

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA
GERÊNCIA EDUCACIONAL DE METAL MECÂNICA
CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA INDUSTRIAL



INTRODUÇÃO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Prof. Eng. Mec. Norberto Moro
Téc. Mec. André Paegle Auras

www.norbertocefetsc.pro.br

FLORIANÓPOLIS - 2007

Sumário

O QUE AS ESCOLAS NÃO ENSINAM.....	3
APRESENTAÇÃO	4
1.Introdução.....	6
1.1 Histórico	6
1.2 Importância da Manutenção	6
1.3 Conceitos em Manutenção	7
1.4 Recursos necessários para Manutenção	9
1.5 Tipos de Manutenção	9
2. Manutenção Corretiva	11
2.1 Tipos de manutenção corretiva	11
2.2 Organização da Manutenção Corretiva.....	12
3. Manutenção preventiva	15
3.1 Objetivos da Manutenção Preventiva.....	15
3.2 Organização do Plano de Manutenção Preventiva	17
3.3 Documentação da Manutenção Preventiva.....	17
3.4 Formas de Controle da Manutenção Preventiva	20
4. Manutenção Preditiva.....	21
4. 1 Objetivos da Manutenção Preditiva	21
4.2 Metodologia	22
4.3 Análise de Falha	23
4.4 Formas de Monitoramento.....	25
4.5 Monitorando os Parâmetros	26
4.6 Aspectos motivacionais	27
5. Manutenção Produtiva Total	29
Referências Bibliográficas.....	32
ANEXO I - Implementação da TPM no setor de Estamparia na Fábrica da VOLKSWAGEM em Taubaté - SP	33

ANEXO II – Modos de Falha e Confiabilidade, do capítulo 2, da apostila
“Análise de Resistência Mecânica” do Prof. Dr. Edson da Rosa, da
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

O QUE AS ESCOLAS NÃO ENSINAM

(Palestra feita por Bill Gates no encerramento do curso de ensino médio de um colégio em sua cidade).

A política educacional de “vida fácil” para as crianças tem criado uma geração sem conceito da realidade, política essa que tem levado as pessoas a falharem em suas vidas após a escola.

1. A VIDA NÃO É FACIL. Acostume-se a ela dessa forma.
2. O MUNDO NÃO ESTÁ PREOCUPADO COM SUA AUTO-ESTIMA. O mundo espera que você faça alguma coisa de útil ANTES de ser bom consigo mesmo.
3. VOCÊ NÃO GANHARÁ R\$ 20.000,00 POR MÊS ASSIM QUE SAIR DA ESCOLA.
4. SE VOCÊ ACHA SEU PROFESSOR RUDE ESPERE ATÉ TER UM CHEFE. Ele não terá pena de você.
5. VENDER JORNAL VELHO OU TRABALHAR DURANTE AS FÉRIAS NÃO ESTÁ ABAIXO DE SUA POSIÇÃO SOCIAL. Seus avôs têm uma opinião para isso: Eles chamam de oportunidade.
6. SE VOCÊ FOR FRACASSAR A CULPA NÃO É DE SEUS PAIS, É SUA. Portanto não lamente seus erros: Aprenda com eles.
7. ANTES DE VOCÊ NASCER SEUS PAIS NÃO ERAM TÃO CRÍTICOS COMO AGORA. Eles só ficaram assim por pagar suas contas, lavar suas roupas e ouvir você dizer que eles são “ridículos”. Assim antes de salvar o planeta para a próxima geração querendo consertar os erros da geração de seus pais, tente limpar seu quarto.
8. SUA ESCOLA PODE TER ELIMINADO A DISTINÇÃO ENTRE VENCEDORES E PERDEDORES. Mas a vida é assim. Em algumas escolas você não repete mais o ano e tem tantas chances quanto precisar acertar. Isso não se parece em absolutamente nada com a vida real. Cá fora se pisar na bola está despedido... Está na rua. FAÇA CERTO DA PRIMEIRA VEZ.
9. A VIDA NÃO É DIVIDIDA EM SEMESTRES. Você não terá sempre os verões livres e é pouco provável que os outros empregados o ajudem a cumprir suas tarefas no final de cada período.
10. TELEVISÃO NÃO É VIDA REAL. Na vida real as pessoas têm de deixar o barzinho ou a noite e ir trabalhar.
11. SEJA LEGAL COM OS CDFs (aqueles estudantes que os demais julgam que são uns babacas). Existe uma grande possibilidade de você vir a trabalhar para um deles.

APRESENTAÇÃO

Desde o advento das máquinas, muitos empresários dedicaram-se a estudar e a propor formas mais eficientes de organizar o processo fabril. Todas elas visavam atingir o grau máximo de produtividade. Os mais importantes sistemas produtivos criados nesta filosofia foram o Taylorismo e o Fordismo.

Fazendo uma rápida retrospectiva, podemos identificar no Taylorismo uma pretensão em submeter o trabalhador ao ritmo da máquina, com o mínimo de interrupções, predominando neste sistema de produção a divisão e a subdivisão de tarefas, bem como a valorização de procedimentos mecânicos que dispensavam o raciocínio dos trabalhadores. O Fordismo surgiu numa tentativa de aperfeiçoar este primeiro sistema, havendo em ambos os casos, como exigência, o domínio de habilidades específicas.

Só que mais avanços e mudanças tecnológicas continuaram ocorrendo e assim estes modelos ficaram ultrapassados, uma vez que não conseguiram suprir as novas exigências do mercado justamente por não se preocuparem com a qualificação dos trabalhadores. Se antes exigia-se especificidade, o mercado atual exige um conjunto de competências.

As políticas públicas no campo educacionais vêm exigindo, como patamar mínimo de escolaridade para a qualificação profissional, o curso técnico. Baseando-se em documentos que regem a organização e o planejamento dos cursos de nível técnico, como a LDB (Lei 9394/96), o Decreto de 22.08.97, o Parecer 16/99 e a Resolução CNE/CEB de 04/99, como também na própria prática, nota-se que o mercado de trabalho na área de manutenção industrial demanda cada vez mais técnicos com formação multidisciplinar e certificações que possam atuar na área, desenvolvendo a melhoria contínua dos métodos e processos em andamento dentro das modernas normas das práticas da qualidade, economicidade, gestão ambiental e segurança do trabalho.

De acordo com pesquisa realizada em 1999 pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) em 115 indústrias de 19 dos principais setores produtivos, em todo o Brasil, mais de 45% das empresas entrevistadas pretendem aumentar seu quadro de profissionais de manutenção. Esta tendência ocorre devido à preocupação das indústrias em garantir a integridade operacional de suas máquinas e equipamentos, visando reduzir custos, implementar maior qualidade e aumentar sua produtividade, e, desta forma, tornarem-se mais competitivas para afirmar sua sobrevivência no mercado globalizado. Além disso, muitos países importadores de produtos brasileiros estão se tornando a cada dia mais exigentes. Por exemplo, certos produtos só podem ser exportados para países pertencentes à União Européia quando atendem aos requisitos de normas internacionais, como a ISO 9000, a ISO 14000 e a ISO 18000. Para o atendimento a estas normas, a qualificação profissional é preponderante, incluindo os profissionais de manutenção. Segundo a mesma pesquisa da ABRAMAN, cerca de 85% das empresas tem intenção de buscar a qualificação de seus profissionais de manutenção. Isto

indica a necessidade da existência de cursos técnicos profissionalizantes, não só para a formação de novos profissionais mas, também, para a requalificação de profissionais em atividade no mercado de trabalho.

O objetivo desta disciplina de Gestão da Manutenção é não só a preparação e qualificação dos futuros profissionais de manutenção, mas também proporcionar dinamismo e criatividade, de forma a instigar o constante avanço profissional e da indústria brasileira.

