

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL
PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO**

ADEMIR STEFANO PIECHNICKI

**METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE GESTÃO DA
MANUTENÇÃO: AS MELHORES PRÁTICAS**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2011

ADEMIR STEFANO PIECHNICKI

**METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO
DE SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO: AS MELHORES
PRÁTICAS**

Trabalho de Monografia apresentada
como requisito parcial à obtenção do
título de Especialista em Gestão
Industrial: Produção e Manutenção
da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz
Kovaleski

PONTA GROSSA

2011



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE
GESTÃO DA MANUTENÇÃO: AS MELHORES PRÁTICAS**

por

Ademir Stefano Piechnicki

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de dezembro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
(UTFPR)

Prof. Msc. Flavio Trojan (UTFPR)

Prof. Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
Coordenador ESPGI-PM
UTFPR – Campus Ponta Grossa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Secretaria

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Luiz Kovaleski, pelo apoio e dedicação na elaboração desta pesquisa.

A minha esposa Michelle, pela paciência, compreensão e incentivo frente aos desafios encontrados durante todo o curso.

Aos meus colegas de sala.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

PIECHNICKI, S. P. **Metodologias para Implantação e Desenvolvimento de Sistemas de Gestão da Manutenção: As melhores Práticas**. 2011. 77 p. Monografia da Especialização em Gestão Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

Com a globalização da economia e o aumento da competitividade no mercado mundial, as Empresas são forçadas a introduzirem novas ferramentas e metodologias no gerenciamento de seus processos para garantir a sobrevivência de seu negócio. Estes processos produtivos estão se tornando cada vez mais complexos, e a busca pela excelência em termos de qualidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos, são requisitos básicos para a geração de forças competitivas. Para gerenciar esta complexidade organizacional, a manutenção é evidenciada, como um dos setores mais importantes das empresas. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as melhores práticas que são utilizadas atualmente, para a implementação e desenvolvimento dos sistemas de gerenciamento da Manutenção. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica nacional e internacional sobre as práticas mais citadas e utilizadas por autores desta área de conhecimento. De todo o levantamento bibliográfico realizado, pode-se dizer que existem inúmeras ferramentas disponíveis para aumentar a eficiência e eficácia da Gestão da Manutenção, mas que devem ser aplicadas e dosadas conforme as particularidades de cada tipo de organização.

Palavras-chave: Melhores Práticas. Gerenciamento. Manutenção. Implementação.

ABSTRACT

PIECHNICKI, A. S. **Methodologies for Development and Deployment Management Systems Maintenance: Best Practices.** 2011. 77p. Monograph of Specialization in Industrial Management – Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2011.

With the globalization of the economy and increase competitiveness in the global market, companies are forced to introduce new tools and methodologies to manage their processes to ensure the survival of your business. These processes are becoming increasingly complex, and the search for excellences in terms of quality, safety, environmental preservation and costs, are basic requirements for the generation of competitive forces. To manage this complex organization, maintenance is highlighted as one of the most important sectors of business. Within this context, the objective of this study is to identify best practices that are currently used for the implementation and development of maintenance management systems. For this literature review was performed on national and international practices and used by most cited authors of this field. Of all the literature performed, one can say that there are numerous tools available to increase the efficiency and effectiveness of maintenance management, but that should be applied and dosed according to the particularities of each type of organization.

Keywords: Best Practices. Management. Maintenance. Implementation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 TEMA E OBJETIVOS.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 MÉTODO DO TRABALHO.....	15
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	17
2.2 CONCEITO DE MANUTENÇÃO.....	18
2.3 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO.....	19
2.4 FALHA, PANE E DEFEITO.....	20
2.5 LCC – LIFE CYCLE COST.....	21
2.6 CURVA DA BANHEIRA.....	22
2.7 A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	24
2.8 MANTENABILIDADE.....	25
2.9 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	26
2.9.1 Manutenção Corretiva.....	28
2.9.2 Manutenção Preventiva.....	29
2.9.2.1 Manutenção Preventiva Baseada no Tempo.....	31
2.9.2.2 Manutenção Preventiva Baseada na Condição.....	32
2.9.2.3 Revisões Periódicas (Overhaul).....	32
2.9.2.4 Manutenção Oportunista.....	32
2.9.2.5 Manutenção Detectiva.....	33
2.9.2.6 Prevenção da Manutenção.....	33
2.9.2.7 Manutenção Sensitiva ou Inspeção.....	33
2.9.3 O Melhor Método de Manutenção.....	34
2.10 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO.....	34
2.11 INDICADORES DE DESEMPENHO.....	37
2.11.1 Backlog.....	38
2.11.2 Tempo Médio Entre Falhas – MTBF.....	38
2.11.3 Tempo Médio entre Reparos – MTTR.....	40
2.11.4 Disponibilidade.....	40
2.11.5 Confiabilidade.....	41
2.11.6 Taxa de Falha.....	42
2.11.7 Indicadores Financeiros.....	42
3. AS MELHORES PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO.....	43
3.1 ANÁLISE DE FALHAS.....	44

3.1.1 Metodologia de Análise e Solução de Problemas - MASP	45
3.1.2 Failure Mode and Effects Analysis - FMEA	47
3.1.3 Root Cause Failure Analysis - RCFA	48
3.1.4 Fault Tree Analysis – FTA	48
3.2 AUDITORIA.....	49
3.3 BENCHMARKING	50
3.4 GERENCIAMENTO DE CUSTOS.....	50
3.5 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE	53
3.6 KAIZEN	54
3.7 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO	55
3.8 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	55
3.9 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	57
3.10 INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO (CMMS).....	59
3.11 PADRONIZAÇÃO.....	60
3.12 POLIVALÊNCIA OU MULTIESPECIALIZAÇÃO.....	61
3.13 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE	61
3.14 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM.....	64
3.15 TERCEIRIZAÇÃO	67
3.16 TREINAMENTO	68
3.17 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC	70
3.18 HOUSEKEEPING - 5`S	71
4. CONCLUSÃO	73
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização da economia e o aumento na competitividade do mercado mundial, as organizações vêm sofrendo mudanças drásticas em suas práticas operacionais e estratégicas. Estas mudanças ocorrem em alta velocidade, de forma que as Empresas são forçadas a introduzir novas ferramentas e metodologias no gerenciamento de seus processos para garantir o aumento de competitividade e a sobrevivência do seu negócio.

Estes processos produtivos estão se tornando cada vez mais complexos, tanto pelo desenvolvimento de novas tecnologias de comunicação e informação, como pelo incremento do nível de automação. Além disso, a busca pela excelência em termos de qualidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos, são requisitos básicos para a geração destas forças competitivas.

Para gerenciar esta complexidade organizacional, a manutenção é evidenciada, como um dos setores mais importantes nas empresas. A partir da aplicação de técnicas e soluções inovadoras, a manutenção atua como elo entre a estratégia e a operação dos processos, garantindo o atingimento dos objetivos e metas, em termos de serviços e produtos mais confiáveis e de maior valor agregado.

Para que estes resultados sejam conquistados, o setor de manutenção deve estabelecer e sistematizar um Programa de Gestão da Manutenção para possibilitar a aplicação de metodologias de apoio a melhoria da confiabilidade e disponibilidade de seus equipamentos.

Hoje existe uma grande variedade de instrumentos gerenciais disponíveis para apoiar a administração da manutenção. As melhores ferramentas, técnicas e metodologias aplicadas a manutenção são conhecidas como as Melhores Práticas de Manutenção ou *Best Practices*. Estas práticas permitem que uma empresa torne-se líder em seu mercado respectivo.

1.1 TEMA E OBJETIVOS

O tema deste trabalho é “Metodologias para Implantação e Desenvolvimento de Sistemas de Gestão da Manutenção: As melhores Práticas”. Este é um tema muito relevante no gerenciamento industrial, pois estas práticas têm sido largamente utilizadas como uma estratégia organizacional, para atingir as metas e objetivos.

O objetivo geral deste trabalho é identificar as melhores práticas que são utilizadas atualmente, para a implementação e desenvolvimento dos sistemas de gerenciamento da Manutenção. Como objetivos específicos têm-se:

- Revisar os conceitos básicos da manutenção;
- Diferenciar as metodologias e ferramentas disponíveis;
- Identificar os principais fatores que devem ser considerados na seleção das ferramentas utilizadas na manutenção.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em função das condições competitivas impostas pelo mercado mundial, e o avanço tecnológico dos equipamentos, a manutenção tem sido considerada como uma estratégia para atingir os objetivos organizacionais. Para isso, devem aplicar soluções eficientes e eficazes nos equipamentos para garantir o aumento de sua confiabilidade e disponibilidade.

Os processos produtivos das empresas estão fortemente dependentes de suas máquinas e equipamentos, para estabelecer e sustentar uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes. Segundo Neponuceno (1999), cada vez mais estes equipamentos estão dependentes da manutenção eficiente e adequada, em função do desenvolvimento tecnológico estes equipamentos se tornam mais complexos e com um padrão de qualidade mais elevado.

Estas afirmações são evidenciadas por uma pesquisa da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção), que demonstra que as empresas estão gastando mais para ter seus equipamentos em ótimas condições de funcionamento. Em 2002, o mercado da manutenção movimentou mais de US\$ 19 bilhões, que equivale a 4,27 do PIB.

A manutenção tem a premissa de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos, de modo a atender a produção com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado (KARDEC, 2002). E para Xenos (2004), a manutenção deve ser a base de qualquer atividade industrial.

1.3 MÉTODO DO TRABALHO

A metodologia aplicada neste trabalho para atingir os objetivos se estrutura em uma revisão bibliográfica sobre as práticas mais relevantes citadas por diversos autores de manutenção. Esta pesquisa pode ser classificada como descritiva e exploratória, de natureza qualitativa.

Inicialmente serão apresentados os conceitos básicos de manutenção, bem como, os aspectos constantes na literatura, com o objetivo de estabelecer as melhores práticas, de forma a torná-los explícitas.

O procedimento de investigação foi conduzido através de uma revisão bibliográfica em inúmeras obras publicadas por pesquisadores acadêmicos (artigos de periódicos, livros, dissertações e teses), e tem por objetivo identificar experiências e estudos de caso bem sucedidos, com o intuito de atingir os objetivos deste trabalho. (GIL, 1991).

Finalmente, serão apresentadas as principais características na utilização de metodologias e ferramentas na Gestão Manutenção, visando identificar os principais fatores de sucesso neste processo.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O foco deste trabalho consiste em pesquisar e identificar as melhores ferramentas, técnicas e metodologias aplicadas à manutenção, que são conhecidas como as Melhores Práticas de Manutenção ou *Best Practices*.

Estas práticas permitem que uma empresa torne-se líder em seu mercado respectivo. Entretanto, estas práticas não são as mesmas para todas as empresas. Além disso, existe uma grande variação na aplicabilidade prática e no ponto de vista de alguns autores.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em quatro capítulos, com os conteúdos apresentados a seguir.

O primeiro capítulo demonstra a introdução desta monografia, seu tema, objetivos e a justificativa para sua escolha. Neste capítulo, ainda, são apresentados o método de trabalho, a delimitação do assunto e a estrutura desta pesquisa.

No segundo capítulo é apresentado um referencial bibliográfico, o qual foi levantado a partir de vários autores nacionais e internacionais. Neste referencial, são abordados os conceitos que formam a base do gerenciamento da manutenção.

No terceiro capítulo são apresentadas as melhores práticas de gestão da manutenção identificadas na pesquisa.

O quarto capítulo é reservado para a apresentação das conclusões e considerações finais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Antes da revolução industrial a manutenção e suas equipes, praticamente, não existiam, pois a produção de bens era feita sob encomenda, sem máquinas e equipamentos. Com o surgimento das máquinas a vapor, os operadores começaram a ser treinados para operar, lubrificar e reparar seus equipamentos. A função da manutenção era de reparar os equipamentos depois das falhas, com equipamentos menos complexos e superdimensionados. (SIQUEIRA, 2005; CABRAL, 1998; MOUBRAY, 2000).

Com o aumento da complexidade das instalações industriais e da mecanização ocorrida no anos 50 e 70, a necessidade da mão de obra especializada e da maior disponibilidade dos equipamentos a um baixo custo, se tornaram o objetivo básico das empresas. Sendo assim, surge a manutenção preventiva, que era realizada em intervalos fixos. Foi criada uma equipe especializada de manutenção, para estudar e melhorar a confiabilidade dos equipamentos, denominada como Engenharia de Manutenção. A partir da década de 50 surgiu o conceito de Manutenção Preditiva (2008; SIQUEIRA, 2005; CABRAL, 1998; MOUBRAY, 2000; LAFRAIA, 2001).

No início da década de 70, surgiu no Japão a TPM (*Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total), atendendo perfeitamente as exigências de disponibilidade dos processos. A partir desta década, as consequências das quebras ficaram evidentes, afetando a qualidade e custos dos produtos, onde a manutenção preditiva e a informatização do planejamento da manutenção começam a se desenvolver rapidamente (NAKAJIMA, 1989; CABRAL, 1998).

Nestes últimos 20 anos, a manutenção se tornou uma função estratégica das empresas, em que a disponibilidade é considerada o indicador mais importante e, a confiabilidade o objetivo constante da manutenção. A análise de falhas se tornou uma prática consagrada e as intervenções nos equipamentos pela manutenção são reduzidas, pela aplicação da Preditiva, TPM e MCC. A terceirização é estabelecida por relações de parceria, focado no resultado. A Gestão dos custos de manutenção

transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial. (KARDEC, 2009; NUNES, 2001)

A evolução da manutenção pode ser representada por quatro gerações, que são caracterizadas pela introdução de novos conceitos e a quebra de paradigmas nas atividades de manutenção. (SIQUEIRA, 2005; KARDEC, 2009; MOUBRAY, 2000). Estas gerações podem ser observadas na figura 01, abaixo:

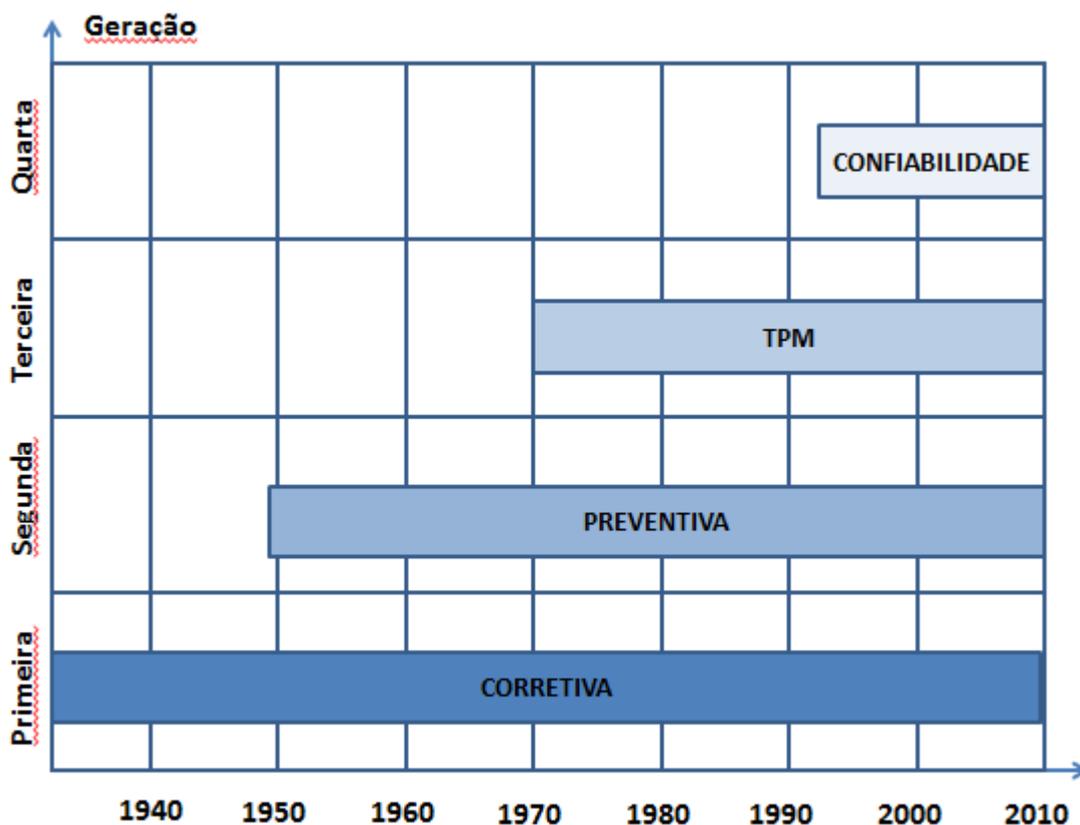


Figura 01 - A Evolução da Manutenção
Fonte: Adaptado de Kardec (2009) e Siqueira (2005)

2.2 CONCEITO DE MANUTENÇÃO

No Dicionário Aurélio (1994), a manutenção é definida na sua forma mais simples: “medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação; os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define a manutenção pela norma NBR 5462-1994: “como a combinação de todas as ações técnicas e

administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Branco Filho (2000) define em seu Dicionário Termos de Manutenção como: “todas ações técnicas e administrativas para manter o estado funcional de um equipamento, ou para recolocá-lo a um estado funcional no qual ele possa cumprir a função para o qual ele foi projetado”.

