

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA-CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE-EFOMM**

**SISTEMAS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS  
MARÍTIMOS**

**Por: Rodrigo Mendes Moreira Neves**

**Orientador**

**Prof. José Ernesto Ferraz Machado**

**Rio de Janeiro**

**2011**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**SISTEMAS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS  
MARÍTIMOS**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas (FOMQ) da Marinha Mercante.

Por: Rodrigo Mendes Moreira Neves.

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE – EFOMM

**AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Professor (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Professor (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Professor (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família que tanto me apoiou durante este período na EFOMM, a todos os amigos, por compartilharmos momentos inigualáveis.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho a minha mãe e irmão, que sempre estiveram ao meu lado, aos professores, por toda dedicação e paciência na ao transmitirem seus conhecimentos.

## RESUMO

A manutenção pode ser definida segundo o dicionário Aurélio como: “As medidas necessárias para a conservação ou permanência, de alguma coisa ou situação” e ainda “Os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”. Entretanto, o mais comum é definir a manutenção como “o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas e equipamentos, visando garantir a continuidade de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazo, de custos e de vida útil adequado”. Nesta definição, de grande abrangência, a manutenção é caracterizada como um processo, um processo que deve se iniciar antes da aquisição e que tem como principal função o prolongamento da vida útil do equipamento ou sistema.

Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de desempenho, estaremos restaurando-a. Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o. De modo geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

O que é comum na manutenção de um equipamento é que, antes de realizar qualquer ação num equipamento deve-se indubitavelmente consultar ao manual de instruções, a fim de reconhecer as particularidades dos utilitários.

## ABSTRACT

Maintenance can be defined according to the dictionary as: "The necessary measures for conservation or permanence, of something or situation." and still "Indispensable technician cares to the regular and permanent functioning of engines and machines". However most common is to define maintenance as "The set of activities and resources applied to systems and equipment to ensure continuity of its function within the parameters of availability, quality, time, cost and useful life". In this wide-ranging definition, the maintenance is characterized as a process that must be initiated before the acquisition, and it has as main purpose to extend the life of the equipment or system.

For example, when we keep the gears lubricated, we are conservating them. If we are rectifying a straightening table, we are restoring it. If we are changing the plug of an electric handle, we are replacing it. In general way, the maintenance in a company aims to:

- Maintain equipment and machines in conditions of full operation to guarantee the normal production and the product quality;
- Prevent probable imperfections or breakage of the elements of machines.

The ideal maintenance of a machine is the one that enables high availability for production during the entire time it is in service and to an adequate cost.

What is common in the maintenance of an equipment is that before taking any action in equipment must be doubtlessly consulted to the instruction manual, in order to recognize the specific utilities.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO _____	9
Capítulo I-Tipos de Manutenção _____	11
1-Manutenção Preventiva _____	11
2-Manutenção Planejada _____	14
3-Manutenção Corretiva _____	16
4-Manutenção Preditiva _____	18
5-Manutenção Detectiva _____	22
6-Manutenção Produtiva Total _____	22
7-Manutenção Centrada na Confiabilidade _____	24
Capítulo II- Motores Diesel Geradores _____	26
1-Uso Marítimo _____	26
2-Cuidados Principais de Operação _____	27
3-Aplicando Manutenção Preventiva _____	29
Capítulo III- Manutenção de Alguns Equipamentos _____	31
1-Motor Elétrico _____	31
2-Manutenção de Compressor Alternativo _____	48
3-Trocadores de Calor _____	50
4-Bombas Centrífugas _____	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	66
BIBLIOGRAFIA _____	67

## INTRODUÇÃO

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passaram a ser a meta de todas as empresas.

– O que a manutenção tem a ver com a qualidade total?

Disponibilidade de máquina, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes, produtos com defeito zero. . .

– Não entendi!

Vamos comparar. Imagine que eu seja um fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Pois bem, para que eu venha a manter meus clientes e conquistar outro precisará tirar o máximo rendimento de minhas máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.

Deverei, também, estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine você que eu não faça manutenção de minhas máquinas. . .

Se eu não tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos ou quebradas causarão:

- 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.

Para evitar o colapso de minha empresa devo, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter rolamentos nas quantidades previamente estabelecidas e com qualidade. Também devo incluir, no programa, as ferramentas a serem utilizadas e a previsão da vida útil de cada elemento das máquinas.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção.

O objetivo de uma empresa de navegação é o mesmo que o de qualquer outra empresa não filantrópica: o lucro. Para isso, sua frota deve ter, entre outros fatores, uma boa equipe de trabalho, boa infra-estrutura e bons equipamentos. Esses últimos representam uma boa parte dos gastos de uma empresa, pois há a necessidade de sobressalentes, consertos e até mesmo substituições.

Obviamente, uma máquina ou equipamento marítimo não cessa seu funcionamento de uma só vez, mas pára de funcionar quando alguma parte vital para o seu funcionamento apresenta-se danificada. Deve-se evitar que a máquina atinja esse nível de dano e para isso, existem as manutenções. Além disso, elas existem a fim de evitar que os gastos da empresa atinjam enormes proporções.

A finalidade da manutenção é, basicamente, garantir o estado original dentro do menor custo, sem afetar a produtividade, avaliando corretamente o nível de desgaste sem ultrapassar o limite de danificação, prolongar a vida da máquina, evitar desperdícios, sem economia de tempo que provoque gastos maiores mais tarde por causa disso.

Atualmente, a manutenção precisa deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz. Não basta apenas que se reparem equipamentos ou instalações o mais rápido possível. É preciso manter a função dos equipamentos ou instalações disponíveis e reduzir os riscos das paradas não-planejadas. Não é mais aceitável que o equipamento pare dessa forma, a manutenção deve

ser organizada de modo que o equipamento se parar, seja de forma planejada. Não há uma fórmula geral para a manutenção de máquinas e equipamentos marítimos, cada um destes tem suas peculiaridades, e estas devem ser consultadas através do manual do fabricante.

# CAPÍTULO I

## TIPOS DE MANUTENÇÃO

Apesar de certas divergências quanto à classificação dos tipos de manutenção, para alguns autores existem seis tipos diferentes de manutenção: Manutenção Corretiva não Planejada, Manutenção Corretiva Planejada, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Detectiva e Engenharia de Manutenção.

Outros autores consideram que há apenas duas categorias de manutenção - a Corretiva e a Preventiva – sendo os demais tipos derivados dessas duas categorias principais.

A manutenção preventiva é feita para prevenir a quebra ou falha de um equipamento, a corretiva é aquela feita depois da máquina já avariada, a do tipo preditiva previne falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de diversos parâmetros, já a Detectiva busca detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

### **1-Manutenção Preventiva**

A essência da Manutenção Preventiva é a substituição de peças ou componentes antes que atinjam a idade em que passam a ter risco de quebra. A base científica deste tipo de manutenção é o conhecimento estatístico da taxa de defeito das peças, equipamentos ou sistemas ao longo do tempo. A Manutenção Preventiva também é chamada de manutenção baseada em intervalos/tempo.

Ao contrario da Manutenção Corretiva, a Manutenção Preventiva procura evitar e prevenir antes que a falha efetivamente ocorra. A definição da NBR 5462(1994) para a Manutenção Preventiva é “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo

com critérios prescritivos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

A manutenção preventiva é de extrema importância para prolongar a vida útil do aparelho, evitando assim, muitos reparos que tomariam tempo e dinheiro, o que não é desejado nem pelo responsável do quarto de serviço nem pelo armador. As principais vantagens da manutenção preventiva são:

- Diminuição do número total de intervenções corretivas, reduzindo o custo da mesma e;
- O aumento da eficiência da operação do navio, através de um melhor desempenho das instalações do mesmo;

O ideal é utilizar, efetivamente, o tempo disponível a bordo e as facilidades existentes no navio, ou seja, assegurar que o tempo não seja desperdiçado em serviços de pequena importância e que as tarefas principais recebam a devida prioridade. Além disso, manter na Divisão de manutenção um histórico dos trabalhos realizados, a fim de que se possa exercer um controle eficiente de manutenção e obtenção de dados para a programação dos serviços de docagem.

Para garantir a máxima eficiência de funcionamento, as condições dos equipamentos devem ser verificadas continuamente, possibilitando que a manutenção preventiva seja executada antes de ocorrerem avarias.

No uso de uma peça, independentemente da sua função ou entrosamento no complexo operacional, há três fases ou períodos que lhe caracterizam o desempenho até a sua imprestabilidade e conseqüente substituição é o que em linguagem naval, chama-se “taxa de falha”, ou seja, a probabilidade de ocorrer avaria em um determinado período de tempo.

Há três fases que compreendem a “taxa de falha” e correspondem:

- Ao período de adaptação;
- Ao período de plena operacionalidade;

- Ao período de cansaço ou desgaste.

Nas peças de qualquer equipamento, como de ordinário, ocorre com qualquer utilidade, os primeiros momentos de uso são de adaptação, o que lhe impede plena produtividade, já que é um período de ajuste para alcançar o ponto ideal.

Depois de acabada essa adaptação ou ajuste, a peça entra na sua plenitude, assumindo o ponto mais estável, sendo que a partir desse ponto ocorre uma diminuição da “taxa de falha”. Esta queda permanece até que se inicie a terceira e última fase no desempenho da peça. Começa a aparecer a possibilidade de avaria ou desgaste e, conseqüentemente, a crescer a “taxa de falha”.

Em conseqüência do que foi acima detalhado, torna-se impossível admitir que qualquer peça possa ser entregue ao funcionamento, sem uma preocupação permanente com o seu desempenho e o seu natural envelhecimento.

Quando determinado equipamento entra em falha ou quando está para causar avaria, ou ainda quando o desgaste imposto pelo tempo resulta na sua imprestabilidade, o problema pode agravar-se se certas medidas de vigilância e exame que possam conduzir a uma análise desses fatos não forem procedidas a tempo.

Com esta finalidade é mantido em todas as indústrias e principalmente nas operações navais, o chamado Programa de manutenção preventiva, que impede os Programas de manutenção Corretivas em determinadas circunstâncias, já que este exige operação de docagem e, assim, põe o navio fora das operações comerciais, interrompendo sua função inicial.

A implantação de um sistema de manutenção preventiva exige dois setores de maior relevância: controle de peças sobressalentes e manuais de operação. O primeiro encarrega-se de guardar, classificar e dispor de todo o material necessário para substituir peças envelhecidas ou desgastadas pelo uso. Algumas companhias mantêm essas peças em estoque no próprio navio ou em terra; outras só as dispõem em terra, o que pode ser prejudicial ao navio, se a avaria ocorrer em alto mar ou distante do porto de origem.

