce um papel vital, evitando com que o equipamento sofra uma parada não programada ou que comece a produzir fora de padrão.

A manutenção do ativo é fundamental no estabelecimento de uma estrutura, que proporcione o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para a produção.

Uma empresa na área de soldagem está buscando um diferencial competitivo frente ao mercado e investindo na implementação de um sistema de gestão de equipamentos e processos chamado TPM (Manutenção de Produção Total). Esse sistema de gestão abrange diversas áreas de uma indústria e cada uma dessas áreas de atuação recebe o nome de "Pilar".

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Pinto e Xavier (2007) a evolução da manutenção pode ser dividida em 3 gerações.

A Primeira Geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados.

Aliados a tudo isto, os autores ressaltam que, devido a conjuntura econômica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Consequentemente, não era necessária uma manutenção sistemática; apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era, fundamentalmente, corretiva.

Para os mesmos autores, a segunda geração inicia na Segunda Guerra Mundial até os anos 60. As pressões do período da guerra aumentaram a demanda por todo tipo de produtos, ao mesmo tempo que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, neste período houve forte aumento da mecanização, bem como a complexidade das instalações industriais.

Começa a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como, maior confiabilidade, tudo isto na busca do aumento da produtividade. A indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à ideia de que falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva. (PINTO; XAVIER, 2007)

Os autores ainda ressaltam que na década de 60 esta manutenção consistia de intervenções nos equipamentos, feitas a intervalo fixo e que o custo da manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que, hoje, são partes integrantes da manutenção moderna.

Finalmente, a quantidade de capital investido em itens físicos, justamente com o nítido aumento do custo deste capital, levaram as indústrias a começarem a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens físicos.(PINTO; XAVIER, 2007)

Ainda para os mesmos autores a terceira geração iniciou-se a partir da década de 70, acelerando o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção, que sempre diminui a capacidade produtiva, aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos e era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas *Just-in-time*, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção, naquele momento, poderiam paralisar a fábrica.

O crescimento da automação e da mecanização passou a indicar que a confiabilidade e a disponibilidade tornaram-se pontos-chave em setores tão distintos quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações.

Segundo Pinto e Xavier (2007), na terceira geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva. A manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. A interação entre as fases de implantação de um sistema (projeto, fabricação, instalação e manutenção) e a disponibilidade e a confiabilidade tornam-se mais evidentes.

## 2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Neste sentido observa-se que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção.

Os principais tipos de manutenção são descritos nas seções subsequentes.

## 2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva ocorre em duas situações específicas: quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, apontado pelo monitoramento, ou quando ocorre a falha do equipamento.

Dessa forma, pode-se verificar que a principal função da manutenção corretiva é restaurar ou corrigir as condições de funcionamento de um determinado equipamento ou sistema. E baseado nisto, a manutenção corretiva se divide em: Planejada ou Não Planejada.

### 2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA NÃO PLANEJADA

Este tipo de manutenção acontece após a falha ou perda de desempenho de um equipamento sem que haja tempo para a preparação dos serviços, trazendo prejuízos enormes para as empresas, pois implica em altos custos, causados pela interrupção da produção, a realização de manutenção inesperada e, dependendo da atividade da empresa, perda da qualidade do produto.

Um dos grandes desafios dos setores responsáveis é conseguir evitar esse tipo de manutenção, que apesar de todos os transtornos, ainda é muito praticada nos dias de hoje.

### 2.2.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA PLANEJADA

É a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. (PINTO e XAVIER, 2007, p. 34).

Este tipo de manutenção depende da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento preditivo e possibilita um planejamento para a execução das tarefas, de forma que os custos podem ser minimizados, uma vez que é esperada a falha ou a perda de rendimento do equipamento.

### 2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva, ao contrário da corretiva, visa evitar a falha do equipamento. Este tipo de manutenção é realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, estejam operando em perfeitas condições. Desta forma, podem-se ter duas situações bastante diferentes: a primeira é quando desativa o equipamento bem antes do necessário para fazer a manutenção do mesmo; a segunda situação é a falha do equipamento, por estimar o período de reparo do mesmo de maneira incorreta.

Baseando-se nestas duas situações é importante ressaltar que, a definição do período de parada dos equipamentos seja efetuada por pessoas experientes, que conheçam bem o equipamento a ser mantido, seguindo as informações do fabricante e, principalmente, dependendo das condições climáticas em que estes se encontram, pois um mesmo equipamento pode se comportar de maneira bem distinta, conforme as condições climáticas que estiver submetido.

A manutenção preventiva tem um lado negativo, pois pode introduzir defeitos não existentes no equipamento devido a:

- falhas humanas,
- falhas nos componentes sobressalentes,
- contaminações em sistemas de óleo dos equipamentos,
- falhas ocasionadas durante partidas e paradas dos equipamentos, e
- falhas nos procedimentos de manutenção.

### 2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Este tipo de manutenção, nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. É interessante, pois permite o acompanhamento do equipamento através de medições realizadas quando ele estiver em pleno funcionamento, o que possibilita uma maior disponibilidade, já que este vai sofrer intervenção, somente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pela equipe de manutenção. Pode-se dizer que a manutenção preditiva prediz a falha do equipamento e quando se resolve fazer a intervenção para o reparo do mesmo, o que acontece, é na verdade uma manutenção corretiva programada.

As condições básicas para que seja estabelecido este tipo de manutenção, são as seguintes:

- a) o equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento.
- b) o equipamento, sistema ou instalação deve ter a escolha por este tipo de manutenção justificada pelos custos envolvidos.
- c) as falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.

## 2.5 TPM (MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL)

Para Wyrebski (1997), a TPM, antes de tudo, deve ser encarada como uma filosofia de gestão empresarial centrada na disponibilidade total do equipamento para a produção. Tal filosofia deve ser seguida por todos os segmentos da empresa, desde a alta gerência até o operador do equipamento. A Manutenção Produtiva Total surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial. As empresas Japonesas, até então famosas pela fabricação de produtos de baixa qualidade e arrasadas pela destruição causada pela guerra, buscaram, na excelência da qualidade, uma

alternativa para reverter o quadro na qual se encontravam. Com isso, os primeiros registros de implementação da TPM pertencem à empresa Nippon Denso, do grupo Toyota. No Brasil, essa filosofia começou a ser praticada em 1986.

O autor ressalta que a TPM é baseada em alguns aspectos chamados de pilares. Já Pinto e Xavier (2007) apresentam diferenciações nesses conceitos no que diz respeito à classificação ou à nomenclatura, entretanto não divergem nos princípios e metas que a TPM apresenta. Os pilares da TPM são apresentados na Figura 1.

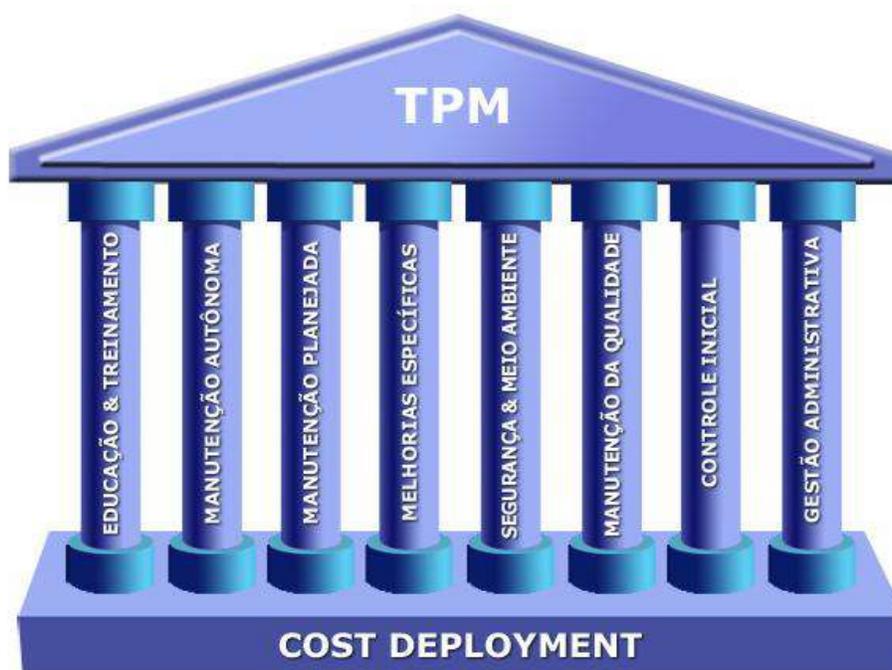


Figura 1: Os pilares da TPM

Fonte: PINTO; XAVIER, 2007, p.185

### 2.6.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS DA TPM

Segundo Tavares (1999), o conceito básico da TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os

níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional.