Segundo Xenos (2004), Kardec (2002), Moubray (2000), a manutenção pode ser compreendida como a execução de todas as ações que visam manter ou recolocar uma máquina ou sistema no estado que possam exercer suas funções requeridas. A função requerida é toda atividade que um componente ou sistema exerce, sob a ótica operacional, ou seja as funções para que foi projetado.

A Manutenção é formada por todas as atividades que visam obter um certo nível de disponibilidade e confiabilidade do sistema e de seus componentes a um determinado nível de qualidade. Inclui as atividades relacionadas ao controle das peças de reposição, recursos humanos e gestão de riscos em todas as decisões e em todos os níveis da organização. Podendo incluir atividades relacionadas com as falhas, como a prevenção, detecção, reparo, investigação de suas causas e estabelecimento de contra medidas para sua reincidência. A partir destas atividades de manutenção é possível garantir o bom funcionamento dos equipamentos, otimizando sua operação e garantindo o atingimento de metas e a sobrevivência da empresa no mercado (XENOS, 2004; BRANCO FILHO, 2008; AL-TURKI, 2011).

2.3 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

Segundo Branco Filho (2008), a Manutenção existe porque serviços de reparo com qualidade devem ser prestados, para amenizar as consequências do inevitável: o desgaste dos equipamentos e as suas falhas. Estas atividades de manutenção tem o objetivo de evitar a degradação, causada pelo desgaste natural e tempo de uso dos equipamentos. Estas degradações causam forte influência negativa sobre o desempenho, qualidade, poluição, segurança e a produtividade (XENOS, 2004).

A manutenção tem o objetivo de conservar os equipamentos e instalações em condições satisfatórias de operação, para garantir a obtenção de produtos cujo resultado final é o lucro proveniente do trabalho executado (NEPOMUCENO, 1999).

Segundo Moubray (2000) o objetivo da manutenção é garantir que os equipamentos continuem a exercer as funções desejadas pelos usuários, ou seja, deve atender as diversas necessidades e expectativas do setor produtivo, quanto a capacidade de produção e qualidade dos produtos.

Para Tavares (2005), a decisão de manter ou não manter não é mais uma atitude isolada da manutenção. A manutenção tem a função de ligar a estratégia e a produção. Portanto, as decisões da manutenção devem ser embasadas pelas exigências do mercado, pelos planos e decisões elaboradas pelas necessidades comerciais (AL-TURKI, 2011).

2.4 FALHA, PANE E DEFEITO

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o defeito, a falha e a pane podem ser definidos pela norma NBR 5462-1994 como:

- Defeito: “Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos”, e “esse defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida”.
- Falha: Esta norma define a falha como: “Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida”.
- Pane: Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida. Uma pane é geralmente o resultado de uma falha de um item, mas pode existir sem uma falha anterior.

Branco Filho (2008) afirma que um defeito não torna a máquina indisponível, não é uma falha funcional. O reparo desse defeito é classificado como uma manutenção preventiva, pois não houve falha. Mas se não for corrigido pode gerar a falha e a indisponibilidade. Já a pane é um estado do equipamento que o torna inoperante, pois trará produtos inaceitáveis ou risco a vida e instalações. As falhas ou panes são definidas em função do seu efeito: ausência total e completa de sua função, respectivamente (NEPOMUCENO, 1999). A partir destas definições, podemos estabelecer o gráfico abaixo (figura 02) para a melhor compreensão sobre a definição do estado do componente ou sistema.

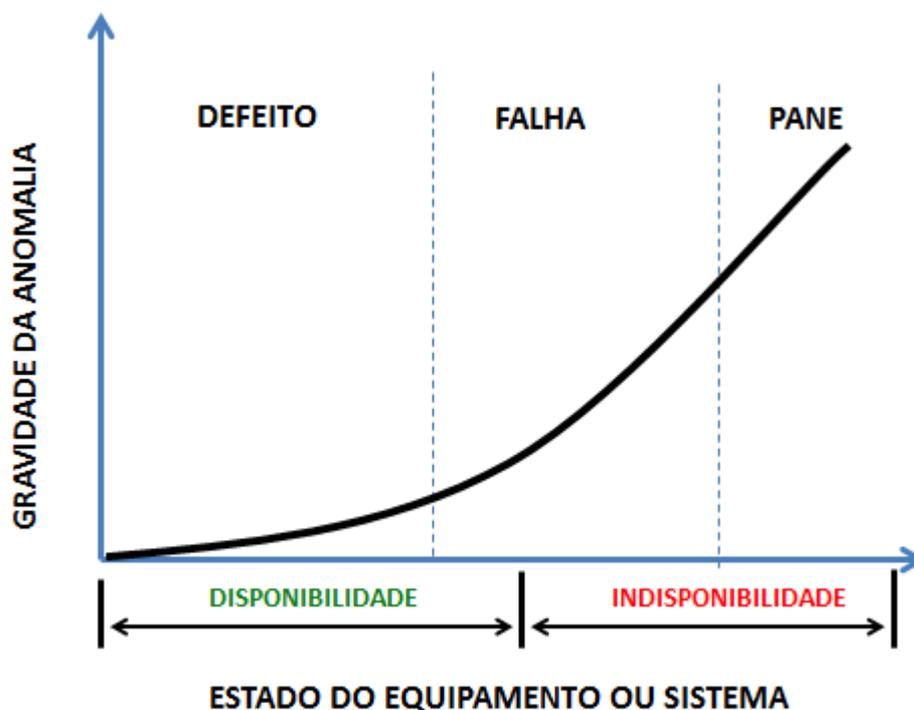


Figura 02: Definição do estado do equipamento

2.5 LCC – LIFE CYCLE COST

O conceito integrador entre manutenção e produção surgiu em 1976 pelos ingleses M. Husband e Dennis Parkes a partir da orientação do LCC (*Life Cycle Cost* – Custo do Ciclo de Vida), que ficou conhecido como Terotecnologia. O conceito da Terotecnologia é a base para a Manutenção Centrada no Negócio, em que os custos interferem nas decisões da manutenção e da empresa (TAVARES, 2005).

O LCC é uma ferramenta que permite visualizar os dados financeiros do equipamento em seu ciclo de vida, e isso influencia diretamente a gestão financeira da organização. O LCC tem o objetivo de aumentar a disponibilidade com o foco na redução do custo global e deve levar em consideração os custos de aquisição, operação, manutenção e descarte (PEREIRA, 2009; TAVARES, 2005).

O desenvolvimento do LCC não ocorre apenas na vida de um produto, mas deve ser parte de um ciclo de melhoria contínua alinhado com as exigências do mercado e dos objetivos do negócio (IRESON, 1996).

Para Campbell (2001), o LCC considera todos os custos associados com ciclo de vida de um ativo, que pode incluir:

- Pesquisa e desenvolvimento;
- Fabricação e instalação;
- Operação e manutenção;
- Sistema de aposentadoria e eliminação progressiva.

Essencialmente, na tomada de decisões sobre a aquisição de novos equipamentos deve-se refletir sobre todos os custos associados (CAMPBELL, 2001). Não é economicamente viável investir em excesso de manutenção preventiva em equipamentos já desgastados. A partir de certo valor da taxa de falhas o equipamento deve ser descartado, pois não é economicamente mantê-lo (TAVARES, 2005).

2.6 CURVA DA BANHEIRA

Rodrigues (2000), Lafraia (2001), Xenos (2004) e Monchy (1989), afirmam que a grande maioria dos componentes de um equipamento ou sistema apresentam um comportamento diferente em várias etapas de sua vida útil. Este fenômeno é representado pela curva da banheira, onde apresenta a probabilidade da falha ocorrer em função do tempo de operação da vida dos equipamentos, conforme demonstrado na figura 03.

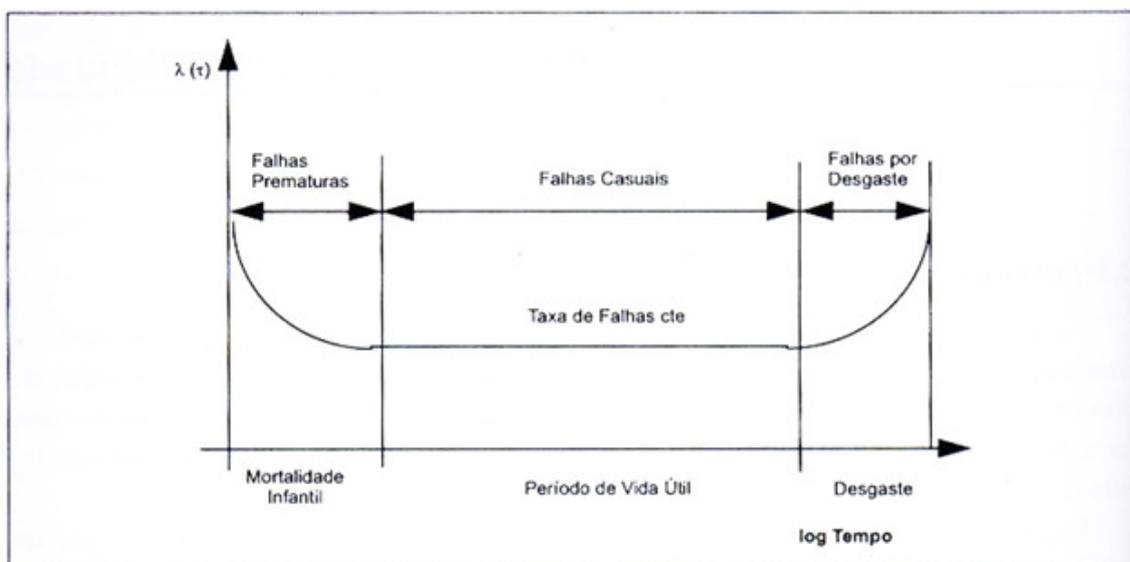


Figura 03 - A curva da Banheira

Fonte: Lafraia (2001)

A curva da banheira é válida para componentes individuais, e se divide em três períodos distintos:

- **Mortalidade infantil** - Nesta fase a taxa de falhas é decrescente e qualquer intervenção provocará seu aumento, reduzindo a confiabilidade do equipamento. Estas falhas podem ser originadas pela deficiência no controle de qualidade, falha de mão-de-obra, amaciamento insuficiente, erros de projetos, contaminação, entre outras.
- **Período de vida útil** – É estabelecido o período de vida útil do componente. A taxa de falhas é constante, ocorrida de forma aleatória, em função de cargas aleatórias, falhas de manutenção preventiva, erros humanos, ou seja, fenômenos naturais imprevisíveis. Nesta fase é muito difícil prever as falhas e, portanto, pouco pode ser feito para evitá-las.
- **Período de envelhecimento ou desgaste** - Inicia-se ao término da vida útil do equipamento, e a taxa de falhas cresce rapidamente. São causas destas falhas a degradação, desgaste, corrosão, fadiga e a manutenção deficiente dos equipamentos.

Nem sempre existe uma relação entre a confiabilidade e a idade operacional, ou seja, que revisões periódicas diminuem a probabilidade da falha. Esta afirmação somente é válida quando o padrão de falha está relacionado com a idade de envelhecimento. A curva da banheira apresenta seis variações dos padrões de falha, conforme demonstrado na figura 04 abaixo. O padrão C mostra uma probabilidade de falha cada vez maior, mas não há parâmetros identificáveis. Já no padrão D, apresenta uma baixa probabilidade de falha no equipamento, e em seguida uma rápida ascensão a um nível constante, enquanto que o padrão E mostra uma probabilidade de falha constante em qualquer idade (falhas aleatórias). O padrão F começa com alta mortalidade infantil, diminuindo eventualmente a uma probabilidade de falha muito lenta (MOUBRAY, 1989).

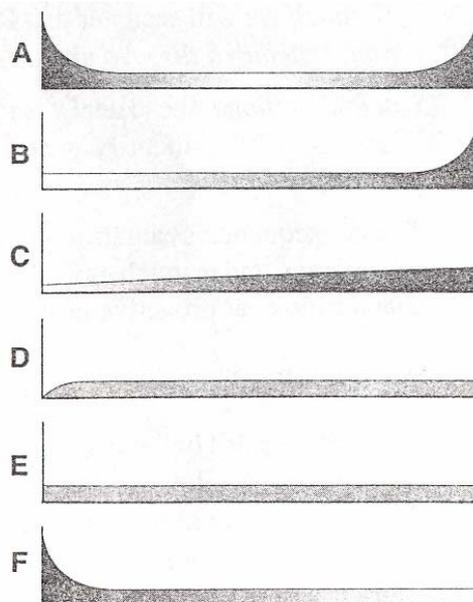


Figura 04 - Padrões de falha
Fonte: Moubray (1989, p. 12)

2.7 A ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

A Gerência de Manutenção tem como finalidade gerir a manutenção através da definição de metas, objetivos e de normas procedimentadas para otimizar o aproveitamento de seus recursos, como pessoal, máquinas e materiais em uma organização. Para que isso seja possível, é essencial ter uma estrutura adequada (BRANCO FILHO, 2006).

Para Kardec (2009), Neponuceno (1999) e Branco Filho (2008), o aspecto estrutural é definido pelo porte da planta, e é dividido pela forma de atuação, ou seja, centralizada, descentralizada ou mista. E estas formas de organização da manutenção apresentam as seguintes características:

- **A manutenção Centralizada-** É totalmente centralizada, tanto na programação, execução e liderança. É uma estrutura em que todos os recursos estão localizados no mesmo local, que é adequada para a maioria das pequenas e médias empresas. O quadro de manutenção é mais enxuto, inclusive a supervisão, favorecendo a polivalência. O investimento em ferramental pode ser menor do que na manutenção descentralizada.
- **A manutenção Descentralizada-** É aplicada quando a grandes distâncias entre as linhas de produção. São aquelas em os recursos estão distribuídos por vários

pontos da área fabril, necessitando de especialistas para a execução de trabalhos específicos com grandes distâncias, sendo de responsabilidade de um encarregado.

- **A manutenção Mista-** É uma combinação dos tipos anteriores. A supervisão é mais difícil devido ao deslocamento. A formação de especialistas e a cooperação são favorecidas. Possui uma instalação maior, chamada de Oficina Central, onde existem maiores recursos para determinados serviços de maior complexidade.

Kardec (2009), cita ainda uma quarta forma de atuação, com a formação de times multifuncionais em pontos estratégicos de atendimento. Sendo utilizada em plantas mais complexas e é considerada como uma tendência moderna. O que se busca hoje é uma estrutura bastante enxuta, com a eliminação de níveis de supervisão, adoção da polivalência, fusão de especialidades e contratação de serviços de parceria.

2.8 MANTENABILIDADE

A Manutenibilidade, mantenibilidade, manutenibilidade ou manutenibilidade é um indicador de Performance, representado por características de projeto e de instalação. É a probabilidade, de um item ser reparado, dentro de um determinado período de tempo, quando a manutenção é efetuada dentro de procedimentos (BRANCO FILHO 2006).

Para Dhillon (2002), a Manutenibilidade é um parâmetro de projeto destinado a reduzir o tempo de reparação, ao contrário de manutenção, que é o ato de reparação ou manutenção de um item ou equipamento.

Este conceito foi desenvolvido no início da Revolução industrial, com regras e ações para suprir as exigências dos mecânicos que executavam manutenção de equipamentos que foram utilizados por um período de tempo (NEPOMUCENO, 1999).

É importante identificar a importância da manutenibilidade, pois por mais eficiente seja a manutenção dos equipamentos, a teoria da confiabilidade mostra que, um dia, tudo falha; desta forma, deve-se promover o menor tempo de reparo possível quando isso ocorrer (VIERRI, 2007).

