

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROJETO BÁSICO

Tomó XI – MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - VOLUME II

ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E PROJETO BÁSICO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO CURRAL VELHO - DISTRITO DE IRRIGAÇÃO JAGUARIBE APODI (DIJA), NOS MUNICÍPIOS DE MORADA NOVA E LIMOEIRO DO NORTE – CEARÁ

DEZEMBRO/2022



KL ENGENHARIA



**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**

**ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE CONCEPCÃO E PROJETO BÁSICO DO EIXO
DE INTEGRAÇÃO CURRAL VELHO - DISTRITO DE IRRIGAÇÃO JAGUARIBE
APODI (DIJA), NOS MUNICÍPIOS DE MORADA NOVA E LIMOEIRO DO NORTE –
CEARA**

PROJETO BÁSICO

TOMO XI – DIRETRIZES PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

VOLUME 2 – MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ELEVATÓRIA

**FORTALEZA - CE
DEZEMBRO/2022**

APRESENTAÇÃO



APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta o **Tomo XI – Diretrizes para Operação e Manutenção (Volume II)**, que trata da **ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE CONCEPÇÃO E PROJETO BÁSICO DO EIXO DE INTEGRAÇÃO CURRAL VELHO - DISTRITO DE IRRIGAÇÃO JAGUARIBE APODI (DIJA), NOS MUNICÍPIOS DE MORADA NOVA E LIMOEIRO DO NORTE – CEARÁ**, elaborado pela **KL Engenharia** no âmbito do Contrato N° 08/SRH/CE/2012016, celebrado com a **SRH – Secretaria dos Recursos Hídrico do Ceará**. As etapas e os tomos listados abaixo seguem as especificações do termo de referência. No entanto, os **TOMOS VI e VII** não se aplicam ao referido projeto.

Os relatórios estão apresentados conforme abaixo:

1º Etapa: Estudo de Concepção

Tomo I - Relatório Técnico de Estudo de Concepção;

Tomo II – Peças Gráficas.

2º Etapa: Estudos Básicos

Tomo I – Serviços Topográficos e Levantamento Semi-Cadastral;

Tomo II – Investigações Geotécnicas;

3º Etapa: Projeto Básico

Tomo I – Memorial Descritivo;

Tomo II – Projeto de Interferências;

Tomo III – Projeto Estrutural;

Tomo IV – Projeto Elétrico;

Tomo V – Projeto de Automação;

Tomo VI – Projeto de Instalações Prediais; (Não se aplica)

Tomo VII – Projeto das Obras de Arte Especiais; (Não se aplica)

Tomo VIII – Orçamento e Cronograma Físico-Financeiro Consolidado;

Tomo IX – Especificações Técnicas;

Tomo X – Peças Gráficas;

Tomo XI – Diretrizes para Operação e Manutenção;

Volume I

Volume II

Tomo XII – Resumo do Projeto;

Tomo XIII – Volume de Licitação.

4º Etapa: Estudo de Viabilidade Financeira

5º Etapa: Modelagem de Informação da Construção (BIM)



ÍNDICE



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	3
1. CONCEITUAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO	8
1.1. DEFINIÇÃO	8
1.2. IMPORTÂNCIA.....	8
1.3. OBJETIVOS	8
1.4. TIPOS DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO	8
2. CONCEITOS BÁSICOS DE OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS	12
3. ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EBDIJA.....	15
4. CONCEITO GERAL DE OPERAÇÃO	17
4.1. CONCEITUAÇÃO DA FUNÇÃO OPERAÇÃO	17
4.2. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE OPERAÇÃO	18
4.3. CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
4.4. AVALIAÇÃO E CONTROLE DA OPERAÇÃO.....	20
5. CONCEITUAÇÃO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	26
5.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	30
5.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA (EMERGÊNCIA)	32
5.3. CUSTOS DA MANUTENÇÃO.....	34
5.4. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO	35
5.5. PROCEDIMENTOS GERAIS.....	35
5.6. INDICADORES DE GESTÃO	36
6. CONCEITUAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MANUTENÇÃO	
ELETROMECAÂNICA.....	39
6.1. CRITÉRIOS TÉCNICOS DE AVALIAÇÃO DA MANUTENÇÃO	
ELETROMECAÂNICA	39
6.2. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO ELETROMECAÂNICA ..	41
6.3. ORDENAMENTO DA MANUTENÇÃO CIVIL DAS OBRAS	43
7. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO CIVIL	47
PARTE I – MANUAL DE OPERAÇÃO	52
I.1 - OBJETIVO	53



I.2 - ALCANCE.....	55
I.3 - UTILIZAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO MANUAL.....	57
I.4 - ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO.....	59
I.5 - PROCEDIMENTOS.....	65
I.6 - CONTROLE DA OPERAÇÃO	107
I.7 - PLANO DE IMPLANTAÇÃO	116
PARTE II – MANUTENÇÃO.....	126
II.1 - MISSÃO E OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO	128
II.2 - POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO	128
II.3 - NÍVEIS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	132
II.4. ELEMENTOS DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO.....	133
II.5 - CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO	137
II.6 - EXEMPLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA CONJUNTOS ELETROBOMBAS	142
II.7 - ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO	158
II.8 - ALINHAMENTO	214
II.9 - VIBRAÇÕES	227
II.10 - INFORMAÇÕES PRÁTICAS PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS.....	242

1.CONCEITUAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO



1. CONCEITUAÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

1.1. DEFINIÇÃO

Uma Estação de Bombeamento compreende um conjunto integrado por diversos componentes mecânicos, hidráulicos, elétricos, estruturais e obras civis destinados a proporcionar a energia necessária a uma massa líquida para elevá-la a uma determinada cota piezométrica, ou para aumentar a pressão relativa do fluxo em uma linha de recalque com a finalidade de aumentar a vazão.

O bombeamento deve ser o mais contínuo possível, para que seus componentes sejam usados convenientemente o máximo de tempo, com um custo mínimo e uma vida útil máxima.

1.2. IMPORTÂNCIA

As estações podem bombear água bruta ou água tratada. Seja como for, a Estação de Bombeamento ocupa uma posição fundamental, pois uma paralisação parcial ou total em seu funcionamento resulta na ausência de água para todo o sistema proporcionando enormes transtornos e consideráveis prejuízos financeiros.

Considerando os aspectos referidos pode-se concluir que uma boa operação e manutenção das Estações de Bombeamento evitarão sérios problemas para as unidades componentes dos sistemas adutores por ela alimentados.

1.3. OBJETIVOS

As Estações de Bombeamento cumprem suas finalidades nos mais diferentes componentes de um sistema de abastecimento:

Em captações dos diversos tipos: superficiais, de poços, em açudes, rios, lagos, ou galerias filtrantes;

Em Estações de Tratamento de Água (ETA), com várias finalidades;

Em linhas de recalque e redes de distribuição com bombas de recalque ou como booster;

Em reservatórios ou centros de armazenamento para aduzir água a zonas mais altas ou diretamente à rede de distribuição.

1.4. TIPOS DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

As Estações de Bombeamento são definidas de acordo com o tipo de equipamento



empregado, sendo as bombas centrífugas, as mais frequentes. De acordo com as condições de instalação dos equipamentos de bombeamento as estações podem ser tipificadas como para bombas de eixo horizontal, bombas de eixo vertical ou tipo booster.

a) Com bombas de eixo horizontal

De acordo com a sua maneira de operar, as bombas neste caso, podem apresentar as seguintes situações no que se refere a suas cargas de sucção:

- Carga de sucção positiva (afogada), quando o eixo horizontal da bomba está abaixo do nível operacional de sucção
- Carga de sucção negativa nos casos contrários

Cuidados especiais devem ser tomados nas situações de sucção negativa, pois quando não existe válvula de pé se faz necessário purga manual ou através de dispositivo especial.

b) Com bombas de eixo vertical

- De eixo prolongado (Tipo Turbina)

Neste tipo de equipamento o motor é instalado sobre uma base no piso da estação, e a bomba submersa. Caso típico de poços profundos ou quando os desníveis no manancial são acentuados. Nestas condições a lubrificação dos eixos verticais deve ser, de preferência, com água limpa evitando-se, desta maneira, o uso de lubrificantes que possam poluir a água.

- Bomba e motor submersos

Para esta situação tanto o motor como a bomba formam um conjunto compacto, sendo o motor blindado e à prova de pressão externa. É o caso típico de estações em poços escavados de pequena capacidade e de poços profundos de grandes capacidades.

c) Estação tipo booster

Para tal situação as bombas são instaladas nas próprias linhas de condução de água com a finalidade de incrementar sua pressão, para abastecer um reservatório em uma zona alta, ou para compensar perdas de carga na linha e atender um abastecimento localizado a uma grande distância.

Um booster pode se apresentar de duas formas:



- Em linha

Com bombas inseridas e que fazem parte da tubulação.

- De execução lateral

Neste caso os equipamentos são alojados em uma construção a parte ou em uma construção ao nível do solo.

2.CONCEITOS BÁSICOS DE OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

2. CONCEITOS BÁSICOS DE OPERAÇÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS

Para analisar o comportamento operacional de bombas é necessário considerar os parâmetros vazão, altura manométrica e os rendimentos ou eficiências de cada parte do conjunto, bem como do conjunto como um todo. É indispensável o conhecimento das curvas características do sistema de tubulações de condução da água bombeada para que sejam estabelecidos os pontos de operação.

Para isto se fazem necessários:

- Definir a curva da bomba a partir dos manuais ou indicações dos fabricantes;
- Definir a curva característica do Sistema;
- Estabelecer o ciclo de trabalho operativo do Sistema;
- Os métodos de controle e valores de rendimentos.

A **Figura 2.1** apresentada a seguir ilustra a anteriormente mencionado.

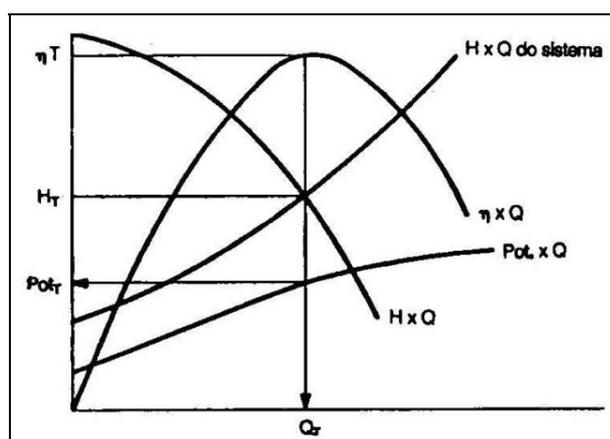


Figura 2.1 - Ponto de trabalho (Q_T , H_T , P_T , η_T)

Além do já observado é indispensável considerar e analisar os seguintes aspectos operacionais:

a) Tipos de Estações:

- Diretas;
- Em plataformas flutuantes;
- Em instalações fixas.

As tomadas diretas se referem às captações realizadas diretamente de cursos de água perenes.



As plataformas flutuantes, muito comuns em captações das bacias hidráulicas de açudes são normalmente utilizadas em instalações pequenas e médias em condições de variações frequentes dos níveis de água.

Nas instalações fixas existe um poço de bombeamento que pode se apresentar de duas maneiras:

- Poço úmido - quando a bomba fica submersa na água, caso comum das bombas de eixo vertical e das bombas submersíveis;
- Poço Seco – no caso da bomba ser instalada fora da água, caso das bombas de eixo horizontal.

O desempenho da bomba em uma estação de bombeamento pode ser afetado pelo projeto do poço. As dimensões do poço de sucção não devem prejudicar seu desempenho pré-estabelecido, as condições de operação, nem permitir a formação de vórtices.

b) Linhas de recalque

As vazões nas tubulações pressurizadas dependem dos materiais em contacto com a água, a idade, diâmetro interno, e características do líquido (densidade e viscosidade). Estes parâmetros definem as Perdas de Carga na linha. Para uma melhor compreensão deverão ser consultados os Manuais de Hidráulica usuais.

3. ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EBDIJA



3. ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO EBDIJA

Consta de uma estrutura em concreto, que abriga 07 (6+1R) conjuntos motobombas de eixo vertical, dupla sucção, vazão unitária de $1,16\text{m}^3/\text{s}$, altura manométrica de 131,00 m e potência de 3.000CV (capacidade máxima de bombeamento de $6,96\text{m}^3/\text{s}$). Cada conjunto motobomba dispõe de um poço de sucção individualizado ligado ao barrilete de recalque.

4. CONCEITO GERAL DE OPERAÇÃO



4. CONCEITO GERAL DE OPERAÇÃO

4.1. CONCEITUAÇÃO DA FUNÇÃO OPERAÇÃO

A função Operação deve ser entendida com a ação ou conjunto de ações destinadas a conseguir que um elemento mais simples do sistema cumpra a função para a qual foi constituído, de acordo às normas, especificações e procedimentos estabelecidos. Assim definida, um conjunto numeroso e complexo de atividades pode ser realizado ao mesmo tempo em distintos lugares e de forma diversa, envolvendo recursos humanos, materiais e técnicas adequadas.

Precisão e ações coordenadas são os requerimentos básicos para produzir um funcionamento harmônico e constante dos componentes do sistema no intuito de prestar à população um bom serviço.

O controle se refere à verificação de que cada componente e o sistema como um todo esteja cumprindo suas funções na forma e na medida estabelecidos, e na determinação das ações corretivas correspondentes. Para isto é necessário:

Operação efetiva e precisa das instalações e equipamentos constituintes dos sistemas físicos necessários à realização dos processos;

Controle das operações e do funcionamento dos componentes que intervêm no processo como, por exemplo, o controle dos níveis, das pressões, das vazões, etc.;

Controle da qualidade dos produtos oferecidos (Água de qualidade) e serviços prestados como qualidade da água armazenada e disponibilizada pelos vários meios, vazões adequadas, etc;

Possibilidade de controlar efetivamente as instalações e suas variáveis, através de equipamentos e instalações em condições ideais de funcionamento, ou seja, bem mantidas.

A função Operação realiza ações de rotina, conforme a metodologia programada, sendo complementada permanentemente por ações de controle (por instalação, por processo, geral e de qualidade), sob procedimentos específicos para a tomada de decisões e das medidas corretivas oportunas.

Estas ações não devem proceder-se isoladamente, pelo contrário, devem ser efetuadas de forma integrada, com o grau de participação necessário de todos os atores a fim de alcançar os objetivos definidos para a Operação.

Esquemáticamente se pode representar o exposto, conforme a **Figura 4.1** a seguir.

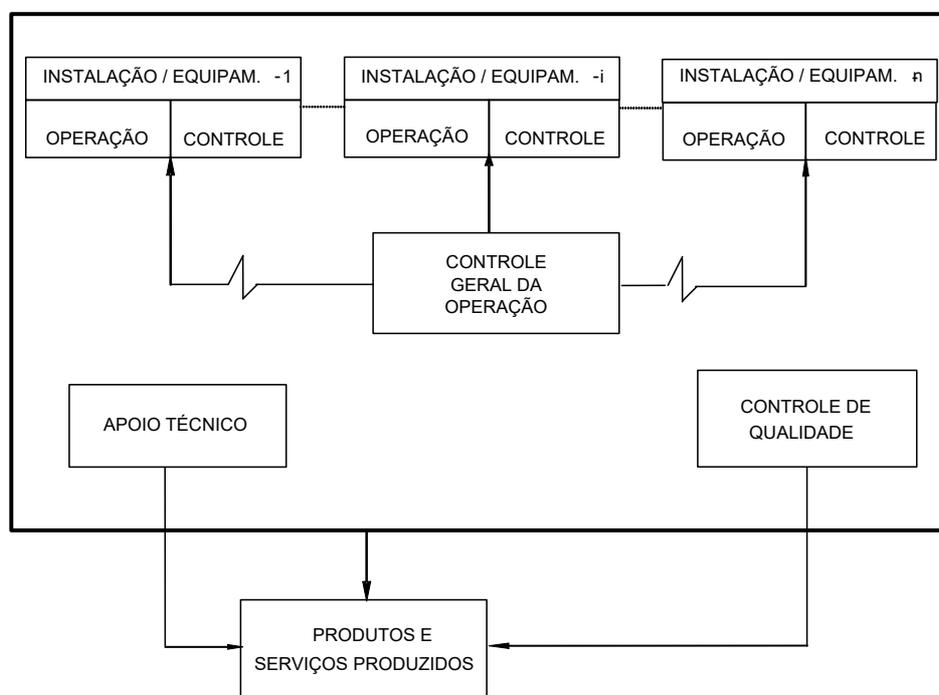


Figura 4.1 - Conceituação da Função Operação

4.2. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE OPERAÇÃO

A Operação, para cumprir seus objetivos, precisa executar um conjunto de atividades de caráter operacional e administrativo, atuando de acordo com normas e técnicas específicas e com um plano de ação definido.

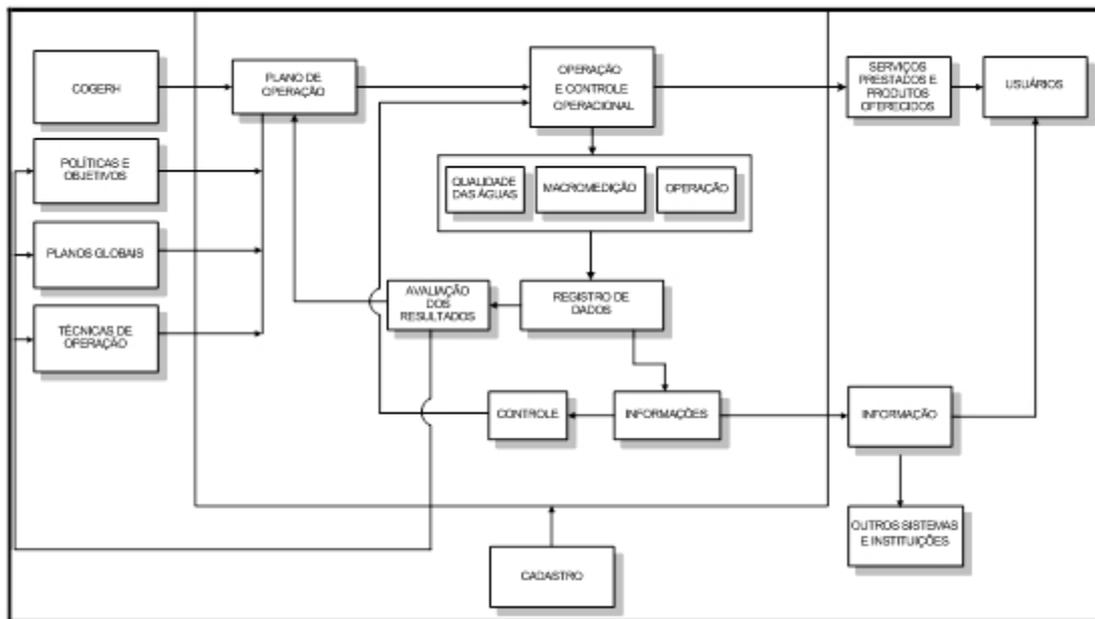
O funcionamento da Operação exige a realização de atividades e processos muito complexos, com frequentes limitações de recursos, para a prestação de serviços de natureza fundamental por sua relação direta com a saúde pública, a segurança e o bem estar da sociedade.