Em relação aos equipamentos, o autor ressalta que significa promover a revolução junto à linha de produção, através da incorporação da "Quebra Zero", "Defeito Zero" e "Acidente Zero".

Para Nakajima (1989), significa montar uma estrutura onde haja a participação de todos os escalões, desde a alta direção até os postos operacionais de todos os departamentos, ou seja, uma sistemática PM (Prevenção da Manutenção), com envolvimento de todos. Trata-se da efetivação de um "*Equipment Management*", isto é, a administração das máquinas por toda a organização.

Conforme Banker (1995), a TPM cria um auto-gerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores "assumem" a propriedade de seu equipamento e, cuidam dele, eles próprios. Eliminando-se as paradas e defeitos, cria-se confiança. A TPM respeita a inteligência e o potencial de conhecimento de todos os empregados da empresa.

Tahashi e Osada (1993) reforçam o significado da TPM como:

Uma manutenção preventiva mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção. (TAHASHI; OSADA, 1993).

A definição da TPM, proposta em 1971 pela JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance), foi revista em 1989, estabelecendo-se uma nova exposição, que se constitui dos cinco itens seguintes:

1 - tendo como o objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que busca a máxima eficiência do sistema de produção (eficiência global);

2 - construindo, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, atingindo "zero de acidente, zero de defeito e zero de quebra/falha", tendo como objetivo o ciclo total de vida útil do sistema de produção;

3 - envolvendo todos os departamentos, começando pelo departamento de produção, e se estendendo aos

setores de desenvolvimento, vendas, administração etc;

4 - contando com a participação de todos, desde a alta cúpula até os operários de primeira linha;

5 - atingindo a perda zero por meio de atividades sobrepostas de pequenos grupos.

Tahashi e Osada (1993), ainda ressaltam que em harmonia com a definição do TPM, cada uma das letras possui um significado próprio como segue:

- a letra "T" significa "TOTAL". Total no sentido de eficiência global, de ciclo total de vida útil do sistema de produção e de envolvimento de todos os departamentos que compõem a empresa;

- a letra "P" significa "PRODUCTIVE". A busca do sistema de produção até o limite máximo da eficiência, atingindo "zero acidente, zero defeito e quebra/falha zero", ou seja, a eliminação de todos os tipos de perda até chegar ao nível zero;

- a letra "M" significa "MAINTENANCE". Manutenção no sentido amplo, que tem como objeto o ciclo total de vida útil do sistema de produção e designa a manutenção que tem como objeto o sistema de produção de processo único, a fábrica e o sistema de vendas.

A partir da definição, pode-se delinear algumas características peculiares ao TPM, que o diferenciam dos movimentos tradicionais, como o da manutenção do sistema de produção.

1 - A busca da Economicidade - A manutenção produzida deve proporcionar lucros.

2 - Um sistema integrado (total system).

3 - Manutenção espontânea, executada pelo próprio operador - atividade de pequenos grupos.

Verifica-se, portanto, que "a manutenção produtiva total é o envolvimento dos operários nos trabalhos de

prevenção e correção dos defeitos em seus equipamentos".(JIPM,2011)

## 2.6.2 OBJETIVO DA TPM

Para Tahashi e Osada (1993), o TPM é um conceito gerencial que começa pela liberação da criatividade normalmente escondida e inexplorada em qualquer grupo de trabalhadores. Estes trabalhadores, frequentemente atarefados em tarefas aparentemente repetitivas, têm muito a contribuir se, pelo menos, isto lhes for permitido. Seu objetivo é promover uma cultura na qual os operadores sintam que eles "possuem" suas máquinas, aprendem muito mais sobre elas, e no processo se liberam de sua ocupação prática para se concentrarem no diagnóstico do problema e do projeto de aperfeiçoamento do equipamento. Desta forma, há um ganho direto.

Os mesmos autores ainda dizem que o objetivo do TPM é a "melhoria da estrutura empresarial mediante a melhoria da qualidade de pessoal e de equipamento". Melhoria da qualidade de pessoal significa a formação de pessoal adaptado à era da Automação Fabril. Em outras palavras, cada pessoa deve adquirir novas capacidades. Mediante a melhoria da qualidade do pessoal realiza-se a melhoria da qualidade do equipamento, que incluem-se os dois pontos seguintes:

- atingir a eficiência global mediante melhoria da qualidade dos equipamentos utilizados atualmente;
- elaborar o projeto **LCC** (*Life Cycle Cost*) de novos equipamentos e entrada imediata em produção.

Para atingir a eficiência global do equipamento, a TPM visa a eliminação das perdas, que a prejudicam. Tradicionalmente a identificação das perdas era realizada ao se analisar estatisticamente os resultados dos usos dos equipamentos, objetivando a determinação de um problema, só então eram investigadas as causas. O método adotado pela TPM

examina a produção de *inputs* como causa direta. Ele é mais pró-ativo do que reativo, uma vez que corrige as deficiências do equipamento, do operador e o conhecimento do administrador em relação ao equipamento. Deficiências de *input* (homem, máquina, materiais e métodos) são consideradas perdas, e o objetivo da TPM é a eliminação de todas as perdas.

Segundo Tahashi e Osada (1993), as seis grandes perdas são:

1. por parada devido à quebra/falha;
2. por mudança de linha e regulagens;
3. por operação em vazio e pequenas paradas;
4. por queda de velocidade;
5. por defeitos gerados no processo de produção;
6. no início da operação e por queda de rendimento.

## 2.7 PDCA

Tahashi e Osada (1993), definem que o ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, é um ciclo de desenvolvimento que tem cerne na melhoria contínua de um processo produtivo, de um projeto ou de um equipamento.

Ainda os autores completam que o PDCA foi introduzido no Japão após a guerra, idealizado por Shewhart e divulgado por Deming, quem efetivamente o aplicou. Inicialmente deu-se o uso para estatística e métodos de amostragem. O ciclo de Deming tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, como, por exemplo, na gestão da qualidade, dividindo-a em quatro principais passos. (TAHASHI; OSADA, 1993).

Os passos desse ciclo podem ser resumidos, também, da seguinte maneira:

P (Plan = Planejar): Definir o objetivo, planejar o que será feito, estabelecer metas e definir os métodos que permitirão atingir as metas propostas.

D (Do = Executar): Tomar iniciativa, treinar, implementar, executar o planejado conforme as metas e métodos definidos.

C (Check = Verificar): Verificar os resultados que se está obtendo, verificar de maneira contínua os trabalhos para ver se estão sendo executados conforme planejados.

A (Action = Agir): Fazer correções de rotas se for necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria.

## 2.8 MÉTODOS DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA

Conforme Pinto e Xavier (2007), a metodologia FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. O objetivo básico dessa ferramenta é detectar as falhas e as causas raízes das mesmas podendo-se intervir no processo ou no equipamento. Pode-se dizer que, com sua utilização, está diminuindo as chances do produto ou processo falharem, ou seja, busca-se aumentar sua confiabilidade, produtividade e disponibilidade.

Os mesmos autores ainda esclarecem que essa metodologia pode ser aplicada tanto para produto como para processos e equipamentos, as etapas e a maneira de realização da análise são as mesmas, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. As literaturas usam classificar as FMEA's em dois tipos:

FMEA DE PRODUTO: na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou nos processos decorrentes

do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.