Takahashi (2000) e Kardec (2009) definem a manutenibilidade como características que determinam a facilidade de se intervir em equipamentos, e citam alguns pontos-chaves para melhorá-la:

- Padronização do trabalho de manutenção;
- A intercambiabilidade de peças e componentes;
- Melhorias dos métodos do trabalho de manutenção;
- Sistema de resposta rápida;
- Melhorias gerenciais;
- Aumento do conhecimento técnico;
- Utilização de ferramentas universais;
- Facilidade de desmontagem e montagem;
- Ter acesso e espaço suficiente para realizar os trabalhos;

A manutenibilidade geralmente não é prevista no projeto do equipamento e sempre pode ser melhorada pelo planejamento e Engenharia da manutenção. As informações relativas à intervenção devem ser claras e objetivas, permitindo o treinamento e estabelecimento de padrões (MOUBRAY, 2000).

2.9 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Apesar de existir várias literaturas que abordam o tema, é comum encontrarmos divergências de alguns autores. Kardec (2009), afirma que atualmente existem várias ferramentas disponíveis que levam em sua designação a palavra manutenção. É importante ressaltar, que não são novos tipos de manutenção, mas ferramentas que possibilitam a aplicação dos tipos básicos de manutenção.

Tradicionalmente a manutenção tem sido classificada como Planejada e não Planejada, ou ainda conforme seus objetivos, entretanto, ambas se estruturam a partir de duas formas básicas de atuação: a manutenção corretiva e a manutenção preventiva. Estas duas classificações podem ser observadas na figura abaixo.

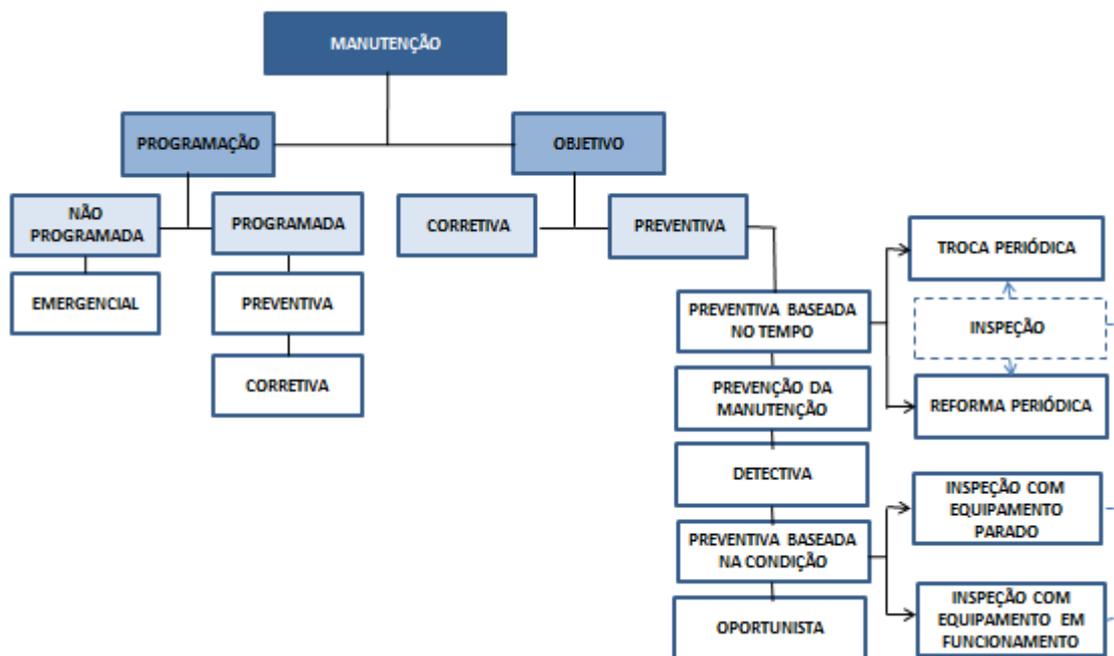


Figura 05 – Tipos de Manutenção
 Fonte: Adaptado de Xenos, (2004); Siqueira, (2005)

Quando ocorre a paralisação de um equipamento sem uma decisão gerencial, encontramos a manutenção não planejada, ou seja, as atividades de manutenção foram fracassadas. Um trabalho planejado é efetuado de forma organizada com previsão e controle das atividades, sendo executado com uma qualidade superior, rapidez, segurança e um custo menor que um trabalho não planejado (KARDEC, 2009; VIANA, 2009).

Segundo Siqueira (2005), a manutenção preventiva é sempre planejada, enquanto a corretiva pode ser planejada e não planejada, que é chamada de manutenção emergencial.

Quanto aos seus objetivos a manutenção pode ser classificada de acordo com as atitudes dos usuários em relação as falhas (SIQUEIRA, 2005). Todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em falha, é classificada como manutenção preventiva. Não existe manutenção corretiva para reparar defeitos. Mas existe uma dificuldade muito grande em diferenciar “falha” de “defeito”, e isso estabelece uma área cinzenta entre a definição de manutenção corretiva e a definição de manutenção preventiva (BRANCO FILHO, 2008).

2.9.1 Manutenção Corretiva

Para Neponuceno (1999), a manutenção que visa substituir peças ou componentes que se desgastaram, gerando uma parada, por falha ou pane, é ordinariamente chamada de Manutenção Corretiva. Conseqüentemente, parte substancial do esforço de manutenção em geral é desperdiçada na execução da manutenção corretiva (DHILLON, 2002).

A Manutenção Corretiva é realizada em máquinas para correção de anomalias, classificadas como falhas, panes ou quebras, ou seja, quando o equipamento não desempenha a função para a qual foi projetado (BRANCO FILHO (2006).

Normalmente, a manutenção corretiva é uma ação não programada, basicamente composta por necessidades de manutenção imprevisíveis que não podem ser planejadas e programadas (DHILLON, 2002). Alguns especialistas classificam a manutenção corretiva como emergencial e planejada.

Se a manutenção deve ser realizada imediatamente, para evitar conseqüências ao sistema produtivo, é chamada de manutenção corretiva emergencial (BRANCO FILHO, 2008; VIANA, 2009). Geralmente este tipo de manutenção implica em altos custos, devido às perdas de produção, qualidade e ainda pode gerar uma extensão de danos ao equipamento (KARDEC, 2009).

Caso a manutenção seja executada a uma data posterior a detecção, será uma manutenção corretiva planejada. Kardec (2009) define a manutenção corretiva planejada como atividades para a correção do desempenho inferior ao esperado ou correção da falha por decisão gerencial.

Se não considerarmos as perdas produtivas, a manutenção corretiva é mais barata (XENOS, 2004). Mas se aplicada em grande quantidade e sem análise, é cara, pois onera a empresa em tempos de parada grande e custosos. Além de fazer com que as máquinas falhem no momento mais inoportuno, causando o mau uso dos recursos de produção e de manutenção (BRANCO FILHO, 2008).

Pereira (2009) defende que uma estrutura de gestão organizada pode aplicar a manutenção corretiva, sem comprometer seus resultados. Mas devem ser direcionadas para equipamentos de fácil manutenção, ou seja, reparo rápido, e em ativos que possuem equipamentos reservas.

Mesmo que por decisão gerencial, a manutenção corretiva seja selecionada para algumas partes menos críticas dos equipamentos, é preciso prever os recursos necessários para a redução dos impactos das falhas e ainda identificar suas causas raízes para evitar sua recorrência (XENOS, 2004).

2.9.2 Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva é a intervenção executada em equipamentos que ainda executam as suas funções, ou seja, em condições operacionais e dentro de suas especificações (BRANCO FILHO, 2006). A manutenção Preventiva pode ser descrita como as atividades de manutenção que tem o objetivo de manter o equipamento e as instalações em um estado satisfatório para a produção (SULLIVAN et al., 2004).

A manutenção que visa a correção de defeitos, programada e planejada, em uma peça ou componente, que não impossibilite que o equipamento desempenhe a sua função principal e algumas de suas funções secundárias, deve ser enquadrada como preventiva. Quando um equipamento pode ser mantido em serviço, mas não satisfaz a totalidade de suas funções, a definição do tipo de manutenção fica entre corretiva e a preventiva (BRANCO FILHO, 2008).

Para Xenos, 2004, a Manutenção Preventiva deve ser executada frequentemente e deve ser a principal atividade de manutenção de qualquer empresa. Ela é mais onerosa, devido a troca de componentes antes do final de sua vida útil. Em contra partida o número de falhas é reduzido e a produtividade aumentada, representando um custo menor que o da corretiva.

A manutenção preventiva reduz as panes inesperadas, melhorando o controle sobre o funcionamento dos equipamentos e aumenta a autoestima da equipe (VIANA, 2009).

Alguns dos principais objetivos da manutenção preventiva são: melhorar o equipamento em sua vida produtiva, reduzir as quebras de equipamentos críticos, otimização do planejamento e programação de trabalhos de manutenção, minimizar as perdas de produção devido a falhas em equipamento, e promover a saúde e a segurança do pessoal de manutenção (SULLIVAN et al., 2004).

A manutenção preventiva é estruturada em ações sistemáticas, baseadas em um cronograma que detecta, impede ou minimiza a degradação de um componente

ou sistema com o objetivo de sustentar ou ampliar sua vida útil (SULLIVAN et al., 2004). Estas ações sistêmicas de manutenção preventiva podem ser representadas na figura 05 abaixo.



Figura 06 – Ações da Manutenção Preventiva
Fonte: Adaptado de Sullivan et al., (2004)

Estas intervenções são programadas em um equipamento ou sistema através da sua criticidade e recomendações definidas pelo fabricante (VIERRI, 2007). O fabricante é o detentor dos conhecimentos e recomendações para garantir o bom funcionamento do equipamento (BRANCO FILHO, 2006). Já Kardec (2009), afirma que os fabricantes nem sempre fornecem com precisão os dados necessários para executar os planos de manutenção preventiva.

Se estas atividades forem executadas pelos operadores, visando reduzir o desgaste e a degradação dos equipamentos também poderão ser consideradas manutenção preventiva (XENOS, 2004).

A seleção da manutenção preventiva será mais conveniente quando a intervenção for mais simples e os custos e as consequências da falha forem maiores. Os inconvenientes da manutenção preventiva é a inclusão de defeitos nos equipamentos em função da intervenção: falha humana, falha nos sobressalentes, contaminações, falhas nos procedimentos e danos durante a partida e paradas (KARDEC, 2009).

Branco Filho, (2008), defende que a maior desvantagem da preventiva é a financeira, pelo uso demasiado de recursos humanos e sobressalentes, mas que pode ser evitada com o apoio de outras técnicas como o TPM e o MCC.

2.9.2.1 Manutenção Preventiva Baseada no Tempo

São atividades sistêmicas realizadas em máquinas que estejam em condições operacionais, seja por tempo transcorrido, seja por quilômetros rodados ou qualquer outra variável (BRANCO FILHO, 2008).

Estas atividades somente serão eficazes se existir uma relação entre a idade do componente e sua probabilidade de falha. Com base na vida útil do componente é possível determinar um intervalo de tempo fixo para as ações preventivas. Estas ações são executadas independentemente do estado do componente, uma vez atingido o tempo de vida estimado, conforme indicado na faixa da vida útil da figura 07 (XENOS, 2004).

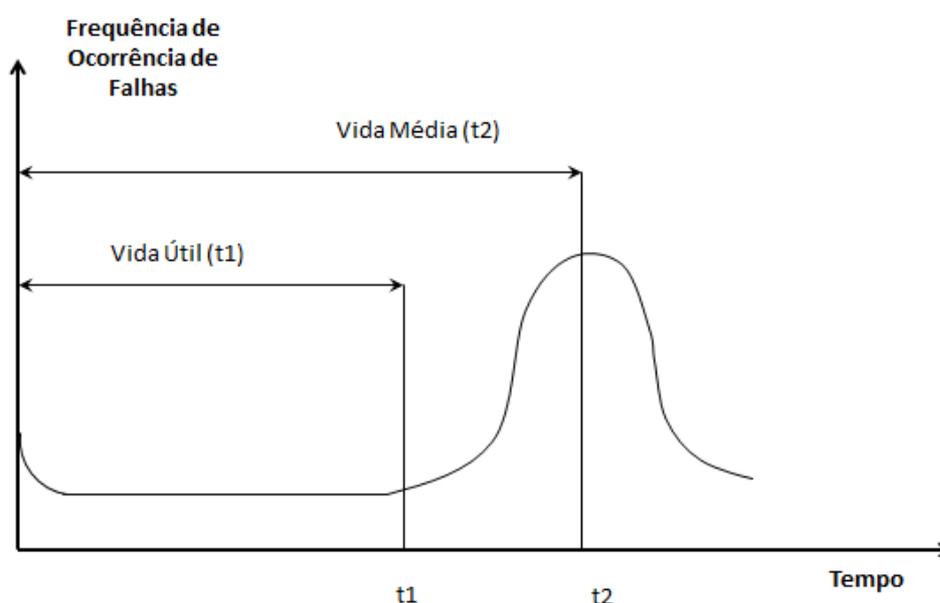


Figura 07 – Desgaste de um Equipamento
Fonte: Adaptado de Xenos, (2004)

Existem materiais cuja resistência é reduzida pela deterioração natural, fadiga, abrasão ou corrosão. É óbvio que o intervalo da manutenção tem que ser menor que a vida útil do componente (XENOS, 2004). As condições ambientais e operacionais também influem diretamente na degradação dos equipamentos e o intervalo de manutenção deve ser definido conforme as particularidades de cada planta industrial (VIANA, 2009).

2.9.2.2 Manutenção Preventiva Baseada na Condição

É feita na proximidade da falha ou no momento mais adequado, considerando outros requisitos operacionais (BRANCO FILHO, 2006). São atividades com base nos resultados de inspeções periódicas quantitativas, que são executadas através da medição de parâmetros visando monitorar a degradação e detectar os sinais da falha. Normalmente é conhecida como manutenção preditiva e será mais eficiente quando existir parâmetros mensuráveis com seus valores limites (XENOS, 2004).

Comparando as atividades baseadas na condição e por tempo, a troca periódica será mais cara, pois parte da vida útil do componente esta sendo jogada fora (XENOS, 2004).

2.9.2.3 Revisões Periódicas (Overhaul)

A Reforma periódica, também conhecida como *overhaul*, tem o objetivo de retrabalhar os componentes dos equipamentos que atingiram um determinado período de tempo, restaurando o componente a sua condição original para desempenhar adequadamente suas funções requeridas (XENOS, 2004).

São realizadas revisões periódicas de grandes equipamentos, visando aumentar a confiabilidade utilizando o conceito da curva da banheira. Este método normalmente é pouco eficiente, introduzindo muitas falhas, pois são baseados em processos pouco analíticos, gerando altos custos e baixos resultados (SIQUEIRA 2005).

2.9.2.4 Manutenção Oportunista

Também conhecida como Manutenção por ocasião, tem o objetivo de aproveitar o tempo de parada de um equipamento, independentemente do motivo, para realizar atividades de manutenção (VIANA, 2009; TAKAHASHI, 2000; VIANA, 2009). A chave para garantir o sucesso desta prática é estar preparado. (TAKAHASHI, 2000). Segundo Vieri (2007), antes da execução da manutenção preventiva deve-se considerar a última data da intervenção, a necessidade de operação, o tempo previsto e disponibilidade de recursos.

2.9.2.5 Manutenção Detectiva

Segundo Xenos (2004), as atividades que visam detectar as falhas ocultas através de testes nos equipamentos podem ser classificadas como uma atividade de inspeção. Ela tem o objetivo de identificar falhas ocultas em sistemas de proteção, que não são perceptíveis pela manutenção e operação. A identificação de falhas ocultas é essencial para garantir a confiabilidade de sistemas e equipamentos (KARDEC, 2009).

2.9.2.6 Prevenção da Manutenção

São atividades conduzidas em parceria com o fabricante do equipamento, desde a fase de projeto, que visam à redução do volume dos trabalhos de manutenção durante a operação do equipamento. Este método permite aumentar a confiabilidade e manutenibilidade de equipamentos novos, reduzindo o volume de trabalho da manutenção durante a fase de operação. Durante este projeto deve-se considerar os aspectos da produção e manutenção, incorporando o conhecimento e experiência acumulados ao longo dos anos em equipamentos similares existentes na empresa (XENOS, 2004).

Os conceitos da Prevenção da Manutenção são semelhantes aos conceitos da Terotecnologia. Segundo Tavares (2005), ela consiste na participação de operadores na fase de concepção de projetos para aumentar a manutenibilidade dos equipamentos. Ela deve permitir que a manutenção exija dos fabricantes melhorias na aquisição de novos equipamentos, como a solução de problemas detectados, disponibilidade de catálogos, manutenibilidade e rendimento operacional (PEREIRA, 2009).