Os fichários de manutenção são descrições em código de todas as peças em funcionamento no navio, onde são relacionadas às suas diversas especificações, tempo útil previsto em exercício, a época em que entrou em função, presunção de desgaste e previsão de sua substituição.

## **2- Manutenção Planejada**

O sistema de manutenção planejada é constituído por instruções, listas e detalhamento de tarefas e de recursos necessários ao seu cumprimento, e é uma sistemática dentro da manutenção preventiva.

O Sistema de Manutenção Planejada é um método que tem como propósito permitir a máxima disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos e sistemas por ele abrangidos, através da otimização dos recursos disponíveis para a manutenção.

As avarias ou degradações de desempenho do material podem ocorrer basicamente por duas razões:

- Desgaste ou Deterioração;
- Falhas aleatórias.

O sistema de manutenção planejada contém, entre suas precípuas funções, uma série de atividades administrativas e técnicas que o definem. Assim:

- Cabe-lhe solicitar aos fabricantes de navios os manuais dos diversos equipamentos, nos quais se insiram os intervalos previstos para a manutenção desses equipamentos, a lista de peças, as ferramentas a usar, tolerâncias, defasagens e estimativa de durabilidade;

- Estar sempre presente com suas equipes aos testes a que são submetidas às diversas embarcações;
- Organizar equipes de manutenção e com elas visitar o navio ainda no período de montagem;
- Solicitar lista de representantes e de sobressalentes, seus fornecedores no mercado mundial, peças intercambiáveis com outros equipamentos de origem idêntica, mesmo provenientes de outros países;
- Levantar preços desses sobressalentes e intercambiáveis;
- Discriminar junto aos respectivos armadores os equipamentos indispensáveis ao sistema de manutenção planejada;
- Codificar todos os equipamentos, definindo quais os sistemas que deverão estar sob o permanente cuidado da manutenção planejada e os períodos de maior aplicação;
- Ter a sua plena disposição todos os manuais e todas as informações necessárias para organização e planejamento da manutenção planejada;
- Elaborar, de acordo com as informações prestadas pelo fabricante, um livro de registros, do qual constem as rotinas e os serviços a serem prestados pela manutenção planejada;
- Elaborar a lista de peças sobressalentes de cada equipamento e sistemas, enviando-a ao respectivo armador para a codificação dos equipamentos em questão;
- Elaborar, ainda de acordo com o fabricante, as instruções sobre os equipamentos e sua manutenção;
- Dispor da relação dos equipamentos armazenados a bordo do navio ou em depósito de terra, que possam ser utilizados quer em emergência, quer na operação de substituições rotineiras;

- Obter, junto à sociedade classificadora, uma lista dos itens a serem inspecionados (casco e máquinas) e a frequência necessária a essas inspeções e, finalmente;

- Preparar o programa da manutenção planejada, de acordo com os intervalos recomendados pelo fabricante, com as vistorias da sociedade classificadora e as épocas estimadas para essas revisões.

Em relação às suas atividades administrativas, impõe-se que a manutenção planejada disponha de livros e formulários nos quais se registrem não só suas atividades, mas a característica do material a ser usado, as defasagens nas substituições e os serviços de rotina.

A bordo, cumpre à manutenção planejada dispor de todos os diagramas de redes e instalações, de todos os arranjos da praça de máquinas e de conveses, do balanço térmico e de água salgada, lubrificações, etc. Além da lista de equipamentos instalados, número das unidades, dados da placa e respectivos códigos do sistema manutenção planejada.

Os procedimentos de emergência, os sistemas de automação, a localização física dos equipamentos, redes e válvulas, curvas de desempenho do navio, dados táticos, elaboração da lista de símbolos, gráfico de cores a utilizar no manual, organização do índice geral do manual de operações, preparação dos programas para as condições normais de viagem, preparação dos sistemas auxiliares, previsão dos procedimentos de emergência, criar a seção de automação, criar rotinas para a seção de segurança, para o sistema de cargas e todos os serviços de convés, elaboração dos quadros de instrução, seções e localização física de máquinas e conveses e instrução à tripulação sobre a finalidade da manutenção planejada, são outras atividades de maior significação para alcançar os objetivos básicos que justificam a importância do desempenho da manutenção planejada em relação a um navio no que concerne a economia e segurança.

### 3- Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais antiga e mais utilizada, sendo empregada em qualquer empresa que possua itens físicos, qualquer que seja o nível de planejamento de manutenção. Segundo a Norma NBR 5462 (1994), manutenção corretiva é “a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Em suma: é toda manutenção com a intenção de corrigir falhas em equipamentos, componentes, módulos ou sistemas, visando restabelecer sua função. Este tipo de manutenção, normalmente implica em custos altos, pois a falha inesperada pode acarretar perdas de produção e queda de qualidade do produto. As paralisações são quase sempre mais demoradas e a insegurança exige estoques elevados de peças de reposição, com acréscimos nos custos de manutenção.

Em linhas gerais, a Manutenção Corretiva significa Restaurar ou Corrigir o funcionamento da máquina. Uma quebra inesperada pode gerar altíssimos custos para a empresa. Essa manutenção, pura e simples, conduz a:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paradas para manutenção em momentos aleatórios e muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até as épocas de crise geral;

Logicamente, é impossível eliminar completamente este tipo de manutenção, pois não se pode prever, em muitos casos, o momento exato em que se verificará um defeito que obrigará a uma manutenção corretiva de emergência (que é aquela que não pode ser adiada ou planejada (aconteceu agora e é preciso fazer agora)). Essa manutenção divide-se em dois

tipos: manutenção corretiva planejada e manutenção corretiva não planejada, que são descritas a seguir:

**Manutenção corretiva não planejada:** é a correção da falha de maneira aleatória. Marçal (2004) complementa Kardec e Nascif (1998) dizendo que a manutenção ocorre no fato já ocorrido ou no momento seguinte à identificação do defeito. Implica na paralisação do processo, perdas de produção, perdas de qualidade e elevação de custos indiretos de produção. Essa manutenção objetiva colocar o equipamento nas condições de voltar a exercer sua função.

**Manutenção corretiva planejada:** é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial. Marçal (2004) enfatiza que esse tipo de manutenção é efetuado em um período programado, com intervenção e acompanhamento do equipamento, desde que o defeito não implique necessariamente na ocorrência de uma falha. Caso a decisão seja deixar o equipamento funcionando até quebrar, recomenda-se compartilhar com outros defeitos já relatados e tomar ação preventiva e naturalmente econômica. O planejamento é fundamental e deve considerar fatores diversos para o não comprometimento do processo produtivo. Ela é mais barata, rápida e mais segura que a manutenção corretiva não planejada.

#### **4- Manutenção Preditiva**

A Manutenção Preditiva pode ser considerada como uma forma evoluída da Manutenção Preventiva. Com o aperfeiçoamento da informática, tornou-se possível estabelecer previsão de diagnósticos de falhas possíveis, através da análise de certos parâmetros dos sistemas produtivos.

Através do acompanhamento sistemático das variáveis que indicam o desempenho dos equipamentos, define-se a necessidade da intervenção. Ela privilegia a disponibilidade, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento em funcionamento. Outra condição

considerada fundamental para a aplicação da manutenção preditiva é a qualificação da mão-de-obra responsável pela análise e diagnóstico, para que as ações de intervenção tenham qualidade equivalente aos dados registrados.

As características intrínsecas a esse tipo de manutenção impedem que ela seja empregada de forma generalizada porque exige grande volume de recursos iniciais, tanto humanos com materiais; mão-de-obra muito qualificada e treinada; e a restrição para aplicação em sistemas industriais complexos.

Com um acompanhamento direto e constante é possível prever falhas, saber quando uma intervenção se fará necessária e, então, entrar em ação.

A manutenção preditiva pode ser feita apenas em equipamentos que permitem a existência de acompanhamento, como as serras, por exemplo. Por isso, muitos profissionais que trabalham diretamente com manutenção chegam até a tratá-la como uma manutenção planejada. Ela relata as condições do equipamento e mostra quando a intervenção é necessária. O que é realizado, na verdade, é uma manutenção corretiva planejada.

Como a manutenção preventiva, a manutenção preditiva tem muitas definições. Para os mecânicos, a manutenção preditiva monitora a vibração da maquinaria rotativa numa tentativa de detectar problemas incipientes e evitar falha catastrófica. Para os eletricitas, são o monitoramento das imagens infravermelhas de circuitos, de chaves elétricas, motores, e outros equipamentos elétricos para detectar problemas em desenvolvimento.

Tem-se definido uma variedade de técnicas que variam desde o monitoramento da vibração até imagens em infravermelho. A manutenção preditiva tem sido reconhecida como uma técnica eficaz de gerenciamento de manutenção. Outras terminologias têm surgido como ferramentas de gerência de manutenção, estes novos termos - RCM, manutenção centrada na confiabilidade; TPM, manutenção produtiva total; e JIT, manutenção “Just-in-time” - são apresentadas como substitutas à manutenção preditiva e a solução definitiva aos seus altos custos de manutenção.

Desde que a maioria das fábricas de manufatura e de processo baseia-se em equipamentos mecânicos para a maior parte de seus processos, a manutenção preditiva baseada em vibração é a técnica dominante usada para a maioria dos programas de gerência de manutenção. Entretanto, a capacidade em monitorar todas as máquinas críticas, equipamentos e sistemas em uma planta industrial típica não pode se limitar a uma única técnica.

As técnicas de monitoramento na manutenção preditiva, ou seja, baseadas em condições, incluem: análise de vibração, ultra-som, ferrografia, tribologia, monitoria de processo, inspeção visual, e outras técnicas de análise não-destrutivas. A combinação destas técnicas de monitoramento e de análise oferece os meios de monitoramento direto de todos os equipamentos e sistemas críticos em certos ambientes de trabalho.

Recentes pesquisas da efetividade da gerência da manutenção indicam que um terço de todos os custos de manutenção é desperdiçado como resultado de manutenção desnecessária ou inadequadamente realizada.

A premissa comum da manutenção preditiva é que o monitoramento regular da condição mecânica real, o rendimento operacional, e outros indicadores da condição operativa das máquinas e sistemas de processo fornecerão os dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre os reparos. Ela também minimizaria o número e os custos de paradas não-programadas criadas por falhas da máquina.

A melhor definição de manutenção preditiva é a de que ela é um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global das plantas industriais de manufatura e de produção. A manutenção preditiva não é meramente monitoramento de vibração ou análise de óleo lubrificante ou de imagens térmicas ou qualquer das outras técnicas de teste não destrutivo que têm sido marcadas como ferramentas de manutenção preditiva.