Neste foco, um profissional em manutenção deve possuir competências gerais e específicas, à saber:

1. Competências gerais:

- Desenvolver características preponderantes, senso crítico, autonomia intelectual e sociabilidade;
- Desenvolver espírito empreendedor;
- Contribuir com a iniciativa do gerenciamento do seu próprio percurso no mercado de trabalho de modo flexível, interdisciplinar e contextualizado;
- Ter sólidas bases de conhecimentos tecnológicos e científicos;
- Ter boa comunicação oral e escrita;
- Desempenhar suas atividades buscando qualidade, controle do custo e segurança;
- Ter postura profissional e ética.

2. Competências específicas da área:

- Elaborar planos de manutenção;
- Fazer orçamentos de materiais, serviços e equipamentos;
- Executar, interpretar e fiscalizar ensaios mecânicos e tecnológicos;
- Fiscalizar, acompanhar e controlar serviços de manutenção industrial;
- Interpretar e executar projetos de instalação de equipamentos e acessórios;
- Conhecer e aplicar adequadamente procedimentos, normas e técnicas de manutenção;
- Planejar, programar e executar manutenção industrial rotineira e em paradas;
- Avaliar, qualificar e quantificar equipes para realização de serviços de manutenção industrial;
- Especificar e identificar corretamente materiais de construção mecânica.

1.Introdução

1.1 Histórico

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência. Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da **engenharia de manutenção**.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Além disso, outra motivação para o avanço da manutenção foi a maior exigência por qualidade. Essas motivações deram origem a uma manutenção mais planejada.

1.2 Importância da Manutenção

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta de todas as empresas. Veja o caso abaixo:

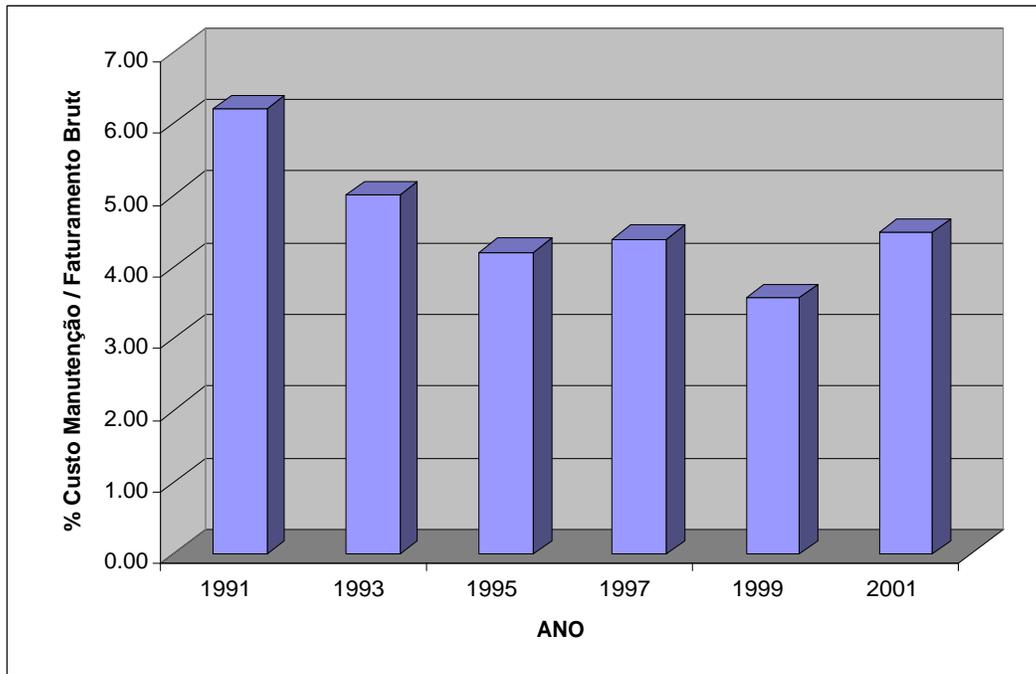
Imagine um fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Para que se venha a manter seus clientes e conquistar outros, ele precisará tirar o máximo rendimento das máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo. Deverá também estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine agora que não exista um programa de manutenção das máquinas...

Isto dá uma idéia da importância de se estabelecer um programa de manutenção, uma vez que máquinas e equipamentos com defeitos e/ou parados, os prejuízos serão inevitáveis, provocando:

- Diminuição ou interrupção da produção;
- Atrasos nas entregas;
- Perdas financeiras;
- Aumento dos custos;
- Rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- Insatisfação dos clientes;
- Perda de mercado.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção. Até recentemente, a gerência de nível médio e corporativo tinha ignorado o impacto da operação da manutenção sobre a qualidade do produto, custos de produção e, mais importante, no lucro básico. A opinião geral a cerca de 20 anos atrás era de que “manutenção é um mal necessário”, ou “nada pode ser feito para melhorar os custos de manutenção”. Mas as novas técnicas

de gerenciamento e sistemas de manutenção tem mudado isso, reduzindo os custos da manutenção em relação ao faturamento. Veja quadro abaixo:



Porcentagem de Custo com Manutenção em Relação ao Faturamento Bruto no Brasil

Felizmente hoje já se ouve falar no Brasil de uma ciência nova, chamada “Engenharia de Manutenção”, fortalecida pela criação e consolidação da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção).

1.3 Conceitos em Manutenção

Dois conceitos de manutenção:

- Pode ser considerada como a engenharia do componente uma vez que estuda e controla o desempenho de cada parte que compõem um determinado sistema;
- Pode ser considerada como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção. Por exemplo:
 - Lubrificação de engrenagens = conservação
 - Retificação de uma mesa de desempenho = restauração.
 - Troca do plugue de um cabo elétrico = substituição.
 - Substituir o óleo lubrificante no período recomendado pelo fabricante = prevenção.

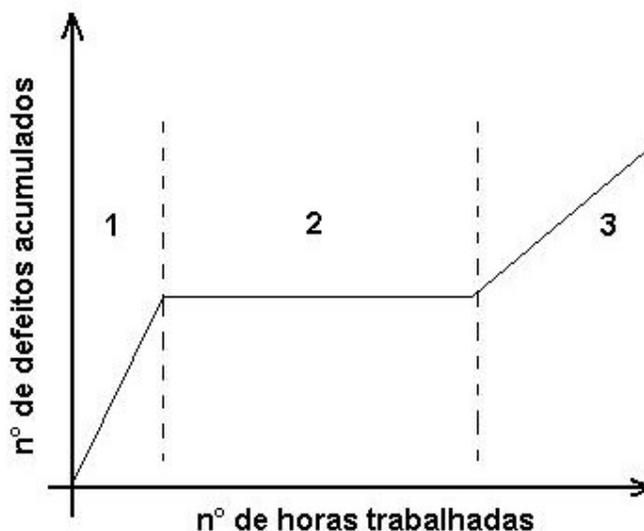
Em suma, manutenção é atuar no sistema (de uma forma geral) com o objetivo de evitar quebras e/ou paradas na produção, bem como garantir a qualidade planejada dos produtos.