2.9.2.7 Manutenção Sensitiva ou Inspeção

As inspeções formam uma fatia muito importante das ações preventivas. Elas podem ser executadas por operadores e manutentores de forma simples, contribuindo efetivamente para a identificação de defeitos que poderão gerar falhas nos equipamentos. As formas mais simples para executar a manutenção sensitiva, são os sentidos humanos, como: visão, tato, olfato e audição. Apesar de muito úteis, essas atividades preventivas são insuficientes, pois os sentidos humanos são muito

subjetivos e os resultados variam muito, e dificulta o estabelecimento de padrões (XENOS, 2004).

2.9.3 O Melhor Método de Manutenção

O melhor tipo de manutenção é a aplicação de todos os métodos disponíveis, seja por uso, por quebra ou por condição, devidamente balanceadas para cada caso, considerando a sensibilidade de seus gestores (BRANCO FILHO, 2006; TAVARES, 2005).

Todas as políticas e métodos têm suas vantagens e desvantagens, no entanto, em um mesmo equipamento pode-se aplicar a manutenção corretiva em partes menos críticas da máquina, em outras a preventiva e nas restantes a preditiva. Este arranjo vai depender da relação entre o custo da manutenção e o custo da falha. Combinado ainda a natureza e a criticidade do equipamento para a produção (XENOS, 2004). Segundo Viana (2009), Sharma et al. (2011) e Kardec (2009), a seleção do melhor tipo de manutenção envolve muitas variáveis e deve ser baseada nos seguintes fatores:

- Recomendação do Fabricante;
- Segurança do Trabalho e Meio Ambiente;
- Característica do equipamento;
- Custo de manutenção;
- Na Importância dos equipamentos;
- Na oportunidade

Independentemente do tipo da manutenção selecionada para o equipamento, o procedimento básico é o mesmo: é preciso girar o ciclo PDCA para aumentar a eficácia do reparo, além de buscar exaustivamente a causa fundamental da falha para evitar ou minimizar seus efeitos (XENOS, 2004; SHARMA et al. 2011).

2.10 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Como na manutenção existe uma grande quantidade de pequenos reparos, corre-se o risco de esquecer dos equipamentos que estão funcionando bem, lembrando deles somente quando falhar (BRANCO FILHO, 2008).

Para que a manutenção dos equipamentos de uma empresa seja eficiente, deve ter todos os seus trabalhos planejados e programados. Onde as atividades que

estão sendo executadas devem ser controladas e supervisionadas, para que ao final das atividades possa ser verificado se tudo ocorreu conforme o planejado (BRANCO FILHO, 2006; VIANA, 2009).

Segundo Neponuceno, (1999), a base de sustentação na Organização da manutenção é o plano de manutenção, devidamente estudado, levando em consideração os mínimos detalhes da organização que esta inserida. Para Xenos (2004), um plano de manutenção consiste em um conjunto das ações preventivas dos equipamentos para evitar as falhas e garantir o bom funcionamento do equipamento. Quanto melhor for o conhecimento dos equipamentos, melhor será o plano. Viana (2009), divide os planos de manutenção em cinco categorias:

- Plano de inspeção visual
- Roteiros de Lubrificação
- Monitoramento das características dos equipamentos
- Manutenção de troca de itens de desgaste;
- Plano de intervenção preventiva.

O Programa de Planejamento e Controle de Manutenção tem a premissa de obter o método mais eficiente no melhor momento para intervir nos equipamentos e instalações (BRANCO FILHO, 2008). Segundo Kardec (2009), para determinar a ação preventiva mais adequada, deve-se observar as curvas da falha, as consequências dos modos de falha, o custo da falha em relação à preventiva e o efeito sobre a confiabilidade. O plano de manutenção deve ser elaborado pelas recomendações do fabricante e pela experiência acumulada sobre os equipamentos, devendo ser constantemente analisada e revisada (XENOS, 2004).

Nestes planos serão inseridos as políticas de manutenção mais adequadas, para se obter a melhor relação do custo x benefício para cada tipo de equipamento. Para Xenos (2004), este plano deve ser revisado e melhorado constantemente, em que podem ser obtidos os seguintes benefícios:

- Aumenta a capacidade de treinamento de novos funcionários;
- Torna possível a transferência de tarefas simples de manutenção;
- Aumenta a confiabilidade em suas ações;
- Permite uma melhor compreensão das dificuldades da execução das atividades;

- Permite o acúmulo do domínio tecnológico sobre a manutenção dos equipamentos;
- Contribui para otimizar o planejamento e os custos de manutenção;

As principais causas do insucesso do planejamento e controle da manutenção dependem de alguns itens que devem ser observados: (TAVARES, 2005; PEREIRA, 2009).

- Duplicidade de atribuições;
- Descrição da tarefa solicitada não estava clara;
- O planejador não está qualificado e preparado para o cargo;
- Planejador negligente;
- Tempo insuficiente para programação e execução;
- Plano de manutenção inadequado;
- Falta de ferramental adequado;
- Mau uso da disponibilidade dos equipamentos para a execução da manutenção preventiva.

Os planos de manutenção são gerados automaticamente em função da faixa de tempo e faixa de utilização. Para isso existe a Ordem de Serviço (OS), que define o trabalho a ser executado pelo mantenedor através de um documento eletrônico ou impresso.

A OS é o documento básico para o registro da prestação dos serviços de manutenção. Este tópico será examinado dentro da ótica da Qualidade Total, usando a ferramenta chamada “5W 1H”, onde os 5W significam: “*why*” (porque), “*where*” (onde), “*who*” (quem), “*what*” (o que) e “*when*” (quando), e onde o “H” significa “*how*” (como). Deste modo, para cumprir o que foi escrito acima, uma ordem de serviço deverá explicitar, sempre, o que deve ser feito (*what*), onde será feito (*where*), como será feito (*how*), quando será feito (*when*) e por quem será feito (*who*) (BRANCO FILHO, 2008).

Desta forma é possível identificar quais serviços serão executados, quando serão executados, que recursos serão necessários, quanto tempo será gasto para a execução, quais serão os custos, que materiais e dispositivos serão necessários. Isso possibilitará o nivelamento de recursos, com priorização adequada, e ainda, formação de histórico (KARDEC, 2009).

A OS é o documento fundamental para a coleta de informações de manutenção. Ela deve ser usada para produzir relatórios, que proporcionará uma gestão com as informações necessárias para controlar as variáveis da manutenção (WIREMAN, 2003).

Todas as informações referentes aos serviços devem ser inseridas em um banco de dados organizado, que permita realizar uma pesquisa por data, equipamento, causa, sintoma e intervenção. Com essas informações é possível analisar e acompanhá-los para tomar decisões e melhorar os indicadores da manutenção (VIANA, 2009).

2.11 INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicadores são dados estatísticos relativos a um processo de manutenção que se deseja controlar, com o estabelecimento de metas e padrões. Grande parte dos problemas de manutenção envolvem variáveis probabilísticas. E a partir da análise destes dados, pode-se observar que os equipamentos seguem um padrão de comportamento (BRANCO FILHO, 2006). Segundo Ishikawa (1993), não se pode melhorar aquilo que não se mede. Branco Filho (2006) complementa que os indicadores também são utilizados para facilitar comparações e Benchmarking entre as empresas (BRANCO FILHO, 2006).

Cabral (1998) e Parida e Kumar (2009) definem o indicador de manutenção como uma grandeza que fornece indicações sobre a manutenção sem exprimir nenhuma verdade absoluta. Eles expressam conceitos cuja aplicação prática exige a sua flexibilização e aplicação prática na gestão. Eles definem a medição de desempenho da manutenção como a espinha dorsal da gestão estratégica.

Para Tavares (2005) e Parida e Kumar (2009) os indicadores tem a função de:

- Apoiar a tomada de decisões;
- Avaliar a situação atual;
- Comparar o desempenho em anos diferentes;
- Avaliar os benefícios de um tipo de manutenção;
- Avaliar o orçamento de manutenção;
- Auxiliar na identificação de problemas;
- Preencher as lacunas entre o estado inicial e futuro;

A aplicação de excesso de indicadores podem atrapalhar o processo de monitoramento do desempenho (PEREIRA, 2009). Para Vierra (2007), um número muito grande de indicadores de desempenho pode desmotivar. É fundamental um selecionar e acompanhar periodicamente estes indicadores, para nortear as estratégias da manutenção e tangir sua rotina diária, verificando se os resultados estão alinhados com os objetivos e metas estabelecidas (VIANA, 2009; KARDEC, 2002).

2.11.1 Backlog

Backlog é o tempo que a equipe de manutenção precisa para executar todos os serviços pendentes, considerando que não cheguem novos pedidos de serviço durante a execução destes serviços (BRANCO FILHO 2006). O valor usual para este indicador nas indústrias brasileiras pode variar entre 10 a 30 dias, e sugere-se 15 dias como meta a ser atingida (VIERRI, 2007).

Segundo Vierra (2007) este indicador fornece o indicativo se o efetivo está corretamente dimensionado e se a velocidade de atendimento está adequada. Para Mirshawaka (1994), a mão de obra diretamente ligada à manutenção não poderá ser alterada, tanto reduzida como aumentada, se não obter números sobre o *backlog*.

Este índice pode ser obtido por especialidades, setores e funcionários, e permitindo assim a determinação de gargalos e nivelamento de recursos (VIANA, 2009).

2.11.2 Tempo Médio Entre Falhas – MTBF

Para Tavares (2005), O MTBF, ou *Mean Time Between Failure* ou Tempo Médio entre falhas é a relação entre o produto do número de itens para seus tempos de operação e o número total de falhas nestes itens, no período observado. O MTBF mede o tempo de funcionamento até a constatação da próxima pane (PEREIRA, 2009). Ele monitora o comportamento dos equipamentos em função das ações mantenedoras. O objetivo é aumentar esse indicador, pois é um sinal positivo de que as quebras foram reduzidas (VIANA, 2009). A figura abaixo demonstra o comportamento do tempo entre as falhas (TEF), em que será a soma do tempo para o reparo (TPR) com o Tempo para a falha (TPF).

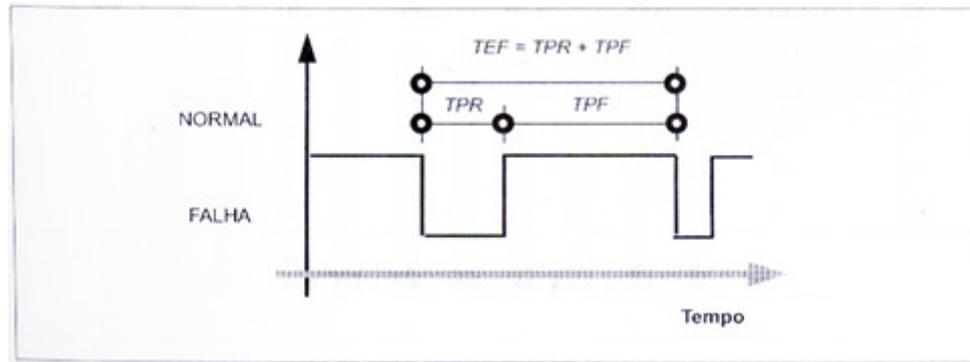


Figura 08: Tempo Médio entre Falhas
Fonte: Lafraia (2001)

Este indicador deve ser utilizado para períodos longos de análise, nunca menos de 1 ano, pois, em termos de gestão, se não houver avarias não há indicador; se só existir uma avaria no período também não há indicador; e se existirem duas avarias é um indicador pouco expressivo (CABRAL, 1998). À medida que aumenta o tempo de avaliação, maior será a chance da falha ocorrer (PEREIRA, 2009).

Para Cabral (1998), o MTBF é aproximadamente igual ao inverso da Taxa de Avarias:

$$\text{MTBF} \approx 1/\lambda$$

O tempo médio entre falhas é calculado pela relação entre os tempos das falhas verificadas em um período pela quantidade de intervenções (KARDEC, 2009). O MTBF pode ser calculada pela fórmula abaixo:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{TS} - \sum \text{TR}_i}{\text{Nav}}$$

Em que:

- TS = Tempo decorrente entre a data de início da primeira avaria e a data início da última avaria
- TR_i = Tempos de reparação no período (soma todos menos o último)
- Nav = Número de avarias no período de análise

No caso de componentes não reparáveis, deve-se aplicar o Tempo médio para a falha (MTPF), pois a falha ocorrerá apenas uma vez (VIANA, 2009).

2.11.3 Tempo Médio entre Reparos – MTTR

O MTTR é o tempo médio de reparação de avarias, em inglês significa: *Mean Time to Repair*. Esse índice indicará quanto os reparos corretivos são impactantes para a produção (VIANA, 2009). Para efetuar o cálculo são considerados os tempos de compras de materiais, medições, construção de peças, etc (PEREIRA, 2009).

O MTTR é o tempo médio de reparação de avarias, tem as limitações apontadas para o MTBF, isto é, se não existirem avarias, logo, não há indicador (CABRAL, 1998). O MTTR pode ser calculada pela fórmula abaixo:

$$\text{TMPR ou MTTR} = \frac{\sum \text{TRi}}{\text{Nav}}$$

Em que:

- TRi = Tempos de reparação de todos os equipamentos do conjunto no período;
- Nav = Número de avarias em todos os equipamentos no período de análise;

2.11.4 Disponibilidade

A disponibilidade é definida como a confiança de que um componente ou sistema que sofreu manutenção exerça sua função requerida em um período de tempo, considerando a confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção (KARDEC, 2002).

O conceito de disponibilidade indica a proporção do tempo total em relação ao tempo que o equipamento está disponível para o cumprimento de suas funções requeridas (NEPOMUCENO, 1999). Para Vierrri (2007), isso torna a disponibilidade o indicador mais importante, pois a função da manutenção é proporcionar a continuidade operacional.

Segundo Kardec (2009), a disponibilidade pode ser classificada em disponibilidade operacional é calculada pela formula abaixo:

- Disponibilidade Operacional (%) = $\frac{\text{TMEM}}{\text{TMEM} + \text{TMP}} \times 100$
 - TMP – Tempo médio de paralisações (em inglês MDT – Mean Down Time),

- TMEM = Tempo Médio entre manutenções (em inglês MTBM – Mean Time Between Maintenance).

2.11.5 Confiabilidade

Segundo Slack et al. (2009), produtos e serviços confiáveis são formas de propiciar vantagem competitiva nas empresas. Para a manutenção, a norma brasileira NBR 5462-1994, define a confiabilidade de um item como a probabilidade de que este item desempenhe a função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições definidas de uso.

Para Neponuceno (1999), Kardec (2009), Dhillon (2002) e Monchy (1989) a Confiabilidade é a probabilidade de que um item irá executar sua missão de forma satisfatória em um determinado período de tempo, quando utilizado nas condições especificadas. Para determinar a confiabilidade de um equipamento devem ser consideradas as confiabilidades de todos os componentes. Sendo assim, a confiabilidade do sistema é menor que a média, e com base na teoria da confiabilidade, ela será menor do que a confiabilidade do componente menos confiável.

Sob o ponto de vista da confiabilidade, a manutenção tem o objetivo de garantir que um equipamento ou sistema exerça as funções que foram projetadas. A ênfase é de selecionar o tipo de manutenção mais adequado para manter a máquina operando, ao invés de tentar restaurá-lo a uma condição ideal (KARDEC, 2009; MONCHY, 1989). Ela pode ser calculada pela expressão:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Onde:

$R(t)$ = Confiabilidade a qualquer tempo t ;

E = base dos logaritmos neperianos ($e= 2,718$);

λ = base de falhas (número total de falhas por período de operação);

t = tempo previsto de operação.

2.11.6 Taxa de Falha

Kardec (2009) define a taxa de falhas como: “a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições definidas de uso durante um intervalo de tempo estabelecido”. É definida como o número de falhas por unidade de tempo.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Número de horas de operação}}$$

2.11.7 Indicadores Financeiros

Para estabelecer os custos de manutenção devem-se observar os custos da mão de obra, dos materiais, da contratação de serviços externos, a depreciação e perda do faturamento envolvidas em suas atividades (VIANA, 2009).

O Custo total de manutenção não pode ser analisado isoladamente, deve-se estabelecer uma relação com a disponibilidade. Este indicador pode variar de 2 a 10%, mas em plantas de alto desempenho poder ter o custo de 2,5% do faturamento bruto, como o caso do ramo petróleo e petroquímico (VIERRI, 2007).

Hoje existe uma grande quantidade de índices de custo, mas de um modo geral, nenhuma empresa irá usar todos. Na realidade, dentro de sua estratégia de gerenciamento, deve se escolher alguns indicadores de custo para auxiliar no entendimento da situação atual e nortear a direção a seguir, dentro de suas metas. (BRANCO FILHO, 2006; TAVARES 2005).