FMEA DE PROCESSO: são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

### 2.8.1 APLICAÇÃO DA FMEA

Segundo Capaldo; Guerrero e Rozenfeld (1999), por se tratar de uma metodologia bastante utilizada, alguns casos de aplicação já se tornaram bastante característicos como:

- “para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- para diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.”

### 2.8.2 FUNCIONAMENTO BÁSICO

Para Capaldo, Guerrero e Rozenfeld (1999), para realizar essa análise de falhas, forma-se um grupo de especialistas ou pessoas diretamente envolvidas no processo, que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Durante a análise, ferramentas tais como 4M, 5W1H e 5 Por quês são utilizadas para se obter a maior quantidade de informações sobre o produto, processo ou equipamento em questão. Depois de identificados

os pontos de melhoria, o grupo é incumbido de traçar um plano de melhoria para sanar essa deficiência.

Para aplicar-se a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo, irá relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer, descrever, para cada tipo de falha suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria. (...) o **Diagrama de Ishikawa**", também conhecido como "Diagrama de Causa e Efeito", "Diagrama Espinha-de-peixe" ou "Diagrama 4M", é uma ferramenta gráfica utilizada na Administração para o gerenciamento e o Controle da Qualidade (CQ) em processos diversos de manipulação das fórmulas. Originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes. (...) O sistema permite estruturar hierarquicamente as causas potenciais de determinado problema ou oportunidade de melhoria, bem como seus efeitos sobre a qualidade dos produtos. Permite, também, estruturar qualquer sistema que necessite de resposta de forma gráfica e sintética, isto é, com melhor visualização. (...) A ferramenta 5W1H é um roteiro de perguntas a serem feitas de maneira estratégica que visam descrever de uma maneira mais detalhada o que está acontecendo, qual é a falha, etc. (...) As perguntas devem começar com : Quem (Who), O que (What), Quando (When), Onde (Where), Por que (Why) e Como (How). (...) O *brainstorming* (literalmente: "tempestade cerebral" em inglês) ou tempestade de ideias, mais que uma técnica de dinâmica de grupo, é uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa de um indivíduo ou de um grupo - criatividade em equipe - colocando-a a serviço de objetivos pré-determinados. O método dos 5 Por quês? consiste em perguntas encadeadas sobre os efeitos, motivos e causas dos problemas nos levam às causas fundamentais que devem ser atacadas, evitando que se fique, como muitas vezes é usual, agindo apenas sobre os sintomas dos problemas e não em sua solução e bloqueio. (CAPALDO; GUERRERO; ROZENFELD, 1999).

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa experimental do tipo estudo de caso consiste em um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permite seu amplo e detalhado conhecimento de tarefas praticamente impossíveis mediante outros delineamentos já considerados. Além disso, contém as características de explorar situações da vida real, cujos limites não estão claramente definidos, preserva o caráter unitário do objeto estudado, descreve a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação, formula

hipóteses e desenvolve teorias e explica as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. Foram levantadas informações para subsidiar a demonstração da proposta de implementação de um modelo de manutenção. (GIL, 2010, p.184)

Essa metodologia pode ser descrita por meio dos seguintes itens:

#### 3.1 ENTENDIMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO VIGENTE

Para que houvesse uma familiaridade, uma visita ao processo produtivo se fez essencial. Com essa visita buscou-se entender as necessidades e características do processo produtivo do setor, bem como o fluxo de materiais, operações realizadas.

#### 3.2 ENTENDIMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO VIGENTE

Uma vez conhecido o sistema de produção, a manutenção se torna o próximo passo. Na manutenção foram levantados dados técnicos e estatísticos sobre o equipamento que foram vitais para a realização do trabalho. No setor de manutenção também foi verificado o processo de geração de ordem de serviço e toda a documentação de serviços de manutenção preventiva e corretiva, assim como o fluxo de informação e gestão de mão-de-obra do setor.

#### 3.3 VERIFICAÇÃO E ENTENDIMENTO DOS DADOS

Nesse item da metodologia buscou-se analisar os documentos que foram disponibilizados, formando um banco de dados que deu suporte às atividades que foram desenvolvidas. Nessa etapa verificou-se se as informações foram suficientes e se foram bem compreendidas.

### 3.4 CONHECIMENTO DO SISTEMA SAP

Devido ao volume de informações que permeiam uma indústria, normalmente são adotados softwares de controle da informação. O software utilizado foi o SAP. No SAP foram encontradas todas as informações de serviços de manutenção ou a maior parte delas. Para que se pudesse ganhar fluência entre essas informações foi preciso entender como os dados se organizavam, como eram apontados no sistema e quais eram suas limitações.

### 3.5 REVISÃO DO HISTÓRICO DE FALHAS

Essa etapa consistiu na avaliação de todo o registro disponível sobre as falhas do equipamento ao longo do tempo. Essa informação foi conhecida como histórico de falhas. O histórico de falhas pode ser conseguido por meio de um sistema de gerenciamento de informações, utilizando os documentos que registraram as atividades de manutenção em campo ou por meio de entrevistas com operadores e profissionais da manutenção. Essa última fonte é pouco confiável devido à subjetividade da informação e sua imprecisão, restringindo sua utilização apenas para completar uma informação que estivesse faltando. Após o levantamento das informações de falha, começou-se o trabalho de relacionar todas as informações disponíveis do equipamento, como carga produtiva, operação, visando uma correlação com o registro de falhas.

### 3.6 TRIAGEM DOS DADOS

Uma vez que as informações de falha do equipamento foram levantadas, iniciou-se um trabalho de triagem de dados buscando encontrar subgrupos que formassem a base de cada análise realizada. Os

subgrupos desejados foram os de **trabalho preventivo, falhas que envolvem paradas do equipamento, falhas cotidianas, falhas eventuais e falhas crônicas.**

O primeiro subgrupo, **trabalho preventivo** visou extrair a efetividade da manutenção preventiva realizada até o momento, correlacionando o número de falhas de cada mês e o número de falhas observadas no mesmo. Com essa contraposição, observaram-se os intervalos entre uma falha e uma atividade preventiva o que possibilitou estudos de efetividade e descarte de possíveis causas de falha.

As **Falhas que envolvem paradas do equipamento** representaram aquelas falhas que promovem a perda de produtividade direta.

As **Falhas cotidianas** são aquelas que não param o equipamento, mas geram custo de manutenção e compõem o quadro de falhas do equipamento. Esse subgrupo permitiu estudar o ganho indireto de capital, uma vez que a falha não gera impacto na produtividade do equipamento. Esse custo indireto era composto pelos custos de manutenção do equipamento (mão-de-obra e material).

As **Falhas eventuais** são aquelas que acontecem de repente e se gasta um tempo muito maior que o normal para se reparar. Esse subgrupo permitiu entender quais foram as limitações da equipe de manutenção na execução do reparo e quais dessas falhas estavam relacionadas com pequenas falhas ou falta de uma atividade preventiva.

E por último, as **Falhas Crônicas**. Essas falhas são periódicas e frequentes no equipamento. Esse subgrupo permitiu a realização de melhorias no equipamento e no sistema produtivo, além de servir como indicador de melhoria para o novo plano de manutenção que foi implementado.

### 3.7 APLICAÇÃO DE PARETO

O Princípio de Pareto propõe a teoria de que 80% das falhas estão sendo geradas por 20% das causas, ou seja, 20% das falhas estão gerando 80% das ocorrências.

Com essa informação foram levantadas prioridades de intervenção e pontos que o novo plano de manutenção deveria contemplar, assim como direcionar as melhorias a serem feitas para proporcionar uma maximização dos resultados de maneira mais rápida.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 TRIAGEM DOS DADOS

O objeto de estudo desta pesquisa foi uma máquina

responsável pelo corte de chapas de aço silício, empregadas na construção do núcleo do transformador, que é um dos componentes empregados na montagem de máquinas de solda. Essa máquina foi chamada de equipamento piloto, por ser a primeira a receber a implantação do programa TPM nessa indústria.

O histórico das falhas do equipamento piloto é composto por uma planilha que resume todas as intervenções realizadas pela equipe de manutenção desde junho de 2011 até abril de 2012. Desta forma obtêm-se os registros de falha mais estratificados, específicos e que dizem respeito a pequenos conjuntos que influem em um grande equipamento. As figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram uma visão do equipamento em questão.