A manutenção preditiva é uma filosofia ou atitude que usa a condição operacional real do equipamento e sistemas da planta industrial para aperfeiçoar a operação. Um programa abrangente de gerência de manutenção preditiva utiliza uma combinação das

ferramentas mais efetivas em custo para obter a condição operativa real de sistemas críticos da planta industrial e, baseando-se nestes dados reais, todas as atividades de manutenção são programadas numa certa base “conforme necessário”.

Um programa de manutenção preditiva pode minimizar o número de quebras de todos os equipamentos mecânicos e assegurar que o equipamento reparado esteja em condições mecânicas aceitáveis. Ele pode identificar problemas da máquina antes que se tornem sérios já que a maioria dos problemas mecânicos pode ser minimizada se forem detectados e reparados com antecedência. Os modos normais de falha mecânica degradam-se em uma velocidade diretamente proporcional a sua severidade; portanto, quando um problema é detectado logo, normalmente pode-se evitar maiores reparos.

A manutenção preditiva que utiliza análise da assinatura de vibração é predicada em dois fatos básicos: (1) todos os modos de falha comuns possuem componentes distintos de frequência de vibração que podem ser isolados e identificados, e (2) a amplitude de cada componente distinto de vibração permanecerá constante a menos que haja uma mudança na dinâmica operacional da máquina.

A manutenção preditiva que utiliza rendimento de processo, perda de calor, ou outras técnicas não-destrutivas pode quantificar o rendimento operacional de equipamentos ou sistemas não-mecânicos. Estas técnicas, usadas em conjunto com a análise de vibração podem fornecer ao gerente de manutenção ou ao maquinista informações importantes que os habilitarão a obter confiabilidade ótima e disponibilidade a partir de sua planta.

Os programas de manutenção preditivas mais abrangentes usarão análise de vibração como ferramenta primária associada com espectros de corrente, que geralmente vêm associados num mesmo instrumento coletor de dados. Já que a maioria dos equipamentos normais da praça de máquinas é mecânica (acionados por motores elétricos), o monitoramento da vibração fornecerá a melhor ferramenta para coleta de rotina e identificação de problemas incipientes.

Entretanto, somente a análise de vibração não fornecerá com alta confiabilidade os dados requeridos sobre equipamentos elétricos (deve-se usar também os espectros da

corrente elétrica que alimenta o motor), áreas de perda de calor, condição do óleo lubrificante, ou outros parâmetros que devem ser incluídos em seu programa. Portanto, um programa de manutenção preditiva total da praça de máquinas deve incluir várias técnicas, cada uma projetada para oferecer informações específicas sobre os equipamentos da praça, para obter os benefícios que este tipo de gerência de manutenção pode oferecer.

As técnicas específicas dependerão do tipo de equipamento existente no local, seu impacto sobre a produção e outros parâmetros-chaves da operação da planta industrial, e dos objetivos que se deseja que o programa de manutenção preditiva atinja.

## **5- Manutenção Detectiva**

Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção, como por exemplo, o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis.

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

É cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais: são sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuídos - SDCD, multi-loops com computador supervisor e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo.

A principal diferença é o nível de automatização. Na manutenção preditiva, faz-se necessário o diagnóstico a partir da medição de parâmetros; na manutenção Detectiva, o diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto à planta. Há apenas que se considerar, a possibilidade de falha nos próprios sistemas

de detecção de falhas, sendo esta possibilidade muito remota. De uma forma ou de outra, a redução dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas, fica extremamente reduzida.

## **6- Manutenção Produtiva Total**

A Manutenção Produtiva Total teve origem nos programas de qualidade surgidos após a segunda guerra mundial, em face da necessidade de produção em massa, de forma a suprir a demanda, numa conjuntura em que muitas nações industriais tinham sido destruídas pela guerra.

Em função dos programas de qualidade, as manutenções seguiam programações pré-determinadas, desconsiderando a real necessidade de intervenções e ocorriam sem a participação dos operadores das máquinas. Em muitos casos a manutenção era desnecessária, acarretando em novos defeitos e aumento de custos. Como uma das características dos programas de qualidade era o controle dos defeitos na sua origem, os operadores passaram a participar e apontar os defeitos nas suas máquinas, para evitar falhas futuras.

Surgida em meados da década de 70 do século XX, a Manutenção Produtiva Total estimula a participação dos operadores num esforço de manutenção preventiva e corretiva, criando assim uma mentalidade de autogerenciamento do seu local de trabalho. O objetivo principal dessas ações é o aumento da eficiência dos equipamentos, com redução dos custos operacionais. A atuação não se dá apenas no reparo, mas também junto ao operador e na gestão do equipamento, visando eliminar todas as perdas.

## **7- Manutenção Centrada na Confiabilidade**

A origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade está relacionada com processos tecnológicos e sociais decorrentes da segunda guerra. No campo tecnológico, situa-se as

pesquisas da indústria bélica norte-americana, seguidas pela automação industrial em escala mundial, o desenvolvimento da informática e das telecomunicações. No campo social, identifica-se a dependência da sociedade contemporânea em relação aos métodos automáticos de produção, que atingiu níveis capazes de afetar o meio ambiente e a segurança física dos seres humanos.

Com o lançamento do Boeing 747 que apresentou níveis de automação sem precedentes em relação às aeronaves até então existentes o uso das metodologias tradicionais de manutenção não atendia as exigências das autoridades norte-americanas. Um estudo realizado por um grupo de engenheiros desse país resultou num relatório, considerado hoje um clássico da literatura sobre manutenção, que introduziu os conceitos de uma nova metodologia culminada nos anos 70. Os benefícios da Manutenção Centrada na Confiabilidade foram percebidos e a metodologia rapidamente aplicada em diversos setores: submarinos nucleares, indústria elétrica, construção civil, indústria química, siderurgia, etc.

A generalidade dos conceitos e técnicas deste tipo de manutenção é aplicável hoje, a qualquer sistema independente da tecnologia. Na Manutenção Centrada na Confiabilidade, os objetivos da manutenção são definidos pelas funções e padrões de desempenho requeridos para qualquer item no seu contexto operacional e sua aplicação é um processo contínuo, devendo ser reavaliada na medida em que a experiência operacional é acumulada.

## CAPÍTULO II

### Motores Diesel Geradores

#### 1- Uso Marítimo

Destinados à propulsão de barcos e máquinas de uso naval.

Conforme o tipo de serviço e o regime de trabalho da embarcação existem uma vasta gama de modelos com características apropriadas, conforme o uso. (Trabalho comercial leve, pesado, médio-contínuo e contínuo)

As diferenças básicas entre os diversos tipos de motores Diesel residem, essencialmente, sobre os sistemas que os compõem. Todos funcionam segundo as mesmas leis da termodinâmica, porém as alterações de projeto que se efetuam sobre os sistemas e seus componentes resultam em características de operação que os tornam adequados para aplicações diferentes.

O motor, propriamente dito, é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivelas, através da qual se transmite energia mecânica aos equipamentos acionados, como, por exemplo, um gerador de corrente alternada, que denominamos ALTERNADOR

Damos a denominação de alternador ao gerador de corrente alternada, assim como denominamos dínamo ao gerador de corrente contínua. Os geradores são máquinas destinadas a converter energia mecânica em energia elétrica. A transformação de energia nos geradores fundamenta-se no princípio físico conhecido como Lei de Lenz. Esta lei afirma que "*quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz.*"

Os alternadores pertencem a categoria das máquinas síncronas, isto é, máquinas cuja rotação é diretamente relacionada ao número de pólos magnéticos e a frequência da força eletromotriz. Não há, basicamente, diferenças construtivas entre um alternador e um motor síncrono, podendo um substituir o outro sem prejuízo de desempenho. Assim, um alternador quando tem seu eixo acionado por um motor, produz energia elétrica nos terminais e, ao contrário, recebendo energia elétrica nos seus terminais, produz energia mecânica na ponta do eixo, com o mesmo rendimento.

A indução magnética ocorre sempre que há movimento relativo entre um condutor e um campo magnético. O gerador elementar, concebido por Michael Faraday em 1831, na Inglaterra e mais ou menos na mesma época por Joseph Henry, nos Estados Unidos, era constituído por uma espira que girava entre os pólos de um ímã.

## **2- Cuidados Principais de Operação**

Manter registro das horas de operação e consumo de água, combustível e óleo lubrificante, bem como das intervenções de manutenção e/ou reparos.

Quando for necessário fazer solda elétrica na base ou em local próximo ao grupo gerador, desligar os cabos entre as baterias e o alternador de carga das mesmas, para preservar os diodos retificadores do regulador.

Não operar o grupo gerador em marcha lenta a menos que o mesmo seja provido de um dispositivo para desligar o regulador automático de tensão do alternador (ou a excitatriz estática, quando for o caso) durante os períodos de operação em marcha lenta. Como a regulação da tensão independe da frequência, com o motor trabalhando em rotação baixa, o regulador automático de tensão irá suprir corrente para o campo com o objetivo de alcançar a tensão nominal, elevando a corrente de excitação a valores que poderão danificar os seus circuitos.

Não se deve parar o motor imediatamente após um período de operação sob carga, pois o calor armazenado nas massas de ferro provocará ebulição da água em volta das camisas e nas passagens do cabeçote, se o fluxo for interrompido repentinamente. Nos grupos geradores com sistema de partida e parada automática este tempo de trabalho em vazio deve ser ajustado para 3 a 5 minutos. Nos motores turbo-alimentados, este procedimento é particularmente importante para evitar que o turbo - alimentador permaneça girando sem lubrificação após a parada do motor.

Não permitir que o motor trabalhe sem a tampa do tanque de expansão. Quando as vedações das tampas se danificam, é necessário substituí-las por novas. A ausência de pressão no sistema de refrigeração do motor propicia cavitação nas camisas dos cilindros, podendo danificá-las com poucas horas de serviço.

Ao dar partida, não acionar o motor de partida por mais de 30 segundos continuamente. Após cada período de 30 segundos de acionamento, aguardar de 3 a 5 minutos para tentar nova partida. Este procedimento é necessário para preservar o motor de partida, uma vez que a temperatura do enrolamento do mesmo se eleva rapidamente quando em serviço.

Na medida do possível, manter sempre cheio o tanque de combustível.

Diariamente inspecionar o equipamento quanto a vazamentos de combustível, lubrificante ou água de arrefecimento. Se constatar alguma irregularidade, providenciar correção antes de utilizar o grupo gerador.

Não deixar o grupo gerador sem funcionar por longos períodos. Acioná-lo, no mínimo, durante meia hora sob carga uma vez por semana.

Drenar diariamente os sedimentos do tanque de combustível e do filtro separador de água.

Quando o grupo gerador tem como consumidores diversos motores elétricos, observar que primeiro deve-se partir os motores de maior potência.