3. AS MELHORES PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

O objetivo principal da manutenção é manter a máxima disponibilidade operacional ao menor custo, e para atingi-lo deve-se aplicar técnicas, métodos e metodologias científicas (VIERRI, 2007). Estas práticas são os caminhos estratégicos para implementar um plano de ação com o planejamento futuro, e são conhecidas como as melhores práticas ou *Best Practices*.

Segundo Kardec (2009) as melhores práticas devem ser adequadas para cada tipo de organização. Não existe uma organização melhor que outra, ela deve ser elaborada e desenvolvida de acordo com as características e especificidades das instalações e equipamentos (NEPOMUCENO, 1999).

Para Tavares (2005), o sucesso destas práticas depende diretamente das pessoas. Essas práticas não terão sucesso se não forem implantadas com a participação de todos os setores da organização, com o treinamento e envolvimento das pessoas (KARDEC, 2009).

Segundo Kardec (2009) e Wireman (2003), Nascif e Dorigo (2005), Tsang (2002), as melhores práticas, são as que apresentam resultados superiores e atualmente podem ser descritas em:

- Análise de falhas;
- Auditoria;
- Benchmarking;
- Gerenciamento de custos;
- Gerenciamento de estoques;
- Melhoria Contínua;
- Engenharia de Manutenção;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção Preditiva;
- Informatização da Manutenção;
- Padronização;
- Polivalência;
- Gerenciamento da Qualidade;
- TPM – Manutenção Produtiva Total;

- Terceirização;
- Qualificação do pessoal;
- MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade;
- 5s.

3.1 ANÁLISE DE FALHAS

São ferramentas gráficas que permitem identificar e concentrar os recursos nas perdas mais críticas. (PEREIRA, 2009)

Segundo Kardec (2009), a análise de falhas é uma prática de manutenção consagrada, pois a ênfase da manutenção deve ser na solução de problemas, e não em trabalhar. Muitas vezes a manutenção realiza intervenções sem levantar a causa raiz do problema, desta forma, apenas os sintomas serão removidos. Como a causa fundamental da falha não foi descoberta, a anomalia retorna, consumindo recursos e reduzindo a disponibilidade.

Segundo Ishikawa (1993), a análise de falhas permite identificar as causas dos problemas para eliminá-lo de forma definitiva. Para Vieri, (2007), não se deve admitir o reparo sem a procura da causa básica e medidas para evitar sua repetição. Ireson (1996) defende que a chave da melhoria da qualidade e confiabilidade é simples: Localizar e eliminar (ou minimizar) as causas das falhas.

Um sistema de tratamento de falhas deve seguir um fluxo, iniciando com a detecção e a correção da falha, sistematizando uma análise e o estabelecimento de contramedidas para bloquear as causas fundamentais da falha. Estas ações devem ser planejadas e acompanhadas. Os registros das falhas podem servir para identificar falhas crônicas e definir projetos com metas para atacá-los (XENOS, 2004).

A análise das falhas pode ser realizada depois que a falha ocorre, o que permite acumular uma grande quantidade de dados e informações para relacionar as causas com os efeitos (NEPOMUCENO, 1999). Análise de Falhas possui duas linhas de análise para identificar as falhas e reduzir seus efeitos: a falha por quebra de componente e falha por erro humano. A falha por quebra é mais evidente e a falha humana é difícil de gerar ações eficazes (PEREIRA, 2009). A dificuldade em identificar a causa básica reside no fato da dificuldade em relacionar a causa com o

efeito do problema. A ausência de uma análise sistemática aumenta ainda mais essa dificuldade. (KARDEC, 2009).

3.1.1 Metodologia de Análise e Solução de Problemas - MASP

O MASP é uma excelente ferramenta para praticar a análise de falhas. É conhecido pelos japoneses como *QC Story* (CAMPOS, 1994).

A metodologia deste processo de análise é baseada no método criado por Edwards Deming (1990), conhecido como ciclo PDCA. O ciclo PDCA - *Plan* (Planejar); *Do* (Executar); *Check* (Checar); *Action* (Agir Corretivamente).

Segundo Werkema (1995), o MASP, também denominado como ciclo PDCA de melhorias, consiste em uma sequência de procedimentos racionais, baseada em fatos e dados, que visa levantar a causa fundamental de um problema para combatê-lo e eliminá-lo.

o MASP é uma ferramenta aplicada de forma sistemática contra uma situação insatisfatória ou para atingimento de um objetivo de melhoria estabelecido. Estas situações são identificadas, eliminadas ou melhoradas, através de etapas pré-determinadas, com base no ciclo PDCA (ARIOLI, 1998).

O quadro 01 apresenta todas as etapas deste processo, tomando por base no PDCA, onde deve ser inserido num ciclo de melhoria contínua. Desta forma Oliveira (2008), observou que na aplicação da MASP muitas são as ferramentas que podem ser utilizadas neste processo: análise de pareto, listas de verificação, 5W 2H, diagrama de causa e efeito (ou Diagrama de Ishikawa), gráficos, diagrama de dispersão, fluxogramas, Brainstorming, diagrama de afinidade e etc.

MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS - "QC STORY".			
PDCA	FLUXO-GRAMA	FASE	OBJETIVO
P	①	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua importância.
	②	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	③	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	④	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	⑤	Execução	Bloquear as causas fundamentais.
C	⑥	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	?	(Bloqueio foi efetivo?)	
A	⑦	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	⑧	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Quadro 1 - Etapas do MASP

Fonte: CAMPOS, (2004).

Os problemas podem ser definidos como uma anomalia indesejável nos processos produtivos. Isso é extremamente prejudicial para qualquer ambiente produtivo, pois estas perdas somadas a outras oneram em grandes custos para uma empresa. Desta forma o MASP surge com um objetivo principal: eliminar a possibilidade de reincidência de uma determinada anomalia, agindo sempre de acordo com a filosofia da melhoria contínua (CAMPOS, 2004).

Arioli (1998), afirma que o MASP funciona como uma ferramenta eficiente para gerar as melhorias, envolvendo um grupo de pessoas para tomar decisões, visando à qualidade dos produtos e serviços. Já para Sampara (2009), o objetivo do MASP é elevar a probabilidade de solucionar um problema, onde a solução é um processo que segue uma seqüência lógica e racional.

Segundo Ferreira (2010), este método, para ser implantado, deve seguir várias etapas, são elas: identificação do problema, observação, análise, planejamento da ação, ação, verificação, padronização e conclusão. Ao seguir por todas as fases do ciclo PDCA, através das ferramentas da qualidade, o sistema de produção atinge um nível de qualidade superior, onde o surgimento de novos problemas será encarado como oportunidades de melhorias (TUBINO, 2009).

Cada etapa, para ser executada, necessita de uma ou mais ferramentas da qualidade e de um grupo de pessoas inseridos em um projeto de trabalho com um

objetivo de atingir uma meta. Neste contexto, Corrêa (2004) afirma que o fundamental é ter pessoas capacitadas e envolvidas, pois as ferramentas da qualidade apenas apoiam e auxiliam na tomada das decisões.

3.1.2 Failure Mode and Effects Analysis - FMEA

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da norma NBR 5462 (1994), adota a sigla FMEA originária do inglês (*Failure Mode and Effects Analysis*). Ainda, segundo a norma, o FMEA é um método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falhas que podem existir para cada item, e a determinação dos efeitos de cada modo de falha sobre os outros itens e sobre a função específica do conjunto (NBR 5462, 1994).

Segundo Pereira (2009), o objetivo do FMEA é de antecipar os potenciais de falha dos equipamentos e recomendar ações corretivas para eliminar ou amenizar seus efeitos. Já para Viana (2009) tem o objetivo de prevenir falhas indesejadas em processos e produtos, possibilitando prevenir estes inconvenientes. Será possível determinar os modos de falhas e suas consequências, indicando sua criticidade.

Zambrano (2007) e Cenelec (2006) afirmam que o FMEA é um grupo de atividades sistêmicas destinadas a:

- Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto / processo e seus efeitos.
- Identificar ações que poderiam eliminar ou reduzir a chance da ocorrência da falha potencial.
- Documentar o processo.

Posteriormente, deve-se analisar se as ações recomendadas diminuíram a probabilidade de ocorrência da falha. Desta forma, a constante aplicação do FMEA resultará na melhoria contínua da organização (ZAMBRANO, 2007).

Kardec (2009) afirma que o FMEA parte da causa para chegar ao efeito, identificando e priorizando as falhas potenciais dos equipamentos. Devem-se formar grupos multidisciplinares, quanto mais pessoas envolvidas, mais preciso será o resultado. Desta forma, o autor estabelece uma sequência lógica de trabalho:

- Isolar e descrever o modo da falha potencial;
- Descrever o efeito potencial da falha;
- Determinar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha;

- Determinar o número da prioridade do Risco;
- Desenvolver planos de ação para eliminar ou corrigir o problema potencial.

Para realizar uma análise crítica com aspectos quantitativos, foi criada o FMECA - Análise do modo efeito e criticidade das falhas (KARDEC, 2009). O FMEA é qualitativo e usado em projetos, e o FMECA é composto do FMEA mais a análise crítica. A análise crítica é um método quantitativo que classifica os modos e efeitos dos pontos críticos (TAVARES, 2005).

Para Cenelec (2006), as razões para adoção da Análise de Falhas, seja por Efeitos do Modo de Falha (FMEA) ou Efeitos do Modo de Falha e Análise de Criticidade (FMECA) podem incluir:

- Para identificar as falhas que têm efeitos indesejados sobre o funcionamento do sistema;
- Para satisfazer as exigências contratuais de um cliente, conforme o caso;
- Para permitir a melhoria da confiabilidade e a segurança do sistema;
- Para permitir a melhoria da capacidade de manutenção do sistema.

3.1.3 Root Cause Failure Analysis - RCFA

A Análise da Causa Raiz da Falha – RCFA. É um método sistemático que tem o objetivo de buscar a causa raiz do problema e propor ações apropriadas para evitar sua recorrência. É originário dos “5 porquês” associado ao TPM /TQM.É relativamente simples, e cada etapa deve responder a esta pergunta: Por quê?. É recomendado repetir este processo até que a pergunta não faça mais sentido (KARDEC, 2009).

Márquez et al. (2009) cita que através da aplicação desta metodologia criará uma estratégia para a intervenção imediata nos pontos fracos de maior impacto. O RCFA é realizada uma análise dos fatos que giram em torno do problema (falha ou evento) discutido e, conseqüentemente, sobre a melhor alternativa de resolução.

3.1.4 Fault Tree Analysis – FTA

A análise da árvore de falhas (FTA), do original em inglês *Fault Tree Analysis*, é uma ferramenta consolidada para a obtenção de confiabilidade nas atividades de projeto, segurança de sistemas grandes e complexos e para a melhoria do controle de qualidade. Ela acompanha um defeito do equipamento até o nível de seus

componentes, ou a previsão de falhas eminentes através do uso de diagrama lógicos e gráficos. O método inicia com uma falha, efeito ou evento, desta forma, estrutura-se uma árvore lógica para se obter as combinações de falhas que podem resultar em falhas, em todo o sistema, subsistema, módulo e componente (TAKAHASHI, 2000; LONG et al., 2000; HUANQIU et al, 1998; IRESON, 1996).

Esta árvore de falhas possibilita analisar as falhas de sistemas complexos de maneira simplificada, identificando as maneiras que um equipamento pode falhar e seus efeitos. A elaboração do diagrama tem uma das duas finalidades: Determinar os efeitos finais de uma falha ou determinar as possíveis causas das falhas (NEPOMUCENO, 1999).

3.2 AUDITORIA

Kardec (2002) afirma que a Auditoria é uma ferramenta imprescindível para o gerenciamento da Manutenção. Este instrumento tem o objetivo de avaliar o sistema de gestão além da quantificação de seus indicadores. Este processo contribui para a sobrevivência-em médio prazo, enquanto os indicadores, a curto prazo.

Os processos que são fundamentais para se atingir as metas estabelecidas devem ser auditadas por órgãos internos e externos (PEREIRA, 2009).

Segundo Oliveira e Shibuya (1995), a auditoria é considerada uma função importante dentro do sistema de qualidade, pois é através dela que podemos aferir a eficácia do sistema. Além disso, citam outros objetivos da Auditoria:

- Determinar a conformidade ou não conformidade dos elementos do sistema da qualidade com requisitos especificados;
- Determinar a eficácia do sistema da qualidade implementado no atendimento dos objetivos da qualidade especificados;
- Prover ao auditado oportunidade para melhorar o sistema da qualidade;
- Atender aos requisitos regulamentares;
- Permitir o cadastramento do sistema da qualidade da organização auditada em um registro.

3.3 BENCHMARKING

Benchmarking é uma sistemática que mede e avalia as práticas com padrões de referência na área de manutenção em organizações similares, que podem auxiliar o autoaperfeiçoamento na qualidade e desempenho (TAVARES, 2005; AL-TURKI, 2011). Este processo de identificação, conhecimento e adaptação de práticas e processos eficazes, que são utilizados por outras empresas, tem o objetivo de aprimorar o seu desempenho e nortear uma visão de futuro (KARDEC, 2002).

Wireman (2003), afirma que as oportunidades de benchmarking são descobertas quando uma empresa realiza uma análise das suas políticas e práticas atuais. Para ganhar o máximo de benefícios benchmarking, uma empresa só deve realizar um exercício de benchmarking depois de ter atingido certo nível de maturidade em sua competência central. Sem dados precisos, tempo adequado e uma análise precisa, haverá pouca compreensão do que é necessário para melhorar no processo de manutenção

Ao se estabelecer parcerias com empresas é importante ter um exemplo de sucesso interno para compartilhar com eles. Esta prática exige uma verdadeira parceria, que inclui benefícios mútuos. A etapa final para garantir os benefícios do benchmarking é usar o conhecimento adquirido para fazer alterações. O conhecimento adquirido deve ser detalhado, o suficiente para desenvolver uma análise de custo x benefício para as alterações recomendadas (AL-TURKI, 2011; WIREMAN, 2003).

3.4 GERENCIAMENTO DE CUSTOS

Atualmente para abordar os custos, é preciso conhecer o faturamento e os custos de sua empresa, além do custo de manutenção. O custo de manutenção representou em 2005 cerca de 4,1% do faturamento das empresas. Apesar da importância de se combater os custos de manutenção, é preciso priorizar a confiabilidade e disponibilidade, já que estes representam 95,53% da equação Faturamento X Custo, representada abaixo (KARDEC, 2009).

$$\text{PRODUTIVIDADE} = \frac{\text{FATURAMENTO}}{\text{CUSTOS}}$$

O custo total de manutenção é a soma dos custos da manutenção própria no equipamento e o custo de perda de produção em função do reparo (BRANCO FILHO, 2008). Além dos custos envolvidos com a degradação dos equipamentos, deve-se considerar a segurança das pessoas, instalações e ao meio ambiente (DHILLON, 2002). Kardec (2009) defende que a composição dos custos de manutenção são oriundos do custo da mão de obra própria, custo de serviços terceiros e o custo do material. Para fins de controle os custos de manutenção podem ser classificados em:

- Custos diretos: Representam os custos necessários para manter os equipamentos em operação, como manutenção preditiva e preventiva.
- Custos de Perda de Produção - São os custos causados a produção pela falha do equipamento.
- Custos indiretos: São os custos originados com a estrutura gerencial, administrativa e engenharia de manutenção.

Tavares (2005) afirma que os custos de manutenção são decisivos para que a empresa se mantenha competitiva no mercado. Não basta a gestão da manutenção garantir elevada disponibilidade e confiabilidade sobre os ativos, sem observar os custos. A gestão da manutenção deve ter o principal objetivo de aumentar a receita da empresa. Para isso existem inúmeras técnicas e ferramentas para otimizar estes custos.

A adoção das melhores práticas leva a otimização dos custos. Através da Engenharia de Manutenção na busca da causa fundamental da falha, qualidade nos serviços, qualidade nos sobressalentes e na busca da alta performance. O produto que a operação deseja da manutenção é “Maior Disponibilidade Confiável ao menor custo”. Isso se torna um grande desafio, onde a manutenção deve buscar a região econômica, entre as políticas básicas de manutenção e os custos das perdas da produção, conforme representado na figura 09 abaixo (KARDEC, 2009; CAMPBELL, 2001). Para obter esse ponto ótimo de manutenção, deve-se identificar onde o custo do reparo é menor que o custo da perda de produção, minimizando o custo da falha e do reparo. (TAVARES, 2005).