Visão geral do equipamento

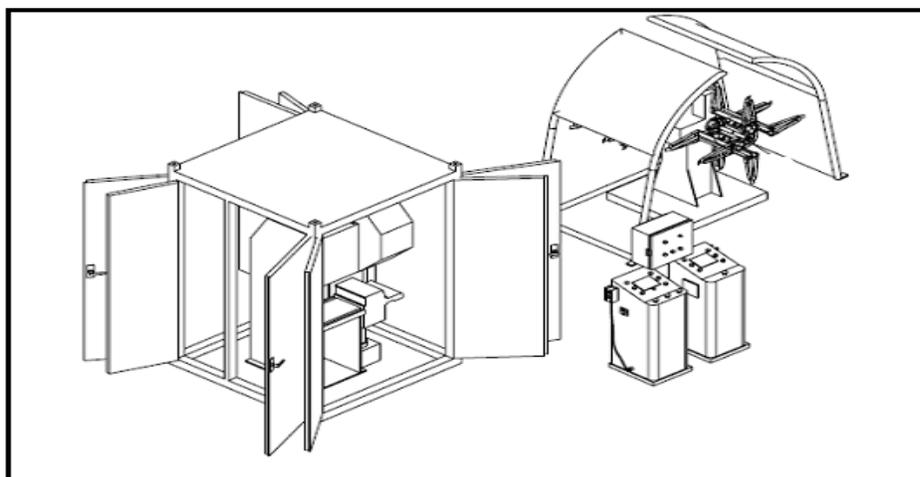


Figura 4: Localização esquemática dos subconjuntos do equipamento piloto.

**Detalhamento do equipamento:**

Alimentador

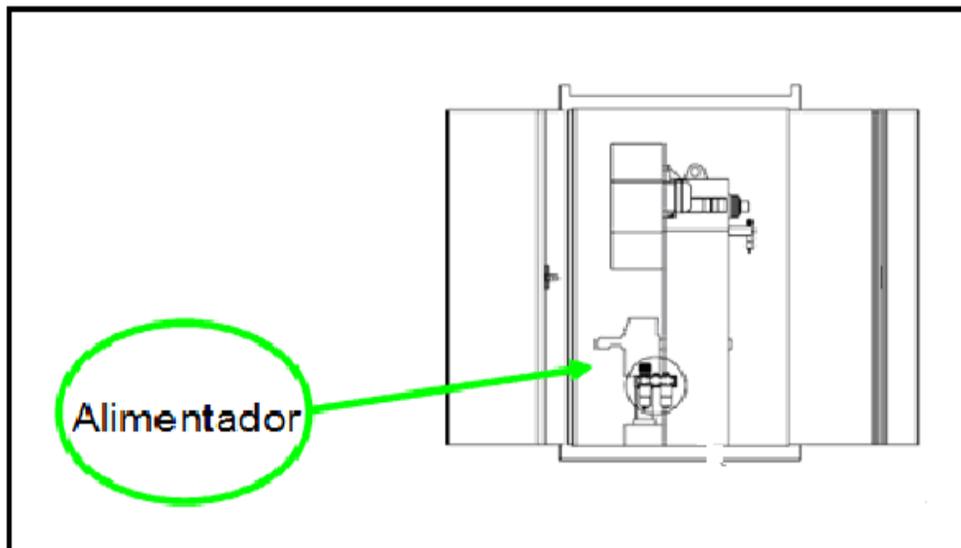


Figura 5: ALI - Alimentador de fita de aço silício.

Prensa

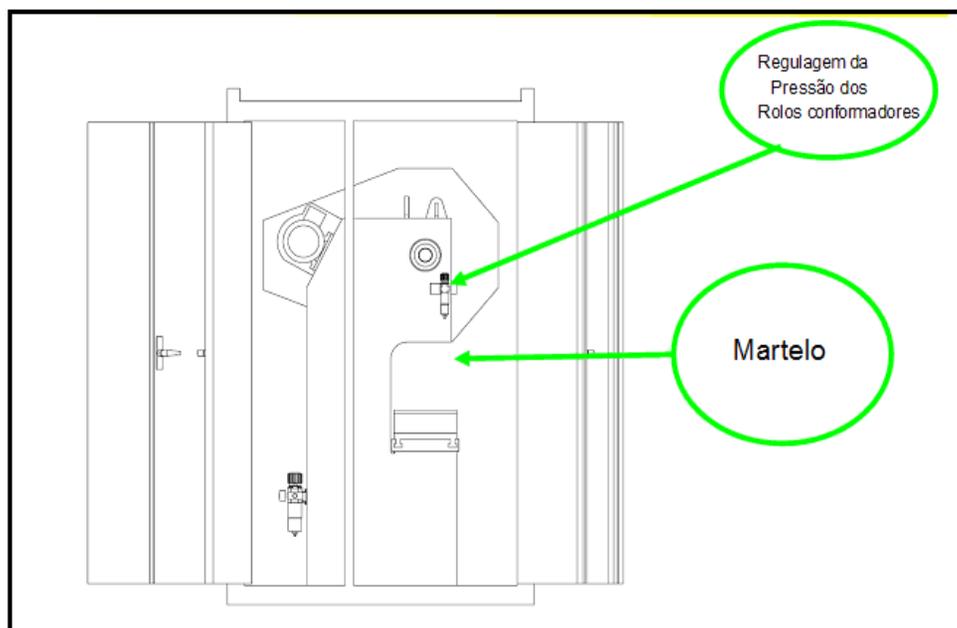


Figura 6: PRE – Prensa de corte das laminas.

## Desbobinador

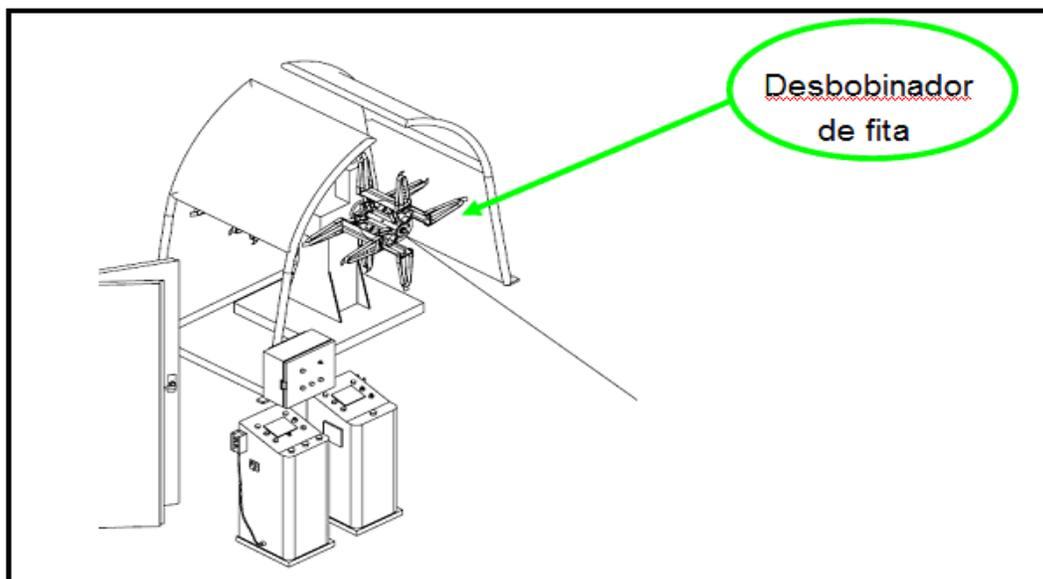


Figura 7: DES - Desbobinador de fita de aço silício.

