

O Gerenciamento de equipamentos com a Manutenção Produtiva Total

Ademir Stefano Piechnicki (IFPR) ademir.piechnicki@ifpr.edu.br
Leandro Roberto Baran (IFPR) leandro.baran@ifpr.edu.br
Flávio Piechnicki (IFPR) flavio.piechnicki@ifpr.edu.br

Resumo:

Este artigo tem como objetivo de apresentar e analisar os benefícios da adoção da manutenção produtiva total (TPM) no gerenciamento do setor de manutenção. Esta metodologia estabelece vantagens competitivas, como o aumento da disponibilidade e confiabilidade de seus ativos, melhorando a qualidade dos produtos e fornecendo um ambiente de trabalho mais saudável e seguro. Neste sentido, o trabalho apresenta uma investigação que pode ajudar os gestores e os profissionais de manutenção a enfrentar os desafios deste mercado altamente competitivo.

Palavras chave: Gestão da Manutenção, Manutenção Planejada, TPM.

Management of equipment with the Total Productive Maintenance

Abstract

This article aims to present and analyze the benefits of the adoption of Total Productive Maintenance (TPM) to manage the maintenance sector. This methodology provides competitive advantages, such as increasing the availability and reliability of your assets, improving product quality and providing a healthier and safer work environment. In this sense, this paper presents an investigation that can help managers and maintenance professionals to meet the challenges of this highly competitive market

Key-words: Maintenance Management, Planned Maintenance, TPM.

1. Introdução

Com a globalização da economia e o aumento de competitividade do mercado mundial, as organizações vêm sofrendo mudanças drásticas em suas práticas estratégicas e operacionais. Estas mudanças ocorrem em alta velocidade e estas empresas são forçadas a injetar grandes investimentos em tecnologia nos seus processos produtivos, a fim de garantir o aumento de competitividade e a sobrevivência do seu negócio.

Esses processos 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 dessas forças competitivas.

Para gerir essa complexidade organizacional, a manutenção é evidenciada como um dos setores mais importantes das empresas. Aplicando técnicas e soluções inovadoras, a manutenção atua como elo entre a estratégia e a operação dos processos, garantindo o alcance dos objetivos e metas, com serviços e produtos mais confiáveis e de maior valor agregado.

Para garantir que esses objetivos sejam conquistados, o setor de manutenção deve estabelecer e sistematizar um Programa de Gestão da Manutenção. Esse programa possibilitará a aplicação de tecnologias que servirão como apoio à melhoria da confiabilidade e disponibilidade de seus equipamentos.

Hoje, existe uma grande variedade de instrumentos gerenciais disponíveis para apoiar a gestão dos recursos e a tomada de decisões da manutenção. Estas ferramentas incluem, entre outras, a Manutenção Centrada em Confiabilidade, Manutenção Centrada na Eficácia, Manutenção Baseada em Risco e a Manutenção Produtiva Total (TPM) (KARDEC E XAVIER, 2009; SIMÕES, 2011; WIREMAN, 2003; NEPOMUCENO, 1999).

Como parte integrante dessas práticas, a TPM emerge como um programa de manutenção que promove a interação total entre o homem, a máquina e a empresa (NAKAJIMA, 1989). Mirshawka (1994) e Takahashi e Osada (2000) definem o TPM como um programa de manutenção mais amplo, que envolve todos os empregados da organização, desde a alta administração até os operadores.

Esta filosofia é focada na otimização da gestão dos recursos humanos e dos equipamentos, ou seja, ocorre uma mudança da cultura organizacional para melhorar os equipamentos, com o objetivo de melhorar os resultados com o menor custo (SUZUKI, 1992).

Contudo, a TPM é uma abordagem 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 (AHUJA E KUMAR, 2009).

Desta forma, este trabalho apresenta a sequência de implantação do Pilar de Manutenção Planejada da filosofia da Manutenção Produtiva Total (TPM) para o gerenciamento de ativos nas empresas.

2. Método da Pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar a metodologia do Pilar de Manutenção Planejada da filosofia TPM, para otimizar a função estratégica do setor de manutenção das empresas. O trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura. Ela é fundamentada através de uma sequência lógica das etapas propostas pela TPM.