Assim, os recursos humanos envolvidos nestas atividades devem executá-las com vistas ao controle e vigilância da operação e a qualidade dos serviços prestados.

Estando em operação o conjunto de componentes, a função mais importante da administração é conseguir que os serviços sejam prestados de acordo com as políticas e normas da Operadora e do respectivo plano de operação, acompanhando permanentemente as operações e avaliando os resultados, com a finalidade de verificar a conformidade e efetuar oportunamente as correções devidas.

Para isto, se devem registrar os dados necessários para produzir informações que permitam o gerenciamento da operação e o apoio a outros sistemas, internos e externos.

Figura 4.2 - Esquema do Funcionamento do Sistema Operacional



4.3. CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA

a) Parâmetros de Controle da Qualidade da Água

Normalmente, os parâmetros de controle da qualidade da água estão classificados em quatro grupos principais:

Parâmetros físicos e organolépticos;

Parâmetros químicos;

Parâmetros biológicos;

Parâmetros radiológicos.

No primeiro grupo estão a cor, turbidez, sabor, odor e sólidos totais. O segundo grupo está constituído por parâmetros mais variados tais como: metais, compostos orgânicos suspeitos de serem carcinogênicos ou mutagênicos, agrotóxicos, etc. No terceiro grupo estão incluídos os parâmetros bacteriológicos e hidrobiológicos e no quarto os critérios relativos a substâncias radiativas.



O parâmetro Turbidez poderia ser mais bem denominado como estético-sanitário. Quanto menor é seu valor, menor a quantidade de materiais em suspensão na água. Quanto menor é a turbidez, melhor a ação do desinfetante e com isto maior a possibilidade de eliminar as bactérias na água.

O exame bacteriológico é sem dúvida um dos mais importantes, pois indica, se bem que indiretamente, a segurança quanto à presença de bactérias patogênicas na água.

Como regra geral, os parâmetros a serem controlados são os de significado sanitário, estético e operacionais, como a seguir indicados:

Parâmetros estéticos: cor, odor e turbidez (estético-sanitário);

Parâmetros sanitários: nitratos, coliformes totais e fecais, oxigênio dissolvido, cloruros;

Parâmetros operacionais: pH, demanda de cloro, ferro, manganês, alcalinidade, dureza, temperatura, cloro residual;

Outros parâmetros a serem estabelecidos em função de demandas específicas.

Em geral, a frequência de amostragem considera a coleta em período de seca e em período de chuva, ou quando um evento novo o justifique.

4.4. AVALIAÇÃO E CONTROLE DA OPERAÇÃO

Para alcançar os objetivos do controle operacional é necessário que o sistema de seja operado continuamente, com segurança, e que cumpra os objetivos para os quais foi planejado e construído. Para isto é necessária a supervisão permanente do conjunto de instalações buscando operá-los integral, racional e eficientemente.

Em síntese, a efetiva operação de instalações e equipamentos requer:

A execução das atividades técnicas de acordo com os manuais específicos de cada instalação e de cada equipamento;

O fornecimento de dados e informações operacionais;

O cálculo de indicadores de gestão;

Ações gerenciais para melhorar permanentemente o serviço.

Em geral, sempre é necessário a existência de um organismo para coordenar a operação. Corresponde a este órgão tarefas de planejamento destas ações integrais, a coordenação operacional, a aquisição de dados dos sistemas e a supervisão das

variáveis de controle.

A base do controle operacional são: o Plano de Operações e um Sistema de Informação Operacional.

O Plano de Operações se elabora a partir do conhecimento dos objetivos do conjunto de instalações do sistema. O plano deve estabelecer os regimes operacionais das instalações e dos elementos finais de controle (válvulas, comportas, dispersoras, etc.) e o rango de variação das variáveis hidráulicas monitoradas (vazões, níveis, pressões, etc.).

Quando em operação, cabe ao sistema coletar e validar os dados de operação. Cabe também registrar o regime de operação das instalações e o estado dos elementos finais do controle, os dados da qualidade da água e os dados de ocorrências significativas dentro e fora do sistema.

Continuamente cabe ao sistema de informação transmitir, processar e armazenar estes dados e divulgar a informação respectiva a todos os usuários e organizações interessadas.

O centro de controle operacional processa, armazena e divulga as informações, assim como elabora o plano de controle operacional, dando apoio e suporte à operação.

A tecnologia atual permite que a maior parte destas informações possam tratar-se “on line”, através de sistemas automatizados, transmissão de dados por telemetria e processamento de dados em computador, através de um software de supervisão e controle (SCADA).

Os dados coletados pelos elementos de medição e pelos responsáveis envolvidos são transmitidos ao Centro de Controle Operacional para seu tratamento, o qual se executará em quatro etapas: Validação, Processamento, Armazenamento e Recuperação.

Na fase de Validação, os dados recebidos são confrontados com padrões operacionais históricos para verificar sua validade. Em seguida são processados para posterior armazenamento em um banco de dados operacionais. As informações que não requerem ser validadas só serão armazenadas.

Em função do volume de informações, pode ser necessário equipamentos e software de processamento de dados para atualizar, manter e recuperar informações do banco de dados, já que as modificações, o subsequente reordenamento e a recuperação de

informações, assim como a rapidez na obtenção do que se deseja, são muito importantes para dar suporte à operação. Nisto se baseia a confiabilidade da informação.

Na fase de recuperação, as informações armazenadas são divulgadas e postas à disposição dos usuários do sistema.

As informações divulgadas são, principalmente, relatórios operacionais específicos que permitem estabelecer critérios para levar a cabo trabalhos de operação e manutenção, e que permitem dispor de elementos de juízo e de apoio na tomada de decisões por parte do Centro de Controle, para garantir a integridade operacional e a segurança do sistema.

Estes devem permitir efetuar as análises dos dados disponíveis. Geralmente, consistem de registros diários das informações transmitidas, informações sobre a condição do sistema, assim como resumos dos dados coletados e gráficos de tendência.

A confiabilidade e continuidade de funcionamento das instalações e equipamentos é, obviamente, fundamental para alcançar os objetivos do Controle Operacional.

Por isto, a área de Manutenção deve estar apta para conduzir o gerenciamento dos recursos necessários e garantir o pleno funcionamento de todas as instalações e componentes do sistema.

As **Figuras 4.3, 4.4 e 4.5** mostradas a seguir esquematizam os processos de controle operacional.

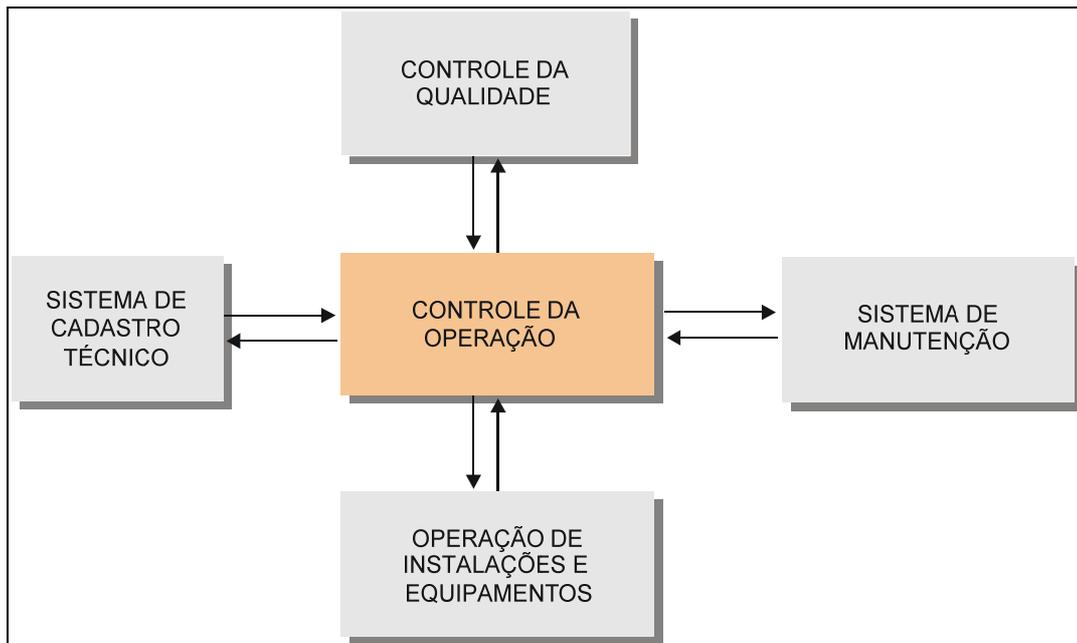


Figura 4.3 - Fluxograma Geral do Controle Operacional

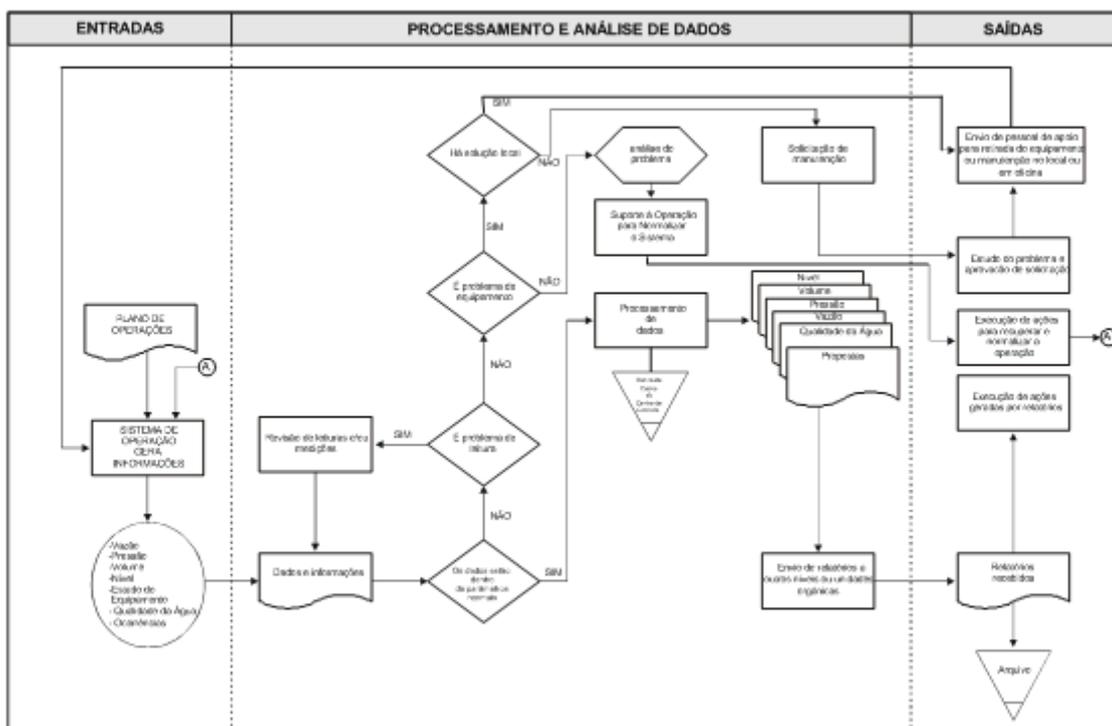


Figura 4.4 - Fluxograma Simplificado do Funcionamento do Controle Operacional

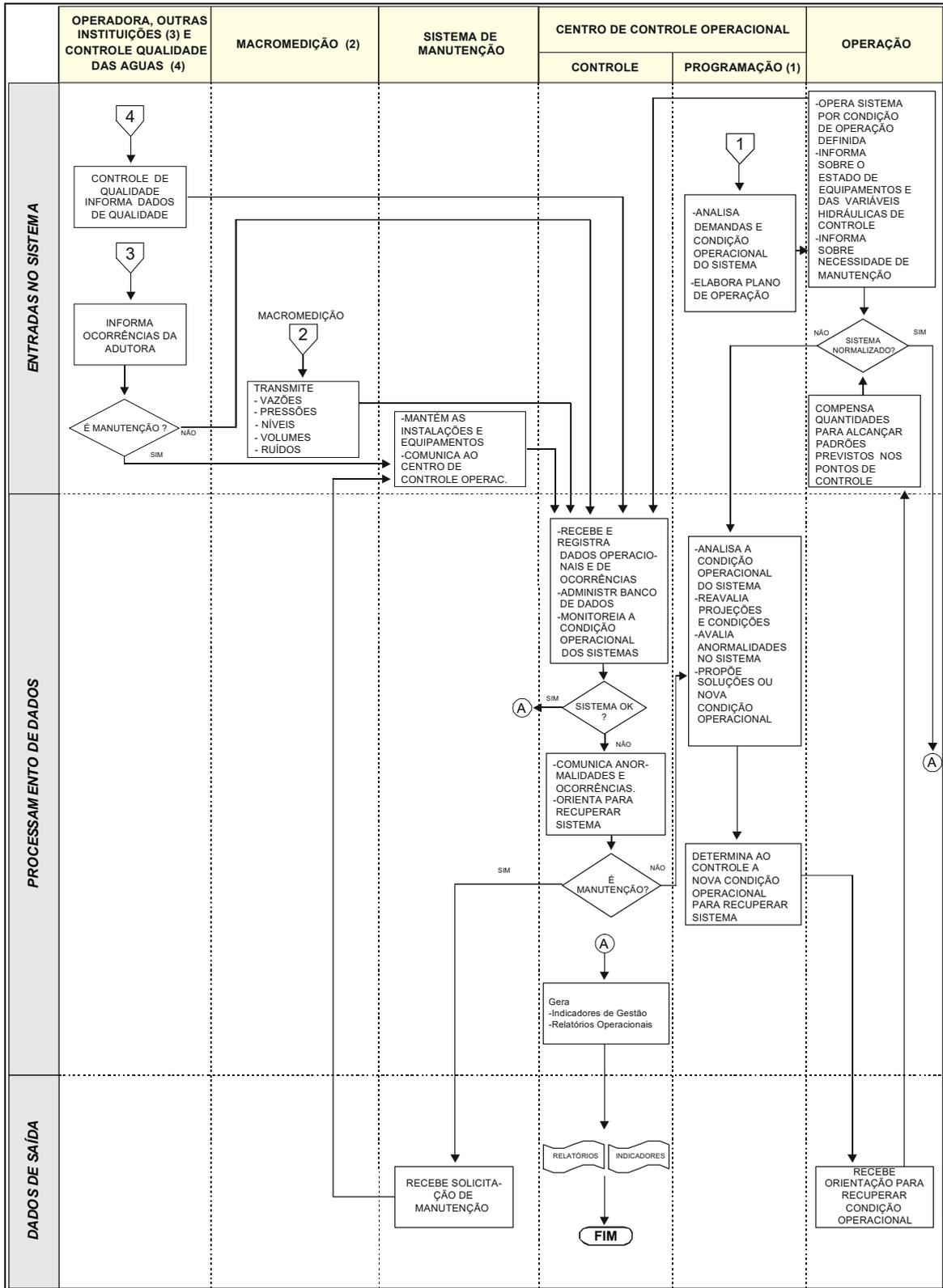


Figura 4.5 - Fluxograma de Atividades para o Controle Operacional

5. CONCEITUAÇÃO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

5. CONCEITUAÇÃO DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

Para que a Manutenção possa alcançar seus objetivos, deve conter e fazer cumprir as três funções básicas de seu funcionamento: Métodos, Planejamento e Execução.

A Função Métodos define basicamente Que Fazer ("What"), Por que Fazer ("Why") y Como Fazer ("How"), tendo a qualidade de observação e análise e o papel de preparação dos trabalhos.

A Função Planejamento define basicamente Quando Fazer ("When"), Onde Fazer ("Where") y Quem o Faz ("Who"), tendo a qualidade de comunicação e o papel de coordenação das atividades de manutenção.

Finalmente, a Função Execução realiza as ações definidas pelas Funções Métodos e Planejamento, tendo basicamente a qualidade profissional (formação, experiência) e o papel de intervenção.

A **Figura 5.1**, a seguir, ilustra o anteriormente exposto, assim como esclarece o entrelaçamento e a cronologia destas três funções de Manutenção.

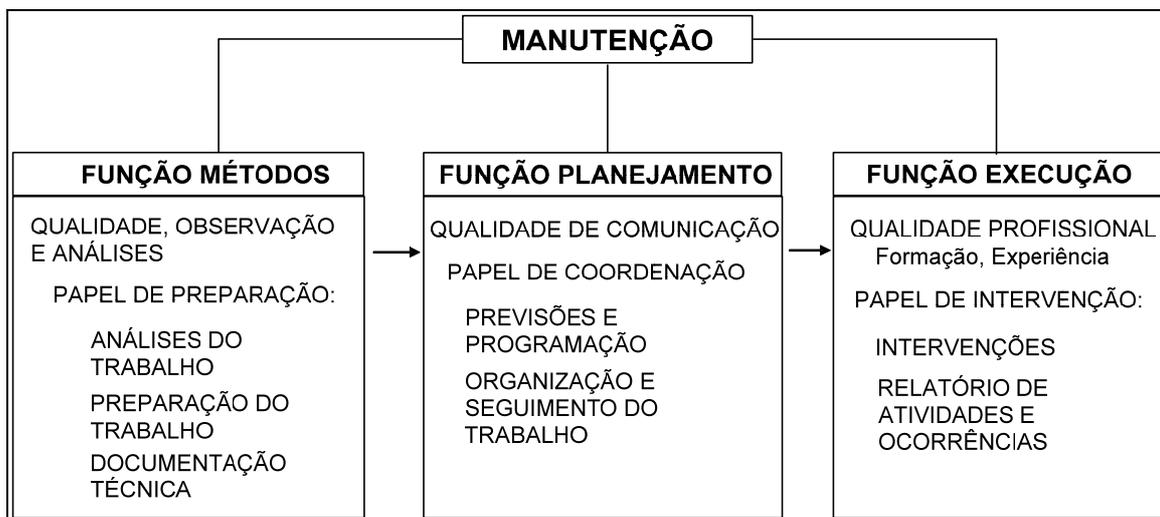


Figura 5.1 - As Três Funções Básicas da Manutenção

A função Métodos é a responsável pela preparação dos trabalhos e como tal se caracteriza pela qualidade de observação, tendo como atribuições principais a análise do trabalho, a preparação do trabalho e a gerência técnica dos equipamentos e instalações.