De uma maneira geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

1. Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
2. Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

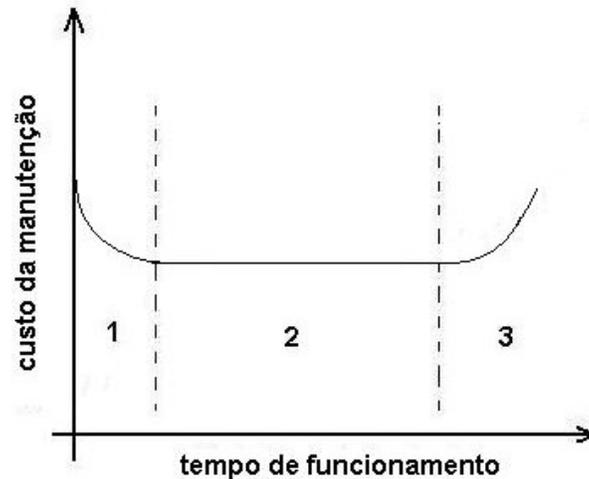
Outros conceitos:

- a) Manutenção ideal - é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.
- b) Vida útil de um componente - é o espaço de tempo que este componente desempenha suas funções com rendimento e disponibilidade máximas. A medida que a vida útil se desenvolve, desenvolve-se também um desgaste natural (crescente), que após um certo tempo inviabilizará seu desempenho, determinando assim o seu fim..
- c) Ciclo de vida de um componente - veja gráfico a seguir:



- 1) Fase de amaciamento - os defeitos internos do equipamento se manifestam pelo uso normal e pelo auto-ajuste do sistema. Normalmente estes defeitos estão cobertos pela garantia de fábrica.
- 2) Vida útil do componente - esta é a fase de pouquíssimas quebras e/ou paradas e é a fase de maior rendimento do equipamento;
- 3) Envelhecimento - os vários componentes vão atingindo o fim da vida útil e passam a apresentar quebras e/ou paradas mais freqüentes. É a hora de decidir pela reforma total ou sucateamento.

Veja no gráfico da bacia a seguir o custo da manutenção para cada fase:



1.4 Recursos necessários para Manutenção

Para que possa ocorrer manutenção, há necessidade que existam à disposição desta os seguintes recursos:

- a) Recursos materiais - equipamentos de teste e de medição, ferramentas adequadas, espaço físico satisfatório, ente outros.
- b) Recursos de mão-de-obra - dependendo do tamanho da empresa e da complexidade da manutenção aplicada, há a necessidade de uma equipe formada por profissionais qualificados em todos os níveis;
- c) Recursos financeiros - necessários para uma maior autonomia dos trabalhos;
- d) Recursos de informação - responsável pela capacidade de obter e armazenar dados que serão a base dos planos de manutenção.

1.5 Tipos de Manutenção

Existem dois tipos básicos de manutenção: a planejada e a não planejada.

- Manutenção não planejada: Ocorre quando não há uma programação de data e hora; pode ocorrer a qualquer momento. Por isso é conhecida como **corretiva**, já que visa corrigir problemas. Divide-se em:
 - **Inesperada**: Tem o objetivo de localizar e reparar defeitos repentinos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.
 - **Ocasional**: Consiste em fazer consertos de falhas que não páram a máquina. Ocorrem quando há parada de máquina, por outro motivo que não defeito, como por exemplo, no caso de atraso na entrega de matéria-prima.
- Manutenção planejada: Ocorre com um planejamento e programação prévios. Classifica-se em três categorias:
 - **Preventiva**: Consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.
 - **Preditiva**: É um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das

máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações e monitoramento de mancais.

- **Detectiva:** É a manutenção preditiva dos sistemas de proteção dos equipamentos, como painéis de controle por exemplo. Busca falhas ocultas destes sistemas, evitando que os mesmos não operem quando necessário, como um sistema de desligamento automático em caso de super-aquecimento.
- **Engenharia de Manutenção:** É o nível mais elevado de investimento em manutenção. Consiste em buscar as causas da manutenção já no projeto do equipamento, modificando situações permanentes de mau desempenho, problemas crônicos, e desenvolvendo a manutenibilidade.

É importante citar aqui a **Manutenção Produtiva Total (TPM)**, que não é um tipo de manutenção, mas um sistema de gerenciamento completo, envolvendo todos os tipos de manutenção. Foi desenvolvido no Japão e tem uma visão holística, isto é, o operador de uma máquina é responsável mais do que por sua simples operação.

Veja a evolução dos tipos de manutenção:

PERÍODOS	ATÉ DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1960	DÉCADA DE 1980
Estágio Conceitos	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva	Manutenção do sistema de produção	Manutenção produtiva total (TPM)
Reparo corretivo	x	x	x	x
Gestão mecânica da manutenção		x	x	x
Manutenções preventivas		x	x	x
Visão sistemática			x	x
Manutenção corretiva com incorporação de melhorias			x	x
Prevenção de manutenção			x	x
Manutenção preditiva				x
Abordagem participativa				x
Manutenção autônoma				x

2. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva corresponde ao estágio mais primitivo da manutenção mecânica. Entretanto, como é praticamente impossível acabar totalmente com as falhas, a manutenção corretiva ainda existe.

É definida como um conjunto de procedimentos que são aplicados a um equipamento fora de ação ou parcialmente danificado, com o objetivo de fazê-lo voltar ao trabalho, no menor espaço de tempo e custo possível. É, portanto, uma manutenção não planejada, de reação, no qual a correção de falha ou de baixo desempenho se dá de maneira aleatória, isto é, sem que a ocorrência fosse esperada. Implica em altos custos, porque causa perdas na produção e geralmente a extensão dos danos aos equipamentos é maior. É importante observar que pode englobar desde a troca de um simples parafuso de fixação quebrado como substituir todo um sistema elétrico em pane.

Veja o quadro comparativo de custos da manutenção corretiva não planejada em relação à preventiva e preditiva:

Tipo de manutenção	Custo US\$ / HP / Ano
Corretiva não planejada	17 a 19
Preventiva	11 a 13
Preditiva	7 a 9

Obs.: HP (horse power) é a potência instalada – Fonte: NMW Chicago 1998.

2.1 Tipos de manutenção corretiva

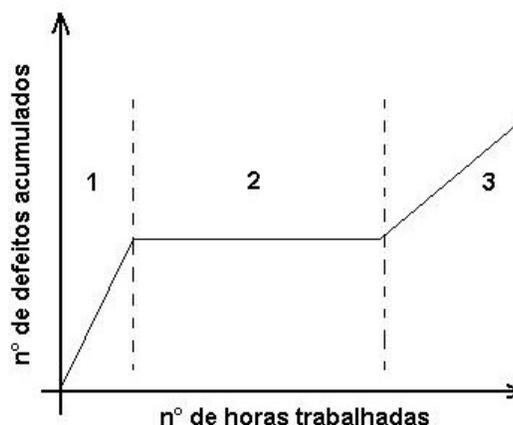
Pode-se dividir a manutenção corretiva em reparo e reforma.

Reparo: É a correção de uma falha inesperada, sem qualquer planejamento. Vamos novamente ver o gráfico da vida útil de um equipamento.

Na região 1 (fase de amaciamento) existe um crescimento do número de defeitos a partir do ponto zero, decorrente da acomodação dos componentes recém instalados, bem como da manifestação de possíveis falhas internas dos materiais utilizados.

Na região 2 (vida útil) pode-se notar que o número de defeitos permanece sem alteração. É nesta fase que o equipamento tem seu melhor desempenho pois está sempre no melhor rendimento e com ausência de defeitos (paradas).

Na região 3 (envelhecimento) o número de defeitos começa a crescer e o custo da manutenção torna-se caro.



A manutenção corretiva de reparo se aplica exatamente na região 2 do gráfico, quando o equipamento está em sua melhor performance, e ocorrem quebras/falhas inesperadas.

Reforma: quando o equipamento atinge seu rendimento mínimo (nível mínimo) ou a região 3, ele não está mais apto a desempenhar suas funções satisfatoriamente, uma vez que produz pouco (muitas paradas), sem qualidade e com custo elevado. Deste ponto em diante, existem duas opções: substituir (vender ou sucatear) o equipamento ou fazer uma manutenção corretiva de reforma. Define-se reforma como a completa análise, desmontagem, substituição e ou recuperação dos componentes, limpeza, montagem, testes, pintura, etc.