De acordo com Xenos (2004) e Nakajima (1989), a implementação da estrutura do Pilar de manutenção planejada da TPM é desenvolvida em fases, capacitando progressivamente às pessoas, para que essas tenham condições de melhorar seus métodos e equipamentos e que é estabelecida em sete etapas.

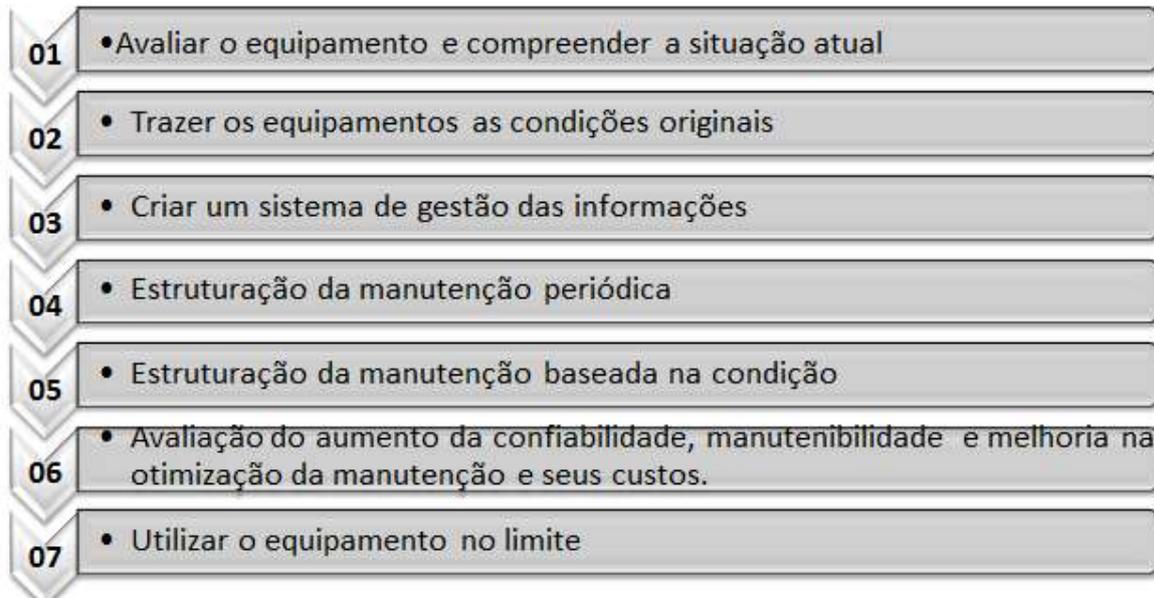


Figura 01: Etapas da Manutenção Planejada. Fonte: Adaptado de Xenos (2004) e Nakajima (1989).

3. A Manutenção Produtiva Total

Nakajima (1989) define a TPM como um sistema de manutenção de máquinas e de seus equipamentos que deve ser executado por todos os funcionários e em toda a empresa. Ela promove o desenvolvimento de atividades que identificam e eliminam as perdas produtivas, otimizando a eficácia dos equipamentos.

Os princípios desta filosofia potencializam a eficiência dos recursos humanos e dos equipamentos. Para os recursos humanos a TPM é direcionada a explorar as competências e habilidades de seus funcionários. Já nos equipamentos, reduz a ocorrência de falhas e defeitos das máquinas que interferem na produtividade das empresas (AHUJA e KHAMBA, 2008; PARK e HAN, 2001).

Para atingir estes objetivos e promover a melhoria contínua de todo o processo produtivo, a TPM cria uma relação sinérgica entre todos os setores da empresa, mais particularmente entre a produção e a manutenção (CHAN *et al.*, 2005; PARK e HAN, 2001).

A metodologia objetiva aproximar a produção e a manutenção, para que interajam e trabalhem em conjunto. Os operadores e manutentores participam de pequenos grupos de trabalho, a fim de desenvolver atividades de melhoria nos equipamentos, reduzindo as perdas e melhorando o resultado organizacional (CHAN *et al.*, 2005; ETI *et al.*, 2004).