A análise do trabalho é um processo analítico desenvolvido pelo técnico em métodos, cuja atividade permite um melhoramento sistemático das condições sob as quais as ações de manutenção são executadas (ver **Figura 5.2**). Forma parte da lógica da manutenção procurar sempre a correção dos equipamentos, processos e ações de manutenção, a partir de situações existentes ou análogas.

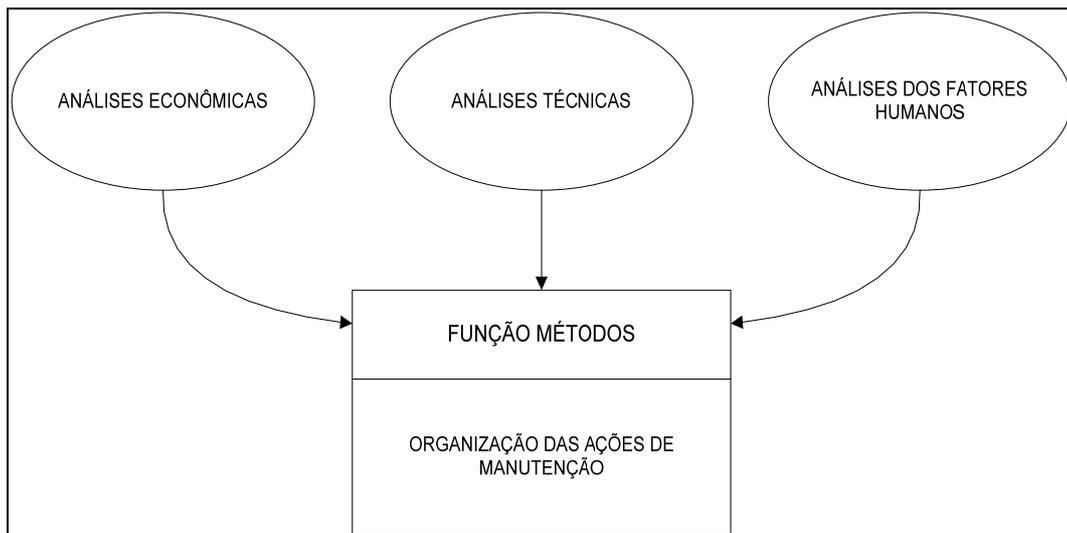


Figura 5.2 - As Interfaces com a Função “Métodos”

O conhecimento dos antecedentes e a avaliação da projeção futura são condições necessárias para a gerência da manutenção. Essa necessidade aparece em todas as fases, ou seja, na preparação (seleção do método de trabalho), na coordenação (planejamento das operações, distribuição equitativa do trabalho, lançamento) e na intervenção (tempos empregados anteriormente, prazos a serem respeitados).

A preparação é a função encarregada de prever, definir e realizar as condições ótimas de execução de um trabalho. Na manutenção, a função Métodos apoia a intervenção como mostra a **Figura 5.3** a seguir.

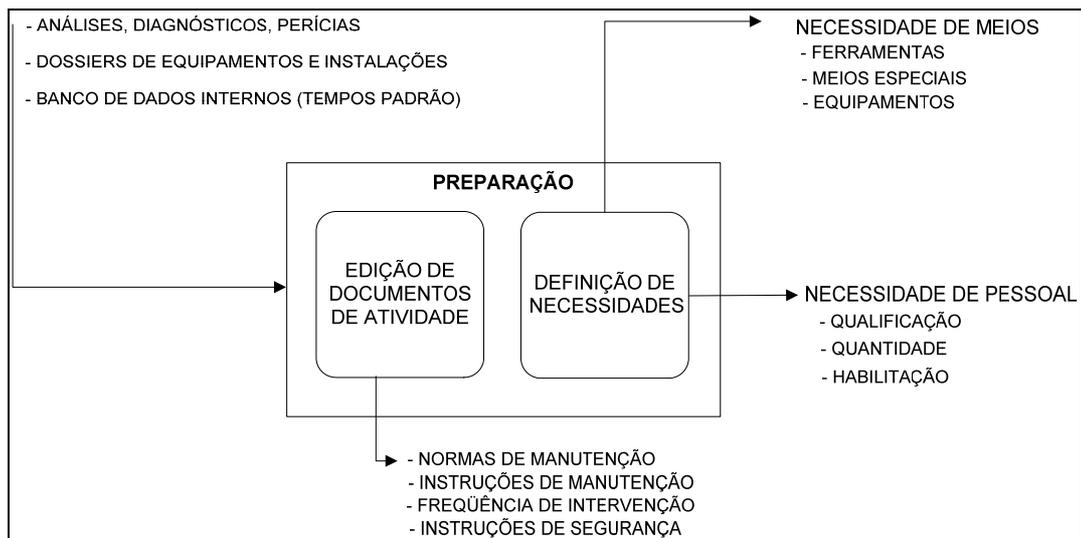


Figura 5.3 - O Papel da Preparação na Função “Métodos”

Basicamente os objetivos da preparação do trabalho são: facilitar o trabalho dos técnicos durante a execução; reduzir os custos diretos de intervenção, diminuindo os tempos de espera (busca de ferramentas, de pessoa disponível, deslocamentos inúteis); reduzir os custos indiretos, diminuindo as durações de parada dos equipamentos; ter previsão de material que será empregado em substituições, fornecimentos, etc.

O planejamento, dentro da manutenção, exerce a missão global de coordenação das atividades, tendo como atribuições principais as previsões e programações, assim como a distribuição e o seguimento dos trabalhos, sendo a função encarregada de gerenciar os tempos de ação.

Enquanto que a função Métodos influi na duração de um trabalho, a função Planejamento planifica essa tarefa, fixando o dia e hora de início para que a função Execução o ponha em prática segundo as recomendações da função Métodos. Essa missão global de coordenação se caracteriza basicamente pela realização de algumas ações, chamadas atividades de planejamento, que são as seguintes: programação, lançamento, monitoramento e provisionamento.

São, portanto, responsabilidades do planejamento, não só a elaboração da programação das atividades de manutenção, mas também a previsão e o provisionamento dos recursos necessários, o controle da marcha das atividades e a avaliação dos referidos serviços através da tomada, processamento e análises dos diversos indicadores e custos de manutenção, conforme ilustra a **Figura 5.4** a seguir.

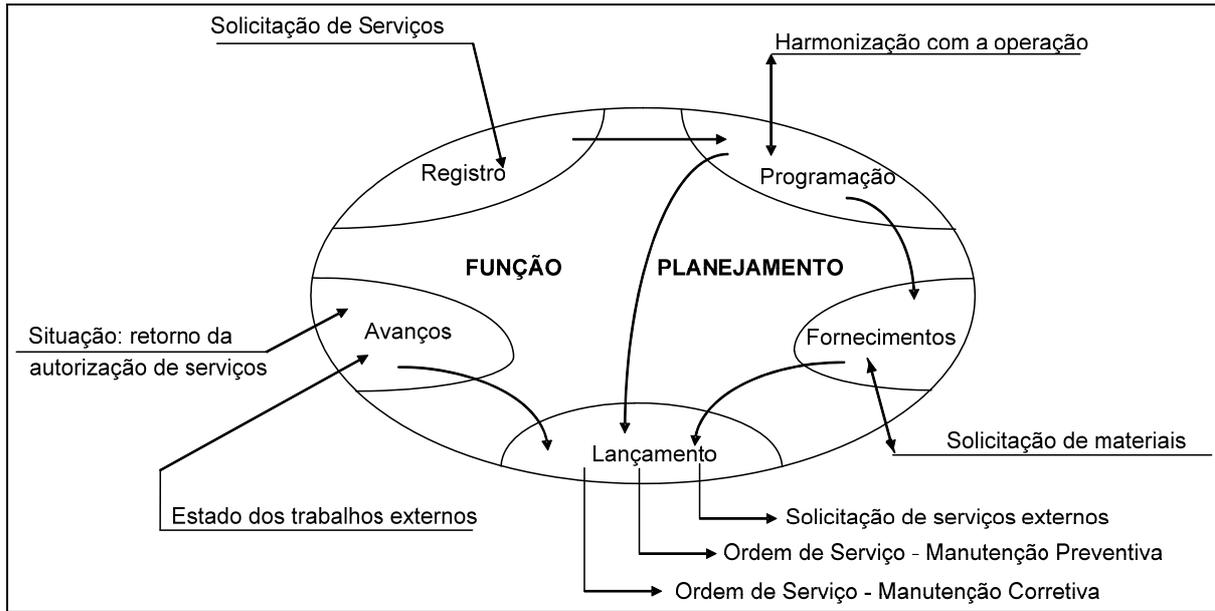


Figura 5.4 - A Função "Planejamento"

Enquanto a função Métodos tem por objetivo definir os componentes de uma ação de manutenção e a função Planejamento tem por objetivo reunir os meios necessários para a realização da ação no local e data determinados, a função Execução tem por objetivo utilizar os meios aplicáveis à sua disposição, conforme os procedimentos estabelecidos, no sentido de colocar o equipamento e a instalação a ser mantida em condição ótima, conforme mostra a **Figura 5.5** a seguir.



Figura 5.5 - A Função "Execução"

O objetivo da intervenção deve ser claramente definido na fase de preparação, seja por seu conteúdo (lista de operações), seja por seu resultado (parâmetros quantificáveis).

Basicamente, a função Execução se caracteriza pela atividade de intervenção nos equipamentos e instalações e, em linhas gerais, executa as seguintes ações:

Equipamentos fora de operação: instalação, acondicionamento, posta em operação, depuração, preservação, reforçamento operativo, retorno das condições de operação;

Manutenção preventiva: inspeções periódicas, controle, revisão, renovação, reconstrução;

Manutenção corretiva: testemunho, detecção, localização, diagnóstico, eliminação de defeito, troca padrão, reparação;

Outros trabalhos de manutenção: provas, modernização, modificação.

5.1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Entende-se por manutenção preventiva aquela efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um equipamento ou deterioração dos serviços prestados, estando caracterizado por intervenções previstas, preparadas e programadas, com a utilização de recursos especialmente designados para esse fim.

As vantagens da manutenção preventiva já são amplamente comprovadas, podendo-se citar, a título de exemplo, as seguintes:

Aumento da confiabilidade e melhora na disponibilidade, reduzindo o tempo improdutivo com a conseqüente economia e diminuição dos transtornos causados aos usuários;

Diminuição da frequência de grandes reparações;

Menores gastos em reparações, já que se evitam falhas provenientes de problemas maiores;

Menor estoque de peças de reposição e maior controle sobre sua existência e distribuição;

Aumento da vida útil dos equipamentos e instalações com a conseqüente economia por substituição prematura;

Identificação das partes do sistema com alto custo de manutenção, por causas tais como: equipamentos obsoletos ou mal dimensionados, má qualidade da operação, marcas que não apresentam rendimento satisfatório, etc.;

Evitar problemas de má qualidade dos serviços prestados, com interrupções frequentes e inesperadas;

Evitar desastres e calamidades por não poder operar um equipamento no momento em que mais este é necessário (por exemplo, não poder abrir uma comporta quando o nível do açude se aproxima do máximo).

A manutenção preventiva é uma ação planejada e programada envolvendo atividades e recursos de diversos tipos, que têm por finalidade conseguir que todas as instalações e equipamentos recebam o tratamento técnico e economicamente adequado, na forma e no tempo requeridos por suas características, usos e condições de funcionamento.

A **Figura 5.6** a seguir ilustra um critério de decisão para a manutenção de um equipamento, a título de exemplificação.

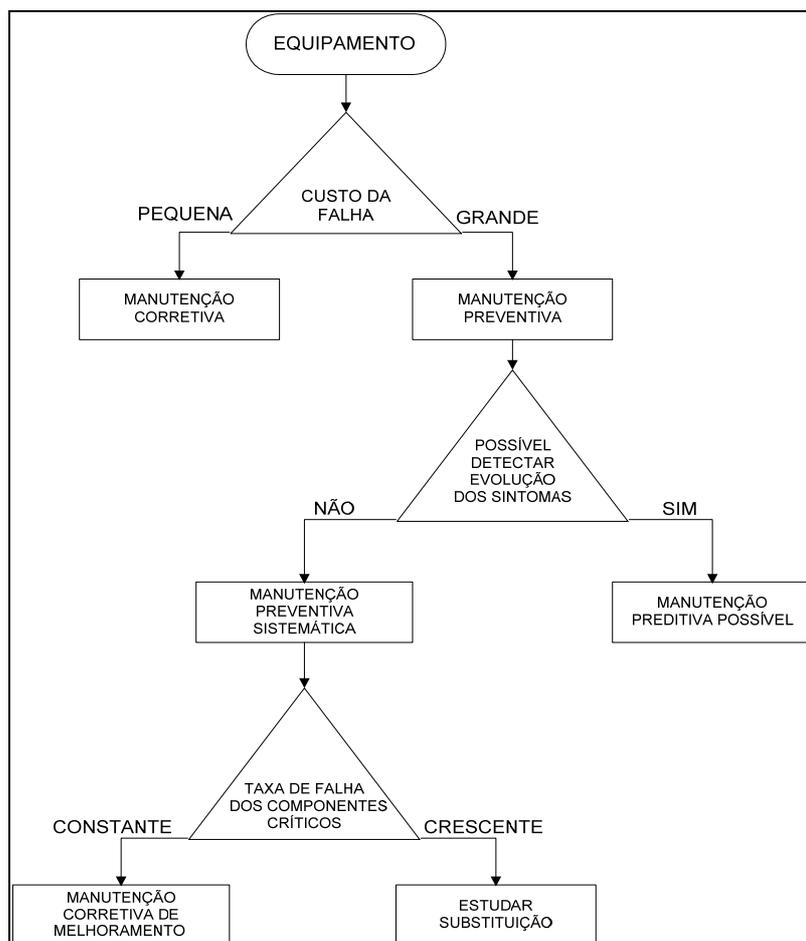


Figura 5.6 - Critério de Decisão para a Manutenção de um Equipamento



5.2. MANUTENÇÃO CORRETIVA (EMERGÊNCIA)

Todos os sistemas sofrem os problemas comuns de danos de equipamentos, danos nas instalações, desastres naturais ou provocados, que podem ocasionar interrupções na prestação dos serviços. Em maior ou menor grau, os componentes físicos de qualquer sistema são vulneráveis não só a essas ações externas como também ao desgaste, falhas e outros problemas originados pelo uso normal ou por operação inadequada.

Além das falhas normais de operação ou falhas por operação inadequada, existem outros fatores que incidem gravemente sobre a manutenção, especialmente os casos de Emergências ou Corretivos, que é comum em qualquer sistema, devido, em geral, aos escassos recursos disponíveis e à falta de preparação para atender essas situações. Alguns desses fatores são:

Falta de capacitação do pessoal que ocasiona erros nas reparações e contribui à operação deficiente;

Normas ou especificações incompletas ou inexistentes para a aquisição dos equipamentos ou peças de reposição;

Insuficiência de recursos físicos para efetuar as reparações.

Numa visão mais ampla, a Manutenção de Emergência necessita fazer análises e controles dos parâmetros, ocorrências e informações, especialmente nos aspectos que se referem à administração da manutenção, qualidade da manutenção, qualidade dos equipamentos e custos de manutenção.

Além destes, é indispensável contar com indicadores representativos, os quais possam ser analisados; que seu processo seja relativamente simples, e que os dados primários utilizados no cálculo sejam facilmente obtidos.

Não obstante que a manutenção seja só de reparação de falhas que ocorrem de maneira imprevista, é necessário que existam pelo menos algumas condições mínimas que garantam que as reparações e ajustes executados se façam de forma eficiente e tenham boa qualidade.

Deve-se analisar a possibilidade de estabelecer um sistema de manutenção corretiva (emergência) caracterizado por um planejamento ou previsão das ações e recursos que serão aplicados antes, durante e depois da emergência suscitada por um dano. Seria a contraposição da ação imprevista e incerta em que se encontram os

responsáveis pela continuidade dos serviços frente a tal situação.

Um plano de operações de tal natureza deveria descrever a missão e os métodos de utilização de recursos para cumpri-lo, assim como definir os deveres e responsabilidades que correspondem a cada nível da operação e do comando.

Esta consideração leva à conclusão que também a maior parte das atenções de emergência devem ser planejadas segundo uma classificação ou agrupamento de ocorrências, ainda que obviamente não se possa conhecer com antecipação o lugar e o momento preciso destas. A **Figura 5.7** a seguir mostra o fluxograma básico para o atendimento de emergência.