Existem várias classes de reforma, desde a mais simples até as mais complexas, que envolvem também a modernização do equipamento. É importante também lembrar que a reforma deve ser precedida por uma profunda análise técnica (mecânica e econômica) sobre o equipamento, a fim de concluir a melhor opção: substituição ou reforma.

2.2 Organização da Manutenção Corretiva

Oficina: É fundamental que toda empresa possua uma oficina de manutenção suficientemente equipada que permita a resolução dos problemas mais comuns que ocorrem com os equipamentos. Deve prever ferramentas, peças de reposição, instrumentos de medição e controle, fichários (fichas de solicitação e controle de manutenção), etc. Os trabalhadores deverão ser bem treinados e como característica básica devem ser participativos e trabalharem em equipe.

Controle: O controle é realizado pela ficha de manutenção e ficha de serviço.

- Ficha de manutenção corretiva: Cada operador é responsável pelo seu equipamento, portanto, é ele quem deve avisar ao setor de manutenção sobre os defeitos ocorridos. A comunicação é feita através da ficha de manutenção (solicitação de manutenção), onde se informa sobre os sintomas e possíveis causas do problema. Veja modelo a seguir:

IP – Indústria de Peças S.A.		Ficha de Manutenção Corretiva	
Equipamento:		Localização:	
Defeito Provável:			
Sintoma Apresentado:			
Causa Provável:			
Solicitado por:		Recebido por:	
Data: / / 2007		Data: / / 2007	
Horário:		Horário:	

- **Ficha de serviço:** Tem por objetivo documentar os problemas executados no equipamento durante o tempo de manutenção, seja na oficina de manutenção ou seu local. Nesta ficha são anotadas as peças substituídas, modificações feitas, outros problemas encontrados, bem como a provável causa do defeito. Esta ficha de serviço deverá ser arquivada em uma pasta que mostre toda a história de manutenção do referido equipamento. É importante destacar o número total de horas trabalhadas, pois isto servirá para o cálculo do custo da manutenção corretiva realizada. Veja modelo a seguir:

IP – Indústria de Peças S.A.		Ficha de Serviço nº _____ / 2007	
Equipamento: _____ N° _____			
Executor: _____ Data: ____ / ____ / 2007			
Hora início: _____		Hora final: _____ Total de horas trabalhadas: _____	
Defeito(s) Encontrado(s):			
Causa Provável:			
Procedimento:			
Peças Substituídas:			
Assinatura Executor:		Assinatura Responsável Setor:	

Sinalização: Para efetuar a manutenção corretiva, ou mesmo uma simples inspeção, em um equipamento ou sistema, em seu próprio local, é fundamental tomar diversos cuidados no sentido de garantir a segurança das pessoas envolvidas, quer do operador de manutenção, quer das pessoas do processo produtivo nas proximidades.

Esses cuidados são essenciais para a segurança. O isolamento pode ser feito por uma simples sinalização ou até pelo isolamento do equipamento por barreiras. Em ambos os casos, torna-se necessário a colocação de um aviso identificando que a máquina está em manutenção, sendo necessário conter o nome da pessoa responsável pelo trabalho e prazo estimado para término dos trabalhos. A partir deste instante o operador de manutenção é o único responsável pela operação do equipamento. Nenhuma outra pessoa deverá ligar ou desligar a máquina, estar próximo ou interferir no trabalho, a não ser que seja solicitado. Nos casos de manutenção elétrica, o cuidado com o isolamento elétrico é primordial. Abaixo, tem-se um modelo de aviso de manutenção.

IP – Indústria de Peças S.A.

EQUIPAMENTO EM MANUTENÇÃO

Observação: Cor de fundo – amarelo; Destaque – Preto (Sugestão).

Operador de Manutenção:

Tempo Estimado: ____ : ____ h

Início: ____ : ____ h Término:

____ : ____ h

Data: ____ / ____ / 200

A proteção dos locais de trabalho e das pessoas que neles trabalham através de cores e de sinais de prevenção constitui uma técnica especial de segurança que permite a obtenção de resultados importantes. Em certos momentos, o trabalho deve continuar paralelo a certas circunstâncias temporais: trabalhos de manutenção, situações de emergência, etc. Assim torna-se necessário o uso de cores e sinais uniformes para prevenir certos riscos.

Para garantir segurança no trabalho existem normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) associadas a cores e sinais, tais como:

- a) Norma NB-54: Cores fundamentais a serem aplicadas sobre canalizações empregadas nas indústrias para a condução de líquidos e gases;
- b) Norma NB-76: Cor na segurança do trabalho.

A sinalização informativa se destina a transmitir uma mensagem genérica. Neste tipo de sinalização é importante observar os contrastes de cores quanto à distância e visibilidade, conforme tabela a seguir:

Ordem	Cor de Fundo	Destaque
1°	Amarelo	Preto
2°	Laranja	Preto
3°	Azul-marinho	Amarelo-laranja
4°	Branco	Verde-garrafa
5°	Branco	Verde vivo
6°	Branco	Preto
7°	Branco	Azul-marinho
8°	Azul-marinho	Branco
9°	Preto	Amarelo-laranja
10°	Preto	Branco

3. Manutenção preventiva

Nas instalações industriais, as paradas para a manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação de custos, etc.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram o planejamento e a programação da manutenção. A manutenção preventiva é o estágio inicial da manutenção planejada, e obedece a um padrão previamente esquematizado. Ela estabelece paradas periódicas com a finalidade de permitir os reparos programados, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um tempo predeterminado.

Veja os principais conceitos:

- a) Planejamento da manutenção - significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões. Responde às perguntas: O que? Quanto? Como?
- b) Programação da manutenção - significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos. Responde às perguntas: Quem? Quando? Em quanto tempo?
- c) Controle da manutenção - é a coleta e tabulação de dados, seguido de interpretação.
- d) Organização da manutenção - significa a maneira como o serviço de manutenção se compõe, se ordena e se estrutura para alcançar os objetivos visados.
- e) Administração da manutenção - significa normatizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

3.1 Objetivos da Manutenção Preventiva

Os principais objetivos das empresas são: redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes do trabalho. Como a manutenção preventiva colabora para alcançar estes objetivos?

- a) Redução de custos - Em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando na redução das peças sobressalentes, diminuição nas paradas de emergência, aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente X compra direta; horas ociosas X horas trabalhadas; material novo X material recuperado.
- b) Qualidade do produto - A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor preço. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade. Para atingir essa meta, a manutenção preventiva deverá ser

aplicada com maior rigor, ou seja: máquinas deficientes X máquinas eficientes; abastecimento deficiente X abastecimento otimizado.

- c) Aumento de produção - É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada X produção em dia.
- d) Efeitos no meio ambiente - Em determinadas empresas, o ponto mais crítico é a poluição causada pelo processo industrial. Se a meta da empresa for a diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento X equipamentos revisados; poluição X ambiente normal.
- e) Aumento da vida útil dos equipamentos - O aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é consequência de:
 - Redução de custos;
 - Qualidade do produto;
 - Aumento de produção;
 - Efeitos do meio ambiente.
- f) Redução de acidentes do trabalho - Não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes no trabalho causam:
 - Aumento de custos;
 - Diminuição do fator qualidade;
 - Efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
 - Diminuição de produção;
 - Diminuição da vida útil dos equipamentos.

Como um equipamento sob manutenção preventiva tende a não parar em serviço e se mantém regulado por longos períodos, pode-se listar as seguintes **vantagens**:

- Paradas programadas ao invés de paradas imprevistas;
- Maior vida útil do equipamento;
- Maior preço em uma eventual troca do equipamento;
- Maior qualidade do produto final;
- Diminuição de horas extras.