## Mesa de solda

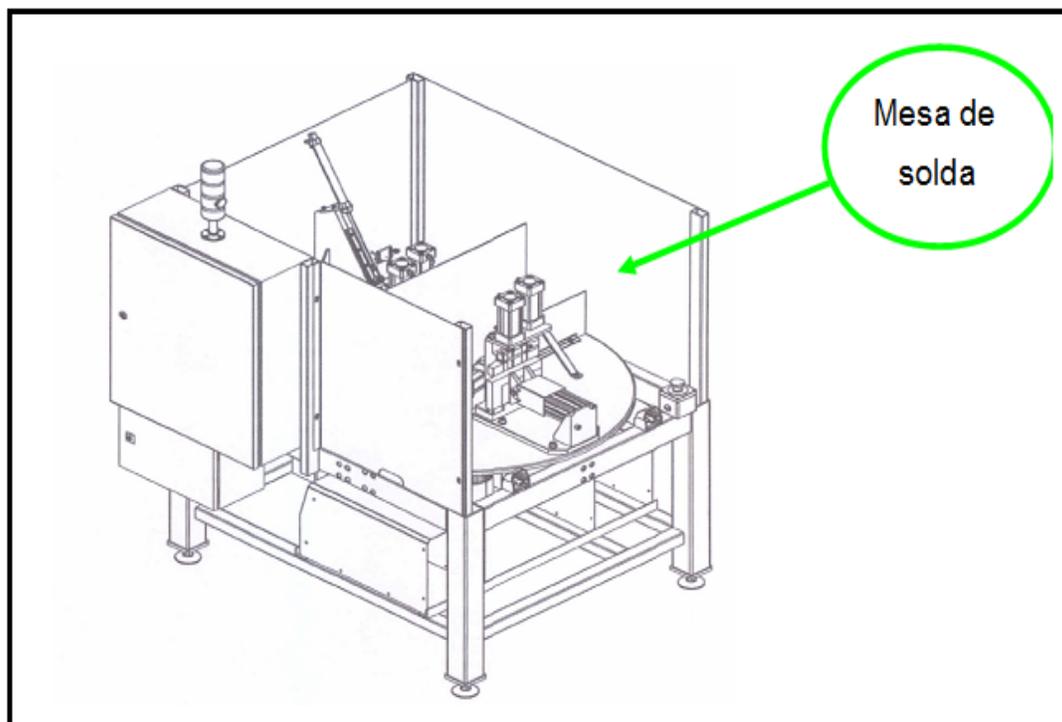


Figura 8: MES – Mesa de solda das lamina.

## 4.2 APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO DE PARETO ANTES DA TPM

Ao se efetuar a segmentação dos dados, tornou-se mais fácil realizar uma análise de falha, pois, por se tratar de um mesmo conjunto, as falhas tendem a ser repetidas e suas origens são as mesmas.

À primeira vista, o volume de dados reduzidos impulsiona a realizar uma análise em todos os subconjuntos listados. Entretanto, ao se aplicar esta análise a uma instalação fabril inteira ou a um grupo de empresas com dezenas de equipamentos

diversificados, o volume de informações a ser trabalhado se torna grande, o que inviabiliza a realização desta análise.

Segundo o teorema de Pareto não é necessário realizar uma análise de todos os conjuntos para se obter um resultado satisfatório. Seguindo esta teoria, foi realizado um estudo de frequência de ocorrências de paradas e o tempo das mesmas e organizado de forma acumulativa, como se pode observar no Gráfico 1, Gráfico 2, Tabela 1 e Tabela 2.

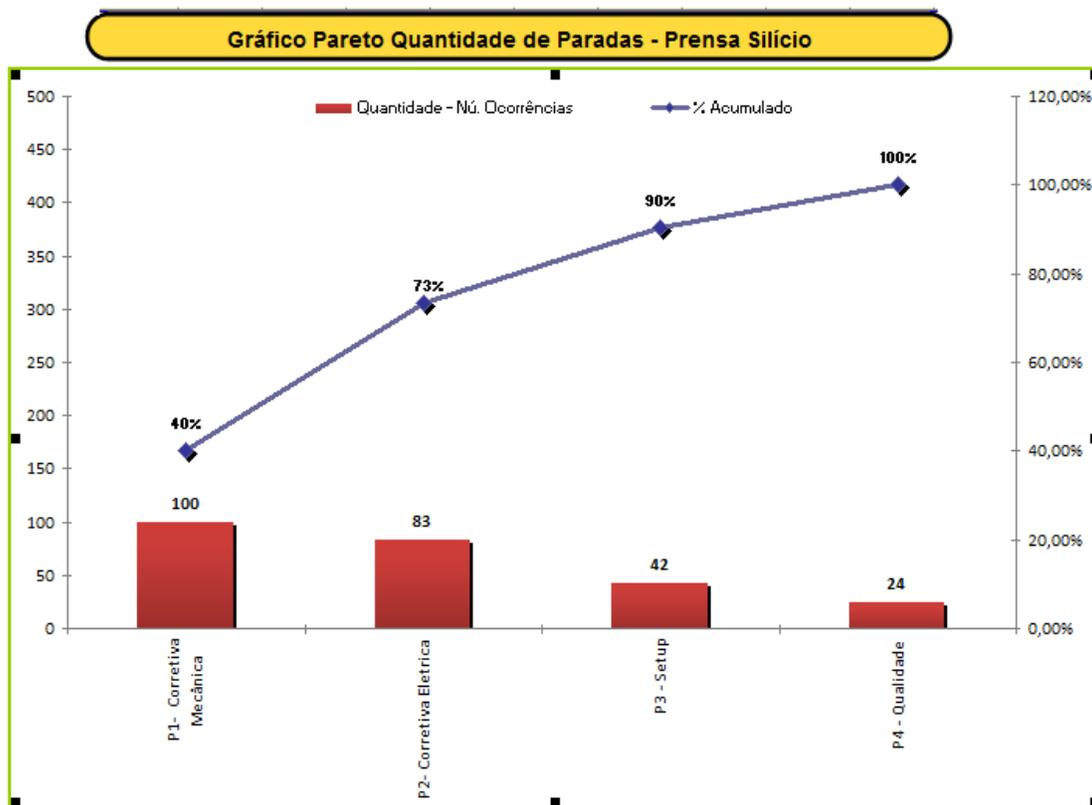


Gráfico 1: Gráfico de Pareto mostrando a quantidade de paradas.

Tabela 1: Priorização dos dados de paradas.

RELAÇÃO DAS PARADAS			
Causas Não Conformidade	Quantidade - N° Ocorrências	% Relativo	% Acumulado
P1- Corretiva Mecânica	100	40,16%	40,16%
P2- Corretiva Elétrica	83	33,33%	73,49%
P3 - Setup	42	16,87%	90,36%
P4 - Qualidade	24	9,64%	100,00%
Total	249	100,00%	200,00%

Aplicando esse teorema é possível analisar e atacar 20% das causas e obter 80% dos resultados. O resultado da aplicação do princípio de Pareto pode ser contemplado, como observado na Tabela 1 em:

- Corretiva Mecânica, com 40,16% de relevância;

- Corretiva Elétrica, com 33,33% de relevância;
- Setup, com 16,87% de relevância;
- Qualidade, com 9,64% de relevância;