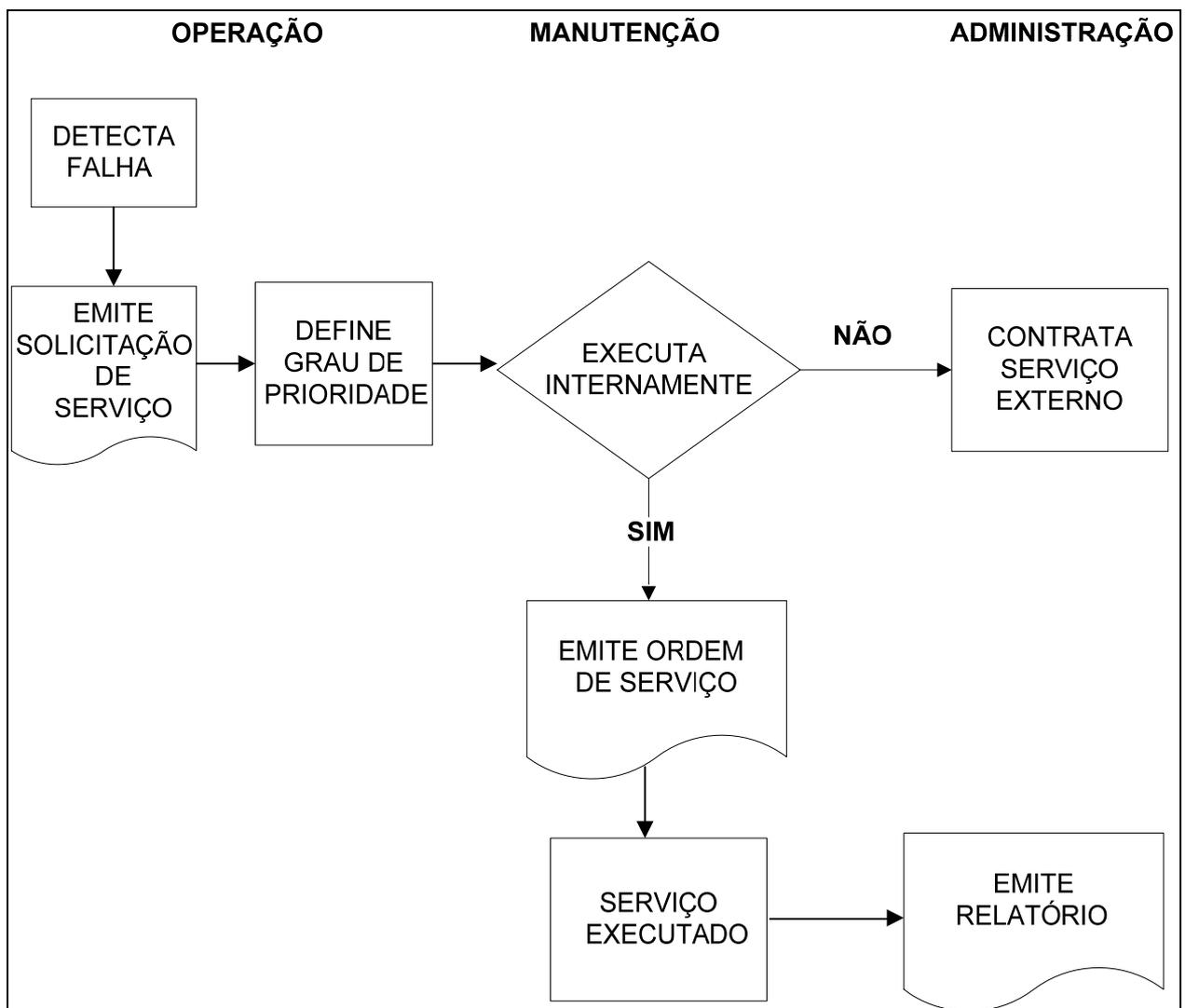


Figura 5.7 - Fluxograma Básico para o Atendimento de Emergência

5.3. CUSTOS DA MANUTENÇÃO

Um dos obstáculos para implantar uma adequada manutenção, especialmente a de caráter preventivo, é o temor de incorrer em custos exagerados ou desnecessários. Este obstáculo é difícil de eliminar, porque os responsáveis por um sistema raramente dispõem de dados de custos e dificilmente podem exibir um comportamento estatístico de tais custos.

Normalmente, toda falha imprevista conduz a altos custos de reparação, porque um elemento que falha afeta a outros elementos, o que poderia ser evitado com a substituição ou reparação oportuna (manutenção preventiva) antes de ocorrer a falha. Não obstante, se as intervenções preventivas são excessivas, seu custo se eleva.

A comparação deste comportamento deve ser observada na **Figura 5.8** seguinte, do qual se deduz que as porcentagens de reparações e manutenção preventiva têm um ponto ótimo de equilíbrio que, em termos de custos, corresponde ao mínimo da curva soma, para um equipamento ou grupo de equipamentos similares.

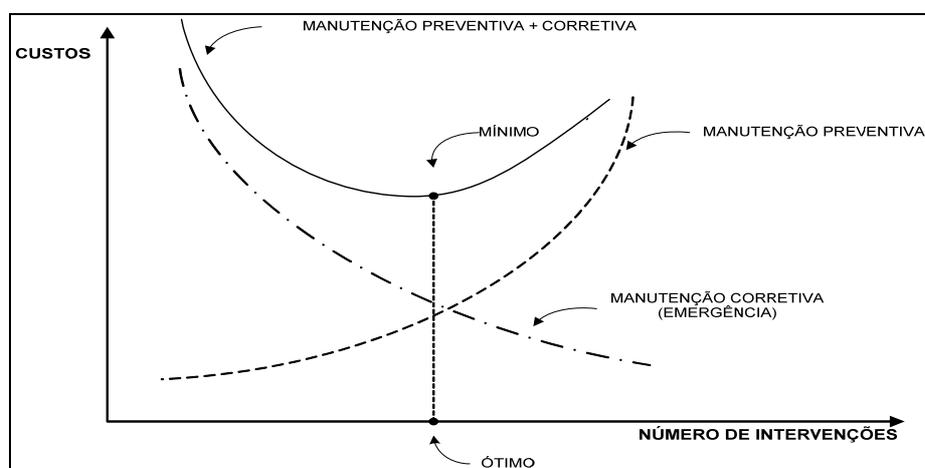


Figura 5.8 - Ponto Ótimo de Equilíbrio entre Manutenção Corretiva e Manutenção Preventiva

Em muitas oportunidades, é mais econômico ou pelo menos mais funcional, contratar serviços externos ao invés de executá-los com pessoal, recursos ou elementos próprios da empresa já que, regularmente, esses recursos não estão dimensionados para tal efeito e se estivessem, implicariam custos elevados e tempo ocioso. De todos os modos, a decisão parece inclinar-se a uma combinação dos dois serviços (próprios e de terceiros).



5.4. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO

Os resultados das intervenções e o estado final (depois da manutenção) das unidades mantidas, devem ter registrados seus dados pertinentes, produzindo informações com destino não só ao próprio sistema, para controle e avaliação, mas também a outras divisões orgânicas.

As informações sobre a execução da manutenção são indispensáveis ao sistema para verificar o cumprimento dos programas de manutenção preventiva e a validade das ações programadas, a fim de comprovar a eficácia das ações de manutenção e, se necessário, fazer as reformulações dos programas e as correções convenientes, sejam nas frequências, nas operações ou nas normas.

Por outro lado, as informações darão lugar a modificações respectivas nos cadastros técnicos (variação das características e estado das instalações e equipamentos) e a determinação de problemas potenciais (vulnerabilidade a certas ações externas ou má qualidade estrutural das unidades ou de operação, obsolescência) e determinação do período de vida útil.

O conhecimento de todos estes elementos derivados das informações sobre a execução da manutenção permitirá a verificação da conformidade dos resultados com os objetivos e normas fixados para o sistema do qual poderá surgir a necessidade de reformulações a fim de obter o benefício máximo e o mínimo custo na realização da manutenção.

5.5. PROCEDIMENTOS GERAIS

Os procedimentos do Sistema de Manutenção podem ser compartimentados em duas fases distintas: Preparações / Definições e Atividades propriamente ditas.

Na primeira fase se estabelecem os Objetivos, Políticas e se geram os Planos para o Sistema. Além disso, se definem as atividades cuja execução será de responsabilidade das equipes locais e meios próprios e as que serão contratadas com terceiros.

A segunda fase se caracteriza pela descrição dos processos desenvolvidos no interior do Sistema.

As atividades de execução de manutenção sempre são iniciadas pela abertura de uma Ordem de Serviço (O.S.). Esta pode originar-se por dois motivos: Programa de Manutenção Preventiva e Ocorrências.

A geração de uma O.S. pelo Programa de Manutenção Preventiva é automática, já que

a frequência com que se executam as atividades de manutenção nos equipamentos e instalações é predeterminada.

Quanto às ocorrências, estas chegam ao Sistema de Manutenção através de uma Solicitação de Serviço, que depois de analisada dará origem a uma Ordem de Serviço.

5.6. INDICADORES DE GESTÃO

Através de relações matemáticas das variáveis do Sistema de Manutenção, poder-se-á determinar indicadores, que comparados com padrões previamente estabelecidos, permitirão avaliar o desenvolvimento dos serviços e a eficiência do sistema.

As variáveis necessárias para a geração dos indicadores são obtidas de formulários ou banco de dados, que em geral são obrigatórias e inerentes ao exercício da função de manutenção preventiva ou corretiva.

A seguir são apresentados alguns indicadores que podem ser gerados para a gestão do sistema:

Manutenção preventiva de eletromecânica (%), mensal = $\frac{\text{Número de O.S. de manutenção preventiva}}{\text{Número total de O.S.}}$;

Custos da Manutenção Preventiva (%), mensal = $\frac{\text{Custos da manutenção preventiva}}{\text{Custos totais de manutenção}}$;

Custo de Manutenção Corretiva (%), mensal = $\frac{\text{Custos da manutenção corretiva}}{\text{Custos totais de manutenção}}$;

Tempo de Manutenção Preventiva (%), mensal = $\frac{\text{Tempo empregado com O.S. de manutenção preventiva}}{\text{Tempo total empregado com O.S.}}$;

Eficiência da Equipe de Manutenção (%), mensal = $\frac{\text{Tempo de execução dos serviços}}{\text{Tempo padrão}}$;

Avaliação da Programação (%), mensal = $\frac{\text{Tempo total das O.S. executadas}}{\text{Tempo total das O.S. programadas}}$;

Eficiência da Manutenção Preventiva (%), mensal = $\frac{\text{Tempo total utilizado de manutenção preventiva}}{\text{Tempo total programado}}$;

Atendimento de Emergência (%), mensal = $\frac{\text{Tempo total das O.S. de emergência}}{\text{Tempo total das O.S.}}$;



Atendimento Interno de Manutenção (%), total = Custo dos serviços executados com recursos próprios / Valor dos custos totais de manutenção;

Serviços Executados por Terceiros (%), mensal = Valor total dos serviços executados por terceiros / Custos totais de manutenção;

Atendimentos de Emergência e Reparações (%), mensal = Custos de emergências / Custos totais de manutenção.

6. CONCEITUAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MANUTENÇÃO ELETROMECCÂNICA

6. CONCEITUAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE MANUTENÇÃO ELETROMECCÂNICA

6.1. CRITÉRIOS TÉCNICOS DE AVALIAÇÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECCÂNICA

Existem diversos critérios técnicos e econômicos para a avaliação da atividade de manutenção eletromecânica. Destes, os critérios de Disponibilidade, de Confiabilidade e de Qualidade são os mais importantes.

a) Disponibilidade

A disponibilidade se define como a aptidão de um equipamento estar operativo e que o permita cumprir uma função nas condições estabelecidas, por um intervalo de tempo dado, supondo que os meios externos estejam garantidos.

O **Quadro 6.1** é uma representação dos tempos importantes para a definição do conceito de Disponibilidade.

Quadro 6.1 - Tempos Importantes para a Definição do Conceito de Disponibilidade

TEMPO CALENDARIO (A)				
TEMPO DISPONIVEL (B)		TEMPO INDISPONIVEL (C)		
Tempo de operação	Tempo de indisponibilidade da operação	Tempo de preparação ou espera	Tempo de reparação	Tempo de inatividade da manutenção
B1	B2	C1	C2	C3
MTBF		MTTR		

MTBF = Média de Tempo de Bom Funcionamento (*Medium Time Between Failure*). É um parâmetro que oferece uma estimativa da Confiabilidade.

MTTR = Média de Tempos Técnicos de Reparação (*Medium Time To Repair*). É o parâmetro que oferece uma estimativa de Manutenibilidade.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

b) Confiabilidade

A confiabilidade de um equipamento se expressa pela probabilidade que este venha cumprir uma função requerida em condições de utilização adequada e por um período de tempo determinado.

A confiabilidade operacional de um equipamento se obtém depois de considerar uma série de falhas potenciais, como mostra a **Figura 6.1** seguinte:

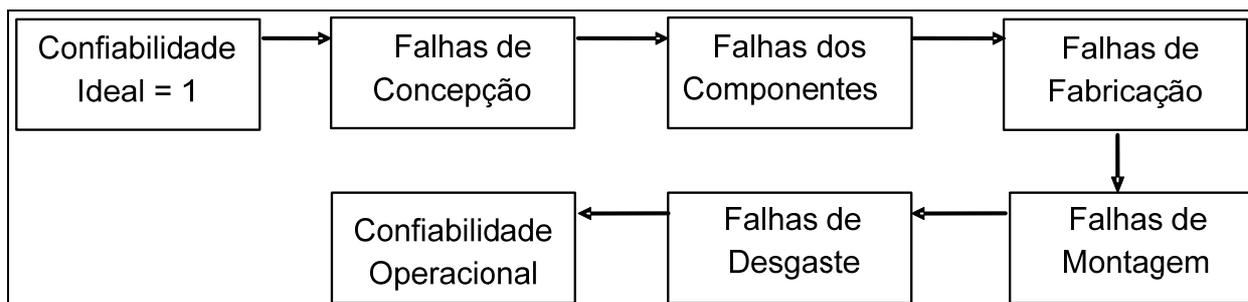


Figura 6.1 - Diagrama de Confiabilidade

O tratamento matemático do tema Confiabilidade escapa ao propósito desta Metodologia. Entretanto, em termos práticos, se pode trabalhar com estimativas dos parâmetros de cálculo como, por exemplo, a taxa de falha, o MTBF e as leis estatísticas como a normal e a exponencial mostradas a continuação (**Figura 6.2**).

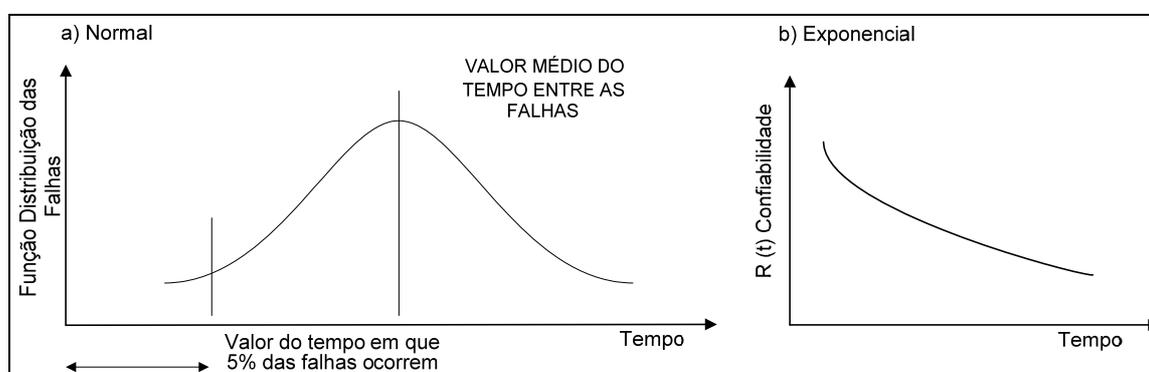


Figura 6.2 - Leis Estatísticas para o Cálculo da Confiabilidade

c) Qualidade

A atividade de buscar a qualidade na Manutenção Eletromecânica se baseia principalmente em dois processos, que foram a base do desenvolvimento do Japão, apresentado no pós-guerra.

c.1) Programa das 5 S's

O nome (5 S's) se deve às iniciais das 5 palavras japonesas no qual se constitui suas atividades:



Seiri - Descarte, ou seja, eliminação de tudo o que não seja útil;

Seiton - Ordem, ou seja, organizar os meios materiais para que estejam sempre disponíveis com facilidade;

Seison - Limpeza, ou seja, limpar o equipamento (pelo próprio operador), com a finalidade de descobrir anomalias e detectar avarias;

Seitsue - Limpeza Geral, ou seja, manter o local de trabalho limpo e ordenado;

Shitezuke - Disciplina, ou seja, ter estes valores de maneira normal, sem necessidade de supervisão.

c.2) Abordagem científica

A abordagem científica da qualidade escapa ao propósito desta Metodologia. Este processo inclui Histogramas, Diagramas de dispersão, Diagrama de controle de processo, Diagrama de Pareto, Matriz É / Não É, Diagrama de Causa / Efeito (ou Diagrama de Ishikawa), Fluxograma de processo e Diagrama cronológico.

6.2. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO ELETROMECHANICA

Não cabe nesta metodologia a descrição dos processos técnicos de manutenção eletromecânica. Capítulo mais adiante deste Manual tratará especificamente dos procedimentos de manutenção de equipamentos de estações de bombeamento. No âmbito administrativo, toda e qualquer intervenção inicia com uma Ordem de Serviço, que pode ter sido emitida a partir de uma Solicitação de Serviço. A partir da O.S., se coletam todas as informações relativas à marcha dos serviços. A gestão das atividades se realiza pelo seguimento das O.S. emitidas, seus prazos previstos e reais, quem está executando os serviços, quem solicitou o serviço, quais estão dentro dos prazos, etc.

A **Figura 6.3** a seguir apresenta o fluxograma geral da atividade de manutenção eletromecânica.