Por outro lado, existem as prováveis **desvantagens**:

- Maior número de pessoas envolvidas na manutenção;
- Folha de pagamento mais elevada;
- Possibilidade de introdução de erros durante as intervenções.

Entretanto, sabe-se que **as vantagens são muito superiores que as desvantagens**, principalmente no que se refere ao **custo anual da manutenção**.

3.2 Organização do Plano de Manutenção Preventiva

Considere uma indústria que ainda não tenha definida a manutenção preventiva, onde não haja controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos. Se essa indústria desejar adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes fases iniciais de desenvolvimento:

- a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva, que deve ser realizado numa cooperação da supervisão de manutenção e de operação;
- b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto);
- c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão-de-obra, materiais e, se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc.
- d) Elaborar os manuais de procedimentos para manutenção preventiva, indicando as freqüências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções.
- e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à implementação da manutenção preventiva.
- f) Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria.
- g) Treinar e preparar a equipe de manutenção.

Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-los.

3.3 Documentação da Manutenção Preventiva

Um plano de manutenção bem elaborado precisa ser controlado. As informações geradas podem ser processadas de diversas maneiras: manual, semi-automatizado, e totalmente informatizado. Porém, qualquer que seja a forma adotada, a estratégia a ser tomada tem como base:

- Codificação do equipamento: cada um dos equipamentos dentro da empresa será identificado e codificado em relação à sua posição dentro de determinada seção;
- Arquivo de máquinas: para cada equipamento deverá ser aberta uma pasta de informações onde constará quaisquer informações;
- Codificação das peças: para facilitar a substituição de peças, cada equipamento será dividido em sistemas, conjuntos e peças, sendo que cada um deles receberá um código de identificação;
- Criação de fichas de informação e controle:
 - Ficha do equipamento: tem por objetivo reunir as principais informações a respeito de um tipo de equipamento. Veja modelo:

ITT – Indústria de Terraplanagem		Ficha de Máquina n° ____/2007	
Equipamento: TRATOR DE ESTEIRAS		Código 9982-XYWZ	
Fabricante:			
Função:			
Localização:			
Data de compra:		Valor:	
Fornecedor:		Endereço:	
PRINCIPAIS PEÇAS DE REPOSIÇÃO			
Código	Peça	Fabricante	

- Ficha de manutenção preventiva: o ponto de partida da manutenção preventiva é o levantamento das partes da máquina mais sujeitas a falhas e dos pontos que exigem regulagens periódicas. Essas informações são normalmente fornecidas pelo fabricante. Veja modelo:

ITT – Indústria de Terraplanagem	
Equipamento: TRATOR DE ESTEIRAS	Código 9982-XYWZ
FICHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - INSPEÇÃO PERIÓDICA	
Tarefa	Situação
1. Limpeza <ul style="list-style-type: none"> Lavar e limpar toda a unidade. 	
2. Motor <ul style="list-style-type: none"> Apertar os parafusos de montagem, se necessário Regular o motor Verificar o jogo da ponta do virabrequim Verificar os drenos da caixa de ar Inspecionar os orifícios de admissão e anéis dos pistões Medir a compressão e pressões no cárter, caixa de ar e na exaustão Verificar a sincronização dos motores (unidades com dois motores) 	
3. Purificador de ar <ul style="list-style-type: none"> Verificar se o sistema de admissão de ar tem trincas ou vazamentos 	
4. Correias de acionamento <ul style="list-style-type: none"> Verificar a tensão e o desgaste de todas as correias de acionamento 	
....	
....	
17. Acessórios <ul style="list-style-type: none"> Verificar o funcionamento de todos os acessórios 	
18. Inspeção Geral <ul style="list-style-type: none"> Inspecionar toda a unidade, procurar vazamentos, porcas e parafusos soltos, trincas, soldas partidas e peças empenadas Operar a unidade e verificar o funcionamento de todos os controles 	
19. Lubrificação <ul style="list-style-type: none"> Fazer lubrificação e verificações recomendadas pela Tabela de Lubrificação para intervalos de 10, 50, 100, 200, 500 e 1000 horas de operação. 	
Identificação do Operador de Manutenção	
Data da Inspeção	

- Ficha de controle: tem por objetivo controlar a vida útil de cada um dos componentes e peças de um determinado equipamento. Veja modelo:

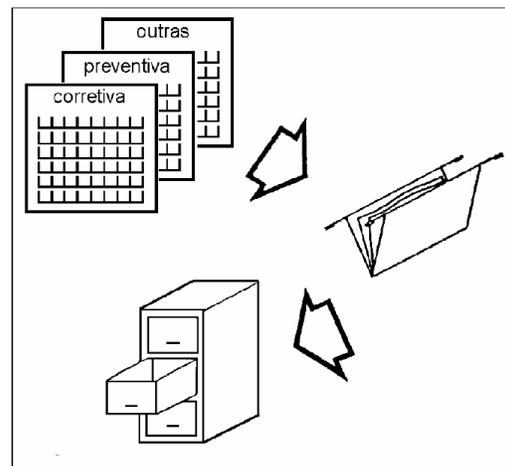
Data da Troca (dd/mm/aa)		Horas Trabalhadas	Horas Acumuladas	Responsável (ident.)
Vida útil estimada:		600 horas		

ITT – Indústria de Terraplanagem	Ficha de Controle n° ____/2007
Equipamento: TRATOR DE ESTEIRAS	Código: 9982-XYWZ
Peça/Sistema: CORREIA DO VENTILADOR	Código: BR-SC-WRFEDK

3.4 Formas de Controle da Manutenção Preventiva

É o sistema no qual as manutenções preventivas são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo.

O controle pode ser automatizado, no qual toda a intervenção da manutenção tem seus dados armazenados em computadores, para melhoria da logística da informação além da obtenção facilitada de consultas, listagens, tabelas e gráficos, aumentando grandemente a agilidade na tomada de decisões.



4. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é uma fase bem avançada de um plano global de manutenção. Refere-se ao processo no qual a intervenção sobre um equipamento ou sistema somente é realizado quando este apresenta uma mudança na sua condição de operação. Significa prever as condições de funcionamento dos equipamentos permitindo sua operação contínua pelo maior tempo possível. Todo o controle se dá pela observação (monitoramento) destas condições, como por exemplo, pela observação do nível de ruído de um determinado mancal de rolamento.

É aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional e nos Estados Unidos recebe o nome de preditiva ou previsual

Conceito: é o conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam a performance ou desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não de intervenção. Quando a intervenção, fruto do acompanhamento preditivo, é realizada, estamos na verdade realizando uma manutenção corretiva planejada.

Na prática diária da manutenção, torna-se difícil separar onde termina a manutenção preventiva e onde se inicia a manutenção preditiva, pois embora muitos operadores de manutenção desconheçam o método, eles já o utilizam parcialmente na prática. Por exemplo, quando determinam a parada de uma máquina fora da programação preventiva pelo fato da mesma estar superaquecida ou com vibração fora do comum, mesmo que ainda opere.

Para realizar a manutenção preditiva torna-se necessário mudar toda a filosofia de atuação da equipe de trabalho. É preciso, antes de tudo, capacitar uma equipe em manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamentos específicos.

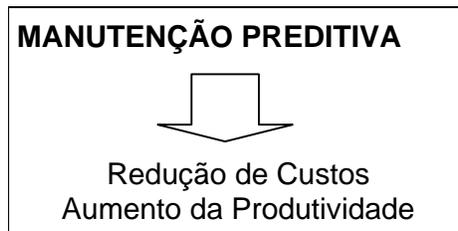
4. 1 Objetivos da Manutenção Preditiva

Os objetivos da manutenção preditiva são inúmeros, comparados ao método da manutenção meramente corretiva ou da preventiva:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;

- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.