Todas as atividades previstas pela metodologia TPM são organizadas e são divididas em oito pilares de sustentação. Eles formam a base em que o programa é desenvolvido, promovendo a participação de todos os setores organizacionais. A figura 02 abaixo apresenta os oito pilares de sustentação.



Figura 2: Os Pilares da TPM. Fonte: Adaptado de JIPM, (2002).

- **Pilar de Treinamento e Educação:** este pilar refere-se à capacitação técnica para todos os envolvidos com o programa. O objetivo do Pilar é criar um quadro de operadores com vários especialistas. Eles devem ser treinados para realizar as quatro fases de habilidades: fase 1-Não sabe; fase 2-conhece a teoria, mas não pode fazer; fase 3- pode fazer, mas não sabe ensinar; fase 4- pode fazer e também ensinar. Esta Política de formação é o foco do pilar para a melhoria de conhecimentos e habilidades, estabelecendo um ambiente de autoaprendizagem com base nas reais necessidades. As principais atividades deste pilar são: a definição das políticas de educação e formação, estabelecimento de um sistema de treinamento para a operação e a manutenção, controle das necessidades e da evolução de cada funcionário; elaboração do calendário de treinamento e avaliação dos treinamentos. (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).
- **Pilar da Gestão antecipada:** é a aplicação de conceitos da prevenção da manutenção desde o projeto dos equipamentos, com o objetivo de fabricar os equipamentos com maior confiabilidade e manutenibilidade (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).
- **Pilar da Manutenção da Qualidade:** relaciona a confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e com a capacidade do atendimento a produção. O objetivo básico deste pilar é buscar Zero Defeito nos produtos. Ele é voltado para satisfação do cliente, promovendo a qualidade no setor produtivo. O foco é na eliminação das não conformidades de forma sistemática. As atividades deste pilar definem as condições dos equipamentos que impedem os defeitos de qualidade. Ou seja, ele tem foco na prevenção de defeitos e na implementação efetiva da qualidade pelo operador (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).
- **Pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** tem o objetivo de melhorar as condições de trabalho e reduzir os riscos de acidentes e danos ao meio ambiente. As metas deste pilar são: zero acidentes, zero danos à saúde e zero incêndios. Para criar a consciência relacionada com a segurança entre os funcionários, podem ser organizadas em intervalos regulares algumas competições, como slogans de segurança, *quiz*, teatro, cartazes, etc. (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).
- **Pilar da Gestão Administrativa-** também conhecido como TPM de escritório (TPM *Office*). Este pilar tem o objetivo de otimizar o trabalho administrativo, eliminando os

desperdícios e as perdas geradas pelo trabalho nas áreas de compras, contabilidade, *marketing* e vendas. Estas perdas geram o aumento de estoques, perda de comunicação; quebra de equipamento de escritório, aumento do tempo gasto na recuperação de informações; queixas de cliente devido à logística e as despesas de procedimentos de emergência. Para combatê-las podem-se analisar os processos e procedimentos administrativos e/ou aumentar de automação nas atividades. Os principais benefícios que podem ser obtidos são: o envolvimento de todas as pessoas, redução do trabalho repetitivo, redução dos custos administrativos, redução do custo de manutenção do estoque, redução no número de arquivos, redução de reclamações de clientes e o estabelecimento de um ambiente de trabalho limpo e agradável (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).

– **Pilar da Melhoria Focada:** Este pilar corrige os defeitos e anomalias, através da introdução de melhorias, atuando nas perdas crônicas relativas aos equipamentos e produção (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).

– **Pilar da Manutenção Autônoma:** Este pilar é voltado para o desenvolvimento dos operadores. Eles assumem responsabilidades sobre o equipamento, a fim de evitar a deterioração e otimizar o desempenho dos equipamentos. Os operadores são capacitados a executar atividades de manutenção de baixa complexidade, como limpeza, lubrificação, inspeção e pequenos reparos. Desta forma, promove-se uma mudança de cultura em seu ambiente de trabalho, estabelecendo o conceito principal do Pilar: “deste equipamento, cuido eu”. Além disso, retira-se a carga de trabalho das pessoas qualificadas da manutenção, para dedicar-se as atividades mais complexas. Os passos da Manutenção Autônoma exigem a preparação dos funcionários, limpeza inicial das máquinas, ações proativas, estabelecimento de normas, fiscalização, inspeção autônoma e padronização. (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).