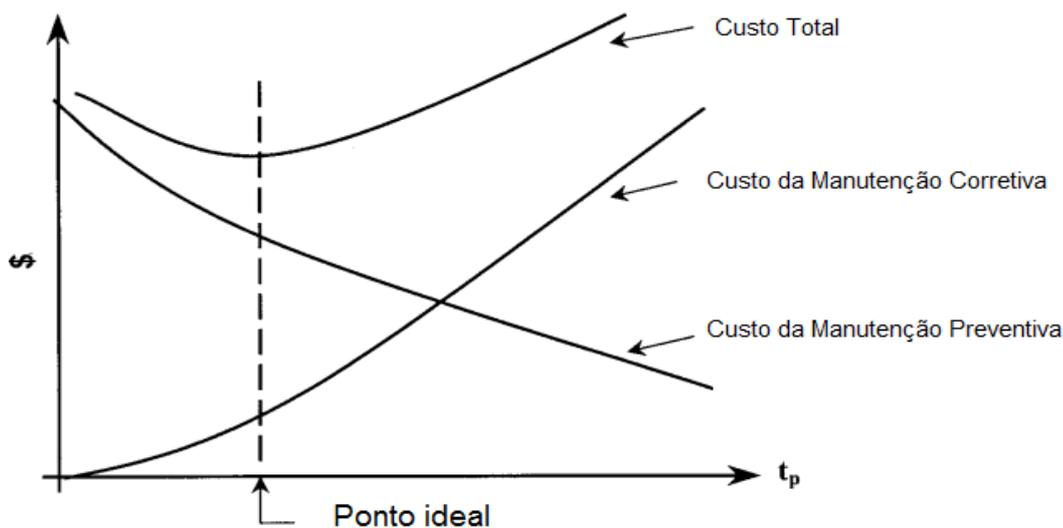


Figura 09: Tempo Médio entre Falhas
Fonte: Adaptado de Campbel (2001)

Segundo Wireman (2003) e Dhillon (2002), a manutenção é tipicamente vista como uma despesa. O Aurélio (1994) informa que “Custo é o que deve ser despendido para se obter algo”. Desta forma Xenos (2004), defende que todas as empresas têm oportunidades para reduzir os custos de manutenção, mas que não podem comprometer a capacidade produtiva da empresa. Kardec (2009), afirma que o excesso de manutenção provoca a substituição de componentes desnecessários e a falta de manutenção provoca a redução da disponibilidade.

Para Branco Filho (2008), o custo dos trabalhos de manutenção é uma consequência de como são executados e de como são planejados e controlados, executados na melhor época, e etc.

O primeiro passo para a administração da manutenção e gerir seus recursos financeiros é fornecer aos setores financeiros informações confiáveis sobre seu fluxo de caixa, desta forma será possível acompanhar os pagamentos de suas operações (TAVARES, 2005).

Wireman (2003), Xenos (2004), Tavares (2005) afirmam que para reduzir os custos da empresa a manutenção deve aumentar a disponibilidade, confiabilidade, qualidade, segurança, praticando as atividades sugeridas.

- Praticar a prevenção da manutenção;
- Informatização do sistema de manutenção;
- Melhorar continuamente os equipamentos;

- Rever as condições de operação;
- Envolvimento entre produção e manutenção;
- Substituir equipamentos velhos por novos;
- Introduzir melhorias no processo de manutenção;
- Padronizar equipamentos, considerar a terceirização;
- Melhorar a qualidade de peças e materiais;
- Evitar estoque excessivo, trabalhar para reduzir as falhas;
- Controlar o orçamento e promover o treinamento
- Identificar dentro dos processos as atividades que não agregam valor;
- Analisar as principais atividades e avaliar o desempenho;
- Identificar as oportunidades.

A manutenção deve ter um orçamento anual para a execução de suas atividades, que deverá ser consumido uniformemente, respeitando a sazonalidade em alguns períodos. Para obter um efetivo controle de custos devem-se separar as atividades por tipo de manutenção. Sendo assim, é possível dividir os custos de manutenção de acordo com a aplicação dos materiais utilizados, custos de manutenção preventiva, custos com manutenção corretiva e o custo com melhorias. (WIREMAM, 2003; XENOS, 2004; TAVARES 2005). Segundo a ABRAMAN (2006), a manutenção Preditiva representa uma melhor relação de custos entre os tipos básicos de manutenção, conforme representado na figura 05 abaixo.

Tipo de manutenção	US\$/HP/Ano	Relação
Corretiva não Planejada	17 a 18	2
Preventiva	11 a 13	1,5
Preditiva + Corretiva Planejada	11 a 13	1

Figura 10: Custos de manutenção
Fonte: Adaptado de Kardec (2009)

3.5 GERENCIAMENTO DE ESTOQUE

Segundo Xenos (2004) e Mirshawka (1994), o gerenciamento do estoque de peças tem uma forte influência nos custos de manutenção e lucratividade da empresa. O dimensionamento incorreto pode gerar grandes prejuízos financeiros para a empresa. Neste processo existe uma relação conflitante nas metas para

aumentar a confiabilidade e de redução do volume peças no estoque. Este estoque deve garantir que as peças estejam disponíveis na hora e quantidade certa. A manutenção deve otimizar seu estoque de sobressalentes, para não comprometer a disponibilidade dos equipamentos e estabelecer um estoque enxuto e econômico (VIANA, 2009).

Para Mirshawka (1994), as boas práticas de manutenção exigem um enfoque bem disciplinado para o gerenciamento de estoque e compras de materiais, pois a eficiência e eficácia da manutenção são dependentes deste controle. Xavier (2008) e Mirshawka (1994), entendem que para se obter condições desejáveis no gerenciamento do estoque deve-se executar as seguintes ações:

- 100% de confiabilidade no controle de estoque;
- Giro do estoque > 1 por ano;
- Eliminação de materiais sem consumo;
- Materiais e sobressalentes em consignação;
- Parcerias estratégicas com fornecedores.

3.6 KAIZEN

O Kaizen, na língua japonesa, significa melhoramento. Segundo Imai (1994), ele tem papel fundamental no sucesso competitivo japonês. O Kaizen é realizado através do resultado de esforços contínuos, e não por grandes mudanças e investimentos. Um melhor entendimento sobre o processo de melhoria contínua, que é a essência do Kaizen, pode ser obtido por meio da compreensão do “Ciclo PDCA” (IMAI, 1994).

A palavra Kaizen aplicada a equipamentos significa melhorá-lo gradativamente e continuamente além de suas especificações originais, através da alteração de sua concepção de projeto e os padrões de operação e manutenção (XENOS, 2004). Na manutenção, o Kaizen é melhorias que visam tornar as atividades e os trabalhos mais eficientes e produtivos com a introdução de novos métodos e técnicas. (BRANCO FILHO, 2008).

Segundo Xenos (2004), atividades de melhorias dos equipamentos têm o objetivo de melhorar as condições e concepções originais de operação, desempenho e confiabilidade. Desta forma, com a aplicação de melhorias técnicas e

gerenciais é possível atingir novos patamares de produtividade. Estas atividades podem resultar na aplicação de peças mais resistentes e componentes mais modernos ou sofisticados. A melhoria é a base para a redução de falhas e volume de manutenção preventiva.

3.7 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

A engenharia de manutenção aplica conhecimentos científicos e empíricos na solução de problemas, permitindo a melhoria e a evolução da manutenção. Ela tem a premissa da melhoria contínua através de estudos, análises de falhas, desenvolvimento de fornecedores de materiais, equipamentos e serviços (VIANA, 2009).

As empresas raramente conseguem aplicar e praticar a Engenharia de Manutenção se não tiver sua rotina estabilizada (NASCIF e DORIGO, 2005). As melhores e mais caras instalações e tecnologias somente serão eficazes se possuírem uma infraestrutura adequada que governe a forma como funcionará no dia a dia (SLACK, 2009).

Para Kardec (2009) e Tavares (2005) a Engenharia de Manutenção deve ser aplicada visando: aumentar a confiabilidade e disponibilidade, melhorar a manutenibilidade, eliminar problemas crônicos, melhorar a capacitação, gerir materiais e sobressalentes, realizar a análise de falhas, elaborar planos de manutenção, acompanhar indicadores e zelar pela documentação técnica, assessorar a compra de novos equipamentos, analisar relatórios, avaliar as técnicas de preditivas, etc.

3.8 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Como os ativos operacionais representam a principal fonte de receita, é relevante considerar a operação como responsável pela integridade dos equipamentos. Se não houver a integração entre os setores de operação e manutenção, estas atividades funcionam isoladamente, causando baixa disponibilidade e confiabilidade (KARDEC, 2002).

Ela pode ser classificada como um tipo de manutenção porque influencia nas decisões sobre as demais políticas de manutenção (VIANA, 2009).

É uma estratégia simples e prática e tem o objetivo de integrar a manutenção e a produção, de modo que os operadores desenvolvam interesse e assumam parte das responsabilidades pelo bom funcionamento dos equipamentos, através de atividades rotineiras de manutenção. Os operadores devem ser treinados com informações básicas sobre o equipamento para executar e participar das atividades da manutenção autônoma (TAKAHASHI, 2000; XENOS, 2004).

Para Tavares (2005) a Manutenção autônoma qualifica o operador para exercer cinco funções básicas de manutenção: limpeza, medição, ajuste, lubrificação, inspeção e pequenos ajustes, através de metodologias e regras bem elaboradas. Além disso, podem ser treinados para executar atividades voltadas para a manutenção do equipamento, contribuindo para aumentar a eficiência dos trabalhos de manutenção. Desta forma, a manutenção deixa de executar atividades mais simples, se concentrando nas atividades mais complexas, em que várias empresas no mundo utilizam pessoas capazes de operar e manter as instalações (XENOS, 2004; KARDEC 2002),

A essência da manutenção autônoma é conquistar o coração do operador e fornecer uma estrutura adequada, considerando a natureza humana, bem como, seus valores, culturas, desejos e limitações e problemas. Ademais, o equipamento é o instrumento de ensino para estabelecer uma nova forma de trabalho e cultura (KARDEC, 2002).

O operador assume responsabilidades sobre o equipamento, com o objetivo de promover a mudança de cultura em seu ambiente de trabalho, estabelecendo o conceito principal de “Deste equipamento, cuido eu”. Desta forma, os operadores devem ser motivados para desenvolver conhecimento e moral, para que estabeleçam um sentimento de satisfação em realizar uma tarefa importante. A manutenção autônoma identifica novos talentos (PEREIRA, 2009; TAKAHASHI, 2000).

O operador não deve atuar isoladamente e todos devem colaborar para criar um ambiente de melhorias contínuas, eliminando perdas, locais de difícil acesso e fontes de sujeira, melhorando e estabelecendo procedimentos. Para aumentar a eficácia destes trabalhos devem ser inseridas melhorias para facilitar estes

trabalhos, como: recursos visuais para a identificação das atividades (PEREIRA, 2009; BRANCO FILHO, 2008).

3.9 MANUTENÇÃO PREDITIVA

É conhecida como Manutenção sob Condição. São as atividades de monitoramento das condições do equipamento pelos seus parâmetros operacionais mensuráveis, através de um acompanhamento sistêmico conforme critérios preestabelecidos (PEREIRA, 2009; BRANCO FILHO, 2008; VIERRI, 2007).

A manutenção Preditiva define quais são os parâmetros que devem ser selecionados em cada equipamento, em função das informações que podem ser geradas pela alteração de parâmetros do estado mecânico de cada componente. (NEPOMUCENO, 1999).

A manutenção Preditiva é aceitável quando o custo da falha é grande e as despesas são menores que os reparos e custos da perda de produção. Ela permite a otimização da troca de componentes, pois permite prever quando a peça está próximo do seu limite de vida. Acaba evitando desmontagens para inspeção e trocas, maximizando a vida útil dos equipamentos. (XENOS, 2004, VIANA, 2009; PEREIRA, 2009).

Para Branco Filho (2008), o uso de bons instrumentos e programas de computador faz com que a manutenção preditiva seja uma das maneiras mais baratas e seguras de conduzir uma política de manutenção. Outro ponto importante é a capacitação técnica da equipe, pois a análise e interpretação correta dos dados são extremamente importantes. (KARDEC, 2009).

Segundo Kardec (2009), para aplicar a Manutenção Preditiva o sistema de manutenção deve analisar os custos envolvidos e estabelecer um programa sistemático de acompanhamento. Segundo Neponuceno (1999) e Pereira (2009), os principais benefícios da manutenção preditiva podem ser descritas em:

- Redução global de custos de 15% a 20% em relação à corretiva, menor perda de materiais;
- Provoca a redução das falhas catastróficas;
- Redução do número de equipamentos reservas;
- Controle efetivo de sobressalentes;

- Maior conhecimento sobre o equipamento;
- Intervenção no melhor momento;
- Redução de falhas;
- Maior segurança;
- Criação de um histórico;
- Redução de mão de obra e horas extras;
- Decisões fundamentadas em dados concretos,

Pereira (2009), Viana (2009) e Vierri (2007), citam as quatro principais técnicas de manutenção Preditiva:

- Termografia – ela estende a visão humana através da utilização do espectro infravermelho, que é uma frequência eletromagnética emitida por qualquer corpo com intensidade proporcional a sua temperatura. Ela possibilita realizar medições sem contato físico com os equipamentos. A termografia define a condição térmica dos circuitos elétricos, possibilitando uma intervenção simplificada nas partes com problemas. Pode ser usada para a medição de equipamentos estáticos, para detectar defeitos em equipamentos como caldeiras e torres.
- Análise de vibração - Na última década os equipamentos de coleta se tornaram portáteis e de alta capacidade, em função do desenvolvimento da eletrônica e informática. A aplicação deste método é economicamente viável em equipamentos críticos, e podem ser terceirizados para empresas especializadas. Para equipamentos críticos utiliza-se a análise de vibração on-line, onde o sinal é enviado para a sala de controle, para análise espectral.
- Ultrassom - Atualmente, é uma técnica que monitora peças de grande espessura e uniões soldadas. Tem grande sensibilidade para detectar descontinuidades internas em componentes, eliminando a necessidade de desmontagem para a inspeção.
- A análise de lubrificantes - tem dois objetivos: otimizar a vida útil do lubrificante, determinando o momento ideal da troca e identifica sintomas de desgaste do equipamento. É possível realizar o monitoramento quantitativo de partículas sólidas no lubrificante e de propriedades físicas e químicas, bem como: o nível de contaminação de água, quantidade de resíduos de carbono, viscosidade do óleo, acidez, ponto de congelamento e ponto de fulgor.

3.10 INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO (CMMS)

Devido ao grande volume de informações que precisam ser manipuladas e organizadas pelo planejamento e controle da manutenção, fica cada vez mais difícil para um PCM trabalhar sem o auxílio de um software. Onde as empresas utilizam cada vez mais novas ferramentas de gerenciamento, que auxiliam no aumento de competitividade (KARDEC E XAVIER, 2009). Esta tendência pode ser confirmada por uma pesquisa da ABRAMAN, onde 89% das empresas consultadas utilizam sistemas (software) de manutenção, ou seja, já não há mais espaço para a utilização de sistemas manuais para o controle do PCM (VIANA, 2009).

Segundo Xavier (2009), os primeiros CMMS para PCM foram desenvolvidos pelas próprias empresas, pois os softwares disponíveis eram economicamente viáveis apenas para as grandes empresas. Com a evolução dos sistemas de informação, esse desenvolvimento se tornou impraticável, pois sua implantação é mais lenta e onerosa. A sigla CMMS deriva de “*Computer (aided) Maintenance Management System*” ou Sistema de Gerenciamento da Manutenção (auxiliado) por Computador.

O uso de sistemas informatizados de gestão de manutenção (CMMS) tornou-se popular em todo o mundo. Embora CMMS tenha sido usado há quase uma década em alguns países, uma pesquisa recente nos Estados Unidos mostrou que a maioria das empresas que utilizam menos de 50% de sua capacidade. Para atender estas necessidades, hoje existem mais de 300 softwares específicos de manutenção sendo comercializados em todo mundo (sendo no Brasil mais de 30), oferecendo soluções específicas para o planejamento e controle da manutenção em função do mercado, tecnologia e particularidades de cada empresa.

Segundo Wireman (2003), O objetivo de um sistema informatizado de gestão da manutenção (CMMS) é produzir dados com precisão e qualidade, para apoiar na tomada de decisões. Hoje é inaceitável fazer suposições quando os dados estão disponíveis. O benefício financeiro obtido em tomar decisões corretas ajudará a tornar uma empresa mais competitiva. Decisões erradas podem colocar uma empresa fora do negócio por eliminar uma posição competitiva.