Não operar o grupo gerador com baixa pressão de óleo lubrificante, temperatura da água de refrigeração alta, ruído anormal, excesso de fumaça ou vazamentos nos sistemas de refrigeração, lubrificação ou de combustível.

Grupos geradores equipados com sistema de partida automática podem ser acionados por uma interrupção no fornecimento de energia elétrica a qualquer momento. Portanto, quando ligados nesta condição, devem estar abastecidos de água, combustível e óleo lubrificante, bem como sem nada nas proximidades que possa interferir com o seu funcionamento.

### **3- Aplicando Manutenção Preventiva**

Em primeiro lugar, atentar para as recomendações do fabricante, contidas na documentação técnica fornecida.

O grupo gerador não deve visto como um equipamento isolado mas, sim como o item principal do sistema alternativo de abastecimento de energia elétrica, que, como um todo, merece atenções específicas, dependendo de cada instalação.

Em linhas gerais, o grupo gerador, além dos cuidados diários de operação, exige pouca manutenção.

Os fabricantes recomendam, primordialmente:

- I. Efetuar as trocas de óleo lubrificante e filtros. Utilizar óleo e filtros adequados e, se possível, de boa qualidade;
- II. Inspeção diária quanto a vazamentos de óleo lubrificante, água e combustível;
- III. Antes de colocar o grupo gerador em serviço, verificar níveis de água do radiador e de óleo lubrificante;
- IV. Durante o funcionamento do grupo gerador, observar se há ruídos anormais;

Drenar diariamente o sistema de combustível (tanque e filtros, para evitar o acúmulo de água que possa danificar os componentes do sistema de injeção);

VI. Limpeza e substituição dos elementos de filtro de ar;

VII. Inspeção periódica do sistema de admissão de ar;

VIII. Limpeza do radiador e troca da água de refrigeração, nos períodos recomendados;

IX. Regulagem das folgas de válvulas;

X. Inspeção da tensão das correias e ajuste quando necessário;

XI. Inspeção do cubo e demais componentes de acionamento do ventilador;

XII. Revisão do turbo - alimentador, com substituição das vedações internas e balanceamento dinâmico dos rotores (melhor substituir o turbo a base de troca)

XIII. Medir a resistência de isolamento do alternador; Se necessário, fazer a "secagem" das bobinas;

XIV. Lubrificar os rolamentos do alternador;

XV. Reapertar cabos e conectores elétricos;

XVI. Substituir mangueiras ressecadas;

XVII. Completar o nível do eletrólito das baterias;

XVIII. Manter os bornes de baterias untados com vaselina neutra, para evitar a formação de crostas de óxidos;

XIX. Revisar bomba e bicos injetores e

XX. Inspecionar o amortecedor de vibrações;

## **CAPÍTULO III**

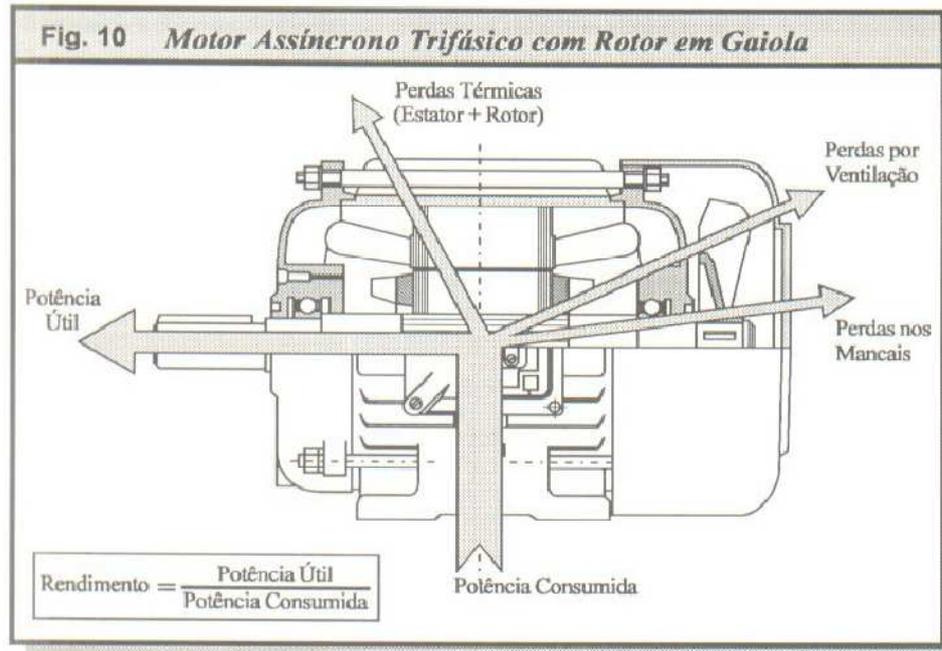
### **Manutenção de Equipamentos**

#### **1-Motor elétrico**

Os motores elétricos são responsáveis por grande parte da energia consumida nos segmentos onde seu uso é mais efetivo, como nas indústrias, onde representam em média mais de 50% do consumo de eletricidade dessas instalações. São, portanto, equipamentos sobre os quais é preciso buscar, prioritariamente, a economia de energia.

Nos motores elétricos as operações de controle de materiais e equipamentos têm na sua maioria um efeito direto sobre o estudo mecânico e elétrico destes equipamentos, agindo direta ou indiretamente sobre seus rendimentos.

Neste capítulo são apresentadas ações que, se adotadas pelos técnicos de manutenção, resultarão na melhoria do rendimento dos motores existentes em suas instalações, proporcionando economia de energia elétrica. Cabe ainda observar que 90% dos motores elétricos instalados são assíncronos com rotor em curto-circuito, sendo, portanto este tipo de equipamento objeto da análise a seguir apresentada. A figura abaixo mostra as principais perdas que ocorrem nos motores elétricos assíncronos:



A manutenção dos motores elétricos, adequadamente aplicados, resume-se numa inspeção periódica quanto a níveis de isolamento, elevação de temperatura, desgastes excessivos, correta lubrificação dos rolamentos e eventuais exames no ventilador, para verificar o correto fluxo de ar. A frequência com que devem ser feitas as inspeções, depende do tipo de motor e das condições do local de aplicação do motor.

### 1.1- Limpeza

Os motores devem ser mantidos limpos, isentos de poeira, detritos e óleos. Para limpá-los, devem-se utilizar escovas ou panos limpos de algodão. Se a poeira não for abrasiva, deve-se utilizar o jateamento de ar comprimido, soprando a poeira da tampa defletora e eliminando toda acumulação de pó contida nas pás do ventilador e nas aletas de refrigeração. Em motores com proteção IP55, recomenda-se uma limpeza na caixa de ligação. Esta deve apresentar os bornes limpos, sem oxidação, em perfeitas condições mecânicas e sem depósitos de pó nos espaços vazios. Em ambiente agressivo, recomenda-se utilizar motores com grau de proteção IPW55.

## **1.2- Lubrificação**

Os motores até a carcaça 160 não possuem graxeira, enquanto que para motores da carcaça 160 até a carcaça 200 o pino graxeira é opcional. Acima desta carcaça (225 a 355) é normal de linha a presença do pino graxeira. A finalidade de manutenção, neste caso, é prolongar o máximo possível, a vida útil do sistema de mancais. A manutenção abrange:

- a) observação do estado geral em que se encontram os mancais;
- b) lubrificação e limpeza;
- c) exame minucioso dos rolamentos.

O controle de temperatura num mancal também faz parte da manutenção de rotina. Sendo o mancal lubrificado com graxas apropriadas, conforme recomendado no item 17.2, a temperatura de trabalho não deverá ultrapassar 70°C. A temperatura poderá ser controlada permanentemente com termômetros, colocados do lado de fora do mancal, ou com termo elementos embutidos. Os motores WEG são normalmente equipados com rolamentos de esfera ou de rolos, lubrificados com graxa. Os rolamentos devem ser lubrificados para evitar o contato metálico entre os corpos rolantes e também para proteger os mesmos contra a corrosão e desgaste. As propriedades dos lubrificantes deterioram-se em virtude de envelhecimento e trabalho mecânico, além disso, todos os lubrificantes sofrem contaminação em serviço, razão pela qual devem ser completados ou trocados periodicamente.

## **1.3- Intervalos de Relubrificação**

A quantidade de graxa correta é sem dúvida, um aspecto importante para uma boa lubrificação. A relubrificação deve ser feita conforme a tabela de intervalos de relubrificação, porém, se o motor possuir placa adicional com instruções de lubrificação, deverá ser efetuado

conforme as especificações de placa. Para uma lubrificação inicial eficiente, em um rolamento é preciso observar o Manual de instruções do motor ou pela Tabela de Lubrificação. Na ausência destas informações, o rolamento deve ser preenchido com a graxa até a metade de seu espaço vazio (somente espaço vazio entre os corpos girantes). Na execução destas operações, recomenda-se o máximo de cuidado e limpeza, com o objetivo de evitar qualquer penetração de sujeira que possa causar danos no rolamento.

#### **1.4- Carregamento Conveniente dos Motores**

Um motor elétrico é dimensionado para fornecer um conjugado nominal  $C_n$ , a uma velocidade nominal  $N_n$ . Isto é, para uma potência nominal  $P_n$ , temos:

$$P_n = C_n \times N_n$$

As perdas elétricas (ou perdas térmicas) variam com o quadrado do conjugado resistente (carga). Num motor bem dimensionado, o conjugado resistente deve ser menor que o conjugado nominal. Se for igual ou ligeiramente superior, o aquecimento resultante será considerável.

Por outro lado, um motor "sub-carregado" apresenta uma sensível redução no rendimento.

O carregamento ideal deveria corresponder à carga do trabalho a ser efetuado, o que nem sempre é fácil de determinar.

Se o trabalho exigido da máquina acionada apresentar sobrecargas temporárias, a potência do motor deve ser ligeiramente superior à potência necessária.

É importante limitar o crescimento das perdas, realizando adequada manutenção das máquinas e componentes mecânicos de acionamento, como por exemplo: regulagem das folgas, lubrificação adequada, verificação dos alinhamentos, etc.

Finalmente, devemos lembrar que motores individuais são geralmente mais econômicos em energia do que os de transmissões múltiplas.

## **1.5- Ventilação Adequada**

Nos motores auto-ventilados, o ar de resfriamento é fornecido por um ventilador interno ou externo acionado pelo eixo do motor.

O fluxo de ar arrasta consigo poeira e materiais leves que obstruem aos poucos as aberturas ou canais e impede a passagem do ar e a dispersão normal de calor, o que aumenta fortemente o aquecimento do motor.