– **Pilar da Manutenção planejada:** Este pilar é focado nas instalações e em seus equipamentos, para tratar suas falhas antes que ocorram os efeitos ou perdas. Para garantir estes objetivos é necessário desenvolver um sistema de informação que otimize a estratégia da manutenção como o envolvimento de todos os funcionários. As etapas de implementação e suas características são descritas com um maior detalhamento no tópico abaixo.

4. O Pilar da Manutenção Planejada.

O pilar da manutenção planejada, normalmente, é formado por grupo multidisciplinar de funcionários da empresa. Este grupo recebe um treinamento específico da metodologia e por meio de reuniões regulares, permite a evolução dos esforços reativos de manutenção para um método mais proativo. O principal objetivo é manter os ativos com a mais alta disponibilidade e confiabilidade, com um custo adequado e com total satisfação do sistema produtivo. (NAKAJIMA, 1989; JIPM, 2002).

Desta forma, o Pilar seleciona a melhor prática de manutenção para cada equipamento, visando à melhoria contínua e a máxima eficiência dos equipamentos. As atividades do Pilar de manutenção planejada incluem: a organização do local de trabalho, a restauração das condições básicas, a eliminação dos pontos fracos dos equipamentos, análise de quebras, implementação de inspeções sensitivas, estabelecimento de grupos de trabalho, construção de um sistema da gestão informação, classificação dos equipamentos, apoio a Manutenção Autônoma, implementação de técnicas preditivas, gerenciamento de custos, introdução da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), entre outras.

A implementação da manutenção planejada deve seguir uma sequência lógica de atividades, baseadas em recomendações da filosofia da TPM que foi criada por Nakajima (1989).

- Etapa 1– Avaliar os equipamentos e entender a situação atual

- Etapa 2- Trazer os equipamentos as condições originais
- Etapa 3 - Criar um sistema de gestão das informações
- Etapa 4 - Construir um Sistema de Manutenção Baseada no Tempo
- Etapa 5 - Construir um Sistema de Manutenção Baseada na Condição
- Etapa 6 - Avaliação do aumento da confiabilidade, manutenibilidade e melhorias na otimização da manutenção x custos
- Etapa 7 - Utilizar o equipamento no Limite

Estes passos permitem a evolução gradativa e estratégica do setor de manutenção, eliminando as quebras e desperdícios, garantindo a otimização da confiabilidade e disponibilidade de seus ativos.

4.1 Etapa 1 – Avaliar os equipamentos e entender a situação atual

Nesta etapa, o primeiro passo para a implantação é a definição dos princípios básicos que irão nortear as ações da manutenção. Esta estratégia consiste na definição da visão, missão e os objetivos do setor com esta nova sistemática. Ela deve estar inserida na estratégia organizacional, de modo a garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e das instalações, atendendo o processo de produção, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e com custo adequado (KARDEC E XAVIER, 2009).

Para compreender a situação atual, é importante reconhecer os processos que tem maior interferência nos resultados da empresa. Esta condição atual pode ser definida pelo histórico dos equipamentos, bem como os dados relacionados com suas falhas e custos. Caso o histórico de falhas seja insuficiente ou inexistente, deve-se estruturar um sistema de coleta destas informações. Neste processo de coleta de dados é conveniente fazer o uso das tecnologias de informação disponíveis na empresa, a fim de aumentar a precisão de velocidade do fluxo de informações.

Estas informações sobre cada equipamento devem ser arquivadas e organizadas. Estes dados tornam-se poderosas informações que devem ser utilizadas na avaliação do desempenho dos equipamentos e no estabelecimento das metas da manutenção. É fundamental um acompanhamento periódico destes indicadores, para verificar se os resultados estão alinhados com os objetivos e as metas estabelecidas.