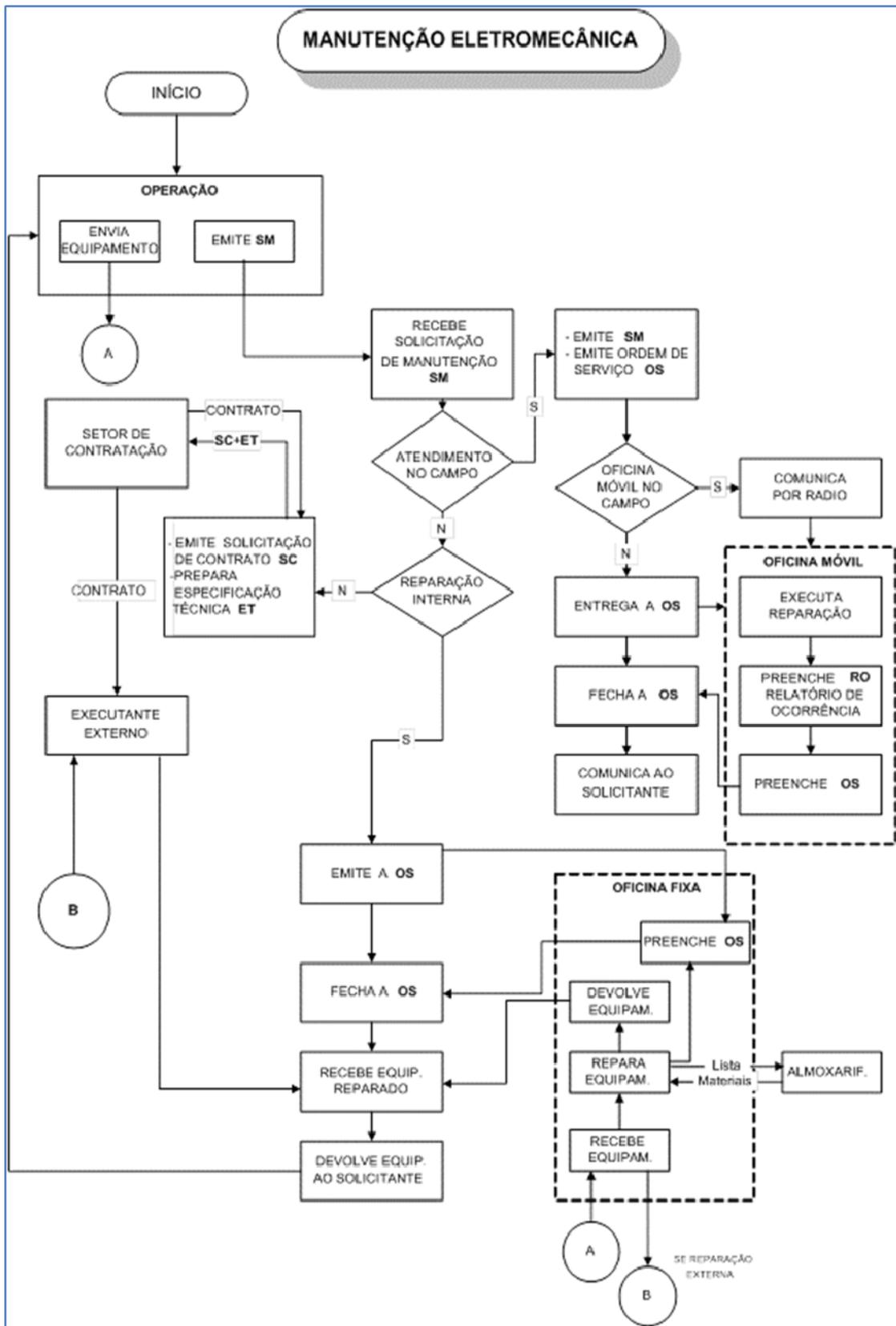


Figura 6.3 - Fluxograma Geral de Manutenção Eletromecânica



6.3. ORDENAMENTO DA MANUTENÇÃO CIVIL DAS OBRAS

Para o exercício eficiente da atividade de manutenção civil, faz-se necessária uma organização adequada, cujas linhas mestras são abordadas a seguir:

a) Itinerário de Serviços

Trata-se de uma programação dos trabalhos a serem executados, emitida e atualizada diariamente. Em geral consta de um Itinerário e do conjunto de Ordens de Serviços do itinerário. A sequência dos trabalhos deverá ser respeitada, na medida do possível, uma vez que em sua elaboração foram considerados dados que provavelmente não serão de conhecimento da equipe de trabalho. Evidentemente isto não impede modificações que a equipe julgue necessária, desde que o fato seja comunicado à programação.

b) Comunicação

Para uma melhor assistência e desempenho das equipes de trabalho, será conveniente a adoção de comunicação via rádio. Equipado desta maneira, a equipe de trabalho poderá comunicar-se com a programação, indicando início, término ou modificações não previstas dos serviços, permitindo a esta uma constante avaliação da evolução dos mesmos, e à equipe de trabalho a agilização das tarefas. Um hábito importante é a formação do hábito de comunicar-se, via rádio, para estimular a transmissão de solicitações de emergência geradas pela programação.

c) Segurança no Trabalho

Qualquer acontecimento que cause dano pessoal ao trabalhador é considerado acidente de trabalho. Por isto, deve haver atenção e cuidado permanente por parte da direção das equipes de trabalho no sentido de prover e exigir o uso dos equipamentos de proteção coletiva (EPC) e equipamentos de proteção individual (EPI).

Os acidentes de trabalho podem ser evitados na medida em que todos assumam a responsabilidade de respeitar as normas e instruções, conheçam e apliquem os procedimentos corretos na execução de serviços, dêem bons exemplos, utilizem os equipamentos, apresentem sugestões para melhora das condições de trabalho e segurança, etc.

d) Tempos Padrão

A cada serviço deve corresponder uma equipe mínima, as ferramentas mínimas, os equipamentos mínimos, a codificação, as etapas envolvidas no processo, e, principalmente, os tempos padrão, ou seja, os tempos referenciais para a execução do serviço.

Este conhecimento permitirá organizar o trabalho, medir a eficiência da equipe, decidir acerca de intervenções para a agilização de um processo, enfim, buscar a eficiência.

No que se refere a obras civis, existem inúmeras fontes de informação para o estabelecimento dos tempos padrão, oriundas de tabelas de composição de preços unitários como as da Pini, da Seinfra e da própria Operadora, entre outras.

e) Condicionantes

Há vários condicionantes que interferem diretamente nas quantidades de serviço, nos tempos médios de execução e no estabelecimento de prioridades, os quais são abordados a seguir:

Todos os aspectos legais relacionados com os serviços devem ser identificados e atendidos;

Todos os aspectos relacionados com as políticas e normas internas da Operadora deverão ser identificados e discutidos, analisando-se o grau de aplicabilidade ou a necessidade de adaptação;

Deve-se considerar a possibilidade de contratação de terceiros para a execução de alguns serviços, em geral aqueles que envolvem mão de obra intensiva ou equipamentos não disponíveis (exemplo: serviços de mergulhadores);

Deve-se verificar a previsão de expansão de serviços, bem como planos internos da Operadora que demandem carga adicional de trabalho;

Buscar sempre a racionalização do uso dos recursos humanos e a adequação da jornada de trabalho;

Devem-se estabelecer metas de manutenção, com prioridades de execução, filtrando-se com muito critério as urgências e emergências;

Buscar sempre a utilização de novas técnicas, novas metodologias, novos materiais, novas ferramentas, etc. no intuito de aumentar a eficiência;



Usar sempre ferramentas e equipamentos apropriados para um determinado serviço, evitando acidentes de trabalho;

Cuidar sempre para que o ritmo imposto aos serviços não seja reduzido ou prejudicado por falta de recursos financeiros;

Outros condicionantes como limitações no uso de equipamentos, limitações da metodologia de trabalho, possibilidade de aluguel ou outro meio de dispor de veículos e máquinas, dificuldades de assistência técnica, peças de reposição, etc.

7.PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO CIVIL

7. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS DE MANUTENÇÃO CIVIL

O modo de operar a estrutura da Manutenção Civil está fundamentado em 4 (quatro) Procedimentos básicos: Programação de Serviços, Execução de Serviços, Administração de Almojarifado e Controle e Avaliação de Desempenho. A organização lógica de tais procedimentos é mostrada na **Figura 7.1**). Cada procedimento desta figura é detalhado a seguir através de fluxogramas específicos (**Figuras 7.2 a 7.5**).