Por outro lado, é comum encontrar nas indústrias motores instalados em espaços exíguos que limitam a circulação do ar, provocando aquecimentos excessivos.

Nos motores que utilizam ventilação forçada externa, a parada do grupo moto-ventilador pode causar os mesmos problemas.

Portanto, para assegurar o bom funcionamento das instalações, devem ser tomadas as seguintes precauções:

- Limpar cuidadosamente os orifícios de ventilação;
- Limpar as aletas retirando a poeira e materiais fibrosos;
- Cuidar para que o local de instalação do motor permita livre circulação de ar;
- Verificar o funcionamento do sistema de ventilação auxiliar e a livre circulação do ar nos dutos de ventilação.

## **1.6- Controle da Temperatura Ambiente**

De forma geral, a temperatura limite suportada pelos isolantes do motor é calculada para o funcionamento num ambiente com temperatura de 40°C. Portanto, é importante verificar e controlar a temperatura ambiente para não ultrapassar os valores para os quais o motor foi projetado.

## **1.7- Cuidados com as Variações de Tensão**

O equilíbrio térmico de um motor é modificado quando a tensão de alimentação varia. Uma queda de tensão limita o fluxo do circuito magnético, reduzindo as perdas no ferro e a corrente em vazio. Porém, o conjugado motor deve superar o conjugado resistente, para impedir o aumento excessivo do escorregamento. Como o conjugado motor é função do produto entre o fluxo e a intensidade da corrente absorvida, se o fluxo diminui a intensidade da corrente aumenta. Com a corrente em carga aumentada pela queda de tensão, o motor se aquecerá, aumentando as perdas.

Um aumento de tensão de alimentação terá efeitos mais limitados, uma vez que a corrente em vazio aumenta enquanto a corrente em carga diminui.

## **1.8- Operação com Partidas e Paradas Bem Equilibradas**

Devem ser evitadas as partidas muito demoradas que ocorrem quando o conjugado motor é apenas ligeiramente superior ao conjugado resistente: a sobre intensidade de corrente absorvida, enquanto a velocidade nominal não é atingida, aquece perigosamente o motor. Da

mesma forma, uma frenagem por contracorrente, ou seja, através de inversão do motor, representa, grosso modo, o custo equivalente a três partidas.

Em todos os casos, é fundamental assegurar-se que o conjugado de partida seja suficiente:

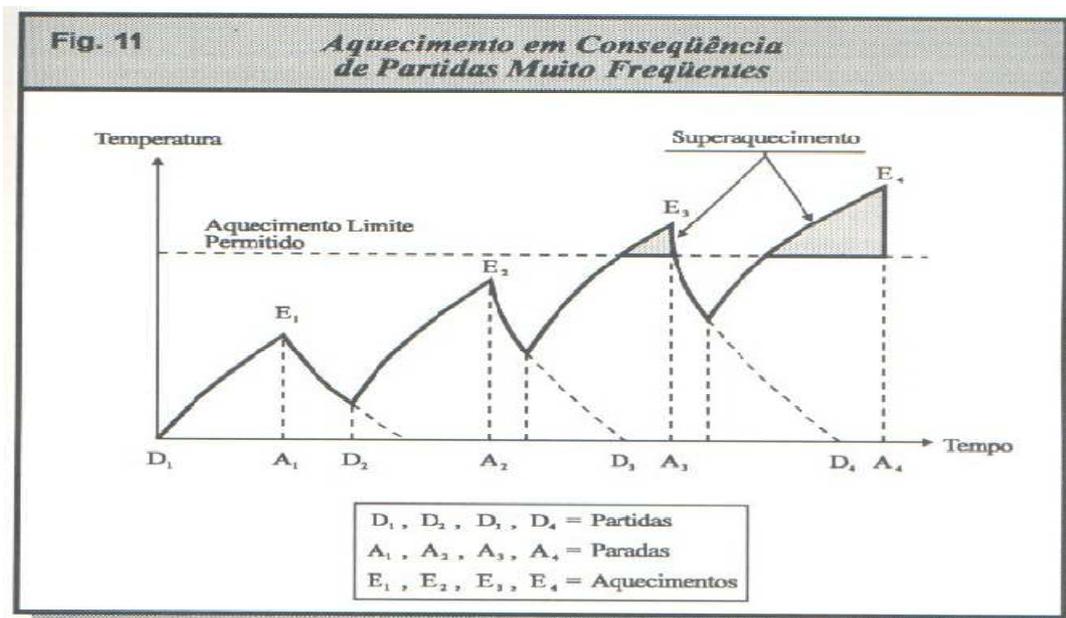
- Através da escolha de um motor adequado;
- Verificando se a linha de alimentação possui características necessárias para limitar a queda da tensão na partida;
- Mantendo a carga acoplada ao motor em condições adequadas de operação, de forma a não apresentar um conjugado resistente anormal.

## **1.9- Partidas Muito Frequentes**

Quando o processo industrial exige partidas freqüentes, essa característica deve ser prevista no projeto do equipamento e o motor deve estar adaptado para trabalhar desta forma.

Porém, em consequência de reguladores de algumas máquinas, pode ser necessário proceder a várias partidas num tempo relativamente curto, não permitindo que o motor esfrie adequadamente.

A figura abaixo mostra que entre cada partida a curva de aquecimento tem sua origem e pico mais elevados e pode ultrapassar rapidamente o limite crítico de temperatura.



Aconselha-se, durante essas regulagens, observarem a temperatura do motor, proporcionando tempos de parada suficientes para que a temperatura volte a um valor conveniente.

### 1.10- Degradação dos Isolantes Térmicos

A vida útil de um isolante pode ser drasticamente reduzida se houver um sobreaquecimento representativo do motor.

As principais causas da degradação dos isolantes são: sobre tensão de linha, sobre intensidade de corrente nas partidas, depósito de poeira formando pontes condutoras, ataque por vapores ácidos ou gases arrastados pela ventilação.

Para prevenir a degradação desses isolantes, recomendamos abaixo algumas medidas a serem tomadas:

- Equipar os quadros de alimentação com aparelhos de proteção e comandos apropriados e verificar periodicamente o seu funcionamento.
- Aproveitar os períodos de parada dos motores para limpar as bobinas dos enrolamentos.
- Caso necessário, instalar filtros nos sistemas de ventilação dos motores, proporcionando-lhes manutenção adequada.
- Colocar os motores em lugares salubres.
- Verificar qualquer desprendimento de fumaça.
- Verificar periodicamente as condições de isolamento.
- Equipar os motores com dispositivos de alarme e proteção contra curtos-circuitos.
- Observar ruídos e vibrações intempestivas.
- Observar sinais de superaquecimento e anotar periodicamente as temperaturas durante a operação.
- Observar o equilíbrio das correntes nas três fases.
- Verificar se a frequência prevista para o motor é realmente igual à frequência da rede de alimentação.

### **1.11- Fixação Correta dos Motores e Eliminação de Vibrações**

O motor standard é construído para funcionar com eixo horizontal. Para funcionamento com eixo vertical ou outras inclinações, o motor deve ser construído para esse fim, geralmente equipado com um mancal de encosto.

Em poucas palavras, um motor nunca deve ser fixado numa inclinação qualquer de seu eixo sem que se tenha certeza de suas características próprias.

Vibrações anormais causam uma redução no rendimento do motor: elas podem ser consequência de uma falha no alinhamento, de uma fixação insuficiente ou defeituosa do motor em sua base, de folgas excessivas dos mancais, ou ainda de um balanceamento inadequado nas partes giratórias.

Para controlar este problema, podemos tomar algumas medidas preventivas, mostradas abaixo.

- Observar o estado dos mancais
- Observar a vida útil média dos mancais (informação fornecida pelos fabricantes)
- Controlar e analisar as vibrações de forma muito simples: basta colocar uma ferramenta sobre o mancal, aproximando o ouvido e detectando as falhas pelos ruídos produzidos
- Tomar cuidado ao substituir um rolamento por outro
- Nas paradas de longa duração, trocar periodicamente a posição de repouso dos rotores dos motores elétricos, assim como das partes móveis das máquinas.

## **1.12- Lubrificação Correta dos Mancais**

É importante saber que a uma temperatura de 40°C, a vida útil de um rolamento de esferas em funcionamento contínuo pode ser de 3 a 4 anos ou mais. No entanto, para cada 10°C de elevação da temperatura de trabalho a vida útil diminui, em média, 50%.

A correta lubrificação dos rolamentos, além de permitir uma melhoria de rendimento, evita a elevação da temperatura que prejudica a vida útil desses equipamentos.

A lubrificação dos rolamentos é feita geralmente com graxa mineral. Quando as temperaturas de operação forem elevadas (de 120°C a 150°C) ou as velocidades de rotação forem acima de 1.500 RPM, usa-se óleo mineral para a lubrificação. Esses óleos devem ter características lubrificantes adequadas às condições de trabalho.

Nos motores de pequena potência, a lubrificação inicial na montagem é prevista de modo a assegurar um número elevado de horas de funcionamento. Às vezes, a reserva de graxa é suficiente para toda a vida útil do equipamento. Nos motores maiores há necessidade de lubrificação externa. A frequência de lubrificação depende do projeto dos mancais e das características dos lubrificantes utilizados.

Abaixo são apresentadas algumas recomendações que podem garantir maior vida útil para os rolamentos e um menor consumo de energia.

- Respeitar os intervalos de lubrificação
- Não engraxar excessivamente os rolamentos e limpá-los com gasolina antes de colar a graxa nova (salvo se houver evacuador automático de graxa)
- Utilizar as graxas recomendadas pelo fabricante em função do serviço e da temperatura.
- Para os mancais lubrificados a óleo, verificar os anéis de retenção e utilizar o óleo recomendado.
- Observar a temperatura dos mancais em operação.
- Cuidar para que a temperatura ambiente permaneça dentro dos limites normais.

- Se o motor precisa funcionar num ambiente anormal, assinalar este fato ao fabricante no momento do pedido.
- Durante a limpeza, evitar dos depósitos de poeira nas caixas de rolamentos.

### 1.13- Defeitos Mais Frequentes

Nº	Defeito	Sistemas Externos	Sintomas Internos	Causas	Razões mais freqüentes	Cuidados Futuros
01	Estator queimado por sobrecarga	- Temperatura alta da carcaça; -Cheiro de queimado; -Atuação das proteções; -Baixa Resistência de Isolamento nas 3 fases.	- Cabeças das bobinas uniformemente carbonizadas nas 3 fases.	Sobrecarga baixa durante um tempo longo ou sobrecarga forte por tempo curto.		