Depois de conhecer a situação atual e a situação futura, é importante estabelecer um plano de ação, definindo um conjunto de indicadores para medir o resultado das ações propostas. Pois quem não mede não gerencia (KARDEC E XAVIER, 2009). Os indicadores mais utilizados são: a Disponibilidade, a Confiabilidade, o Número de Quebras, o MTBF (*Mean Time Between Failures* ou Tempo Médio entre Falhas), o MTTR (*Mean Time To Repair* ou Tempo Médio de Reparo), o *Backlog*, entre outros.

Para garantir a eficácia na execução das atividades propostas pelo pilar, deve-se reorganizar o funcionamento de toda a equipe de manutenção. Uma estruturação bastante utilizada é a divisão de grupos responsáveis por área, compostos pela liderança, inspetores e operadores. Estes apoiam a programação e execução dos trabalhos do setor. Na verdade, 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 por parceria (KARDEC E XAVIER, 2009).

É importante que esta equipe de manutenção perceba a importância do programa para empresa, demonstrando e capacitando todos os funcionários nas diversas atividades previstas.

Pois segundo Takahashi e Osada (2000), na sistematização de qualquer metodologia, primeiramente, deve-se promover uma revolução cultural na consciência das pessoas, pois do contrário, serão criados mais problemas que soluções.

4.2 Etapa 2 - Trazer os equipamentos as condições originais

O objetivo principal do pilar de manutenção planejada é atingir a quebra zero nos equipamentos. O ponto de partida é compreender os motivos pelas quais as quebras ocorrem. Um conceito que auxilia neste processo é a teoria do *Iceberg*. Ela esclarece que as falhas dos equipamentos aparecem apenas na ponta do *iceberg*, pois na parte submersa as causas das falhas ficam ocultas, como: sujeira, atrito, folgas, trincas, etc.

Neste sentido, para reestabelecer as condições básicas, é necessário aplicar algumas medidas, como: atacar as causas básicas, operar os equipamentos dentro dos limites, recuperar as degenerações, sanar as não conformidades e falhas de projetos, capacitar operadores e manutentores. (NAKAJIMA, 1989).

A execução destas ações permitem que os equipamentos voltem a funcionar em suas condições ideais, devolvendo ao equipamento suas características originais que foram perdidas em função do envelhecimento e a deficiência na prevenção da manutenção. Porém, para manter o equipamento nestas condições e evitar a sua deterioração é importante estabelecer um sistema de análise e tratamento de falhas. Esta sistemática deve seguir um fluxo, iniciando com detecção e correção da falha, realizando uma análise para o estabelecimento de contramedidas que bloqueiam as causas fundamentais das falhas (XENOS, 2004).

Outro ponto importante nesta etapa, é a integração da manutenção com o pilar da Manutenção Autônoma (MA). Esta integração pode ser desenvolvida sobre três dimensões: A primeira refere-se ao envolvimento dos operadores nas atividades diárias de manutenção, melhorando a eficiência global do equipamento. Na segunda, a TPM pode auxiliar os operadores na compreensão do funcionamento dos equipamentos, identificando os problemas mais comuns que podem ocorrer e como podem ser prevenidos. Desta forma, permite e qualifica os operadores na solução de muitos problemas básicos nos equipamentos. Já na terceira dimensão, a TPM promove o envolvimento do operador nas atividades de manutenção e engenharia, para a melhoria do desempenho e da confiabilidade do equipamento, podendo contribuir no processo de análise e a determinação de contramedidas para as perdas (NAKAJIMA, 1988; SUZUKI, 1994; MCKONE *et al.*, 1999).

Para sustentar o desenvolvimento destas atividades é necessário incorporar os conceitos básicos dos 5s (*housekeeping*). Deve-se configurar um ambiente de trabalho de forma segura, limpa e ergonômica. Este conceito deve ser estendido às oficinas, almoxarifado de peças, ferramentas, as áreas de manutenção, nos desenhos dos equipamentos, etc.

4.3 Etapa 3 - Criar um sistema de gestão das informações

O Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) tem a premissa de determinar o melhor momento para intervir nos equipamentos e nas instalações. Após esta intervenção, podemos compara-la com o planejado e agir para melhorar o PCM, os fatores negativos serão minimizados e os positivos serão reforçados (BRANCO FILHO, 2008).