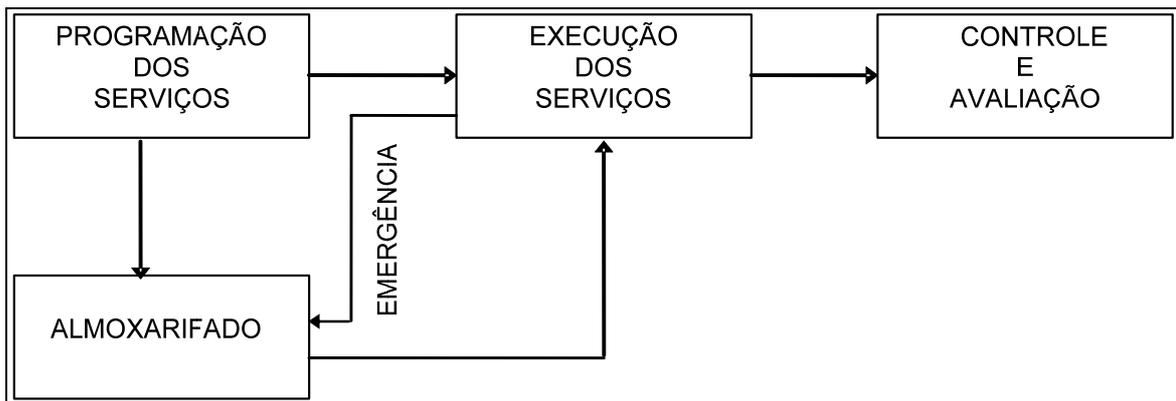


Figura 7.1 - Modo de Operar a Estrutura da Manutenção Civil

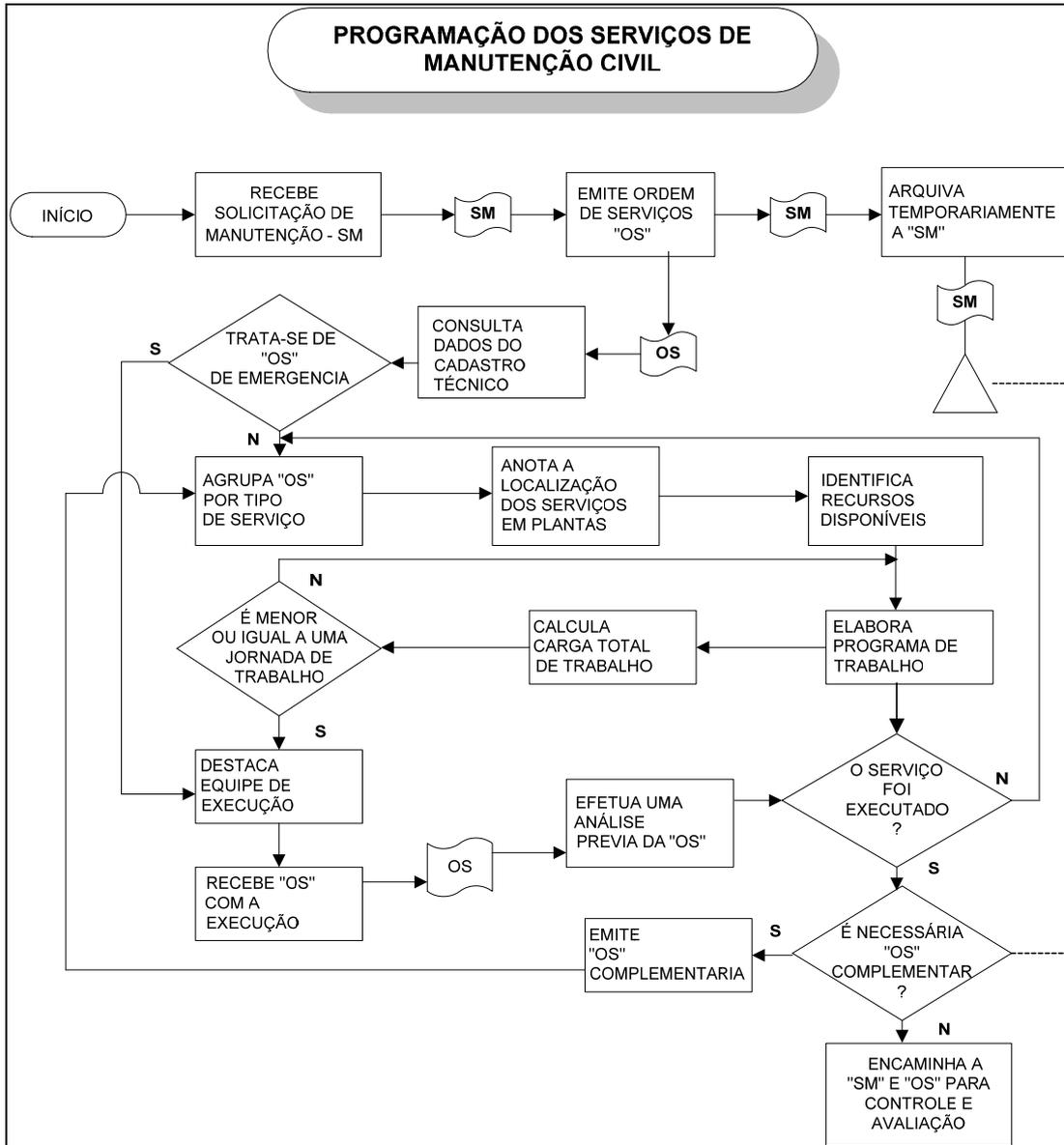


Figura 7.2 - Programação dos Serviços de Manutenção Civil

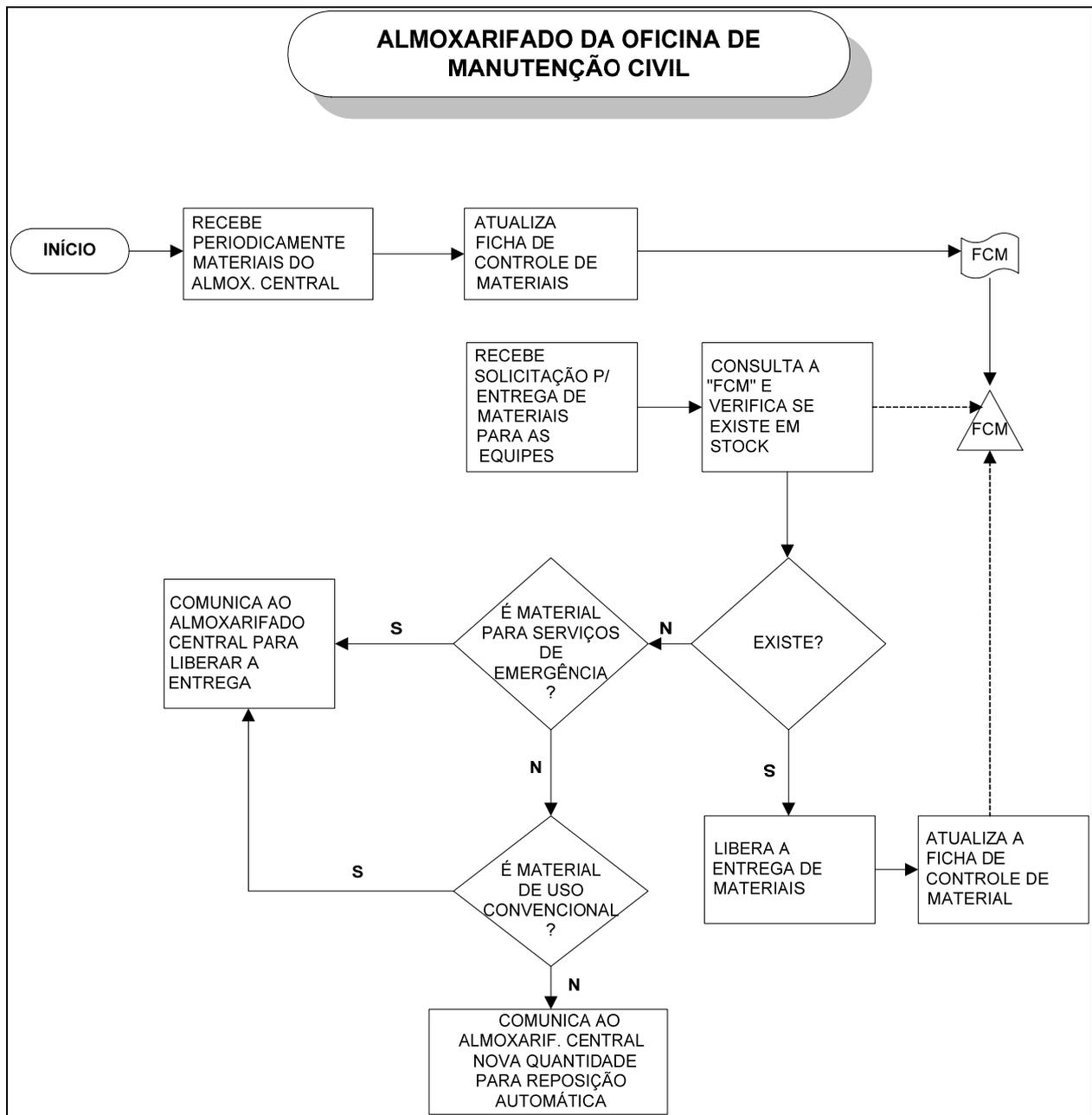


Figura 7.3 - Almojarifado da Oficina de Manutenção Civil

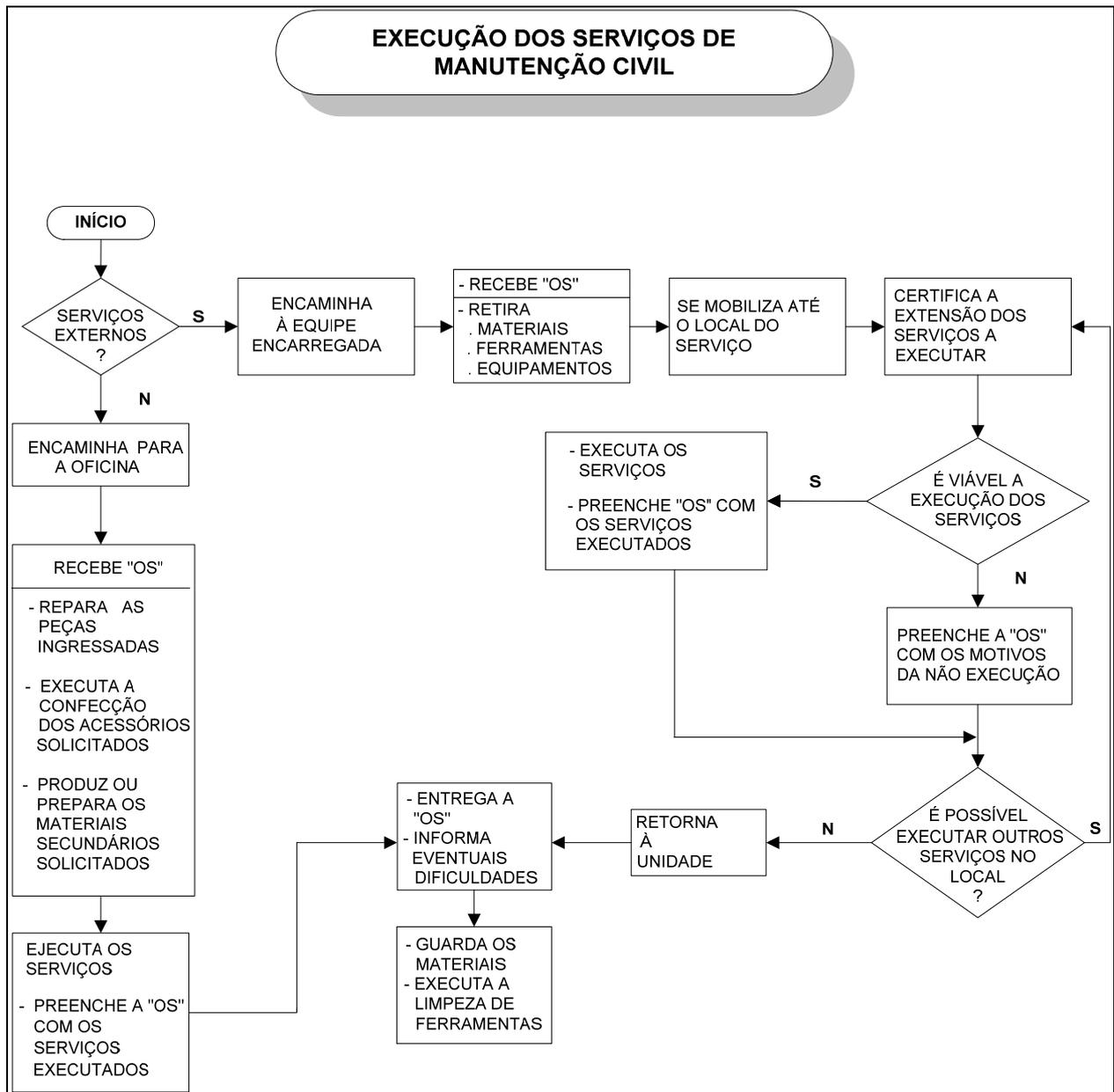


Figura 7.4 - Execução dos Serviços de Manutenção Civil

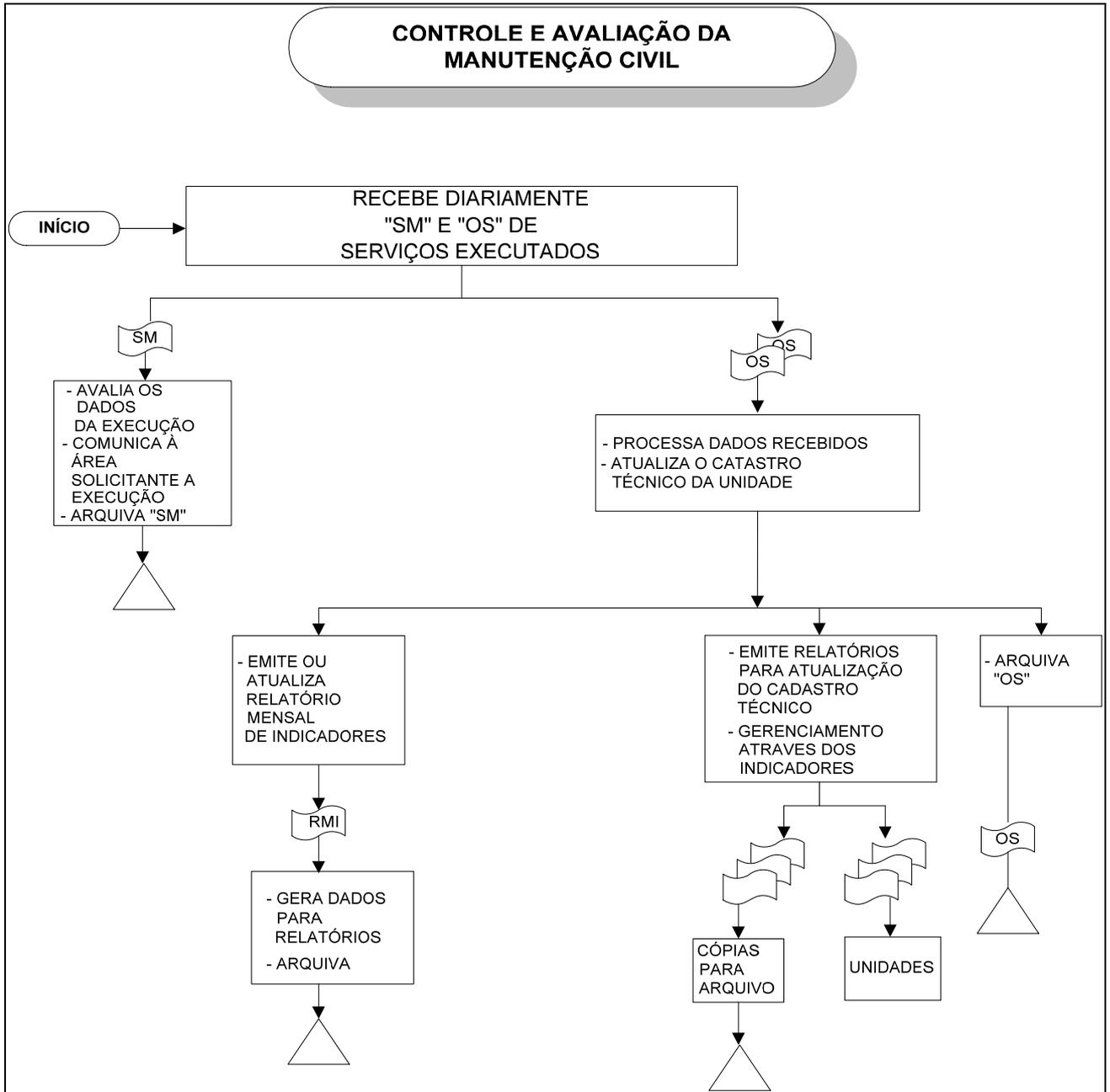


Figura 7.5 - Controle e Avaliação da Manutenção Civil

PARTE I – MANUAL DE OPERAÇÃO

I.1 – OBJETIVO

I.1 - OBJETIVO

O objetivo deste manual é apresentar as diretrizes básicas e procedimentos gerais para operação de uma estação de bombeamento de água. Conforme mencionado anteriormente, os procedimentos aplicáveis à operação de uma dada bomba são fornecidos nos Manuais de Instalação, Operação e Manutenção fornecidos pelos fabricantes. Entretanto, objetivando oferecer ao leitor uma visão dos principais procedimentos de operação, far-se-á uma análise generalizada da operação com fluxo reduzido, escorva, partida e parada de bombas centrífugas.

Normalmente, todas as instruções referentes à instalação, operação e manutenção de uma bomba estão contidas em um folheto denominado *Instruções para Instalação, Operação e Manutenção da bomba do tipo X*, folheto este que é preparado pelo fabricante e enviado por ocasião da compra do equipamento. Assim sendo, este é o documento base a ser seguido no que concerne à Instalação, Operação e Manutenção do equipamento.

O principal pré-requisito para que a operação de uma estação de bombeamento seja adequada, é elaborar um manual em linguagem fácil, simples e objetiva, ao alcance dos técnicos e principalmente dos operadores da instalação. Tal manual descreverá, no nível de detalhe suficiente, as etapas e procedimentos de operação e manutenção.



I.2 – ALCANCE

I.2 - ALCANCE

O presente manual contém as características principais de uma Estação de Bombeamento, bem como uma descrição sucinta de seus componentes.

O manual inclui também os principais critérios de dimensionamento dos recursos necessários, a estrutura de funcionamento, suas atribuições e as atividades básicas de operação de uma Estação.

Salienta-se que a coleta de informações acerca de uma Estação de Bombeamento, de forma ordenada, seguindo o roteiro estabelecido no capítulo 3 da Parte Introdutória, é uma ferramenta indispensável e eficaz, tanto para a situação atual como para condições futuras similares.

Os principais benefícios esperados com a implantação deste Manual são:

- Fortalecimento do nível técnico da Operadora;
- Atenção aos seus clientes, consumidores de água bruta e tratada, brindando-os com produtos e serviços em quantidade e qualidade que os satisfaçam;
- Otimização operacional dos sistemas de adução de água, garantindo eficiência, segurança e máxima economia;
- Obtenção de informações sobre o comportamento operacional dos sistemas adutores de água bruta gerenciados pela Operadora permitindo a avaliação de seu comportamento e resultados de sua utilização.

I.3 – UTILIZAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO MANUAL

I.3 - UTILIZAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DO MANUAL

Uma vez adequado à realidade da Operadora que se encarregará da operação das estações de bombeamento, este Manual deverá ser aprovado pela Diretoria de Operações da Companhia, pelo corpo técnico envolvido, e pela presidência.

Para utilização pelas equipes de operação, uma cópia do Manual deve ser mantida obrigatoriamente na instalação.

O Manual deve ser atualizado sempre que forem introduzidas modificações na estação de bombeamento.

I.4 – ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO



I.4 - ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO

Normalmente as instalações de captações de água são partes integrantes de uma Estação de Bombeamento, o que permite ao operador da estação controlar também os componentes da captação.

I.4.1 - FUNÇÕES, ATRIBUIÇÕES E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DAS ATIVIDADES DE OPERAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

a) Função:

- Operador

b) Subordinação:

- Supervisor da Equipe de Manutenção Eletromecânica
- Coordenador do Núcleo Técnico
- Gerente das Bacias Metropolitanas

c) Subordinados:

- Operários eventuais

d) Atribuições Básicas:

- Observar e registrar as anomalias;
- Operar os equipamentos dentro de procedimentos bem definidos que assegurem a proteção dos mesmos;
- Participar das montagens e dos testes de recepção de equipamentos;
- Realizar a limpeza geral dos equipamentos e instalações. Em alguns casos com ajuda de operários eventuais;
- Realizar a limpeza geral de acessórios dos equipamentos essenciais para seu funcionamento, principalmente as guias de “stop logs”, comportas, válvulas, etc.;
- Realizar a operação com as recomendações deste Manual e dos catálogos e informações específicas dos fabricantes e fornecedores;
- Realizar as medidas e controles estabelecidos - consumo de energia, tempo de funcionamento, variáveis de controle (pressão em vários pontos, vazões e volumes bombeados, dentre outros);



- Manter a frequência de entrega de dados de medição e controle;
- Avaliar o prosseguimento de manutenções preventivas;
- Operar com segurança a instalação de acordo com as normas vigentes, notadamente às de segurança do trabalho;
- Realizar pequenas lubrificações de peças ou equipamentos de acordo com os manuais específicos de cada peça;
- Acionar de imediato a Gerência Regional em caso de eventuais danos às instalações;
- Manter limpa e fechada a área no entorno da estação.

e) Requisitos para a Função:

O operador de Estação de Bombeamento administradas pela Operadora deve ter conhecimentos técnicos elementares da instalação a ser operada. Neste sentido, deve ter uma capacitação e treinamentos preliminares para assumir o posto. Esta capacitação deve ser proporcionada pela Operadora ou por terceirizados nas próprias estações de bombeamento.

Basicamente o operador deve ser capacitado em:

- Denominação dos componentes da estação;
- Medidas de controle usuais;
- Preenchimento de fichas e boletins e dar subsídio para o preenchimento do Check-list;
- Elaboração de informes;
- Conhecimento da estrutura organizacional;
- Operação da instalação;
- Facilidades de comunicação com equipes;
- Conhecimento sobre prevenção de acidentes.

As características pessoais mais importantes para o operador devem ser:

- Raciocínio rápido para atender as situações de emergência;
- Noções de responsabilidade técnica;



- Disposição para trabalhos em turnos;
- Nível de instrução secundária;
- Espírito de cooperação.

I.4.2 - DIMENSIONAMENTO DE PESSOAL A SER ENVOLVIDO

A seguir relacionam-se os principais aspectos a serem considerados no dimensionamento do pessoal a ser envolvido nas ações de operação e manutenção de estações elevatórias.

a) Complexidade Operacional;

b) Porte da Instalação;

c) Funções Operacionais Específicas:

As particularidades da instalação como: equipamentos mais sofisticados, bombeamentos não convencionais e outras razões diversas devem ser consideradas no dimensionamento do pessoal.

d) Nível de Automação:

O nível de automação existente é muito importante, pois poderá reduzir consideravelmente o número de pessoas necessárias à operação da estação.

e) Equipe Fixa:

Para o funcionamento contínuo da Estação de Bombeamento são necessários, pelo menos 4 pessoas por unidade operacional, em regime de trabalho de 12 x 36, obedecendo as 40 horas semanais e 12 horas diárias, sem considerar férias, faltas e impedimentos.

f) Operação de Equipe Móvel:

Entenda-se como Equipe Móvel o trabalho de uma pessoa por turno, equipado com um veículo com rádio de comunicação, pequenas ferramentas e alguns materiais, que percorre várias unidades operacionais (normalmente Estações de Bombeamento, captações e reservatórios).

Esta alternativa propicia considerável redução dos custos operacionais. Nestas condições deve-se considerar um importante fator: **a localização das instalações.**

As distâncias e as dificuldades do trajeto são fatores determinantes na definição da equipe móvel.

A possibilidade de se adotar tal alternativa deverá ser avaliada pela Operadora considerando características próprias como: segurança patrimonial e relação benefício/custo.

No caso da adoção de equipe móvel, o operador deverá ser habilitado para dirigir veículos.

Como indicação prática, o número de unidades a serem operadas simultaneamente não deve exceder 10 e o trajeto entre pontos mais distantes inferior a 30 km. Como regra básica, o tempo de acesso a todas as instalações não pode exceder 3 horas.

I.4.3 - RELACIONAMENTO DA OPERAÇÃO COM ÓRGÃOS EXTERNOS

Trata-se do relacionamento com as companhias de energia elétrica e de telecomunicação para tratar sobre assuntos específicos.

I.4.4 - RELACIONAMENTO COM AS UNIDADES INTERNAS DA OPERADORA

As relações da função operação de EBs com a estrutura interna da Operadora englobam o Sistema Administrativo representado pelo responsável por Recursos Humanos para atividades de capacitação, salários, controle e segurança social, bem como do Responsável pela Logística, para assuntos ligados a mobilização de instalações, equipamentos e materiais.

As relações entre as diversas funções internas são descritas resumidamente a seguir:

a) Funções de Manutenção

Para ações de manutenção corretiva, de obras civis e de equipamentos eletromecânicos.

b) Funções de Engenharia

Para esclarecimento de dúvidas e informações técnicas.

c) Funções de Cadastro Técnico

Para obtenção de informações cadastrais, obtenção de dados e atualizações.

d) Funções de Operação

- Com o responsável pela recepção e gerenciamento de dados, informações e instruções operacionais.
- Com o responsável pelo Controle de Qualidade da água bruta e tratada na coleta de amostras e monitoramento de dados e informações.



I.4.5 - RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES PARA AS FUNÇÕES

a) Ao nível de Gerência Central de Operação:

- Coordenação, programação e controles operacionais;
- Coordenação dos Recursos Humanos;
- Coordenação de Transportes;
- Atualização dos Manuais Operacionais.

b) Ao nível de Supervisão de Operação

- Supervisão e controle da operação;
- Coordenação, programação e controle da manutenção em primeiro nível;
- Supervisão e controle dos recursos necessários para a operação e suas instalações.

c) Ao nível local de execução

- Executar a operação da estação de bombeamento;
- Transmitir e receber do órgão de controle operacional dados, informações e instruções para a operação da estação;
- Preencher boletins operacionais e livro de ocorrências;
- Comunicar ao órgão central de manutenção das necessidades de manutenções corretivas;
- Executar manutenções cotidianas de primeiro nível;
- Executar os procedimentos estabelecidos pelos órgãos centrais, manuais operacionais e de equipamentos.



I.5 – PROCEDIMENTOS



I.5 - PROCEDIMENTOS

I.5.1 - GENERALIDADES

Para o correto desenvolvimento das atividades de operação e manutenção de Estações de Bombeamento deverão estar disponíveis os manuais operacionais específicos da estação, e consideradas as instruções contidas no referido manual, nos manuais e catálogos específicos de cada equipamento em operação, bem como dos desenhos as-Built e cadastrais representativos da mesma, devidamente atualizados.

Deverão ser anexados ao presente Manual uma cópia do manual específico de cada estação, que será elaborado durante a fase de construção, bem como manuais e catálogos de cada equipamento fornecido, para que possam ser consultados quando necessários.

Deverão ser anexadas, também, informações sobre o cadastro técnico dos principais equipamentos, fichas dos equipamentos tais como: motores, quadros de comando e controle, disjuntores, e válvulas de controle, por se tratar de equipamentos mais susceptíveis a manutenções.

A seguir são descritos os procedimentos gerais para a operação de Estações de Bombeamento de Água.

I.5.2 - PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO NORMAL COM EQUIPE FIXA

I.5.2.1 - Objetivo

Permitir a operação correta de uma estação de bombeamento administrada pela Operadora em condições normais de operação, com equipe fixa.

I.5.2.2 - Documentos Básicos

Este manual, o futuro manual específico da estação, manuais e catálogos específicos dos equipamentos componentes, e desenhos representativos da instalação.

I.5.2.3 - Detalhamento do Procedimento

I.5.2.3.1 - Início da Operação

A sequência normal de início de operação é a seguinte:

- a) Verificar o estado geral de todas as instalações e equipamentos da estação;
- b) Verificar o nível do poço de sucção com relação ao recomendado;
- c) Abrir o registro de saída da tubulação de recalque principal (adutora);



d) Se a estação for dotada de caixa de areia:

- Verificar as guias das comportas ou “stop logs”, limpá-las se for necessário;
- Abrir as comportas ou “stop logs” ou registros de entrada e saída;
- Se for necessário, limpar a caixa de areia, removendo o material depositado e acondicionando-o no local recomendado de bota-fora;
- Verificar as condições da Calha Parshall, se existir.

e) Para a Subestação Elétrica:

- Verificar se existe energia e estão presentes as três fases, verificando as luzes existentes nos medidores;
- Fechar os seccionadores;
- Carregar e armar o disjuntor principal.

f) Para os Quadros de Comando:

- Fechar as chaves seccionadoras (chaves fusíveis);
- Carregar e acionar os disjuntores (alta tensão) ou simplesmente acionar os disjuntores (baixa tensão);
- Verificar se realmente existe tensão necessária nas três fases (verificar com o voltímetro, movendo a chave comutadora);
- Verificar se a parte elétrica está realmente pronta para a partida.

g) Para os Painéis Auxiliares:

- Anotar, se disponível, as leituras do horímetro, da vazão, e dos totalizadores de volume, a demanda de energia elétrica e o totalizador de consumo de energia.

h) Para as Bombas:

- Verificar se os registros e válvulas de sucção estão abertos e os de recalque fechados;
- Verificar se a bomba está escorvada mesmo sendo afogadas. Caso não esteja prosseguir com os seguintes passos:
 - Eliminar o ar presente nas bombas e nas tubulações de sucção;



- No caso de bombas com sucção negativa, acionar os dispositivos de escorva existentes;
- Na situação de automação deverá existir um sensor que indique o momento em que a bomba está corretamente escorvada.

i) Para o Quadro de Comando Principal:

- Acionar o botão de partida;
- Verificar o tempo de passagem de tensão reduzida à tensão plena mediante os instrumentos de controle nos painéis e pelo ruído característico da eletrobomba;
- Abrir os registros do recalque manualmente e lentamente, ou por acionamento elétrico;
- Após a abertura total dos registros do recalque, verificar a corrente solicitada pela bomba nas três fases, observando se está enquadrada na faixa esperada. Não acontecendo nenhuma anomalia a bomba entrou em operação.