O CMMS automatiza a maioria das funções logísticas realizadas pela manutenção. E em todas as organizações que possuem uma equipe de

manutenção, um CMMS será necessário compilar os dados que serão gerados. Ele deve emitir relatórios consistentes e suficientes para gerenciar a manutenção e não sobrecarregar o gerente de manutenção. Estes relatórios informatizados têm outra vantagem, especialmente com os bancos de dados relacionais, pois eles podem produzir representações gráficas das informações. Estes gráficos podem descrever as tendências e padrões (WIREMAN, 2003; BRANCO FILHO, 2008; SULLIVAN et al 2004).

Sullivan et al. (2004), afirma que o CMMS não toma decisões, mas fornece as melhores informações, e ainda cita os principais benefícios na implementação de um CMMS, que incluem:

- Detecção de problemas iminentes antes da ocorrência da falha;
- Otimização dos recursos humanos;
- Maior previsão de peças de reposição, minimizando o estoque;
- Reduz o tempo de inatividade e que resulta em maior durabilidade do equipamento.

3.11 PADRONIZAÇÃO

A Padronização pode ser descrita como a obtenção da máxima uniformidade no projeto de um item. (DHILLON, 2002). Campos (1994) defende que não existe controle sem a padronização, sendo considerado o cerne do gerenciamento. Em empresas modernas, a padronização é considerada uma poderosa ferramenta gerencial.

Para Xenos (2004), a padronização é absolutamente essencial para que o trabalho da manutenção seja eficiente e confiável. Estes padrões mostram a melhor forma de se executar uma atividade e devem ser criados por uma equipe multifuncional. Podem ser criados padrões para a inspeção, troca, reforma, armazenamento e até para a manutenção autônoma.

Estas rotinas dos serviços da manutenção devem ser previamente analisadas, aprovadas e então seguidas, pois do contrário, os manutentores estarão executando todas as atividades de maneira errada. Além disso, devem ainda estar documentadas, revisadas por profissionais devidamente treinados e então seguidas. Deve-se evitar que essa “prática padrão” não seja fielmente seguida (BRANCO

FILHO, 2008; VIERRI 2007).

A padronização reduz os níveis dos estoques, exigências de treinamento e tempos de partida (MIRSHAWKA 1994). Todas as alterações em sistemas exigem que os procedimentos e treinamento dos operadores e manutentores sejam atualizados (KARDEC, 2002; VIANA, 2009).

Para Dhillon (2002), as vantagens da padronização incluem:

- Redução o custo da fabricação e manutenção de máquinas e equipamentos;
- Elimina a necessidade de peças especiais;
- Reduz erros na instalação causados por variações nas características de peças;
- Útil para reduzir a probabilidade de acidentes decorrentes da montagem incorreta e de procedimentos pouco claros;
- Redução do uso incorreto de peças ou componentes;
- Reduz a "canibalização" de equipamentos, ou seja, improvisação de um componente a partir outros;
- Melhoria da confiabilidade;
- Redução na aquisição e estocagem de peças;

3.12 POLIVALÊNCIA OU MULTIESPECIALIZAÇÃO

A multiespecialização pode ser incorporada a um cargo de serviços mais nobres como menos nobres. Enquanto as atividades mais nobres são recebidas com mais facilidade, as tarefas menos nobres tem significado perda de status (KARDEC, 2002; VIANA, 2009).

3.13 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE

Segundo Campos (1994), Tavares (2005) e Branco Filho (2008), a qualidade pode ser definida como a forma pela qual os produtos e serviços são julgados pelos usuários, e estes são percebidos como valor pelo cliente através de cinco componentes: qualidade ampla ou intrínseca, custo, atendimento, segurança e moral.

Para atingir a excelência em qualidade é necessário estabelecer um sistema de gestão de manutenção compatível com a empresa, e girar o ciclo PDCA

(XENOS, 2004). Para Kardec (2009), a aplicação dos conceitos de qualidade no Setor de manutenção traz resultados, mas são limitados. Esse processo deve ser implantado em toda a empresa, pois a manutenção exerce grande influência sobre os demais segmentos da empresa.

A qualidade da manutenção é introduzida pelo manutentor durante a execução do trabalho através da aplicação direta de seus conhecimentos e das habilidades técnicas (XENOS, 2004). O responsável pela execução dos trabalhos é quem gera qualidade ao produto. É importante que o executor participe da elaboração dos procedimentos (KARDEC, 2009). Para Pereira (2009), os manutentores devem buscar a excelência em seus trabalhos para atingir à qualidade.

Segundo Xenos (2004), a primeira condição para promover a qualidade na manutenção é a economia. Pois não basta manter os equipamentos em perfeitas condições, sem considerar o custo envolvido nestas atividades. É importante analisar o gasto da manutenção num contexto global de produtividade. Em suma, a manutenção deve oferecer a produção, serviços de forma rápida, honesta, precisa e a um custo razoável.

Pereira (2009) defende que a gestão da qualidade determina posturas comportamentais que são fundamentais para obterem um diferencial competitivo entre seus clientes externos e internos. Nesse gerenciamento ocorre mudança de cultura e conseqüentemente surgem às resistências a mudanças, que são fortemente evidenciadas na manutenção. Isso ocorre pelo paradigma da palavra manutenção, que historicamente teve apenas o objetivo de manter os equipamentos em funcionamento (KARDEC, 2009).

Segundo Vierri (2007), Tavares (2005) e Kardec (2009), a partir das teorias da qualidade, com os famosos 14 princípios da qualidade de Deming, é possível estabelecer uma relação com a manutenção. A partir destes princípios, podemos adaptá-los à manutenção:

- Satisfação dos clientes - Para atender seu cliente, a produção, a manutenção deve identificar suas necessidades, verificar o que é necessário para atendê-las e ainda superar as suas expectativas;

- Gerencia Participativa - As lideranças devem promover o trabalho em equipe, informando orientado e motivando as pessoas. É preciso criar um ambiente de criatividade;
- Desenvolvimento Humano - As pessoas precisam ser autônomas para administrar todas as situações, pois são a alma e o caráter de uma organização. A qualificação é a absorção de conhecimentos técnicos por cursos específicos na empresa ou fora dela;
- Constância de Propósitos - As lideranças devem ter persistência e estar dispostas a correr riscos. É necessário ter metas a longo prazo e um plano de ação de curto prazo;
- Desenvolvimento contínuo - Deve-se estabelecer indicadores para medir o resultado do plano de ação e saber se esta no caminho certo;
- Gerência dos processos - É planejar, acompanhar e verificar se há desvios e, se é necessário corrigir. Este processo é conhecido como ciclo PDCA;
- Delegação - é repassar o poder de decisão para as pessoas que estão perto de onde ocorre a ação.
- Disseminação das informações - Com o grande volume de informações que circulam pela empresa, é preciso garantir que atinja todos os níveis da empresa de forma rápida.
- Garantia da qualidade - deve-se criar o gerenciamento da rotina, com procedimentos e pessoas treinadas para executá-los.
- Não aceitação de erros - não pode admitir o erro repetitivo. Deve-se promover a análise de falhas.

Para Kardec (2009), a manutenção deve atuar de forma competente, não apenas reparar o equipamento, mas descobrir a causa raiz do problema e tomar ações para que não ocorra novamente. Segundo Ishikawa (1993) pelo menos 95% dos problemas podem ser resolvidos pelas ferramentas da qualidade, e que qualquer funcionário pode aplicá-las. Segundo Xenos (2004), as ferramentas da qualidade são métodos poderosos para analisar dados e informações e tem uma aplicação muito ampla na manutenção. As principais ferramentas da qualidade aplicadas na manutenção são: Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, 5W2H e Fluxograma.

3.14 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL – TPM

Segundo Nakajima (1989), os Estados Unidos desempenhou um papel de destaque na inovação tecnológica e na manutenção das máquinas. Eles foram os primeiros a adotar a manutenção preventiva, que evoluiu para técnicas de Prevenção de Manutenção com a engenharia de manutenção.

O Japão desenvolveu todos estes conhecimentos, e a partir de 1971, a empresa Japonesa Nippon Denso Co do Grupo Toyota foi a primeira empresa a implantar a Manutenção Produtiva Total,

A TPM tem o objetivo de melhorar os processos da Empresa com a qualificação das pessoas e introdução de melhorias. Ela tem como lema “da minha máquina cuido eu” (TAKAHASHI, 2000).

Empresas que praticam TPM invariavelmente podem alcançar resultados surpreendentes, especialmente na redução da quebra de equipamentos, minimizando as pequenas paradas, diminuindo defeitos de qualidade, aumentando a produtividade, redução dos custos, diminuindo estoques, reduzir os acidentes e promover envolvimento dos trabalhadores (AHUJA E KUMAR, 2009).

Mirshawaka (1994) e Takahashi (2000) definem a TPM com um programa de manutenção mais amplo, que envolve todos os empregados da organização, desde a alta administração até os operadores, e ainda citam cinco objetivos principais:

- Otimizar o ciclo de vida dos equipamentos;
- Garantir a eficiência global;
- Promover o trabalho em equipe;
- Envolver todos os setores;
- Solicitar informações de todos os funcionários.

Segundo Nakagima (1989) o TPM faz referência à normalização, sistematização, administração, produtividade e qualidade, redução de custos e acidentes de trabalho, meio ambiente e clima organizacional. Ele define esta metodologia através da interação total entre o homem, a máquina e a empresa.

Esta filosofia está fundada em princípios de otimização dos recursos humanos e dos equipamentos, ou seja, ocorre uma mudança da cultura organizacional, para melhorar os equipamentos, com o objetivo de máxima geração de resultados com o menor custo (SUZUKI, 1992).

Nakajima (1989) aponta que as falhas dos equipamentos aparecem apenas na ponta do iceberg, e na parte submersa aparecem as causas das falhas, como: sujeira, atrito, folgas, trincas, etc, conforme representado na figura 11 abaixo. Nakajima ainda sugere medidas para atingir a quebra zero:

- Atacar as causas básicas; operar os equipamentos dentro dos limites;
- Recuperar as degenerações;
- Sanar as não conformidades;
- Capacitar operadores e manutentores.

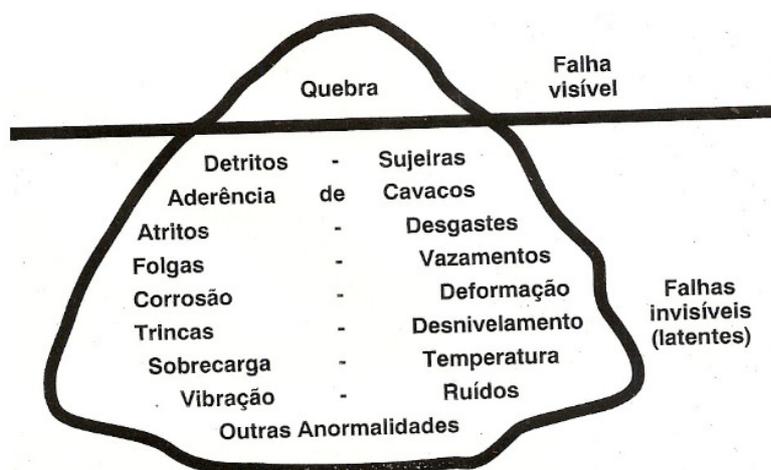


Figura 11: Iceberg da Manutenção
Fonte: Takahashi (2000)

Para Mirshawaka (1994), o processo de implementação precisa ser adaptado às peculiaridades de cada tipo de indústria, instalação ou serviço. A TPM é uma revolução cultural que mobiliza desde o chão de fábrica até a alta gerência, criando uma relação homem-máquina-empresa em prol de um objetivo maior: o zero defeitos ou zero quebras. Para sistematizar qualquer metodologia, primeiramente, deve-se promover uma revolução cultural na consciência das pessoas, pois, do contrário serão criados mais problemas que soluções (TAKAHASHI, 2000).

O TPM é uma metodologia estruturada e centrada no processo de melhoria contínua, que se esforça para otimizar a eficiência de produção, identificando e eliminando as perdas de eficiência da produção em todo o sistema. O TPM obtém ganhos tangíveis e mensuráveis sobre a produção, qualidade e os lucros e tem o objetivo de aumentar significativamente a rentabilidade da empresa e a satisfação de seus funcionários (AHUJA E KUMAR, 2009).

Embora cada empresa tenha suas particularidades, existem alguns princípios que são básicos para todas elas e que são denominados os pilares de sustentação da TPM, conforme demonstrado na figura 12 abaixo (Nakajima, 1989; JIPM, 2002).

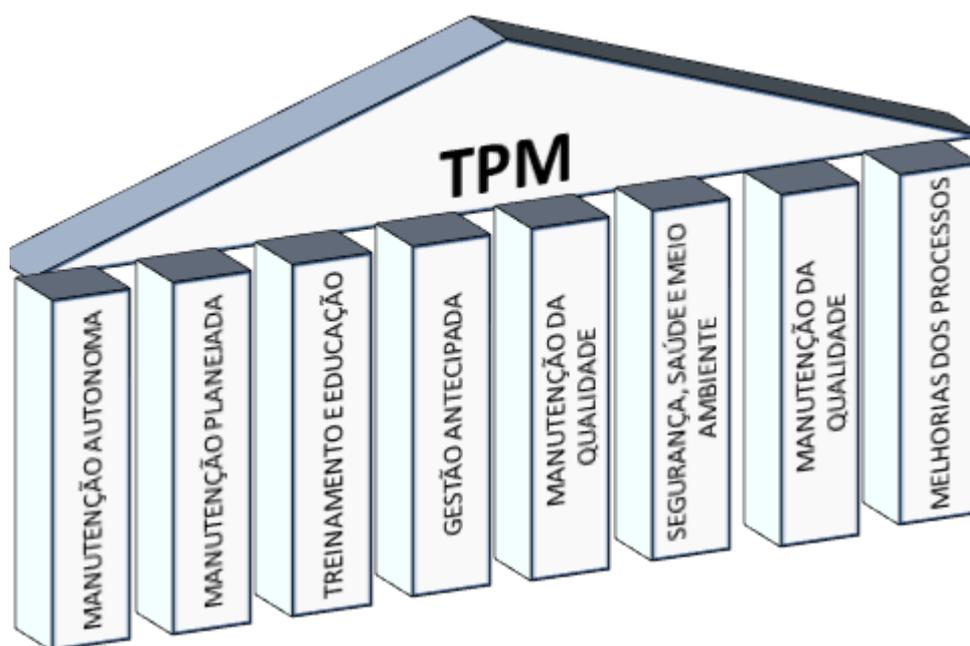


Figura 12: Pilares da TPM
Fonte: Adaptado de JIPM, (2002)

- Pilar da melhoria focada: corrige defeitos e anomalias, através da introdução de melhorias, atuando nas perdas crônicas relativas aos equipamentos e produção;
- Pilar da manutenção autônoma: os operadores assumem responsabilidades sobre o equipamento, com o objetivo de promover a mudança de cultura em seu ambiente de trabalho, estabelecendo o conceito principal de: “deste equipamento, cuido eu”;
- Manutenção planejada: é a seleção das praticas de manutenção adequada para cada equipamento, visando à melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade além da redução dos custos de manutenção;
 - Treinamento e educação: refere-se à aplicação de capacitação técnica para todos os envolvidos;
 - Gestão antecipada: é a aplicação de conceitos da prevenção da manutenção desde o projeto dos equipamentos, com os objetivos de fabricar equipamentos com maior confiabilidade e mantabilidade;

- Manutenção da qualidade: relaciona a confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e com a capacidade de atendimento a produção;
- Segurança, saúde e meio ambiente: tem o objetivo de melhorar as condições de trabalho e na redução dos riscos de segurança meio ambiente. Melhoria dos processos - também conhecido como TPM de escritório (TPM *Office*) e tem o objetivo de eliminar os desperdícios nas rotinas

3.15 TERCEIRIZAÇÃO

A expressão “terceirização” tem relação com termo em inglês *outsourcing*, que significa substituir atividades internas por alternativas externas, para atingir seus objetivos econômicos (CABRAL, 1998). Ela surgiu como alternativa para as organizações aumentarem sua vantagem competitiva no mercado. Porém, como todo processo de mudança, existem muita resistência e dificuldades, que variam conforme as particularidades de cada empresa, do ambiente competitivo e da maneira como a terceirização foi planejada e implantada (LIMA NETO, 2008). Vieri (2007), cita como vantagens da terceirização:

- Efetivo menor;
- Maior probabilidade de obter tecnologias não disponíveis;
- Maior agilidade administrativa;
- Foco na atividade de manutenção;
- Facilidade de atender picos de demanda;
- Promoção do desenvolvimento de pequenas e médias empresas.