Porém, neste processo de planejamento das atividades de manutenção existem um grande volume de informações a serem manipuladas e controladas. Sendo assim, fica cada vez mais difícil para a manutenção trabalhar sem o auxílio de um *software*. O objetivo destes sistemas informatizados é gerar informações com precisão e qualidade, para nortear a tomada de decisões (WIREMAN, 2003).

Este sistema de informação deve ser estruturado em função da Ordem de Serviço (OS). A OS é um documento que registra todas as informações relacionadas aos trabalhos da manutenção, como o detalhamento do trabalho, o tipo de trabalho, o tempo máximo de execução, a prioridade do serviço, etc. Ela é fundamental para a coleta de dados e informações das atividades de manutenção.

Desta forma, estas informações referentes aos trabalhos devem alimentar o banco de dados do software, possibilitando realizar consultas sobre o histórico dos equipamentos. Além disso, podem gerar relatórios gerenciais, disponibilizando a gestão as informações necessárias para tomar decisões e melhorar os indicadores da manutenção (WIREMAN, 2003).

4.4 Etapa 4 - Construir um Sistema de Manutenção Baseada no Tempo

Nesta etapa é necessário estabelecer um sistema de manutenção preventiva com base no tempo. Estes trabalhos de manutenção sistêmicos são executados em equipamentos em condições operacionais, seja por frequência de tempo ou por quilômetros rodados. (BRANCO FILHO, 2008).

A manutenção preventiva tem o objetivo de manter ou ampliar a vida útil dos equipamentos. Ela é formada por ações sistemáticas, com base num cronograma de manutenção, que detecta, bloqueia ou minimiza o desgaste de um componente (SULLIVAN et al., 2004).

Estas intervenções de manutenção serão eficazes se o intervalo de tempo estabelecido para as ações preventivas levar em conta a relação entre a vida útil do componente e sua probabilidade de quebra. Pois, estas ações são executadas independentemente do estado do componente substituído, uma vez atingido o tempo de vida estimado (XENOS, 2004).

A manutenção preventiva é programada em um equipamento em função de sua criticidade e das recomendações fornecidas pelo fabricante (VIERRI, 2007). O fabricante é quem detém os conhecimentos e recomendações que podem garantir o funcionamento correto dos equipamentos (BRANCO FILHO, 2008). Entretanto, o conhecimento tácito e a experiência prática da equipe de manutenção podem ser de grande valia na elaboração destas atividades periódicas.

As atividades de manutenção preventivas devem ser padronizadas. Para Xenos (2004), a padronização é absolutamente essencial para garantir a eficácia dos trabalhos. Estes padrões demonstram a forma mais eficaz e eficiente para executar uma tarefa. Eles devem ser criados por uma equipe multifuncional de especialistas. Desta forma, podem ser elaborados e utilizados padrões para a inspeção, troca, reforma, armazenamento e até para a manutenção autônoma.

Todas as ações preventivas inseridas na manutenção geram custos. Desta forma, a sua aplicação será mais conveniente quando a intervenção é mais simples e os custos e as consequências da falha são maiores. Outro problema da manutenção preventiva é a inserção de defeitos que ocorrem em função da intervenção, como: falha humana, falha nos sobressalentes, contaminações, falhas nos procedimentos e danos durante a partida e paradas (KARDEC E XAVIER, 2009).

4.5 Etapa 5 - Construir um Sistema de Manutenção Baseada na Condição

As ações preventivas baseadas na condição são decisões tomadas para intervir ou não nos equipamentos, com base na medição de parâmetros que objetivam monitorar a degradação e detectar os sinais da falha. Normalmente, é conhecida como manutenção preditiva e será mais eficiente quando é possível identificar parâmetros mensuráveis que estão relacionados com a falha e quando podem ser identificados os valores limites para os parâmetros da medição (XENOS 2004).

Na manutenção preditiva é necessário definir quais são os parâmetros a serem monitorados para cada equipamento, em função das informações que são emitidas pela alteração do estado de cada componente (NEPOMUCENO, 1999).