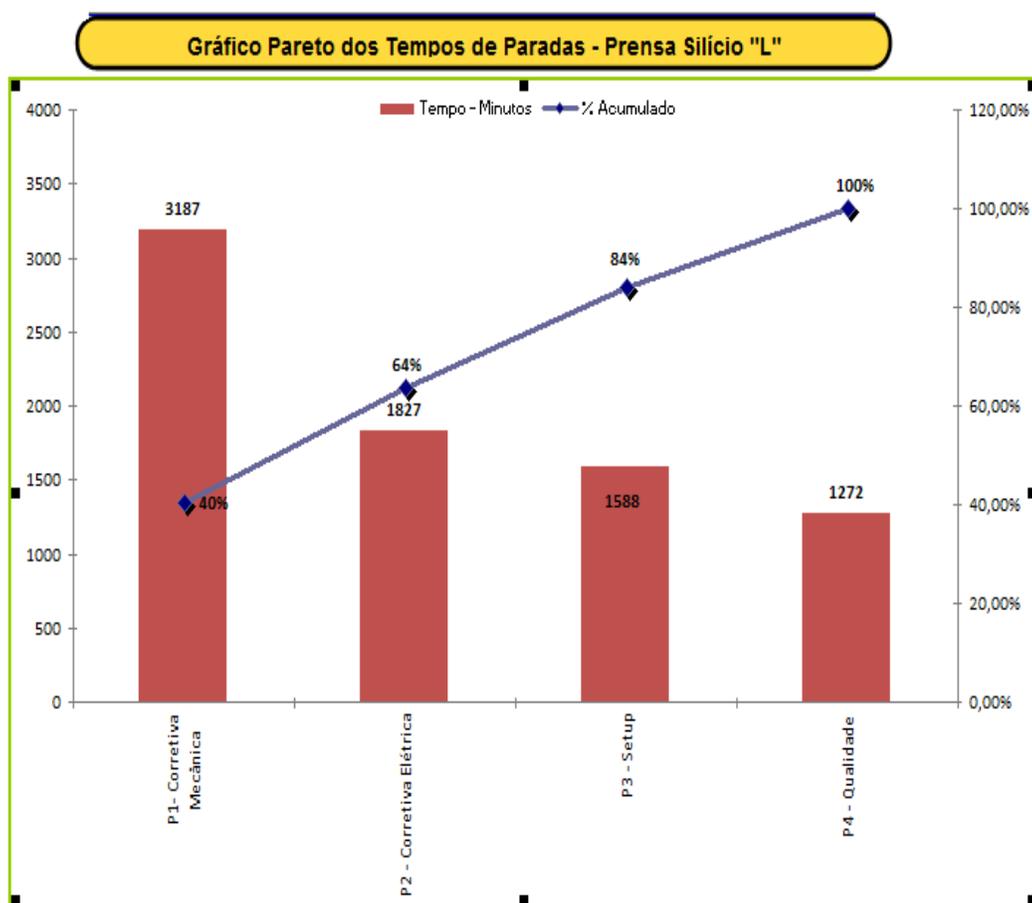


Gráfico 2: Gráfico de Pareto mostrando o tempo das paradas.

Tabela 2: Priorização dos tempos de paradas.

RELAÇÃO DOS TEMPOS DE PARADAS			
Causas Não Conformidades	Tempo - Minutos	% Relativo	% Acumulado
P1- Corretiva Mecânica	3187	40,47%	40,47%
P2 - Corretiva Elétrica	1827	23,20%	63,68%
P3 - Setup	1588	20,17%	83,85%
P4 - Qualidade	1272	16,15%	100,00%
Total	7874	100,00%	100,00%

#### 4.3 ORGANOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DOS TRÊS PRIMEIROS PASSOS DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

que foram realizados para a implantação do pilar de manutenção autônoma.

O organograma da Figura 9 mostra os procedimentos

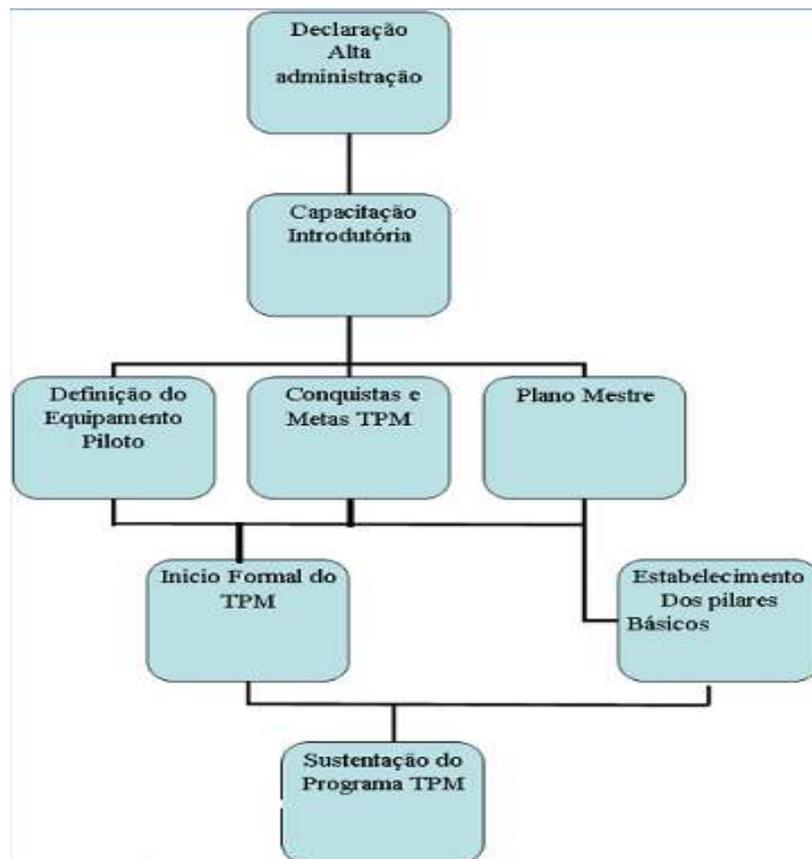


Figura 9: Organograma de implantação dos três primeiros passos do pilar de manutenção autônoma

### **Declaração da alta administração da implantação do TPM**

A alta administração, através de uma reunião anual entre os gerentes, apresentou o programa de TPM. Através de uma pequena palestra, demonstrando os índices, melhorias e desenvolvimento profissional obtidos pelas empresas que iniciaram a implantação do programa TPM.

Após esta reunião ficou determinado que os gerentes e líderes da empresa divulgariam o programa de TPM a todos os funcionários. Foram apresentados o conceito existente sobre o programa, suas metas e objetivos.

### **Capacitação introdutória**

Nesse treinamento inicial foram abordados todos os temas necessários para o gerenciamento da implantação e manutenção do programa. O treinamento também é chamado de facilitador TPM, a partir do qual um colaborador fica capacitado a treinar os outros com relação ao programa.

### **Definição do equipamento piloto**

Foi escolhido como equipamento piloto uma Prensa de chapa de aço silício, devido sua expressiva produção, cerca de 105t/mês o que representa R\$ 577.443,00/mês de faturamento em média, o que justifica a escolha por se tratar de um equipamento que proporciona um alto volume de produto e é um gargalo na produção de núcleos de transformadores.

### **Conquistas e metas**

O objetivo da implantação do TPM será reduzir o máximo possível a quantidade de paradas, aumentando assim a produtividade do equipamento.

### **Plano mestre**

O programa TPM necessita de um plano de trabalho, ou seja, um cronograma de implantação. Este cronograma contém o desenvolvimento dos pilares ao longo do tempo.

### **Início formal do TPM**

O marco inicial do programa foi uma reunião realizada na empresa com a participação de todos os colaboradores, onde foram apresentados os princípios e fundamentos do mesmo. Após essa reunião foram realizados os primeiros procedimentos na máquina.

### **Estabelecimento dos pilares básicos**

Nesse programa estão sendo abordados os três primeiros passos do pilar de Manutenção Autônoma. São observadas grandes mudanças, pois, originalmente, os equipamentos eram sujos e, os processos, desorganizados. Assim, qualquer ação de melhoria é facilmente observada.

1° Passo: Limpeza e inspeção inicial

2° Passo: Eliminação das fontes de contaminação e de locais de difícil acesso

3° Passo: Definição de padrões de atividade

#### **1.º Passo: Limpar e inspecionar**

O início das atividades de manutenção autônoma deu-se através da parada total do equipamento. Na parada, que durou 5 dias, onde as equipes de produção e manutenção realizaram a limpeza inicial. A limpeza ficou caracterizada pela desmontagem de todas as partes móveis do equipamento para retirada de sujeira, pó e contaminações. Durante a limpeza o operador e seus ajudantes realizaram inspeções mecânicas buscando e restaurando defeitos em potencial.

Durante as inspeções houve problemas que não foram resolvidos. Neste ponto, o operador registrou a anomalia na ficha TPM. As fichas são de duas cores: azul, para anomalias que o operador deve resolver, e vermelha, para anomalias que são de responsabilidade da manutenção. Tais fichas são preenchidas em duas vias; uma cópia deve ficar fixada no local onde foi identificada a falha e a outra serve como ordem de serviço.