<b>02</b>	Fase queimada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costuma acontecer em motores delta;</li> <li>- Baixa resistência de isolamento à massa de 1 fase;</li> <li>- Baixa resistência ôhmica da fase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bobinas de fase carbonizada;</li> <li>- As duas outras fases intactas;</li> <li>- Sinais de curto na fase.</li> </ul>	Falta de uma fase da alimentação. O motor ficou rodando como monofásico (com toda a carga).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fusível queimado numa fase;</li> <li>- Condutor de fase com interrupção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar cabos e painéis;</li> <li>- Verificar o nível de rotina das proteções.</li> </ul>
-----------	---------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>03</b>	Duas Fases queimadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costuma acontecer em motores Y;</li> <li>- Duas fases com baixa resistência de isolamento à massa;</li> <li>- Resistência ôhmica alterada em uma ou nas duas fases queimadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Duas fases carbonizadas;</li> <li>- Uma fase intacta;</li> <li>- Às vezes, sinais de descarga entre espiras nas fases queimadas.</li> </ul>	- Falta de uma Fase motor rodando em monofásico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cabo de fase interrompido;</li> <li>- Fusível queimado;</li> <li>- Falha no disjuntor térmico.</li> </ul>	IDEM ITEM II
-----------	----------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

<b>04</b>	Curto entre duas fases	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As três fases com resistência de isolamento boa para a massa;</li> <li>- Resistência de isolamento nula entre 2 fases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sinal de descarga entre duas fases, quase sempre na cabeça das bobinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colapso do isolante;</li> <li>- Sobre tensão momentânea (manobra)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umidade excessiva;</li> <li>- Baixa resistência de isolamento entre fases;</li> <li>- Motor parado muito tempo.</li> </ul>	IDEM ITEM II
<b>05</b>	Curto entre 1 fase e massa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 fases com boa resistência de isolamento entre si;</li> <li>- 1 fase "furada" para a massa;</li> <li>- Resistência ôhmica certas em duas fases;</li> <li>- Resistência boa ou nula na fase "furada".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muitas vezes não são visíveis;</li> </ul> <p>NOTA: Algumas proteções não atuam com o defeito se não houver interrupções por arco.</p>			

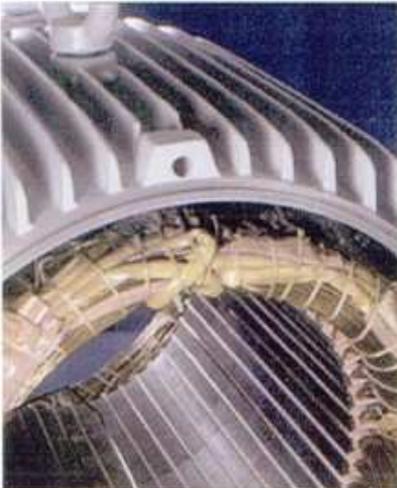
06	Fase Interrompida	<p>- Nos motores Y: interrupção ôhmica entre um borne e os outros dois;</p> <p>- Nos motores estrela: Nas 3 medições ôhmicas, uma é dupla das outras duas.</p>				
----	-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Nas figuras abaixo temos as ilustrações dos principais defeitos listados acima.



Diagnóstico: Queima na bobina auxiliar ou de partida.

Causa: Causada normalmente pela não abertura do conjunto centrifugo-platinado, deixando esta bobina ligada por mais tempo que o especificado. Objetos estranhos que penetrem no interior do motor poderão provocar este defeito.



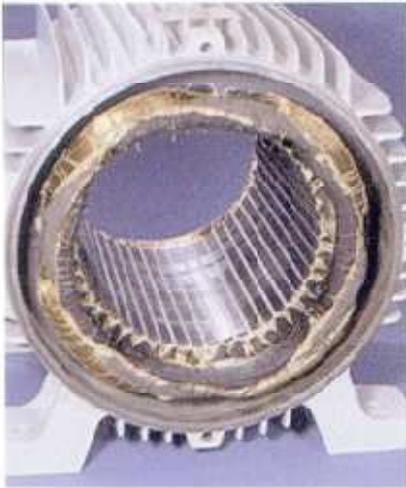
Diagnóstico: Curto na conexão.

Causa: Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão.



Diagnóstico: Curto contra a massa, na saída da ranhura.

Causa: Defeito de isolamento, causado, caracteristicamente, por contaminações, abrasão, ou oscilação de tensão.



Diagnóstico: Fase danificada por desbalanceamento da tensão da rede.

Causa: Tensões desiguais normalmente são motivadas por cargas não balanceadas na rede de alimentação, por conexões deficientes junto aos terminais do motor ou por mau contato. Um desequilíbrio de corrente de 6% a 10% da nominal.



Diagnóstico: Falta de fase, motor ligado em estrela.

Causa: Surge em consequência de interrupção numa fase da rede de alimentação do motor. Geralmente, é um fusível queimado, um contator aberto, uma linha de força interrompida ou conexão deficiente.



Diagnóstico: Queima na bobina principal.

Causa: A sobrecarga do motor provoca a queima total do isolamento da bobina principal do enrolamento monofásico. Subtensões, sobretensões ou ainda, a bobina auxiliar não conectada no momento da partida, causam o mesmo tipo de falha.

## **2- Manutenção do compressor alternativo**

Nos compressores alternativos a compressão do gás é feita em uma câmara de volume variável por um pistão, ligado a um mecanismo biela-manivela similar ao de um motor alternativo. Quando o pistão no movimento ascendente comprime o gás a um valor determinado, uma válvula se abre deixando o gás escapar, praticamente com pressão constante. Ao final do movimento de ascensão, a válvula de exaustão se fecha, e a de admissão se abre, preenchendo a câmara a medida que o pistão se move.

Para assegurar uma operação livre de problemas, é aconselhável proceder periodicamente a ações de manutenção preventiva da instalação refrigerante.

A SABROE indica neste capítulo algumas manutenções periódicas, que são determinadas a partir do número de horas de funcionamento da instalação, desde que arrancou pela primeira vez ou após uma renovação total do compressor.

Os intervalos de manutenção são também dependentes da velocidade de rotação do compressor. Se este funcionar abaixo das 1200 RPM, a SABROE permite a utilização de intervalos de manutenção mais longos. No entanto note-se que o compressor deve sempre funcionar dentro dos limites de RPM estabelecidos pela SABROE.

Se o compressor funcionar dentro dos limites de temperatura e pressão estabelecidos e forem executadas as manutenções prescritas, este terá um funcionamento sem problemas durante longo tempo.

Deve-se, portanto controlar diariamente:

- Pressão de funcionamento
- Temperatura de funcionamento
- Nível e pressão do óleo

- Ruídos e vibrações anormais

### **Teste de queda de pressão**

É possível verificar através deste teste se existem perdas de pressão dentro do compressor, entre a entrada de aspiração e saída de descarga. O teste faz-se com o compressor parado como é descrito abaixo.

- Imediatamente após a paragem do compressor mede-se a pressão no lado da aspiração e no da descarga.
- Fecha-se rapidamente a válvula de bloqueio de descarga, e toma-se nota do momento exato de fecho desta válvula e da velocidade da queda de pressão no lado da descarga. Normalmente esta não excede 3 bar em 5 minutos.

Se a pressão cair mais rapidamente isto é devido a fugas dentro do compressor que podem ser devidas às seguintes causas:

- Mau contacto entre as válvulas de descarga e as respectivas bases (Pos. 20C contra Pos. 20A e 19H);
- Vedante defeituoso, Pos. 19T; (não no CMO)
- Vedante defeituoso, Pos. 19K;
- Devido à camisa do cilindro e a tampa superior terem sido apertadas, sem se ter instalado o varão roscado longo. Assim, a camisa do cilindro está assente nas bielas, pos. 15 A; (não no CMO).
- O cone da válvula de segurança não encosta perfeitamente na base respectiva, ou a anilha vedante exterior, Pos. 24B, ou a interior, Pos. 24C, estão danificadas.

Durante o teste de queda de pressão, preste atenção a qualquer tubagem ligada ao lado da descarga e que possa influir no resultado deste teste.

### 3- Trocadores de Calor

Um trocador de calor ou permutador de calor é dispositivo para transferência de calor eficiente de um meio para outro. Tem a finalidade de transferir calor de um fluido para o outro, encontrando-se estes a temperaturas diferentes. Os meios podem ser separados por uma parede sólida, tanto que eles nunca misturam-se, ou podem estar em contato direto. Um permutador de calor é normalmente inserido num processo com a finalidade de arrefecer (resfriar) ou aquecer um determinado fluido. São amplamente usados em aquecedores, refrigeração, condicionamento de ar, usinas de geração de energia, plantas químicas, plantas petroquímicas, refinaria de petróleo, processamento de gás natural, e tratamento de águas residuais. Em muitos textos em inglês é abreviado para HX (*heat exchanger*).

Os permutadores de calor existem em várias formas construtivas consoante a aplicação a que se destinam, sendo as principais:

- Permutador de calor de carcaça e tubos (*Shell and tube heat exchanger*)
- Permutador de calor de placas (*plate heat exchanger*)
- Permutador de calor de placas brasadas com aletas (*brazed plate fin heat exchanger*)

Quanto as fases, existem 2 tipos de trocadores de calor:

- Monofásico, onde não há mudança de fase no fluido a ser refrigerado ou aquecido e;
- Multifase, onde há mudança de estado físico do fluido.

Exemplo de trocadores de calor monofásicos: Radiador de água e *intercooler* (ou radiadores a ar).

Exemplo de trocadores de calor multifase: Condensador e evaporadores.

### **3.1- Manutenção**

Trocadores de calor de placas precisam ser desmontados e limpos periodicamente. Trocadores de calor tubulares podem ser limpos por métodos tais como a limpeza ácida, jateamento, jato de água de alta pressão, limpeza por bala, ou por hastes.

Em grande escala os sistemas de refrigeração de água para trocadores de calor, tratamento de água tal como a purificação, a adição de produtos químicos e testes, são usados para minimizar o sujar de equipamento de troca de calor. Outros tratamentos de água também são usado em sistemas de vapor para usinas de energia, etc., para minimizar a incrustação e corrosão da troca de calor e outros equipamentos.

Uma variedade de empresas começaram a utilizar a água ter tecnologia de oscilações para evitar bioincrustação. Sem o uso de produtos químicos, este tipo de tecnologia tem ajudado na provisão de uma baixa queda de pressão em trocadores de calor.

## **4- Bombas Centrífugas**

### **4.1- Lubrificação dos Rolamentos**

As bombas são fornecidas com lubrificação a óleo ou à graxa. As bombas lubrificadas à graxa são reconhecidas pela existência de engraxadeiras, na parte superior das tampas da caixa de mancal no lado de sucção.