1.5.2.3.2 - Durante o Funcionamento

- a) Se a estação contar com caixas de areia, limpá-las sempre que, visualmente, ou por indicação de escalas a serem instaladas no seu centro, a altura do material depositado atinja 2/3 da altura útil de trabalho. Para ações de descarga devem ser utilizadas as válvulas apropriadas para esta finalidade, ou se utilizar ferramentas manuais;
- b) Realizar os trabalhos de limpeza e manutenção das instalações civis e da área no entorno da estação;
- c) Verificar se a alimentação elétrica está normal. Se notar alguma irregularidade requisitar manutenção específica;
- d) Limpar e lubrificar com a periodicidade recomendada pelos manuais específicos, as partes móveis dos registros, válvulas e comportas;
- e) Transmitir os dados de vazões, pressões, e volumes, com freqüência solicitada pelo responsável pelo controle de operação;
- f) Preencher boletins padronizados de operação;
- g) Realizar informes de rotina ou de casos excepcionais;



h) Solicitar manutenção corretiva quando se fizer necessário utilizando o Formulário Padronizado:

- Solicitação de Manutenção.

i) Apoiar a equipe de manutenção preventiva nas ações de rotina ou em ações corretivas;

j) Verificar se não ocorrem vazamentos nas conexões e peças da instalação;

k) Proceder à supervisão da operação obedecendo à sequência seguinte:

- Observar e anotar a tensão e corrente elétrica, pressões de sucção e de bombeamento, vazões bombeadas, número de horas em funcionamento, etc., de hora em hora;
- A cada turno de trabalho (8 horas), anotar as leituras dos horímetros das eletrobombas, demanda e consumo de energia (caso seja possível);
- A cada 24 horas anotar os volumes bombeados (de preferência sempre em uma hora pré-determinada do dia);
- Passar as informações ao órgão responsável pelo controle da operação.

OBS.: Para a tensão e corrente, deverão ser anotadas as informações disponíveis para cada conjunto eletrobomba. Para frequência, demanda e consumo de energia elétrica, deverão ser registrados os dados da estação como um todo, e para cada linha de alimentação de entrada existente.

l) Verificar diariamente os apoios e suportes das tubulações;

m) Obedecer às solicitações de operação das unidades de bombeamento de acordo com as instruções do órgão central de controle da operação;

n) Verificar a cada hora o nível de água no poço de sucção;

o) Anotar e informar todas as anomalias observadas durante a operação como vibrações incomuns, ruídos anormais etc.

1.5.2.3.3 - Final de Operação

Deverá ser seguida a seguinte sequência:

a) Anotações:

Anotar os dados dos instrumentos existentes (vazão, pressão, horímetro, etc.).

- b) Fechar as válvulas e registros da linha de recalque das bombas;
- c) Desligar os motores;
- d) No caso de se prever a parada dos equipamentos por tempo prolongado, deverão ser desligados os disjuntores e abertos os seccionadores no quadro de controle, para evitar-se partidas acidentais;
- e) Proceder de acordo com os Manuais específicos de instalações para ligar e desligar as mesmas;
- f) Fechar toda(s) a(s) comporta(s) ou registro(s) dos dispositivos de entrada de água;
- g) Verificar as guias da(s) comporta(s) e stop-log(s) e limpá-los se necessário;
- h) Fechar a válvula ou registro da tubulação de sucção da bomba.

1.5.2.3.4 - Boletim de Operação com Equipe Fixa

EBOP01 (Boletim de Operação de Estação de Bombeamento - Equipe Fixa).

Objetivo

O objetivo deste formulário é controlar a operação da Estação de Bombeamento com equipe fixa e organizar os dados necessários para a gestão da operação.

Distribuição

O Boletim de Operação é emitido diariamente; alguns campos deverão ser preenchidos a cada hora (Leituras elétricas, Eletrobomba etc.) e no final dia será preenchido o campo resumo diário.

Instruções para Preenchimento do Boletim de Operação

O Formulário a ser utilizado para registro e controle da operação é o denominado EBOP01 apresentado a seguir.

1. Denominação da estação Elevatória;
2. Data do Boletim;
3. Anotações dos dados registrados no Quadro Elétrico Principal;
4. Anotações coletadas no painel de comando das eletrobombas. No formulário esta coluna se repetirá tantas vezes como seja a quantidade de equipamentos de bombeamento instalados na estação:

4.1. Tempo de funcionamento do equipamento (min)



4.2. *Tempo em que a bomba esteja parada (min)*

4.3. *Vazão bombeada (l/s)*

Leitura no medidor de vazão individual para cada bomba, caso exista; caso contrário anotar dados obtidos por estudos pitométricos.

4.4. *Volume bombeado no período que esteve funcionando, nos casos em que existam medidores de vazão individual para cada bomba (m³)*

Como a coluna 4.1 está em minutos e a coluna 4.3 em litros por segundo

Teremos: Volume = Coluna 4.1 x coluna 4.3 x 60 segundos x $\frac{0,001 \text{ m}^3}{\text{segundo}}$

Portanto:

Volume = 0.06 x Coluna 4.1 x Coluna 4.3

4.5. *Registro da pressão de saída do conjunto (kg/cm²)*

OPERADORA		BOLETIM DE OPERAÇÃO												CÓDIGO EBOP01		INSTALAÇÃO DENOMINAÇÃO DATA		1 e 2				
HORAS	LEITURAS ELÉTRICAS					ELETROBOMBA					LINHAS DE RECALQUE				SERVIÇOS AUXILIARES			NÍVEIS				
	ENSÃO		FREQUÊNCIA	DEMANDA	ENERGIA REATIVA	LIGADA	DES-LIGADA	CAUDAL	VAÇÃO	PRESSÃO	PRESSÃO	VAZÃO	PRESSÃO	VAZÃO	CORRENTE	POTENCIA	ESTÁTICO	DINÂMICO	RIO OU CANAL	SUCÇÃO		
	V	A	HZ	kW	kVArh	min	min	l/s	m ³	Kg/cm ²	Kg/cm ²	l/s	Kg/cm ²	l/s	A	W	m	m	m	m		
01						4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	7.1	7.2	7.3	7.4		
02																						
03																						
04																						
05																						
06																						
07																						
08																						
09																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
RESUMO DIÁRIO												OBSERVAÇÕES:										
1	VOLUME MACROMEDIDO				m ³	9	TEMPO DE FUNCIONAMENTO				h											
2	VOLUME TOTAL BOMBEADO				m ³	10	TEMPO DESATIVADO P/ CONTAMINAÇÃO				h											
3	CONSUMO ENERGIA ATIVA				kWh	11	TEMPO DESATIVADO P/ MANUTENÇÃO				h											
4	CONSUMO ENERGIA REATIVA				kVArh	12	TEMPO DESATIVADO POR FALTA DE ÁGUA				h											
5	DEMANDA MÁXIMA REGISTRADA				kW	13	TEMPO DESATIVADO POR FALTA DE ENERGIA ELÉTRICA				h											
6	DEMANDA CONTRATADA				kW	14	TEMPO DESATIVADO POR OUTRAS CAUSAS				h											
7	DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS E TIPO				ppm	15	NÍVEIS RIO OU POÇO DE SUCÇÃO (MAX/MIN)				m											
8	QUANTIDADE DE PRODUTOS QUÍMICOS				kg	16																
TURNO DE TRABALHO					1º TURNO		TURNO DE TRABALHO					2º TURNO		TURNO DE TRABALHO					3º TURNO			
NOME					VISTO		NOME					VISTO		NOME					VISTO			



5. Registro dos dados do painel auxiliar ou de instrumentação. Caso existam mais de duas linhas o boletim deverá ser adequado.
 - 5.1. *Pressão de saída da linha 1, e da mesma forma, se houver mais de uma linha. (kg/cm²)*
 - 5.2. *Vazão da linha 1, e da mesma maneira, se existir mais de uma linha. (l/s)*
6. Anotações de leituras efetuadas no painel de serviços auxiliares, se disponíveis.
 - 6.1. *Corrente elétrica (A)*
 - 6.2. *Potência elétrica (W)*
7. Anotações das leituras efetuadas através de instrumentos, se existentes.
 - 7.1. *Nível estático*
 - 7.2. *Nível dinâmico*
 - 7.3. *Nível do rio, açude ou canal (Captação Superficial)*
 - 7.4. *Nível de sucção (Captação Superficial)*
8. Resumos Diários
 - 8.1. *Volume Macromedido (m³)*

Volume registrado no totalizador dos registradores de vazões.
 - 8.2. *Volume Total bombeado (m³)*

É a somatória de todas as colunas 4.4 no final do período considerado. Nos casos em que existam mais de uma bomba trata-se da somatória de todas as colunas correspondentes.
 - 8.3. *Consumo de Potência Ativa (kWh)*

É a somatória da coluna de mesmo nome do item 3.
 - 8.4. *Consumo de Energia Reativa (kWh)*

É a somatória da coluna de mesmo nome do item 3.
 - 8.5. *Demanda Máxima Registrada (kW)*

É a maior das demandas registradas no item da coluna Demanda do item 3.
 - 8.6. *Demanda Contratada (kW)*



É a demanda que foi estabelecida conjuntamente com a concessionária de Energia Elétrica.

9. Continuação do Resumo Diário

9.9. *Tempo de Funcionamento (h)*

Somatória da coluna 4.1 calculada da seguinte maneira:

$$\frac{\sum \text{Coluna 4.1}}{60} (h)$$

9.10. *Tempo Desativado por contaminação (h)*

Verificar as anotações da coluna 10 e anotá-las e somá-las se ocorrer mais de uma vez .

9.11. *Idem ao procedimento 9.10 (h)*

9.12. *Idem ao procedimento 9.10 (h)*

9.13. *Idem ao procedimento 9.10 (h)*

9.14. *Idem ao procedimento 9.10 (h)*

9.15. *Anotação dos níveis de rio, açude, canal, ou poço de sucção (máx./min)*

10. Observações

Deverão ser anotadas as anomalias que ocorrem em cada turno de trabalho, detalhando a ocorrência e o número de horas nos casos de paralizações totais ou parciais. Deverão ser anotados os nomes das pessoas que estiveram na Estação executando serviços ou por outras razões.

11. Fechar com os nomes e vistos de cada pessoa que trabalha no turno.

I.5.3 - OPERAÇÃO NORMAL COM EQUIPE DE TRABALHO MÓVEL

I.5.3.1 - Finalidade

Operar diversas Instalações como de Captações Superficiais, Estações de Bombeamento de Água Bruta e Tratada e Reservatórios por intermédio de Equipe de Trabalho Móvel.

I.5.3.2 - Documentos Básicos

Este manual, manuais específicos das instalações a serem operadas pela equipe móvel, manuais e catálogos específicos dos equipamentos componentes de cada Estação, e desenhos representativos das instalações.

I.5.3.3 - Descrição

I.5.3.3.1 - Início da Operação

Deverá ser cumprida a seguinte sequência operacional, obedecidas as regras de segurança necessárias:

- a) Verificar o estado geral de todas as instalações e equipamentos;
- b) Verificar o nível de água do poço de sucção;
- c) Abrir a válvula ou registro de saída da tubulação principal de recalque;
- d) Subestação elétrica
 - Verificar se existe energia elétrica e estão presentes as três fases, por meio das luzes sinalizadoras existentes nos medidores de energia;
 - Fechar as chaves seccionadoras;
 - Carregar e armar o disjuntor principal.
- e) Quadros de Comando Principal (QCP) e Quadros de Comandos Auxiliares
 - Fechar as chaves seccionadoras (chaves fusíveis);
 - Carregar e acionar os disjuntores (se alta tensão) ou simplesmente acionar os disjuntores (se for baixa a tensão);
 - Verificar se realmente existe tensão necessária nas três fases (verificar com o voltímetro movimentando a chave comutadora);
 - Verificar se a parte elétrica está realmente pronta para a partida
- f) Quadros Auxiliares
- g) Anotar os registros do horímetro, da vazão, e dos totalizadores de volumes, a demanda e o totalizador de consumo de energia elétrica (se existirem).

h) Bombas

- Verificar se as válvulas ou registros da sucção estão abertos e as de recalque estão fechadas;
- Verificar se a bomba está escorvada ainda que sejam afogadas. Caso não estejam escorvadas, prosseguir com os seguintes itens:
 - Eliminar o ar presente nas bombas e na tubulação de sucção;
 - No caso de bombas com sucção negativas, acionar os dispositivos de escorva existentes;
 - No caso de automação, deverá existir sensor que indique o momento em que a bomba estiver devidamente escorvada.

i) Painel de comando principal

- Acionar o botão de partida;
- Verificar o tempo de passagem da tensão reduzida para tensão plena observando os instrumentos de controle nos painéis e pelos ruídos característicos da eletrobomba;
- Abrir as válvulas ou registros de controle do bombeamento manualmente e lentamente, ou por intermédio de motores (elétrico, pneumático, etc.);
- Após a abertura total das válvulas e registros, verificar a corrente solicitada pela bomba nas três fases, observando se está dentro da faixa esperada. Não ocorrendo nenhuma anomalia a bomba entrará em operação.

1.5.3.3.2 - Durante a Operação

- a) Caso exista Centro de Controle Operacional, transmitir os dados registrados de vazões, e volumes na frequência solicitada pelo referido Centro, normalmente a cada hora para vazões, e diariamente para volumes.
- b) Verificar se ocorrem fugas nas conexões do transmissor e do primário dos medidores de vazão. Verificar também se existe alguma oscilação na indicação e se a alimentação elétrica está normal. Se notar alguma irregularidade, acionar a equipe de manutenção.
- c) Preencher Boletins de Operação.
- d) Realizar informes de rotina ou de ocorrências excepcionais.

- e) Solicitar manutenção corretiva, quando seja necessária, acionando a equipe de manutenção com o preenchimento do Formulário de Solicitação de Manutenção EBMA01, apresentado no item II.7.4.
- f) Proceder à supervisão da operação de acordo com a sequência seguinte:
- Durante seu turno de trabalho, atender as solicitações do Controle da Operação modificando seu itinerário, se for necessário;
 - Observar e anotar, tensão e corrente elétrica, pressões de sucção e de bombeamento, vazões bombeadas, número de horas em funcionamento etc.;
 - Em cada turno de trabalho (8 horas), anotar as leituras dos horímetros das eletrobombas, demanda e consumo de energia elétrica (caso seja possível);
 - A cada 24 horas anotar os volumes bombeados (de preferência sempre em uma hora pré-determinada do dia);
 - Transmitir as informações registradas ao Centro de Controle da Operação, caso exista.
- OBS.:** Para a tensão e corrente, deverão ser feitos registros para cada eletrobomba. Para frequência, demanda e consumo de energia elétrica, deverão ser registrados dados da instalação como um todo e para cada linha de alimentação de entrada (se existe mais de uma).
- g) Obedecer as solicitações de operação das unidades de acordo com as ordens do Centro de Controle da Operação.
- h) Preencher Boletins de Operação (EBMA02 e EBMA03).

1.5.3.3.3 - Final da Operação

Deverá ser seguido o seguinte roteiro:

a) Anotações:

Anotar os dados dos instrumentos existentes (vazão, pressão, horímetro, etc.)

b) Fechar os registros e válvulas de recalque das bombas;

c) Desligar os motores;

d) No caso da necessidade de parada da estação elevatória por muito tempo, deverão ser desligados os disjuntores e abertos os seccionadores no quadro para evitar-se partidas

acidentais;

- e) Fechar toda(s) a(s) comporta(s) ou válvula(s) de entrada do(s) desarenador(es);
- f) Verificar as guias da(s) comporta(s) e stop-log(s) e limpá-las, se for necessário;
- g) Fechar a válvula ou registro da tubulação de recalque.

OPERADORA
EBMA02
FORMULÁRIO DA EQUIPE MÓVEL

DATA / /	0.00-8.00	A	2
	8.00-16.00	B	
	16.00-24.00	C	

LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE	HORARIO		VIGILÂNCIA	GRUPOS MOTOBOMBAS					NÍVEIS		MANOBRAS			PRESSÃO		EQUIPE	HORÁRIO MANUTENÇÃO/VISITA				
	CHEGADA	SAÍDA		1	2	3	4	5	R-1	R-2	VS1	VS2	VE	LINHA	SUÇÃO		RECALQUE	11			
				ESTÁTICO	DINÂMICO																
3	4	5	6	7	8	9	10														

I.5.3.4 – Boletim de Operação com Equipe Móvel

EBMA02 (Boletim de Operação - Equipe Móvel)

Objetivos

Controlar a operação de diversas Instalações de Captações e Estações de Bombeamento.

Distribuição

O Boletim de Informação é emitido diariamente e os campos deverão ser preenchidos na presença do Operador da Instalação. Ao final do dia será emitido para o responsável pela supervisão da operação para suas análises e devidas providências.

Instruções para preenchimento do Boletim de Operação

1. Data da Informação.
2. Nomes dos participantes das equipes nos turnos de trabalho.
3. Nomes das localidades visitadas.
4. Horário das visitas.
 - 4.1 Hora de chegada.
 - 4.2 Hora de saída da instalação.
5. Anotação se tem (S) ou não (N) vigilância
6. Anotação de funcionamento dos conjuntos motobombas 1, 2, 3.. etc..
7. Anotação das leituras efetuadas através de instrumentos, caso existam, ou outro procedimento adotado na Estação de Bomemento.
 - 7.1 Nível do reservatório R1 (caso exista), do açude, do canal, do rio ou do poço de sucção.
 - 7.2 Nível do reservatório R2 (caso exista) ou conforme 7.1
 - 7.3 Nível estático do poço (Captação Subterrânea)
 - 7.4 Nível dinâmico do poço (Captação Subterrânea)
8. Manobras no Sistema - Posição dos registros ou válvulas conforme seja acordado, por exemplo:
 - A - Aberta



C - Fechada

R - Regulada (porcentagem de abertura)

8.1 Registro ou Válvula de saída de reservatório ou linha 1

8.2 Registro ou Válvula de saída de reservatório ou linha 2

8.3 Registro ou Válvula de entrada de reservatório, ou poço de sucção

9. Pressões

9.1 Pressão de saída da linha 1, e do mesmo modo, se existir mais de uma linha (kg/cm²)

9.2 Pressão de sucção da Bomba e do mesmo modo, se existir mais de uma Bomba (em mca positivo ou negativo).

9.3 Pressão de recalque das Bombas 1, 2, 3, etc..

10. Equipes de trabalho A, B ou C.

11. Horário em que a equipe de manutenção ou de outros serviços esteve na instalação.

I.5.4 - PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO DE EMERGÊNCIA

I.5.4.1 - Finalidade

Parar a Estação Elevatória nos casos emergenciais.

I.5.4.2 - Requisitos

Manuais Específicos das Estações e dos Equipamentos integrantes da Estação.

I.5.4.3 - Descrição

a) Nos caso em que não se tenha tempo para executar a parada normal, desligar o disjuntor geral na Subestação Primária;

Esta situação deve ser evitada sempre, pois provoca golpe de aríete nas instalações e adutora, o que poderá provocar danos aos equipamentos.

b) Fechar as válvulas de recalque das bombas.