Após o registro de todas as anomalias encontradas, as cópias das fichas azuis e vermelhas são registradas em uma tabela de resumo das fichas TPM. Esse resumo é orientativo e serve como guia dos gestores para priorizar atividades a serem executadas na manutenção planejada.

Para que os líderes de manutenção e produção possam monitorar a abertura e resolução das anomalias registradas nas fichas TPM, um controle das fichas foi elaborado. Este controle consiste em um gráfico de acompanhamento do número de fichas abertas e executadas. Tal informação também fica disponível no painel TPM do equipamento.

Segundo o Coordenador de Produção da Empresa, o controle das fichas TPM foi fundamental para o desenvolvimento do programa. Ele observou que nesta etapa é fundamental que todos trabalhem em prol da restauração das condições originais do equipamento.

Outro item desenvolvido durante o passo 1 foi o aperto de parafusos. Durante a operação do equipamento verificou-se que ele apresentava vibrações que, na maioria das vezes, poderiam gradativamente ir soltando seus parafusos. Isto poderia ocasionar falhas e/ou acidentes graves durante a operação. Esta atividade foi desenvolvida dividindo o equipamento em 9 partes.

Cada uma das partes teve o trabalho realizado pelos operadores com supervisão dos técnicos de manutenção.

Como última atividade desenvolvida, a equipe iniciou os trabalhos de 5S. Para realizar este trabalho a equipe dividiu o local de trabalho em setores. O objetivo desta divisão em setores, segundo o operador, é de otimizar a implantação dos 5S. Ele relata que em tentativas anteriores de implantar o 5S em toda a área, resultou em trabalho desordenado, concluindo-se que as atividades não passaram de limpeza e organização.

A equipe desenvolveu inicialmente as atividades de 5S no painel de ferramentas. Atualmente a equipe piloto já desenvolveu mais de 24 atividades distintas de 5S.

## **2.º passo: Eliminação das fontes de contaminação e de locais de difícil acesso.**

O passo 2 da manutenção autônoma inicia com um desafio à equipe piloto. O coordenador de produção ressalta que este equipamento possui muitos problemas de vazamentos devido ao longo período de tempo em que as manutenções não foram realizadas de forma adequada.

Como atividade inicial, a equipe piloto realizou uma parada de 2 dias de trabalho para levantamento das áreas de vazamento e áreas de difícil acesso. Quanto aos vazamentos, a equipe iniciou uma verificação de todo o equipamento, eliminando os vazamentos possíveis e registrando nas fichas TPM os vazamentos de difícil solução. Essas atividades tiveram a supervisão de mecânicos.

Para facilitar a visualização dos locais em que os vazamentos persistiram, a equipe desenvolveu um desenho do equipamento indicando as áreas de vazamentos.

Com relação às áreas de difícil acesso, a equipe buscou identificar áreas onde é difícil limpar, lubrificar e inspecionar. Estas áreas devem ser eliminadas, segundo o operador, para facilitar as atividades diárias de manutenção autônoma. Inicialmente a equipe detectou 23 áreas de difícil acesso, sendo: (i) 7 áreas de inspeção; (ii) 7 áreas de lubrificação; e (iii) 9 áreas de limpeza.

## **3.º Passo: Definição de padrões de atividade.**

No terceiro passo, o trabalho em conjunto entre a produção e a manutenção desenvolveu os padrões de limpeza, lubrificação e inspeção. Estes padrões possuem a meta de oferecer ao equipamento as condições básicas para prevenir a deterioração,

estando também disponíveis no painel TPM. Os mesmos são revisados a cada ano com o objetivo de reavaliar se estão desempenhando o papel para o qual foram criados.

Os padrões trazem a imagem ou foto do local onde serão realizadas as inspeções, lubrificação e limpeza. Trata-se de um controle visual utilizado pelo programa que tem o objetivo de facilitar a localização do local onde será executada a manutenção autônoma. Além das imagens, os padrões indicam o método de execução, o tempo e o responsável pela realização das atividades.

#### 4.4 PRINCIPAIS RESULTADOS

Os resultados de implantação do TPM na empresa são detalhados através de resultados objetivos e subjetivos. Entretanto, devido ao programa estar em sua fase inicial de implantação, os resultados serão

relativos apenas à equipe piloto. Também é necessário relatar que mesmo a equipe piloto encontra-se em fase de implantação.

##### 4.4.1 RESULTADOS SUBJETIVOS

Os resultados subjetivos são aqueles não mensuráveis quantitativamente. A Tabela 6 apresenta os resultados subjetivos obtidos pela equipe piloto.

Estes resultados foram coletados e tabulados através de pesquisa interna. Pode-se observar que as atividades de manutenção autônoma estão sendo realizadas no equipamento. Através de treinamento, a equipe piloto ficou capacitada a realizar pequenos reparos. Atividades de operação e manutenção são realizadas de forma sistemática pelos operadores, diminuindo a probabilidade de erros na execução. Os operadores iniciaram um trabalho de desenvolvimento no qual pode-se observar maior compromisso com as condições básicas dos equipamentos.

Tabela 6: Resultados subjetivos obtidos com o equipamento piloto.

Melhoria	Início	2011	2012
Atividade de manutenção autônoma	Não	Sim	Sim
Conquista da auto-gestão plena	Não	Não	Não
Satisfação dos funcionários	Não	Sim	Sim
Satisfação dos clientes visitantes do equipamento piloto	Não	Não	Sim
Autoconfiança na obtenção de Zero perdas mediante ao “posso fazê-lo”	Não	Não	Sim
Organização do local de trabalho	Não	Sim	Sim
Melhoria da relação entre operadores e técnicos de manutenção	Não	Não	Não

As atividades de manutenção autônoma proporcionaram uma melhoria no local de trabalho. Pode-se observar melhor organização e limpeza do equipamento. Os operadores passaram a ter maior reconhecimento por suas atividades desenvolvidas.

As atividades de melhoria individual proporcionaram a autoconfiança nos operadores em desenvolver

atividades para a obtenção de Zero-Perdas. Sistemáticamente, as perdas do equipamento são eliminadas, seja somente pelas atividades de melhoria individual ou em conjunto com o 5S.

A manutenção autônoma melhorou a satisfação dos funcionários, pois a divisão das atividades definiu, claramente, as responsabilidades da operação e da

manutenção do equipamento. Os operadores e técnicos de manutenção trabalham em conjunto, dividindo atividades e metas. Entretanto, ainda não se pode observar uma melhoria na relação entre os mesmos.

O programa TPM proporciona aos técnicos da manutenção e aos operadores uma forma sistemática de desenvolver suas atividades. Atualmente, os dois setores possuem metas em conjunto, fazendo com que trabalhem em grupo. Outra ferramenta disponível aos envolvidos com o programa é a possibilidade de demonstrar as melhorias através do painel TPM. Este painel representa de forma concisa as atividades executadas, bem como os ganhos obtidos com os trabalhos desde o início da implantação.

#### 4.4.2 RESULTADOS OBJETIVOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA TPM

Os resultados objetivos são de natureza quantitativa, sendo divididos em frequência de ocorrências de paradas e o tempo das mesmas e organizados de forma acumulativa, como se pode observar no Gráfico 3, Gráfico 4, Tabela 7 e Tabela 8. Segundo o coordenador de produção, a equipe piloto conquistou bons resultados, reduzindo consideravelmente as paradas após a implantação do programa. Ele ressalta que a determinação e trabalho do grupo viabilizaram a obtenção dos resultados.