As bombas com suporte lubrificado a óleo possuem um tampão com vareta de nível para abastecimento na parte superior da caixa de mancais ou suspiro e lubrificador automático (opcional) e bujão de drenagem.

### **4.1.1- Lubrificação a óleo**

Se o sistema nas bombas for de lubrificação a banho de óleo nos rolamentos, o nível deve ser mantido entre as marcas de mínimo e máximo, impressas na vareta indicadora de nível de óleo.

#### **I- Instruções para enchimento do reservatório de óleo:**

A Bomba é fornecida com caixa de mancais sem óleo. Portanto, é necessário enche-la antes de operá-la, e proceder da seguinte forma:

A) - Certifique-se que a caixa de mancais esteja limpa interna e externamente, após ser retirado o lubrificador automático de óleo (opcional) ou vareta de nível.

B) - Coloque o óleo recomendado até atingir o nível adequado, verifique pela vareta de nível ou pelo lubrificador automático.

C) - Recoloque o nivelador.

#### **II- Óleo Recomendado**

O Óleo a ser usado, deve ser de boa qualidade, isento de qualquer tipo de contaminação. Deve ser óleo mineral puro sem detergente (sem HD).

O padrão de viscosidade normalmente empregado para bombas sujeitas às condições ambientais brasileiras é o SAE 20 ou 30.

### III – Troca de Óleo

O nível de óleo deve ser verificado diariamente e este deve ser trocado a cada 2500 horas de funcionamento. Bombas operando com líquidos quente ou em locais úmidos ou atmosferas agressivas, como é o caso de um navio mercante, devem ter seu óleo trocado com menor intervalo de tempo.

#### 4.1.2- Lubrificação à graxa

As bombas com lubrificação à graxa possuem dois pontos especiais para tal no suporte de mancais.

A lubrificação deve ser feita com graxa a base de sabão de lítio, grau de consistência "2", conforme NGLI (NATIONAL LUBRICATING GREASE INSTITUTE), não devendo ser misturada com outras que tenham base de sódio ou cálcio.

As graxas foram especificadas para uma temperatura ambiente de 0°C à 80°C. Para temperatura menor que 0°C usar graxa adequada.

Se a temperatura do líquido for alta, a lubrificação deve ser feita com maior frequência.

Logo após a lubrificação, a temperatura de operação dos rolamentos aumenta um pouco, devendo-se estabilizar em no máximo 8 (oito) horas de trabalho.

A lubrificação deve ser feita com a unidade parada, aplicando a graxa correta na quantidade e intervalos a seguir:

ROLAMENTO	<u>INTERVALO DE LUBRIFICAÇÃO</u>	QUANTIDADE DE GRAXA P/ ROLAMENTO
	<u>HORAS DE FUNCIONAMENTO</u>	
	<u>3500 RPM _____ 1750RPM</u>	

6206 Z	5000	10000	10g
6308 Z	4500	11000	15g
6311 Z	2000	8000	20g
6313 Z	1500	6500	30g

Os motores que apresentam pontos de lubrificação, devem ser lubrificados conforme indicação do fabricante.

Tanto a lubrificação deficiente, quanto a excessiva, trazem efeitos prejudiciais. No máximo a cada dois anos os mancais devem ser lavados e todo o lubrificante substituído.

## **4.2- Engaxetamento Convencional**

### **4.2.1- Tipo de Engaxetamento**

As bombas são fornecidas com buchas em material adequado ao líquido para proteção do eixo. As gaxetas são de seção quadrada. Também selecionadas de acordo com o líquido bombeado. Quando houver substituição, as gaxetas devem ser do mesmo tipo, dimensões e quantidade da original.

### **4.2.2- Sistemas de lubrificação das gaxetas**

O sistema é escolhido de acordo com o líquido a ser bombeado. Normalmente usa-se o próprio fluido bombeado, possuindo a caixa de gaxetas da bomba um orifício de lubrificação

que liga a parte de alta pressão da bomba com o alojamento das gaxetas. O fluido é injetado sobre o anel lanterna que o distribui entre as gaxetas.

O cuidado a ser tomado com este orifício durante a manutenção é verificar se está desobstruído.

É importante certificar-se de que o anel lanterna está sobre o orifício de lubrificação após a montagem. Em outros casos, quando operando com fluidos sólidos em suspensão ou temperaturas altas é previsto um sistema de lubrificação externa.

O líquido a ser injetado deve ter os seguintes requisitos:

- Deve ser compatível com o líquido bombeado.
- Deve ser barato e de fácil obtenção.
- Deve ter pressão e vazão adequadas para este tipo de operação.

Caso não exista líquido compatível com o líquido bombeado, deverá ser utilizado sole mecânico.

O fluido de selagem da fonte externa deve ser injetado continuamente sempre que a bomba esteja em funcionamento ou mesmo parada se houver líquido dentro da carcaça.

#### 4.2.3- Câmara de Resfriamento

Quando a bomba operar com líquido de alta temperatura, será fornecida com a câmara de resfriamento que permite a circulação de água fria ao redor da caixa de gaxetas; retirando calor do sistema de vedação. Esta refrigeração é recomendada para bombas com engaxetamento convencional, quando a temperatura de bombeamento é superior à 100°C.

Quando aplicada, é necessário verificar sempre se o fluido auxiliar de resfriamento está circulando dentro dos valores de vazão especificados. Esta deve estar em torno de 0,2m<sup>3</sup>/h à pressão de 1 bar.

#### 4.2.4- Substituição do engaxetamento

As gaxetas devem ser dispostas de acordo com o desenho de corte da bomba.

Soltar as porcas da sobreposta, empurrá-la para a direção do mancal para extraí-la. Retirar totalmente o engaxetamento antigo e o anel lanterna, o que pode ser feito com uma haste com ponta apropriada tipo gancho. Limpe a câmara da caixa de gaxeta e verifique a superfície de bucha do eixo. Caso apresentar rugosidade ou sulcos, a bucha deverá ser substituída.

Para preparar os anéis novos, retire a bucha do eixo e enrole nesta o cordão de gaxeta em número de cinco anéis. Corte-os em ângulo de 45° aproximadamente.

Verifique o tamanho do primeiro anel antes de cortar os demais. Dê um pequeno amassamento no lado de cada anel, verificando se o corte à 45° está na vertical.

Unte o diâmetro interno de cada anel de gaxeta e o diâmetro externo do anel lanterna com graxa. Coloque dois anéis no interior da caixa de gaxeta, em seguida o anel lanterna e posteriormente os três últimos anéis.

É importante verificar se o corte de cada anel, está defasado um do outro em ângulo de 90°.

Após a montagem de todas as peças na câmara, deverá sobrar ainda cerca de 3mm, para a guia da sobreposta (aperta gaxeta).

#### 4.2.5- Ajustagem do engaxetamento

Ajuste o engaxetamento apertando as porcas da sobreposta cerca de 1/6 de volta. Como todo engaxetamento novo requer certo período de acomodação, o mesmo deve ser observado nas primeiras 3 (três) horas de funcionamento e em caso de vazamento excessivo, aperte as porcas da sobreposta, até que se tenha um gotejamento em torno de 30 (trinta) gotas por minuto.

### **4.3- Instruções para reparo**

Trataremos agora sobre a desmontagem para manutenção ou reparos que porventura sejam necessários.

#### **4.3.1- Remoção do Conjunto Girante**

Como as bombas são de construção desmontável por trás (Back Pull Out), a remoção do conjunto girante é bem simples. Siga as seguintes determinações e observe o desenho de corte da bomba.

A) - Se o acoplamento tiver espaçador, remova-o. Caso não o tenha solte os parafusos de fixação do motor; afaste-o o suficiente para deslocar o conjunto girante.

B) - Feche as válvulas de bloqueio da sucção e recalque (registros e drene o líquido no interior da carcaça se a bomba for fornecida com dreno.

C) - Solte os parafusos da carcaça/adaptador, se houver tubulações auxiliares, estas também devem ser desconectadas.

D) - Para retirar o conjunto solte ainda os parafusos de fixação do suporte da caixa de mancal.

E) - Coloque os parafusos de extração nos furos roscados do adaptador, previsto para a operação de retirada do conjunto girante.

F) - Coloque calços ou macaco hidráulico em baixo do adaptador se o conjunto for muito pesado, ou ainda mantê-lo suspenso com uma talha.

G) - Retire-o da carcaça e transporte-o para uma bancada onde será desmontado.

#### 4.3.2- Desmontagem do Conjunto Girante

A) - Prenda o rotor colocando uma haste resistente e pontiaguda entre as pás do mesmo pelo perímetro externo.

B) - Remova a porca do rotor usando chave apropriada.

C) - Remova o rotor e sua chaveta. Se necessário use duas barras de aço chato, posicionadas diametralmente opostas por baixo do rotor para extraí-lo, ou então use um sacador adequado, observando para não quebrar o rotor.

D) – Em conjuntos com engaxetamento convencional apenas libere as porcas da sobreposta. Para aqueles com selo mecânico solte totalmente a sobreposta.

E) – Retire a caixa de gaxeta.

F) – Retire a bucha do eixo.

G) – Se houver selo mecânico, retire o selo e a sobreposta com cuidado e coloque-os em lugar seguro e limpo.

H) – Retire os parafusos que prendem o adaptador a caixa de mancal e retire a caixa de mancal por trás.

I) – O engaxetamento e o anel lanterna serão, então, facilmente retirados.

#### 4.3.3 - Inspeção e Reparo dos Componentes

Após a desmontagem limpe todas as peças que entram em contato com o líquido e verifique quanto a avarias e desgastes excessivos, observando as seguintes instruções:

#### 4.3.3.1- Carcaça - Bombas de Rotor Fechado

Limpe as superfícies do anel de desgaste e verifique detalhadamente o mesmo. Se o desgaste for além dos valores indicados na tabela a seguir, o anel de desgaste deve ser extraído. A extração do anel de desgaste pode ser difícil pois este é montado com interferência sendo necessário às vezes um aquecimento ou mesmo, ser usinado até extração total do material.

Verifique a carcaça quanto a avarias na sua superfície que podem existir devido à abrasão. Se houver áreas com superfície muito desgastadas a ponto de comprometer a resistência do material, a carcaça deverá ser substituída.

#### 4.3.3.2- Carcaça – Bombas de Rotor Aberto

Limpe a superfície da placa de desgaste e verifique quanto ao desgaste excessivo substituindo-a se necessário. Esta placa não deve ser removida a menos que seja necessário substituí-la ou sua junta. A folga entre a placa de desgaste e o rotor com a bomba montada deve estar entre 0,4 e 0,6 mm.