4.2 Metodologia

A manutenção preditiva se preocupa com as alterações que ocorrem no comportamento normal do equipamento. Para chegar-se às informações que traduzem a “instabilidade” de um equipamento, há necessidade de estabelecer-se uma diagnose sobre o equipamento, que consiste na monitoração de seus componentes.

Para o desenvolvimento da diagnose, o profissional de manutenção deverá estudar o equipamento para compreender a cadeia de funcionamento e então descobrir a origem das falhas, bem como as conseqüências destas nos outros componentes. O conhecimento do funcionamento permite, com segurança, obter os dados necessários à diagnose dentro de uma estreita margem de erros. Descobrir as causas de uma falha é mais importante do que a simples troca de um componente danificado.

Para a elaboração de um diagnóstico, os envolvidos no problema precisam saber qual o mecanismo de deterioração que leva à geração de falhas e como uma falha exerce ação nos componentes associados. A operação de um equipamento ou mesmo componente, em perfeitas condições, fornece alguns dados, que são denominados **parâmetros** (vibrações, temperatura, pressão, etc.), permitindo executar o diagnóstico com boa margem de segurança.



No caso comum, basta verificar uma alteração nestes parâmetros que o problema pode ser resolvido, efetuando a manutenção neste componente. Entretanto, quando se trata de um processo racional, a substituição não é simplesmente executada, mas sim são estudados os efeitos da alteração dos componentes associados e, principalmente, são investigadas as causas do desgaste visando obter meios de atenuar tais causas, quando não são eliminadas.

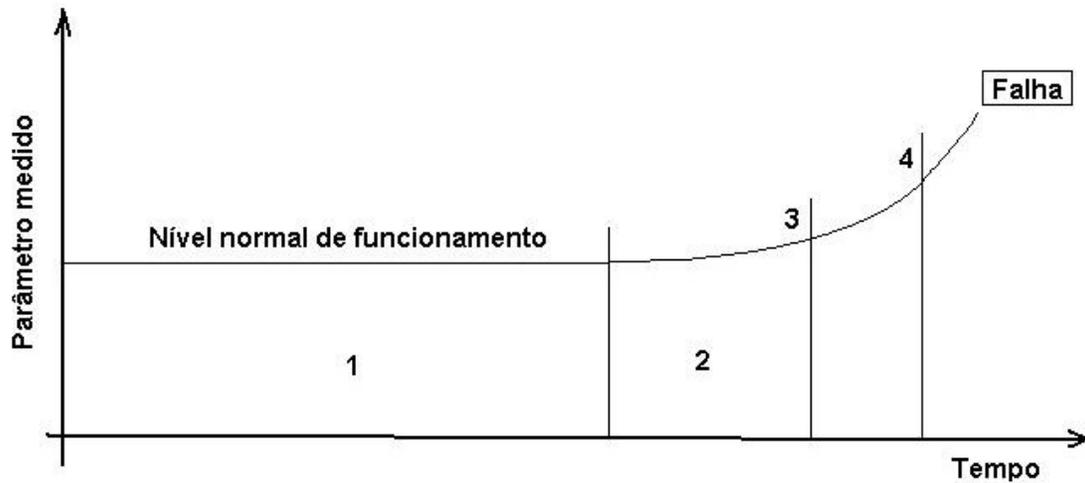
Para a implantação de uma sistemática de manutenção preditiva em um equipamento ou sistema, é necessário:

- a) Verificação de quais componentes a operação do equipamento depende;
- b) Verificar, junto ao fornecedor, quais os valores numéricos dos parâmetros que interessam à manutenção (valores padrões - referentes a equipamentos novos);
- c) Determinação do procedimento de medição destes parâmetros que interessam à manutenção;
- d) Fixação dos limites **normal**, **alerta** e **perigoso** para os valores desses parâmetros. Deve-se utilizar os valores estabelecidos nas especificações internacionais, na ausência de dados experimentais;
- e) Elaboração de um procedimento para registrar e tabelar todos os valores que forem medidos (referentes aos valores padrões);
- f) Determinação experimental ou empírica dos intervalos de tempo entre as medições sucessivas*.

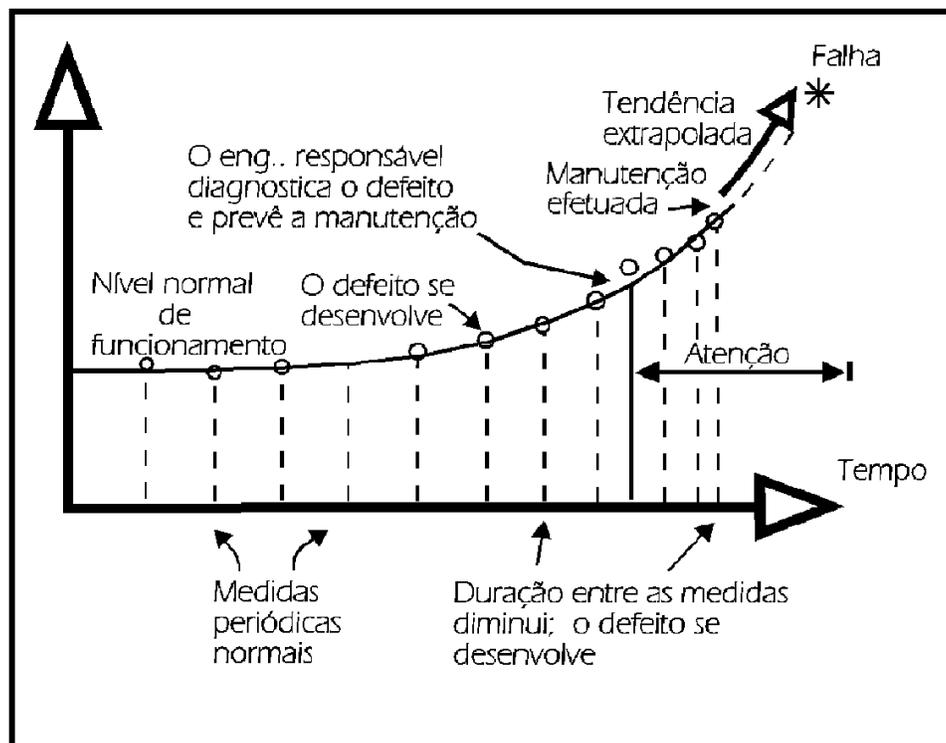
* Obs.: Este item é fundamental, uma vez que o responsável pela manutenção deve assegurar que não haverá paradas não programadas devido à quebra de um componente qualquer durante o período entre observações sucessivas. Caso contrário, o programa de manutenção perde o sentido, uma vez que sua finalidade principal é evitar paradas inesperadas.