Para Tsang (2002), a atividade que é considerada como núcleo ou competência da empresa não deve ser terceirizada. Um serviço ou a atividade pode ser considerada como um núcleo, se ela impactar sob a percepção dos clientes. Além disso, se a empresa não tem a capacidade de avaliar ou monitorar o serviço prestado e não tem experiência na negociação de contratos, a terceirização deve ser evitada (AL-TURKI, 2011).

A terceirização é uma ferramenta estratégica, e se utilizada de forma adequada, pode trazer grandes resultados. Deve-se estabelecer uma relação de parceria, trazendo resultados empresariais para as partes envolvidas (KARDEC, 2009).

Normalmente, com o aumento da disponibilidade, a demanda dos serviços é reduzida. Se a contratada reduz a quantidade de serviços, estará contribuindo para a redução de seu próprio faturamento. É preciso evoluir para o contrato de resultados, em que tanto a contratada como a contratante ganha com o aumento da Disponibilidade. Para que se atinjam os melhores resultados, deve-se promover alteração da forma de contratação, reduzindo os contratos por serviços e mão-de-obra e, aumentando os contratos por resultados (KARDEC, 2002).

Nos contratos por resultados, a responsabilidade técnica é totalmente da contratada, que, atingindo uma maior disponibilidade da contratante, terá um maior lucro. Se tiver uma demanda de serviços menor, partes dos recursos não consumidos serão divididos entre contratada e contratante (LIMA NETO, 2008).

3.16 TREINAMENTO

O aperfeiçoamento das habilidades técnicas e gerenciais é uma das atividades mais importantes em qualquer empresa. A falta de habilidades trás como resultado, a manutenção de má qualidade, aumento de custos e a redução da confiabilidade de disponibilidade (SHERWIN, 2000). A capacitação permite o uso de técnicas, metodologias e ferramentas para responder o desafio de garantir a disponibilidade dos equipamentos cada vez mais complexos e automatizados (XENOS, 2004; NASCIF E DORIGO, 2005). A capacitação deve ser usada para fornecer conhecimentos adequados para que eles executem suas atividades em um menor tempo possível e com os melhores resultados (BRANCO FILHO, 2008).

A capacitação é fundamental para o setor da manutenção, pois está ligada a qualidade do serviço executado, redução do tempo da execução e melhorias nos equipamentos e instalações (KARDEC, 2009). Segundo Wireman (2003), a falta de conhecimentos técnicos pode restringir a qualidade e aumentar o custo global de manutenção. Isto resulta em atrasos na execução de trabalhos, danos aos equipamentos, e expressões de insatisfação da às operações ou gerentes de instalações. Neste cenário fica evidenciado a importância de se ter uma equipe técnica devidamente treinada. No entanto, mesmo que uma empresa acredita que sua força de trabalho tecnicamente competente.

Para Neponuceno (1999), o treinamento do pessoal envolvido é o fator mais importante para garantir a eficiência de uma atividade. Estas habilidades são diversificadas e complexas que podem ser desenvolvidas a partir de muito treinamento e prática (XENOS, 2004). Entretanto, a capacitação é normalmente ignorada ou esquecida, principalmente nas empresas genuinamente brasileiras. Quando se trata de manutenção, todos os manutentores devem ser treinados, de forma a absorverem uma filosofia que define claramente os objetivos pretendidos (NEPONUCENO, 1999).

Wireman (2003), afirma que a contratação de pessoal treinado pode ser uma solução rápida, se uma empresa tem uma grave escassez de habilidades. No entanto, raramente é a cura para um problema de falta de competências de longo prazo. Quando técnicos altamente qualificados são contratados, eles serão caros. Para Nascif e Dorigo (2005), a absorção de conhecimentos ocorre de forma lenta, e varia conforme as características pessoais de cada funcionário. Os principais problemas nesse processo de aprendizagem podem ser relacionados à transmissão dos vícios, erros conceituais e percepções pessoais.

A necessidade dos treinamentos devem ser detectados pelos gestores e com o apoio da área de Recursos Humanos e dos fabricantes dos equipamentos devem treinar os manutentores periodicamente, em função da rotatividade e da entrada de novos funcionários (BRANCO FILHO, 2008). Wireman (2003) cita as principais formas de treinamento e capacitação para funcionários da manutenção:

- Contratar pessoal treinado;
- Treinamento interno;
- Treinamento em Escolas Profissionais;
- Formação pelos fornecedores e Fabricantes;
- Faculdades e universidades;
- Programas de educação continuada.

3.17 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - MCC

Considerada uma prática moderna de manutenção, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) ou *Reliability Centered Maintenance* (RCM) é um método para

desenvolvimento e análise das funções e falhas funcionais dos equipamentos, baseadas em critérios de segurança, operacionalidade e critérios de econômicos. O objetivo é o aumento de confiabilidade, segurança e racionalização de custos, com a obtenção de um programa de planejamento e controle de manutenção (BRANCO FILHO, 2008).

Para Kardec (2009), Viana (2009) e Moubray (1996), o ponto central da filosofia da MCC é evitar ou reduzir as consequências das falhas, através da análise de um equipamento em detalhes e identificando os requisitos de manutenção em um componente ou sistema em seu contexto operacional. Em outras palavras, é o processo que visa determinar o que deve ser feito para que um sistema continue a manter a função requerida, no tempo necessário e dentro das condições operacionais deste momento (KARDEC, 2009).

Segundo Pereira (2009), o RCM pode reduzir e otimizar as atividades de manutenção preventiva, reduzindo a possibilidade de ocorrências de falhas e dos custos de manutenção. Esta técnica da RCM também pode ser usada para avaliar programas de manutenção preventivas já existentes, com objetivo de corrigir falhas e aumentar sua eficiência (BRANCO FILHO, 2008). Estes planos de manutenção devem ser montados a partir de análises e estudos, pois consomem grande quantidade de recursos. Para elaborar um plano enxuto, deve-se utilizar o histórico, e também a “entrevista” com mantenedores e operadores que conhecem o equipamento (PEREIRA, 2009; SIQUEIRA, 2005). Além destas vantagens, o RCM permitirá uma aproximação dos recursos às necessidades, melhorando a confiabilidade e diminuindo custos (SULLIVAN et al (2004).

Antes de identificar e analisar os requisitos de manutenção de qualquer organização, precisa saber sua propriedade, e decidir qual deles será submetido ao processo de RCM (MOUBRAY, 1996). O autor cita ainda que a implantação do RCM é estruturada em função de sete questões básicas:

- 1- Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
- 2- De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- 3- O que causa cada falha operacional?
 - 4- O que acontece quando ocorre cada falha?
 - 5- De que forma cada falha tem importância?
 - 6- O que pode ser feito para prevenir cada falha?

7- O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

3.18 HOUSEKEEPING - 5`S

O 5s (Housekeeping) surgiu no Japão no século XX e consiste basicamente em motivar as pessoas para organizar o seu local de trabalho por meio de cinco sentidos básicos. Estes sentidos são derivados de palavras japonesas, iniciadas pela letra “s” e que significam os princípios da organização. Os “s” são representados conforme definição abaixo:

1. SEIRI – Senso de utilização, arrumação, organização, seleção;
2. SEITON – Senso de ordenação, sistematização, classificação;
3. SEISO – Senso de limpeza, zelo;
4. SEIKETSU – Senso de asseio, higiene, saúde, integridade;
5. SHITSUKE – Senso de autodisciplina, educação, compromisso.

O programa do 5s é considerado o passo inicial para a implementação de programas de qualidade (CAMPOS, 1992). Outra grande virtude do programa está na mudança do comportamento dos funcionários envolvidos e o desenvolvimento de um ambiente de trabalho agradável. Sendo assim, este programa tem sido amplamente difundido, como uma forma de integração dos funcionários e padronização das atividades (Osada, 1992).

Para Takahashi (2000), o gerenciamento do 5s, apesar de utilizar conceitos relativamente simples, sua implementação é complicada. Pois visa mudar a cultura e o comportamento das pessoas, para promover a qualidade do equipamento e ambiente de trabalho. Todo grupo de pessoas estabelece uma cultura específica, sendo uma resposta ao contexto que estão inseridos, e isso se torna um grande desafio para os gestores (VIERRI, 2007).

O programa de 5s é a base do gerenciamento das atividades produtivas. E o nível de qualidade de uma empresa está relacionada com o nível de implementação do 5s (TAKAHASHI, 2000). O foco das atividades se baseia no comportamento humano, tais como limpeza, organização e descarte. Estas atividades podem ser

executadas por qualquer pessoa que esteja motivada. Esta base é alimentada pela educação e treinamento (VIERRI, 2007).

Existe uma relação estreita entre o 5s e a manutenção autônoma, pois ambos primam pela limpeza e a inspeção. Uma limpeza da manutenção autônoma quando bem executada permite em uma inspeção detalhada, e identificação das anomalias. Enquanto o 5s fica restrito a áreas mais óbvias como corredores, armários e prateleiras. Os operadores devem ser treinados sob os princípios do 5s e com a introdução de procedimentos compatíveis com cada tipo de instalação industrial (XENOS, 2004).

Segundo Vierri (2007), O programa de 5s trás alguns benefícios como:

- Aumento de produtividade e redução do stress;
- Menor acumulo de sujeira;
- Melhoria da imagem da empresa, através de visitantes, fornecedores e clientes;
- Redução de custos;

4. CONCLUSÃO

A diferença entre as práticas disponíveis e as Melhores Práticas estão nos resultados alcançados, com o aumento da disponibilidade e confiabilidade com a otimização dos custos. A melhor prática será a aplicação de várias metodologias existentes, devidamente dosadas para cada caso, considerando as particularidades de cada empresa.

É evidente que as melhores práticas devem ser adequadas para cada tipo de empresa. Entretanto, será necessária a quebra de paradigmas e a mudança de cultura. O Benchmark é uma excelente ferramenta para identificar estas melhores práticas em outras organizações. Mas para isso, a empresa deve compartilhar informações com o espírito de cooperação, com benefícios mútuos.

A manutenção deve ter foco na solução de problemas, e a melhoria contínua deve aplicada para a redução de falhas e o volume de manutenção preventiva. E para que estas mudanças ocorram, deve-se considerar a capacitação como uma das atividades mais importantes da empresa, e o 5s como a base de sustentação de todas as atividades, operacionais e gerenciais.

Por fim, muitas mudanças podem ser rapidamente identificadas e implementadas, e os benefícios podem surgir de uma forma rápida. Contudo, para produzir um desempenho superior, é necessário estabelecer um ambiente motivador e de melhoria contínua e rápida. Pois os resultados positivos destas práticas dependem diretamente das pessoas envolvidas, e estas estão fortemente ligadas as suas habilidades e motivação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção. **Documento nacional 2006: A situação da manutenção no Brasil**. São Paulo. Abraman, 2006.

AL-TURKI. **A framework for strategic planning in maintenance**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 17 Iss: 2, pp.150 – 162, 2011.

ARIOLI, E.E. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

AHUJA, I.P.S.KUMAR, N. P. **"A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills"**, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 Iss: 3, pp.241 – 258, 2009.

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

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2000.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

CABRAL, J. P. Saraiva **"Organização e Gestão da Manutenção, dos conceitos à prática ..."**, Lidel, Março de 1998, Lisboa.

CAMPOS, Vicente F. TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia**. 1994.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA Carlos A. **Administração de Produção e Operações**, São Paulo, Atlas, 2004.

CENELEC. **Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)** European Committee for Electrotechnical Standardization, 2006.

DEMING, W.E. **Qualidade: a revolução na administração**. 1. ed. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

DHILLON B.S. **ENGINEERING MAINTENANCE A Modern Approach**, CRC PRESS Boca Raton. London New York Washington. 2002.

FERREIRA, Laura Maria Leite. SANTOS, Marítiza Wanzeler. SILVA, Monica Gomes. MOREIRA, Bruna Brandão . **Utilização do MASP, através do ciclo PDCA, para o tratamento do problema de altas taxas de mortalidade de aves no setor avícola**, Anais. XXX ENEGEP, 2010.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

GIL, Carlos A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HUANQIU, W., JINZHONG, G. AND XU, F. (1998), "**Dynamic analysis of coherent fault trees**", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 4 No. 2, pp. 122-30.

IMAI, M. Kaizen: **A estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.

IRESON, W. Grant, ed., **Handbook of Reliability Engineering and Management, Second Edition**, New York: McGraw-Hill Professional, 1996.

ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total**. Rio de Janeiro: Campus. 1993.

CAMPBELL. John D, Andrew K. S. Jardine, **Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions**, Marcel Dekker, Inc, 2001.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

LEANDRO, Mayco José; GRZESZEZESZYN, Gilberto. **Gestão de Custos Indiretos – Custos de Manutenção Industrial**. UNICENTRO - Revista Eletrônica Lato Sensu. 2007.

LIMA NETO. Valmir Maia Rocha. **Quando a Terceirização não funciona: A Primeirização das Atividades de Manutenção Industrial na Caraíba Metais**. Dissertação (Mestrado), 2008, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2008.

LONG, W.; SATO, Y.; HORIGOME, M. **Quantification of sequential failure logic for fault tree analysis**. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 67, n. 3, p. 269-274, 2000.

MÁRQUEZ, A. C. **The Maintenance Management Framework, Models and Methods for Complex Systems Maintenance**. London: Springer, 2007.

MIRSHAWKA, V., OLMEDO, N. L., **TPM a moda Brasileira**. Makron Books-McGraw-Hill, 1994

MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação da Manutenção Industrial**. São Paulo: Editora Durban, 1989.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

NASCIF, Júlio Xavier. **Manutenção Classe Mundial**. TECEM. Disponível em 05/10/2011 em: <http://www.tecem.com.br/downloads/manutencao.pdf>.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. Vol. 1. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1999.

NUNES, Enon Laércio. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

OLIVEIRA, J.Z.N; TOLEDO, J. C. **Metodologia de análise e solução de problemas (masp): estudo de caso em uma empresa de pequeno porte do setor eletroeletrônico**; Anais do XV SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção; 2008 São Paulo; BRASIL; Português.

OSADA, T. - **Housekeeping, 5S's: seire, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: IMAN, 1992.

OLIVEIRA, Marcos Antonio, SHIBUYA, Marcelo K. **ISO 9000 Guia de implantação**, São Paulo, Editora Atlas, 1995.

KARDEC, Alan Kardec; RIBEIRO, Haroldo, **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 2002.

KARDEC, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan Kardec; LAFRAIA, João Ricardo. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. Qualitymark. Rio de Janeiro, ABRAMAN, 2002.

PARIDA, A. KUMAR, U. "**Maintenance productivity and performance measurement**", *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, Springer, London, pp. 17-41. 2009.

RODRIGUES, R. S. **Manutenção Centrada na Confiabilidade – Aplicação do Método**. Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2000, 127 p. (Dissertação de Mestrado).

SAMPARA, E.J.M; ADAMI, R. **Análise de insumos e aplicação de sistemática de solução de problemas para geração de melhorias**; Anais do ENEGEP XXIX - Encontro Nacional de Engenharia de Produção; 2009; Bahia; BRASIL; Português.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005..

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SHARMA, A. G.S. YADAVA, S.G. DESHMUKH "**A literature review and future perspectives on maintenance optimization**", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 17 Iss: 1, pp.5 – 25. (2011)

SHERWIN, David "**A review of overall models for maintenance management**", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 6 Iss: 3, pp.138 – 164 (2000)

SULLIVAN, G. P. PUGH, R. MELENDEZ, A. P. HUNT, W. D. **Operations & Maintenance Best Practices A Guide to Achieving Operational Efficiency**. Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program. 2004.

SUZUKI, T. **New Directions for TPM**. Massachusetts: BookCrafters, 1992, 283p.

TAKAHASHI, Y ; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. 2.ed. São Paulo: Instituto IMAN, 2000. 322p.

TAVARES, Lourival Augusto; CALIXTO, Marco; POYDO, Paulo Roberto. **Manutenção centrada no negócio**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.

TUBINO, DALVINO FERRARI. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2009.

TSANG, A. **Strategic dimensions of maintenance management**. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 1, pp. 7-39. 2002

VIANA, Herbert Ricardo Gracia. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2009.

VIERRI, Luiz Alberto; **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial: Aplicação Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007 .

WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Vol. 1. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

WIREMAN. Terry. **Benchmarking Best Practices In Maintenance Management Hardcover**, Industrial Press. 2003.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

ZAMBRANO TF, MARTINS MF. **Utilização do Método FMEA para Avaliação do Risco Ambiental**. *GESTÃO & PRODUÇÃO*, 14(2): 295-309. (2007).