#### 4.3.3.3- Rotor Fechado

Verifique as superfícies de desgastes, as faces de assentamento de juntas no cubo traseiro, o rasgo de chaveta e as superfícies internas. Caso haja avarias excessivas o rotor deve ser substituído.

#### 4.3.3.4- Rotor Aberto

Verifique as superfícies das palhetas dianteiras e traseiras do rotor, quanto ao desgaste. Se as palhetas dianteiras e traseiras apresentarem desgastes excessivos, o rotor deverá ser substituído.

#### 4.3.3.5- Caixa de Gaxetas

Limpe e verifique as superfícies de assentamento das juntas. Verifique o furo de lubrificação, caso esteja entupido, desobstrua-o. Verifique o anel de desgaste observando os mesmos valores da tabela anterior. Se houver placa de desgaste, devem ser observados os mesmos cuidados do item “ 4.3.3.2.” Caso contrário remova a câmara de refrigeração, se houver, e limpe as superfícies internas. Substitua a junta e o anel de vedação se necessário. Se os prisioneiros da sobreposta, estiverem muito corroídos substitua-os.

#### 4.3.3.6- Caixa para Selo Mecânico

Limpar e verificar as faces de assentamento das juntas. Verificar o anel de desgaste, observando os valores da tabela, para as folgas.

Remover a sujeira e ferrugem que houver na cavidade do selo.

#### 4.3.3.7- Adaptador

Verificar com respeito à corrosão e avarias nas superfícies de precisão que garantem o alinhamento na montagem da bomba.

#### 4.3.3.8- Selos Mecânicos

Os selos mecânicos fornecidos normalmente não requerem manutenção. Quando apresentarem vazamentos, se estes não forem devidos a desalinhamentos, os mesmos deverão ser substituídos. Neste caso consulte nosso departamento técnico para obter a especificação correta.

#### 4.3.3.9- Bucha do Eixo

Verifique a superfície quanto à corrosão e ao desgaste. Qualquer avaria no diâmetro externo diminui a vida do engaxetamento e provoca vazamento anormal na região da sobreposta. Substitua quando houver marcas profundas na região das gaxetas. Verifique também o rasgo da chaveta e a superfície de assentamento da junta. Caso haja necessidade substitua.

#### 4.3.3.10- Reparos da Caixa de Mancais

O conjunto de mancais é composto da caixa, dos rolamentos e do eixo, conforme a execução com suporte normal a graxa, a óleo ou reforçado a óleo. Existem também peças fixadas a caixa como tampas, retentores, juntas, lubrificadores, etc. Os mancais são construídos em 4 (quatro) tamanhos de acordo com o tipo da bomba, suporte 1, 2, 3 e 4, todos nas 3 (três) versões Normal à graxa, normal a óleo e Reforçado a óleo.

##### 4.3.3.10.1- Desmontagem da Caixa de Mancal

A) - Só desmonte a caixa de mancal se suspeitar de algum defeito. Verifique se o eixo está empenado medindo com relógio comparador a deflexão na face da caixa de gaxetas que deve ser; no máximo 0,05mm.

B) - Retire inicialmente os parafusos da tampa de mancal do lado do acionamento e em seguida, remova a tampa.

C) - Empurre o eixo pelo lado do rotor protegendo a região de sua rosca sacando-a da caixa de mancal.

D) - Os rolamentos podem ser sacados do eixo por quaisquer dos métodos convencionais (saca rolamentos ou prensa). Para suporte reforçado é necessário soltar a porca tensora, O anel externo do rolamento de rolos pode ser sacado retirando a tampa de mancal do lado da sucção.

E) - Rolamentos danificados devem ser substituídos, para decidir quanto à substituição, verifique os seguintes itens:

- Gire o rolamento e ouça o ruído. Rolamentos danificados fazem ruído metálico.

- Verifique a aparência do rolamento. Rolamentos não danificados não possuem marca ou outros defeitos nas pistas dos anéis, nos corpos rolantes ou nas gaiolas e giram uniformemente sem folgas radiais muito sensíveis.

F) - Os retentores, são removidos facilmente usando-se uma ferramenta apropriada de face plana para não danificá-los.

#### 4.3.3.10.2- Montagem da Caixa de Mancal

A) - Monte os rolamentos no eixo, usando uma prensa. Para que os suportes normais, os rolamentos podem ser montados de qualquer lado. Para o suporte reforçado, o rolamento de rolos cilíndricos, deve ficar ao lado do rotor e o de dupla carreira de esferas do lado do acionamento. Para este último, deve-se ainda colocar o anel de segurança e a porca apertá-la e travá-la.

B) - Para bombas com lubrificação à graxa, unte ambos os rolamentos.

C) - Monte os retentores nas tampas no caso com lubrificação a óleo e lubrifique os lábios de borracha de cada um com pequena quantidade de graxa.

D) - Para os suportes normais, basta colocar o eixo com os rolamentos na caixa de mancal, o conjunto deve entrar com facilidade ligeiramente pressionado. Para os suportes reforçados coloque primeiro os anéis elásticos, se os tiver retirado. Monte a capa do rolamento de rolos no lado da sucção e introduza facilmente o eixo pelo lado de acionamento.

E) - Monte as tampas, após verificar se as juntas de vedação, estão em boas condições.

F) - Para bombas lubrificadas a óleo, instale os bujões, nos respectivos lugares e coloque óleo adequado. Para as bombas lubrificadas a graxa instale as engraxadeiras.

#### 4.3.4- Montagem Da Bomba Completa

As bombas tem montagem bastante simples, exigindo maiores cuidados, na montagem com selo mecânico.

A) - Estude os desenhos de corte familiarizando-se com as peças.

B) - Assegure-se de que todas as peças estejam limpas e prontas para o prosseguimento da montagem.

C) - Vale ressaltar que a caixa de mancal, já deve estar montada como anteriormente explicado.

D) - Monte o adaptador na caixa de mancal, colocando parafusos e apertando-os.

E) - Coloque o conjunto na vertical com o adaptador para cima apoiado sobre uma superfície vazada para encaixe da ponta do eixo.

F) - Instale com cuidado a junta da bucha do eixo no próprio eixo.

G) - Instale o anel centrifugado.

H) - Coloque a bucha do eixo se a bomba tem engaxetamento convencional e em seguida a sobreposta.

I) - Se a bomba tem selo mecânico, coloque primeiro a sobreposta, com a sede do selo instalada. Posteriormente instale o restante do selo na bucha do eixo, com muito cuidado.

Alertamos que o selo normalmente tem partes de cerâmica ou carvão bastante frágeis que podem se quebrar ao menor impacto.

J) - O anel de desgaste deve ser instalado na caixa de gaxeta neste momento. Este deve ser comprimido contra a sede até encostar no batente.

K) - Coloque o engaxetamento e o anel lanterna em disposição correta conforme explicado no item 4.2.4.

L) - Monte o anel O'ring à câmara de resfriamento, se houver e instale-o na caixa de gaxeta colocando também a junta.

M) - Coloque a caixa de gaxeta sobre o adaptador. Assegure-se de que a sobreposta fique na posição correta com os prisioneiros na horizontal.

N) - Coloque a chaveta do rotor observando que o rasgo da bucha do eixo deve coincidir com o rasgo do eixo.

O) - Monte o rotor no eixo.

P) - Coloque as juntas, arruelas, contra porca e porca, se houver. Trave o rotor e aperte a porca. Nas bombas com porca aberta, em contra porca é aconselhável colocar algum tipo de trava química para evitar deslocamento espontâneo. Recomendamos o tipo LOCTITE-601.

Q) - Coloque a junta da carcaça na sede na caixa de gaxeta.

R) - Monte a carcaça e aperte os parafusos.

S) - Gire o eixo com a mão e verifique se não há atrito entre as partes móveis e fixas. Caso isso ocorra o problema deve ser corrigido antes de colocar a bomba em operação. A bomba está pronta para ser instalada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fim desse trabalho, temos a certeza de que, a manutenção é um assunto que não se pode deixar de lado em qualquer tipo de trabalho que envolva máquinas, desde o sistema mais simples, até ao mais complicado, e nesse meio encontramos os navios mercantes.

Desde que surgiu, a manutenção vem sendo aprimorada. Dividida em grupos, pode ser corretiva, que é mais cara, preventiva, que é a mais econômica, planejada, que é a mais indicada na maioria dos casos e a preditiva, que é a mais moderna. Como máquinas e equipamentos marítimos fazem parte de um ambiente de trabalho, obedecem a normas e convenções específicas para o trabalho seguro e eficiente do responsável.

Todos os equipamentos marítimos e máquinas devem receber a devida manutenção, mas cada equipamento tem suas particularidades logo, não há uma maneira única de se realizar a manutenção. E se existe algo em comum, é que antes de efetuar qualquer tipo de manutenção deve-se ler o manual de operação do aparelho e nele estarão descritas as particularidades que devem ser relevadas no momento da manutenção.

Este trabalho foi de extrema relevância em meus conhecimentos profissionais, principalmente em manutenção de máquinas e equipamentos marítimos. Espero que tenha sido plenamente alcançado meu objetivo em mostrar a importância de manutenção constante, e que esse trabalho contribua para o crescimento e aprimoramento profissional de toda a comunidade marítima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- COSTA, Ennio Cruz. Enciclopédia Técnica Universal. RS: Ed. Globo, 1970.
- 2- Oliveira, Crislandia Batista de; Sistema de Manutenção de Equipamentos Marítimos, 2006.
- 3- Manual do engenheiro mecânico. SP: Ed. Leitner, 1968.
- 4- Princípios de tratamento de água industrial. SP: Ed. Lehwing, 1970.
- 5- SOARES, José de Carvalho. Introdução ao sistema de manutenção planejada, folha de informações da PETROBRÁS.
- 6- CAVALCANTI, Comandante R.E. A economia e manutenção naval, artigo in “Cisne Branco”.
- 7- LIMA, Francisco Assis De; CASTILHO, João Carlos Nogueira De. Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília, 2006.
- 8- ARAÚJO, Igor Mateus De; SANTOS, Crisluci Karina Souza. Apostila Virtual, Manutenção Elétrica Industrial.
- 9- Manual dos Compressores SMC 104-106-108 Mk3 e TSMC 108 Mk3, S – L - E
- 10- [www.man-it.com.br](http://www.man-it.com.br)
- 11- [www.anatel.gov.br/biblioteca/avisos/pregaoamplo/anexoiv\\_aviso\\_cadastramento.pdf](http://www.anatel.gov.br/biblioteca/avisos/pregaoamplo/anexoiv_aviso_cadastramento.pdf)
- 12- [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)
- 13- [www.dpc.mar.mil.br](http://www.dpc.mar.mil.br)
- 14- [www.joseclaudio.eng.br](http://www.joseclaudio.eng.br)