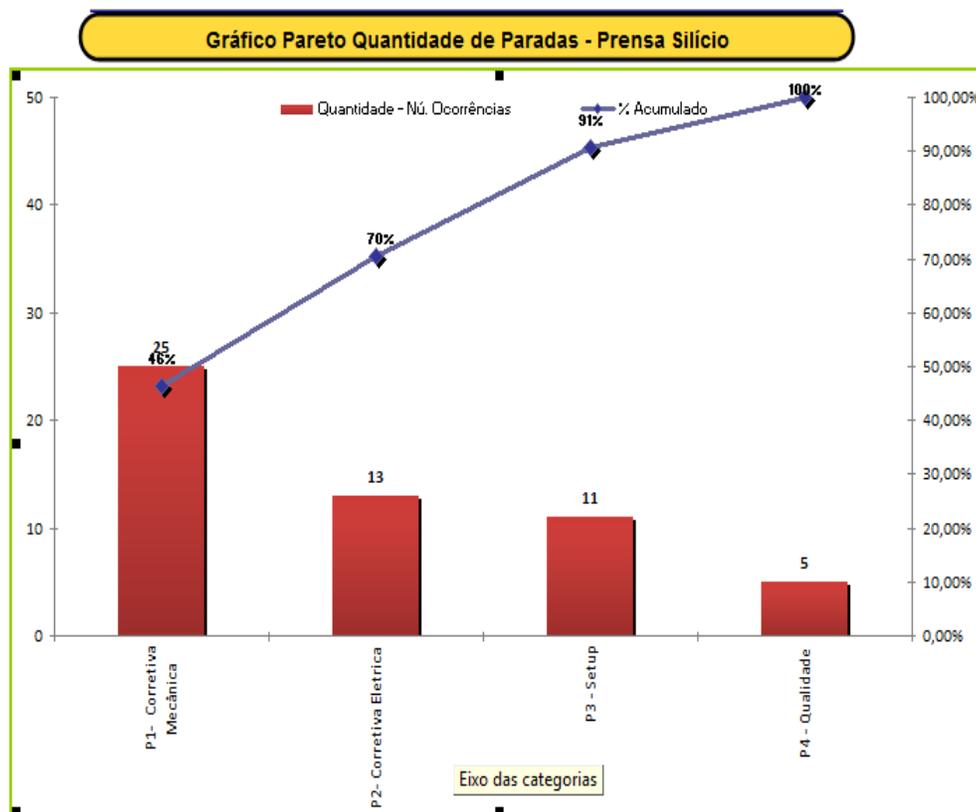


Gráfico 3: Gráfico de Pareto mostrando a quantidade de paradas.

Tabela 7: Priorização da quantidade de paradas.

RELAÇÃO DAS PARADAS			
Causas Não Conformidades	Quantidade - Nº Ocorrências	% Relativo	% Acumulado
P1- Corretiva Mecânica	25	46,30%	46,30%
P2- Corretiva Elétrica	13	24,07%	70,37%
P3 - Setup	11	20,37%	90,74%
P4 - Qualidade	5	9,26%	100,00%
Total	54	100,00%	200,00%

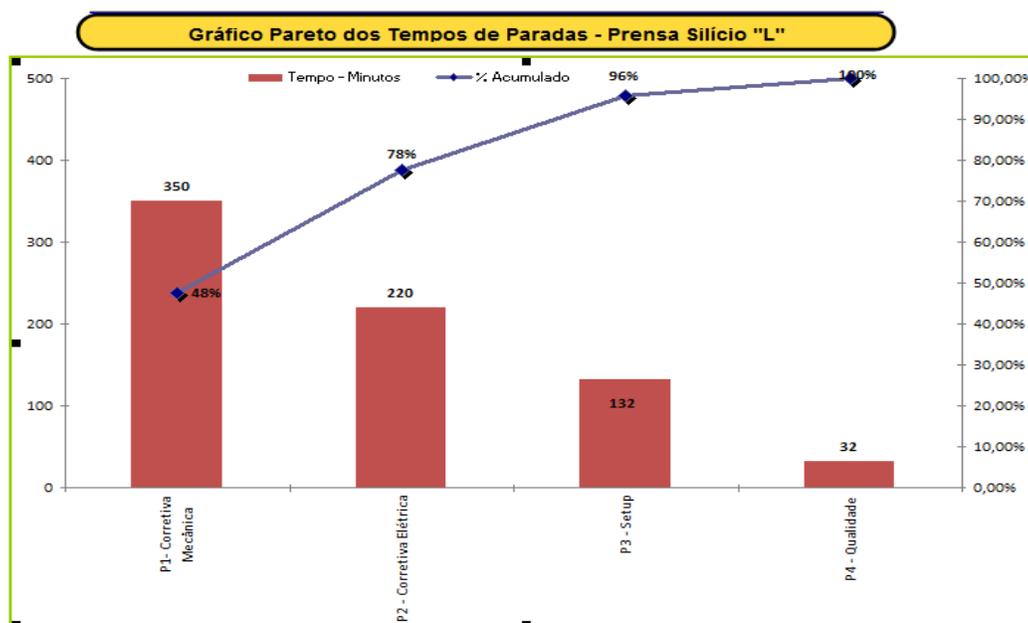


Gráfico 4: Gráfico de Pareto mostrando os tempos de paradas.

Tabela 8: Priorização dos tempos de paradas.

RELAÇÃO DOS TEMPOS DE PARADAS			
Causas Não Conformidades	Tempo - Minutos	% Relativo	% Acumulado
P1- Corretiva Mecânica	350	47,68%	47,68%
P2 - Corretiva Elétrica	220	29,97%	77,66%
P3 - Setup	132	17,98%	95,64%
P4 - Qualidade	32	4,36%	100,00%
Total	734	100,00%	100,00%

Os bons resultados obtidos na produtividade líquida e na eficiência global de produção tiveram relação direta com a implantação do programa TPM.

O TPM foi responsável pela diminuição das queixas e reclamações dos clientes. Padrões de qualidade foram implantados e seguidos pelas equipes de trabalho. Os operadores se conscientizaram que a produtividade somente seria alcançada se os produtos possuísem qualidade.

A melhoria de índices de número de acidentes, clima organizacional e sugestões é um indicativo direto de que os funcionários estão mais comprometidos e satisfeitos com o trabalho. O programa TPM proporcionou aos funcionários expressarem suas opiniões sobre melhorias do local de trabalho e do equipamento. Ações de eliminação de situações de risco de acidentes no equipamento foram desenvolvidas e um melhor reconhecimento do operador como técnico do equipamento foi observado.

## 5 CONCLUSÃO

O estudo de caso na empresa analisada mostrou a

efetividade do programa TPM para atingir os objetivos propostos. O programa demonstrou que através da organização dos processos, elevação do nível de habilidades dos operadores e organização da manutenção do equipamento piloto, pode-se conquistar bons resultados no quesito produtividade do equipamento.

O sucesso na implantação de um programa que necessite da formação de grupos de trabalho, como a sistemática proposta para o TPM, depende do envolvimento da alta gerência. Técnicas para solução de problemas foram aplicadas para a obtenção de sucesso na implantação de uma sistemática do programa TPM.

Através da utilização dos três principais pilares: manutenção autônoma, melhorias individuais e manutenção planejada, descritos no estudo de caso, foi possível comprovar o quanto ações simples, porém, sincronizadas, podem contribuir para a redução de perdas dentro da linha de produção.

Também se observou a possibilidade da realização de desdobramentos do presente trabalho em trabalhos futuros.

---

## REFERÊNCIAS

BANKER, Shailen. *The Performance Advantage - Revitalizing the Workplace*. ago/95. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/biblio.htm>> Acesso em: 10 out. 2011.

CAPALDO, D.; GUERRERO, V. e ROZENFELD, H. 1999. *FMEA (Failure Model and Effect Analysis)*. Disponível em <[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/FMEAv2.html](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html)> Acesso em: 10 out. 2011.

GIL, Antonio Carlos. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2010. p.184.

JIPM. *História do TPM e JIPM*. Disponível em <http://www.jipm.or.jp>. Acesso em: 10 out. 2011.

NAKAJIMA, Seiichi. *Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/biblio.html>>. Acesso em 10 out. 2011.

PINTO, Alan Kardec e XAVIER, Júlio Nascif. *Manutenção: função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2007.

TAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. *TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total*. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

TAVARES, Lourival. *Administração Moderna da Manutenção*. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, *Planejamento e controle da manutenção*. Rio de Janeiro: Qualitymark. Ed. 2002.

WYREBSKI, Jerzy. *Manutenção produtiva total - um modelo adaptado*. 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/>. Acesso em: 10 out. 2011.