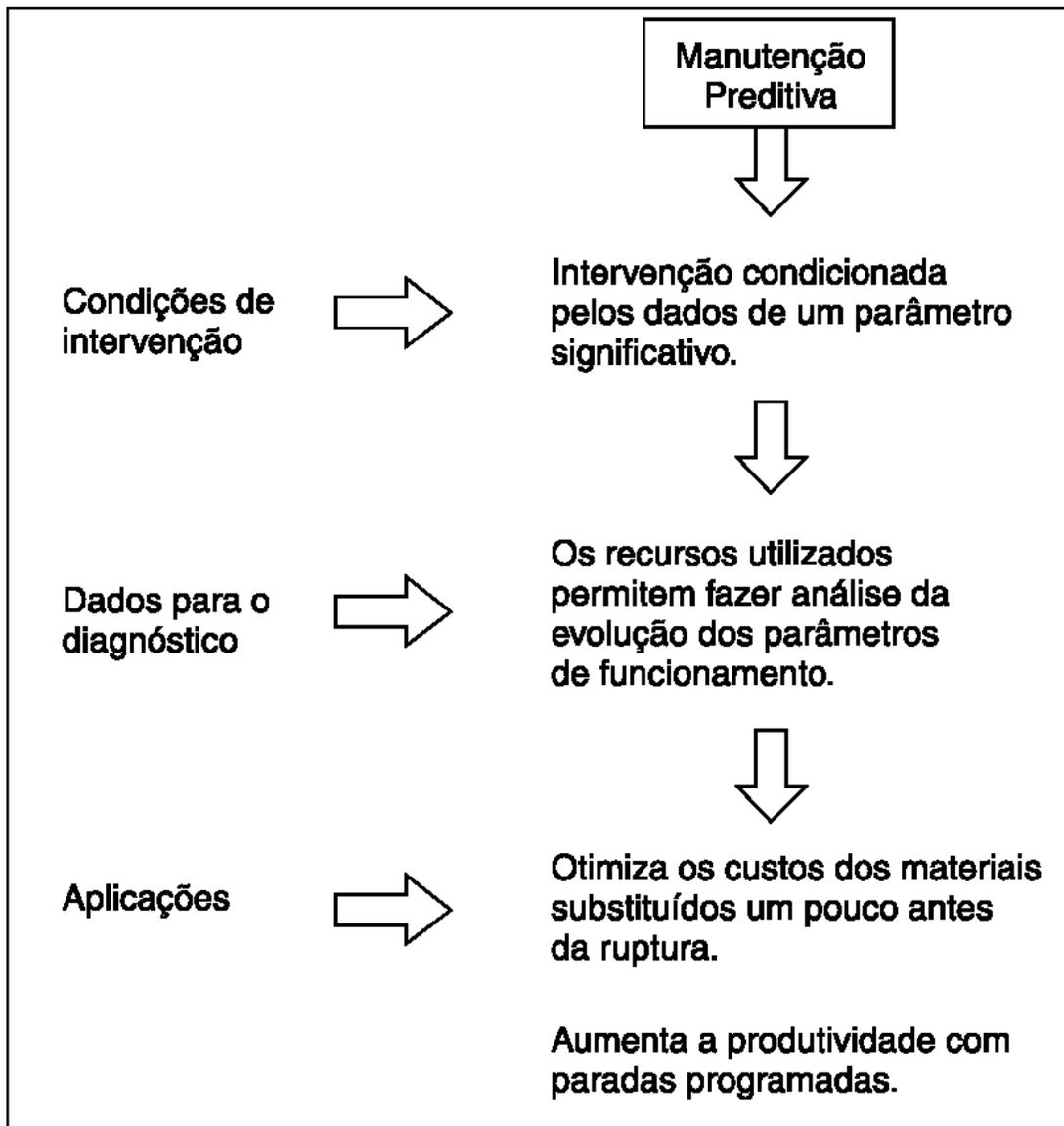
4.3 Análise de Falha

A análise da tendência de falha consiste em prever com antecedência a quebra, por meio de instrumentos e aparelhos que exercem vigilância constante, predizendo a necessidade de reparo. Esta tendência pode ser percebida nos gráficos abaixo:



- 1 – Zona de medidas periódicas normais: intervalo definido previamente.
- 2 – Zona de desenvolvimento do defeito: duração entre as medidas diminui (acompanhamento da evolução do defeito);
- 3 – Zona de diagnóstico do defeito: a manutenção é prevista;
- 4 – Zona de realização da manutenção: antes da ocorrência da falha. Após a intervenção, há um retorno à zona 1.





4.4 Formas de Monitoramento

A avaliação do estado do equipamento se dá através da medição, acompanhamento ou monitoração de parâmetros. Esse acompanhamento pode ser feito de três formas:

- Acompanhamento ou monitoração subjetiva: Dá-se pela percepção de que algum parâmetro está fora do comum, por exemplo: colocar a mão na caixa de mancal e perceber que a temperatura está acima do normal; pegar um pouco de lubrificante da máquina nos dedos e comparar a viscosidade; escutar ruído acima do comum na caixa de marcha; etc. Portanto, é o acompanhamento que se dá através dos sentidos visão, audição, tato e olfato. Pode ser feito por qualquer um, inclusive o próprio

operador. E a monitoração será tão confiável quanto a experiência do operador. Este acompanhamento deve sempre ser incentivado, e já é feito muitas vezes sem mesmo ser percebido. Entretanto, não deve ser usado como único método, porque há risco da percepção não ocorrer ou de ocorrer uma percepção errada.

- Acompanhamento ou monitoração objetiva: É feito com base em medições utilizando equipamentos ou instrumentos especiais. Considera-se objetiva por fornecer um valor de medição do parâmetro que está sendo acompanhado que não depende dos sentidos do operador do instrumento. É importante que os monitores sejam treinados e os instrumentos estejam aferidos e calibrados.
- Monitoração contínua: É também um acompanhamento objetivo. Foi adotado inicialmente em equipamentos de alta responsabilidade cujo desenvolvimento do defeito se dava em pouco tempo. Como seu custo era alto, somente seu uso era justificado nessa situação, mas com o desenvolvimento dos sistemas digitais e da informática, isso tem se tornado possível, ainda que restrito a equipamentos caros. Um exemplo é a monitoração dos grupos geradores nas usinas hidrelétricas da CEMIG (Cia. Energética de Minas Gerais), cuja monitoração se dá na sede da empresa, ou seja, os instrumentos instalados nas usinas monitoram parâmetros (como vibração, temperatura de mancais, etc.) que são transmitidos e monitorados em tempo real da sede. Isso não significa que exista um técnico 24 horas por dia, pois é possível que existam programas que monitoram e exibem relatórios normais e de alerta de forma automática.

4.5 Monitorando os Parâmetros

O espectro da manutenção preditiva é bastante amplo, variando desde um simples exame visual a um sistema complexo de monitoramento das condições de operação das máquinas com o auxílio de sofisticados aparelhos de medição e análise.

É inviável estabelecer ou classificar todos os métodos e processos possíveis para obter um programa de manutenção preditiva eficiente e econômico. Existe um número bem determinado de parâmetros a monitorar. A tabela abaixo indica resumidamente as principais variáveis e as máquinas e equipamentos que as utilizam.

Observação prática	Máquinas rotativas	Dispositivos Estáticos	Dispositivos Elétricos	Instrumentos	Estruturas
Ensaio não destrutivo					
Exame visual					
Medição e análise Vibrações					
Medição de temperatura e pressão					
Medida do nível sonoro					
Medida da espessura/corrosão					
Análise de lubrificantes					
Detecção de vazamentos de fluidos					
Análise química					

Os principais parâmetros monitorados atualmente são:

- a) **Vibração:** o acompanhamento e análise de vibrações são um dos mais importantes métodos de predição em vários tipos de indústria, sendo a ênfase em equipamentos rotativos, mas também aplicável a muitos outros (asa de avião, molas de vagão de trem, estrutura sujeita à ação do vento, etc.).
- b) **Temperatura:** a medição da temperatura é um dos parâmetros de mais fácil compreensão e acompanhamento. Alguns exemplos clássicos são: temperatura em mancais de máquinas rotativas (a elevação pode ser resultado de desgaste ou problemas relacionados à lubrificação); temperatura da superfície de equipamentos estacionários (a elevação pode indicar danos no isolamento); temperatura em barramentos e equipamentos elétricos (a elevação pode indicar mal-contatos).
- c) **Lubrificação:** A análise de lubrificante não só permite economia, por aumentar o intervalo de troca recomendado pelo fabricante, como também detecta outros problemas, como vedação deficiente entre outros. Existem duas técnicas: a tradicional consiste em verificação das características do lubrificante para verificar a continuação adequada; já a técnica ferrográfica permite avaliar as condições de desgaste das máquinas, tomando por base a análise de partículas presentes no óleo lubrificante.