Se compararmos as atividades baseadas no tempo com as atividades baseadas na condição, a troca por tempo será mais cara, pois parte da vida útil do componente esta sendo desperdiçada (XENOS, 2004).

A manutenção preditiva possibilita otimizar a substituição de componentes, prevendo quando está próximo ao seu limite de vida útil. Desta forma, acaba evitando desmontagens e trocas desnecessárias, maximizando o tempo de vida útil dos equipamentos. (XENOS, 2004; PEREIRA, 2009).

Para aplicar este método a manutenção deve analisar as técnicas preditivas disponíveis e que são tecnicamente ou economicamente viáveis para cada tipo de equipamento. As três técnicas mais disseminadas são:

- Análise de óleos hidráulicos e lubrificantes - A ferrografia é uma técnica de avaliação das condições de desgaste dos componentes de uma máquina por meio da quantificação e observação das partículas em suspensão no lubrificante.
- Análise de vibração – consiste no monitoramento de vibrações em equipamentos rotativos. A aplicação deste método é economicamente viável em equipamentos críticos e podem ser terceirizados para empresas especializadas.
- Termografia- ela amplia a visão humana pela utilização do espectro infravermelho. Ela permite realizar medições de temperatura sem o contato físico com os equipamentos. A termografia define a condição térmica de circuitos elétricos, permitindo uma intervenção direcionada aos componentes com problemas.

4.6 Etapa 6 - Avaliação do aumento da confiabilidade, manutenibilidade e melhorias na otimização da manutenção x custos

Atualmente, a manutenção deve garantir a disponibilidade da função dos equipamentos, de modo a atender o processo de produção, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (KARDEC E XAVIER, 2009).

Desta forma, não basta a gestão da manutenção garantir uma elevada disponibilidade e confiabilidade sobre os ativos sem considerar os custos envolvidos. Eles aumentam de maneira inversa aos custos das paradas de produção. O excesso de manutenção provoca a substituição de componentes desnecessários e a falta de manutenção provoca a redução da disponibilidade. (TAVARES *et al*, 2005; KARDEC E XAVIER, 2009).

O primeiro passo para a administração da manutenção gerir seus recursos financeiros é estabelecer um orçamento anual para a execução de suas atividades. Ele deve ser consumido uniformemente, respeitando a sazonalidade de alguns períodos (TAVARES *et al*, 2005).

A prática de gerenciamento dos custos na manutenção deve ser mantida continuamente. Para isso, existem inúmeras técnicas e ferramentas que auxiliam a gerenciar estes custos. A adoção das melhores práticas de gestão leva a otimização dos custos. Neste sentido, Xenos (2004), Wireman (2003) e Tavares *et al* (2005) afirmam que para otimizar os custos, a manutenção deve aumentar a confiabilidade, a disponibilidade, segurança e qualidade. Além disso, sugerem praticar as atividades listadas abaixo:

- Informatizar o sistema de manutenção;
- Melhorar continuamente os equipamentos e instalações;
- Promover o envolvimento entre a produção e a manutenção;

- Evitar estoque excessivo;
- Focar na redução das falhas;
- Eliminar as atividades que não agregam valor;
- Revisar as condições de operação;
- Identificar as oportunidades em todo o processo de manutenção;
- Melhorar a qualidade dos sobressalentes;
- Padronizar os equipamentos;
- Considerar a terceirização;
- Controlar o orçamento;
- Promover o treinamento
- Substituir equipamentos velhos por novos;
- Analisar e avaliar o desempenho das principais atividades;
- Praticar a prevenção da manutenção;

4.7 Etapa 07 - Utilizar o equipamento no Limite

Segundo Xenos (2004) e Lafraia (2001), a maioria dos componentes mecânicos comportam-se de diferentes formas em sua trajetória de vida. Este fenômeno é representado na curva da banheira, que demonstra a probabilidade de uma falha em função do tempo de operação dos equipamentos.