4.6 Aspectos motivacionais

Da mesma forma que se faz um plano de manutenção preditiva, é necessário planejar e executar ações que visem a motivação do pessoal de manutenção, já que o homem é a peça chave para o sucesso de qualquer atividade. Algumas ações que devem ser implementadas:

- Criação de listas de e-mail contendo toda lotação da manutenção, visando divulgar elogios, perdas operacionais, acidentes ou incidentes, indicadores e outros pontos relevantes;
- Presença do Gerente de Manutenção nas oficinas de manutenção e área industrial, visando troca de informações com executantes, supervisores, técnicos, engenheiros, etc.;
- Manter e dar prioridade total à realização de reuniões semanais dos gerentes e supervisores de manutenção, para troca de informações e relatórios;
- Oportunizar e incentivar o “fast feedback” para todos os empregados de manutenção. “Feedback” significa retornar as informações que surgiram com as atividades, e “fast” de forma rápida, exata e adequada. Visa a melhoria do sistema da forma mais rápida possível;
- Induzir aos gerentes e supervisores comunicarem aos subordinados suas histórias profissionais e pessoais, incentivando e desafiando aos funcionários com relação à carreira e também humanizando as relações;
- Realizar inspeções sistemáticas nos setores para conhecimento das rotinas além de valorização e integração dos funcionários;
- Manter programas de treinamentos, cursos e seminários, que não só aperfeiçoam os funcionários como representam incentivos ao crescimento profissional dos mesmos;
- Pontualidade, seriedade e respeito nas relações interpessoais entre chefia e funcionários, e entre os próprios funcionários;
- Realizar eventos para celebrar sucessos obtidos.

5. Manutenção Produtiva Total

Durante muito tempo as indústrias funcionaram com o sistema de manutenção corretiva. Com isso, ocorriam desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros. Com o surgimento das manutenções preventiva e preditiva, surgiram também sistemas de gerenciamento de manutenção que buscam a máxima eficiência. Um destes sistemas de gerenciamento, que se tornou conhecida pela sua eficiência é a manutenção produtiva total, conhecida pela sigla TPM (total productive maintenance), que envolve manutenção preventiva e preditiva além de muitos outros aspectos.

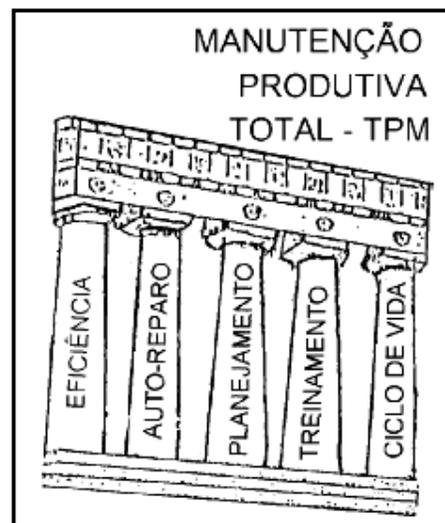
Na busca de maior eficiência da manutenção, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados, surgiu a TPM, em 1970, no Japão. Os fatores que contribuíram foram os seguintes:

- Avanço na automação industrial;
- Busca em termos da melhoria da qualidade;
- Aumento da concorrência empresarial;
- Emprego do sistema “just-in-time” (sistema que produz a partir das encomendas ao invés de produzir e empurrar as vendas);
- Maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- Dificuldades de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- Aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Todas essas ocorrências contribuíram para o aparecimento da TPM. A empresa usuária da máquina se preocupava em valorizar e manter o seu patrimônio, pensando em termos de custo do ciclo de vida da máquina ou equipamento. No mesmo período, surgiram outras teorias com os mesmos objetivos, mas a TPM mostrou ser extremamente eficaz. Começou a ser implantado por empresas brasileiras a partir da década de 1990.

Os cinco pilares da TPM são as bases sobre as quais construímos um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para encontrar metas, tais como defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade. Não só envolvem termos materiais, mas humanos também. Os cinco pilares são:

- Eficiência (atividades que melhoram a produtividade do equipamento);
- Auto-reparo (sistema de manutenção autônomo, executado pelos operadores do equipamento);
- Planejamento (sistema organizado);



- Treinamento (capacitação de pessoal e aumento de suas habilidades técnicas para rendimento máximo);
- Ciclo de vida (gerenciamento completo do equipamento).

A implementação da TPM segue quatro grandes passos:

1. Capacitação:
 - Operadores: realizar manutenção autônoma, ou seja, ser o mantenedor do equipamento (através da monitoração subjetiva e outras ações);
 - Executores: não serem especializados demais, mas polivalentes, ou seja, podem resolver mais que um tipo de problema;
 - Engenheiros: projetarem equipamentos que exijam o mínimo de manutenção.
2. Aplicar o programa dos oito S:
 - Seiri: organização, eliminando o supérfluo;
 - Seiton: arrumação, identificando e colocando tudo em ordem;
 - Seiso: limpeza, implica em limpar sempre e não sujar;
 - Seiketsu: padronização, implica manter a arrumação, limpeza e ordem;
 - Shitsuke: disciplina, fazer tudo espontaneamente;
 - Shido: treinar, constante capacitação pessoal;
 - Seison: eliminar as perdas;
 - Shikari yaro: realizar com determinação e união.
3. Eliminar as seis grandes perdas:
 - Perdas por quebra;
 - Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem;
 - Perdas por operação em vazio (espera);
 - Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal;
 - Perdas por defeitos de produção;
 - Perdas por queda de rendimento.
4. Aplicar as cinco medidas para obtenção da quebra zero:
 - Estruturação das condições básicas;
 - Obediência às condições de uso;
 - Regeneração do envelhecimento dos equipamentos;
 - Sanar falhas de projeto;
 - Incrementar a capacitação técnica do pessoal.

A idéia de “quebra zero” baseia-se no conceito de que a quebra é a falha invisível. A falha visível é causada por uma série de falhas invisíveis, assim como um iceberg tem apenas sua ponta visível. Logo, se operadores estiverem conscientes de que devem evitar falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer.



Efeitos da TPM nos recursos humanos: na forma como é proposta, oferece grandes benefícios não só à empresa, mas também aos funcionários:

- Aumento de autoconfiança;
- Aumento da atenção no trabalho;
- Aumento da satisfação;
- Melhoria do espírito de equipe;
- Desenvolvimento e aquisição de habilidades;
- Maior senso de responsabilidade pelos equipamentos;
- Maior satisfação pelo reconhecimento.

“A manutenção não deve ser apenas aquela que conserta, mas, sim, aquela que elimina a necessidade de consertar” (anônimo).

Veja em anexo parte de uma monografia que trata sobre a implementação da TPM no setor de estamperia da fábrica da Volkswagen em Taubaté – SP entre 1998 a 2000, com resultados demonstrados entre 1999 e 2001.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Márcio T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia. Disponível em www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf, acessado em 28/07/2007.

ANDRADE, Ednardo B. Apostila de **Gestão da Manutenção**. Florianópolis, CEFET/SC, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

Manutenção Mecânica. Apostila do Curso Técnico em Mecânica. Telecurso 2000. Disponível em: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br>, acessado em 25/jun/2007.

MOREIRA, Evandro L. de Mello. **Análise da Implementação da Manutenção Produtiva Total na Área de Estamparia em Uma Empresa do Setor Automobilístico**. Monografia. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2003. Disponível em www.unitau.br/prppg/cursos/ppqa/mba/2002, acessado em 28/07/2007.

ROSA, Edson. **Análise de Resistência Mecânica, Modos de Falha e Confiabilidade, Capítulo 2** – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.