Estas falhas ocorrem durante a vida útil do equipamento, que são divididos na curva da banheira em três períodos distintos:

- Mortalidade infantil – são oriundas da falha de mão-de-obra, deficiência no controle de qualidade, erros de projetos, contaminação, amaciamento insuficiente, entre outras.
- Período de vida útil – as falhas ocorrem em função de erros humanos e falhas de manutenção preventiva, ou seja, fenômenos imprevisíveis.
- Período de envelhecimento ou desgaste – as falhas são causadas pela corrosão, degradação, fadiga, desgaste e a manutenção deficiente.

Desta forma, para utilizar o equipamento até o seu limite, deve-se observar o ciclo de vida (LCC - *Life Cycle Cost*). O LCC é um conceito utilizado na gestão para observar as informações financeiras do equipamento em seu ciclo de vida. Ele tem função de aumentar a disponibilidade e a confiabilidade, levando em consideração os custos de aquisição, manutenção, operação e descarte (PEREIRA, 2009; TAVARES *et al*, 2005).

Muitas vezes, não é economicamente viável executar manutenção preventiva em excesso nos equipamentos já desgastados, pois as falhas tem crescimento ascendente, em função da manutenção e do envelhecimento (TAVARES *et al*, 2005).

Sendo assim, deve-se realizar um estudo cuidadoso para verificar a relação do custo x benefício entre a atualização e/ou substituição do equipamento, visando aumentar a vida útil do equipamento (BRANCO FILHO, 2008). Quando a empresa não tem condições financeiras de investir em novos e modernos equipamentos, pode optar pela reforma da máquina, conhecida como *Retrofit*. É um processo de modernização de equipamentos ultrapassados (PEREIRA, 2009).

5. Recomendações Finais

O produto que a empresa deseja da gestão da manutenção é a maior disponibilidade operacional dos ativos com o menor custo de manutenção. Para cumprir estes objetivos, a manutenção dispõe de inúmeras ferramentas, técnicas e metodologias científicas que podem ser desenvolvidas e adequadas para cada tipo de organização.

Neste sentido, o Pilar de Manutenção Planejada se apresenta como um instrumento eficaz para gerir e desenvolver um sistema de manutenção, que contribui de forma positiva para a redução de falhas e defeitos dos equipamentos. Seu objetivo principal não é somente evitar as falhas, mas combinar os melhores métodos de manutenção para melhorar a rentabilidade das empresas.

Além disso, a metodologia da TPM deve fazer parte da estratégia da organização, aumentando de forma significativa a qualidade e eficiência de suas operações, em todos os aspectos. Sua implementação promove a melhoria contínua do sistema de produção, para atingir o máximo de eficácia no processo e manter os equipamentos em suas condições ideais.

Por fim, este artigo apresenta a TPM como uma poderosa arma para a gestão da manutenção, que esta disponível para auxiliar os gestores e os profissionais de manutenção a transformar os desafios em oportunidades, neste mercado altamente exigente, competitivo e globalizado.

Referências

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.

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

CHAN, F.T.S.; LAU, H.C.W.; IP, R.W.L.; CHAN, H.K.; KONG, S. Implementation of total productive maintenance: A case study. *Int. J. Production Economics*, vol. 95, 71–94, 2005.

ETI, M.C.; OGAJI, S.O.T.; PROBERT, S.D. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, Vol.: 79, pp.: 385–401, 2004.

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance. Critérios do Prêmio de Excelência em TPM. Tokyo: JIPM, 2002.

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

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

MCKONE, K.E.; SCHROEDER, R.G.; CUA, K.O. Total Productive Maintenance: a contextual view. *Journal of Operations Management*, 17 (2), 123–144, 1999.

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

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

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC, Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

PARK, K. S.; HAN, S. W. TPM—Total Productive Maintenance: Impact on competitiveness and a framework for successful implementation. *Hum. Factors Man.*, vol: 11, pp.: 321–338, 2001.

PEREIRA, MÁRIO JORGE, Engenharia de Manutenção, 1 a . ed., Ed. Ciência. Moderna, 2009.

SIMÕES, J. M., GOMES, C. F., YASIN, M. M. *A literature review of maintenance performance Measurement: A conceptual framework and directions for future research* *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17. No. 2 pp. 116-137. 2011.

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.

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

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

XENOS, H. *Gerenciando a Manutenção Produtiva.* Belo Horizonte: INDG, 2004.