I.5.5 - PROCEDIMENTOS PARA OPERAÇÃO ALTERNATIVA

I.5.5.1 - Finalidade

Avaliar as alternativas que a Estação Elevatória poderá adotar, antes de paralisá-la totalmente.

I.5.5.2 - Documentos Básicos

Manuais específicos da Estação e dos Equipamentos, Esquemas hidráulicos, e esquemas elétricos da Estação Elevatória.

I.5.5.3 - Descrição

- a) Nos casos de alguma anomalia constatada no Sistema de Bombeamento em um conjunto motobomba em particular, devem ser estudadas alternativas que a estação oferece antes de sua paralisação total.
- b) No caso mais simples, tratando-se da paralisação de um conjunto, se faz necessário fazer funcionar o conjunto reserva (caso exista).
- c) Nas situações de falta de energia, fazer contato com a concessionária, acionar Grupo Gerador alternativo, caso exista, e restabelecer o que for possível dentro da capacidade do mesmo. Descrever e listar os equipamentos que deverão ser restabelecidos.
- d) Tratando-se de outras situações, deverão ser estudadas as manobras de registros, comportas, colocação e retiradas de stop-logs, etc. Os procedimentos específicos deverão ser definidos para cada tipo e para cada Estação de Bombeamento em particular.

Nos casos em que as soluções sejam mais complicadas, paralisar a estação e pedir auxílio ao Supervisor.

I.5.6 - PROCEDIMENTOS PARA INTERRUPÇÃO OU MAU FUNCIONAMENTO

I.5.6.1 - Finalidade

Estudar as diversas alternativas que a estação elevatória dispõe, antes de paralisá-la totalmente.

I.5.6.2 - Requisitos

Manuais Específicos dos Equipamentos, Esquemas hidráulicos, e Esquemas elétricos.

I.5.6.3 - Descrição

Atividades referentes à interrupção ou mau funcionamento.

Deverá ser elaborada uma lista de defeitos, causas prováveis e medidas corretivas antes de convocar o pessoal responsável direto pela manutenção. No item II.6.7 do presente manual encontra-se uma lista de problemas operacionais e possíveis causas transcrita de Lima. E.P.C. A Mecânica das Bombas – 1981. Esta lista pode ser útil para diagnóstico de problemas operacionais.

Como exemplo pode-se citar alguns, a título ilustrativo:

DEFEITO	CAUSAS	MEDIDAS CORRETIVAS
O conjunto motobomba número 1 não arranca	Falta de energia elétrica	Verificar se os disjuntores e demais dispositivos estão ligados
	Portas do painel mal fechadas	Verificar se todas as portas do painel estão corretamente fechadas
	No painel de comando de bombas: micro-switch aberto	Fechar micro-switch
	Registro de recalque aberto (micro-switch pode bloquear a partida do conjunto)	Fechar Registro de Recalque
Etc.	Etc.	Etc.
Etc.	Etc.	Etc.

I.5.7 - PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS

I.5.7.1 - Finalidade

O objetivo é prever as orientações básicas de segurança para a execução dos serviços de operação e manutenção de Estações Elevatórias.

I.5.7.2 - Requisitos

Manuais Específicos de Segurança Industrial, Segurança do Trabalho e Manuais Específicos dos Equipamentos integrantes da Estação Elevatória.

I.5.7.3 - Descrição

- a) Segurança para a execução dos serviços
- Obrigatoriedade de uso de equipamentos de segurança individuais e coletivos;
 - Observar posições de segurança para a execução de determinadas tarefas (manobras de registros e válvulas, levantamento de pesos, etc.),
 - Primeiros socorros para acidentes com eletricidade e afogamentos, etc.;
 - No caso de operação através de equipe móvel deverão ser incluídos itens de direção defensiva.
- b) Segurança Industrial Geral
- Todos os equipamentos deverão ser munidos de dispositivos de aterramento;
 - Na existência de subestações transformadoras de energia elétrica e subestações primárias, todas as partes metálicas e não destinadas à condução de energia elétrica devem ser aterradas;
 - Não poderão faltar, na estação elevatória, elementos de segurança como: luvas isolantes (para manobras de alta tensão), botas e isolamento do solo (piso de madeira coberto com borracha);
 - Qualquer interrupção nos circuitos de terra deverá ser comunicada para sua rápida correção;
 - Devem ser elaboradas instruções para combater incêndios, especificando o uso correto dos extintores em cada tipo de equipamento ou instalação.
- d) Equipamento de Proteção Coletiva
- Não poderá faltar a máscara autônoma com cilindro de oxigênio.

I.5.8 - PROCEDIMENTOS DE CONSERVAÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

I.5.8.1 - Finalidade

Manter as instalações das estações de bombeamento limpas e organizadas.

I.5.8.2 - Requisitos

Materiais de limpeza e treinamento do operador.

I.5.8.3 - Descrição

a) Estações de bombeamento com Equipes Fixas

A limpeza dos equipamentos deve ser realizada com cuidado, lembrando sempre que as partes elétricas devem estar desativadas e bloqueadas pelo painel elétrico.

A manutenção cotidiana deve ser definida em comum acordo com a área responsável pela coordenação da manutenção e executada pelo operador.

Os serviços de limpeza da área de trabalho e demais dependências físicas da estação de bombeamento deverão ser realizados pelo operador.

É competência do supervisor da operação, disponibilizar os recursos necessários e coordenar estes serviços.

b) Estações de Bombeamento com equipes móveis

Devido ao número de instalações a serem operadas e as atividades desempenhadas pelo operador móvel, não se recomenda a execução de qualquer atividade de conservação e manutenção, a não ser a troca de fusíveis do quadro de comando.

Caberá ao supervisor da operação gerenciar os recursos necessários para a conservação (pessoal, materiais, transporte, etc.).

I.5.9 - PROCEDIMENTOS GERAIS PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE BOMBEAMENTO

I.5.9.1 - Introdução

Um dos fatores que influenciam o bom desempenho de uma bomba é a sua correta instalação. Bombas bem instaladas permanecem alinhadas por longos períodos, são menos sujeitas a vazamentos, vibram menos e requerem menos manutenção. Além disso, uma boa instalação assegura uma vida útil maior para as bombas. Assim sendo, antes de iniciar qualquer instalação, deverão ser lidas e analisadas minuciosamente as instruções do fabricante. Na verdade, deve ser feito um verdadeiro planejamento da montagem com previsão de recursos humanos, materiais e equipamentos bem como a previsão de possíveis entraves e procedimento consequente. Entretanto, enfatiza-se no presente manual, os principais aspectos a serem considerados desde o preparo para o embarque até o final da instalação.

I.5.9.2 - Preparo para o Embarque

As seguintes medidas são normalmente tomadas pelo fabricante no preparo para o embarque:

Proteção das partes internas com óleo viscoso;

Limpeza e proteção das partes metálicas expostas com produto anticorrosivo;

Cobertura dos bocais de sucção e descarga com tampo de madeira ou metálico;

Instalação de guardas protetoras para as tubulações auxiliares.

I.5.9.3 - Inspeção de Recebimento

Imediatamente após receber uma bomba deve-se inspecioná-la totalmente. Verifique se o equipamento e a sua descrição no documento que o acompanha conferem. Qualquer diferença ou dano deve ser imediatamente comunicado à entidade transportadora. Um agente da transportadora deve estar presente para evitar futuras controvérsias. Siga cuidadosamente as instruções para deslocar a bomba, quando fornecidas pelo fabricante. Verifique, adicionalmente, se as peças sobressalentes e acessórios correspondem com o previamente acordado com o fabricante.

I.5.9.4 - Armazenamento

Se possível deve-se armazenar a bomba em um local coberto, protegido dos elementos. Se isto não for possível, coloque-a sobre peças de madeira, apoiadas, sobre concreto. Deve-se evitar apoiar as peças de madeira no chão nu, pois será difícil isolar a lama e a poeira.

Todas as bombas devem ser bem envolvidas por uma proteção (capa) de material impermeável (à prova de água). Antes de envolvê-la, verifique se os flanges de sucção e descarga estão fechados. Se a bomba for ficar muito tempo armazenada, abra a carcaça e a caixa de selagem, revestindo todas as superfícies sujeitas a corrosão com uma substância protetora aprovada pelo fabricante, e feche novamente a bomba. Se a desmontagem não for possível, faça circular ar quente (35° a 70° C) em seu interior e feche os flanges imediatamente após. Cuidado com os mancais e outras partes que possam ser danificadas pelo ar quente. Enquanto durar a armazenagem, gire o rotor a intervalos regulares para manter as partes móveis livres. Inspeção também os mancais - mancais de rolamento necessitam atenção especial, uma vez que se danificam rapidamente com umidade excessiva.

Se o rotor prender, desmonte as partes que controlam seu movimento axial e desloque-o nesta direção algumas vezes - este procedimento deverá soltá-lo.

Quando se sabe que a bomba ficará armazenada por longo tempo em condições adversas pode-se, em geral, pedir ao fabricante que forneça uma embalagem especial. Se esta embalagem contiver substâncias absorvedoras de umidade, deverão ser substituídas regularmente.

1.5.9.5 - Localização da Bomba

A correta localização da bomba é importante do ponto de vista de operação e de manutenção.

Para garantir boas condições de escoamento a bomba deve ficar o mais próximo possível do reservatório de sucção, e também abaixo do nível do reservatório; isto fará com que o líquido penetre na bomba por gravidade, simplificando os procedimentos da partida. Deve-se usar o mínimo de tubo e o mais reto possível.

Para reduzir a potência consumida pela bomba, a tubulação da descarga deverá também ser a mais curta e reta possível.

Deve-se instalar a bomba de forma a se manter espaço suficiente em torno para inspeção e manutenção, inclusive espaço sobre a bomba, para que um guindaste ou similar, que seja capaz de erguer a peça mais pesada da bomba, possa operar. Nas bombas do tipo barril a desmontagem é feita retirando-se os internos da bomba axialmente e nas do tipo vertical os internos da bomba são retirados por cima; verifique se há espaço suficiente para tais operações.

Com relação a espaço físico necessário para desmontagem, as bombas menos críticas são as do tipo *back pull-out*, que, por suas características requerem menor espaço para desmontagem.

Sempre que possível instale a bomba em lugares limpos e secos evitando lugares de excessiva umidade e poeira.

Em áreas sujeitas a inundações, coloque a bomba em local suficientemente alto para evitar sua imersão nas enchentes.

I.5.9.6 - Fundações

A maioria das bombas tem fundações de concreto, em virtude do baixo custo, alta resistência e boa aparência deste material.

As fundações colocadas sobre o solo devem ser projetadas com o cuidado de não se ultrapassar a resistência do solo existente.

Se as fundações são localizadas nos andares superiores de uma edificação, ou em algum piso não diretamente apoiado no solo, deve-se tentar colocar a linha do centro da fundação coincidente com a de uma viga do piso. Se isto não for possível, deve-se tentar então fazer com que cada extremidade da fundação coincida com uma viga.

Antes de fazer a fundação esteja certo de que o piso e as vigas suportam a carga total da fundação mais a bomba.

Para fazer a fundação, observar cuidadosamente o desenho da mesma, que é obtido, em geral, do fabricante da bomba. Verifique atentamente as dimensões, instruções e cuidados especiais a serem tomados.

A seguir, construa a forma com tábuas de madeira. Coloque os parafusos de chumbamento na posição correta; se necessário utilize um gabarito com a posição dos mesmos. Use parafusos removíveis sempre que possível, pois sua substituição é mais simples, no caso de isto ser necessário (Figura I.5.1).

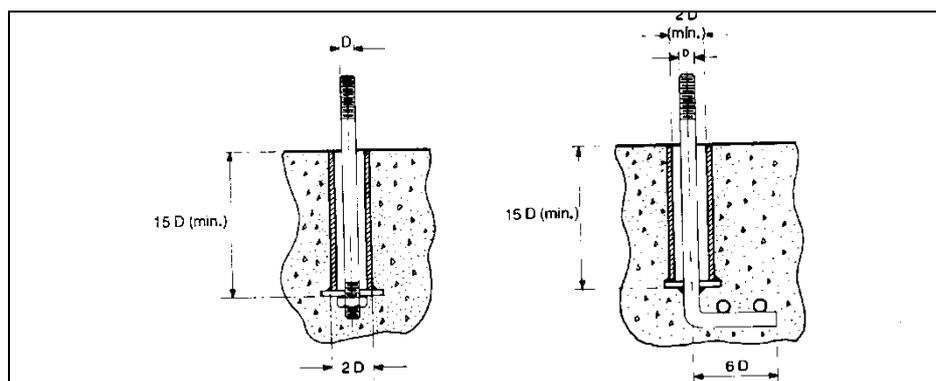


Figura I.5.1 - Esquema de parafusos chumbadores

Agora coloque a massa de concreto na fôrma e deixe secar o tempo necessário; após, retire a fôrma.

A massa de concreto é feita com o traço 1:2:4 (cimento, areia e brita). Deve-se deixar a superfície superior com bastante aspereza para que se ligue bem com a camada de

argamassa que será colocada em seguida. Devem-se tomar cuidados para que a massa penetre em todos os espaços vazios.

O próximo passo é o nivelamento. Coloque a bomba e o motor sobre a fundação e nivele o conjunto utilizando pedaços de chapa entre a placa-base e a fundação. Não aperte ainda os parafusos chumbadores.

Estando a placa-base horizontal procede-se então ao alinhamento entre a bomba e o motor. Deve-se verificar o alinhamento radial e angular, introduzindo pedaços de chapa sob a bomba ou motor para corrigir os desalinhamentos.

Após haver alinhado a bomba e o motor, deve-se verificar a posição dos flanges de sucção e descarga em relação à tubulação que será ligada a eles. Alterações poderão ser feitas colocando-se pedaços de chapa sob a placa-base. Verifique novamente o alinhamento bomba-motor.

Pode-se, a seguir, apertar firmemente os parafusos chumbadores, verificando novamente o alinhamento.

O próximo passo é o grauteamento, que consiste em encher o espaço entre a fundação e a placa-base com uma argamassa de cimento e areia. Para isso, deve-se construir uma pequena forma em torno da fundação. Faça a argamassa e despeje-a através de buracos especiais na base e no espaço entre a base e a fôrma. Tome cuidado para encher bem todos os espaços sob a base. A argamassa usada tem traço 1: 2 (cimento e areia).

Após despejar a argamassa, verifique novamente o alinhamento.

Quando a argamassa estiver seca, faça as conexões com as tubulações de sucção, descarga e auxiliares, e verifique novamente o alinhamento.

1.5.9.7 - Alinhamento

O correto alinhamento da bomba com o motor é um dos aspectos mais importantes da montagem e deve ser executado com máximo cuidado pois constitui um pré-requisito para o perfeito funcionamento do equipamento. É importante salientar que embora os acoplamentos flexíveis acomodem pequenos desvios, em operação, isto não pode ser usado como motivo para um alinhamento deficiente. Máquinas desalinhadas são foco de problemas de vibração, desgaste prematuro de componentes, etc. Considerando que o estudo do alinhamento é uma ferramenta importante não só para instalação como para

montagem decorrente de manutenção, o mesmo será abordado em capítulo específico no presente manual (Parte II)

1.5.9.8 - Tubulações

As tubulações devem ser projetadas de modo a não refletirem esforços à carcaça da bomba. Deve-se apoiá-la com suportes e prever, sempre que necessário, a instalação de juntas de expansão ou flexíveis. Não deve ser permitido em hipótese alguma que as ligações das tubulações de sucção e/ou descarga sejam realizadas de forma forçada pois comprometeria todo o trabalho. O não cumprimento destas observações levará a problemas como desalinhamento, vibração e danificação prematura de componentes.

1.5.9.8.1 - Cuidados com a Tubulação de Sucção

A tubulação de sucção deve ser a mais curta possível para minimizar a perda de carga bem como ter diâmetro não inferior ao do flange de sucção da bomba. Seu dimensionamento visa a permitir boas condições de sucção. Em trechos horizontais deve-se prever um aclive gradual na direção da bomba. Se a bomba for instalada acima do nível do reservatório de sucção, não se deve colocar trechos de tubulação acima do nível da bomba; providenciar para que a mesma seja totalmente estanque, tomando todo o cuidado para impedir a infiltração e formação de bolsas de ar (Figura 1.5.2).

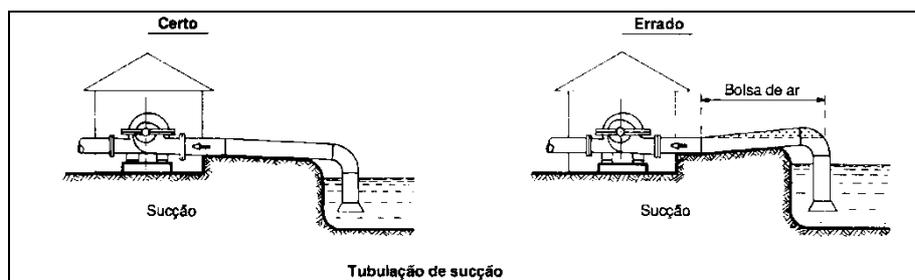


Figura 1.5.2 - Esquemas de tubulação de sucção

Do mesmo modo, deve-se colocar sua extremidade devidamente mergulhada no reservatório de sucção de forma a evitar vórtices e entrada de ar. Hicks recomenda que a parte submersa de linha de sucção deve estar pelo menos 0,9 m (3 ft) abaixo do nível mais baixo de líquido. Neste particular, é interessante informar que o Hydraulic Institute apresenta uma série de recomendações quanto ao projeto, dimensões e espaçamentos de reservatório e tubulação (ões) de sucção para impedir a formação de vórtices. Dentro da mesma linha de

ação, o uso adequado de chicanas pode evitar a turbulência, vórtices e bolhas de ar, conforme ilustrado na Figura I.5.3.

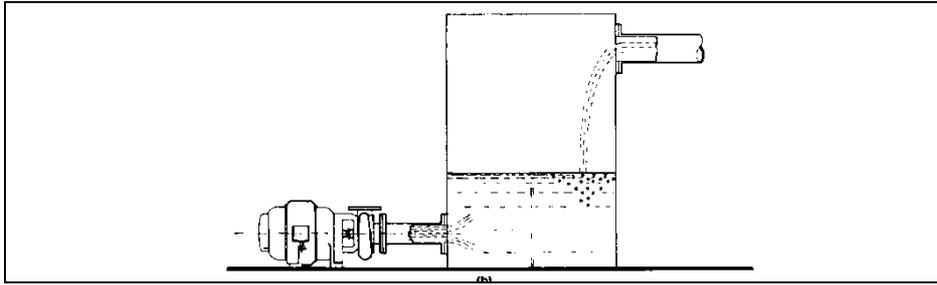


Figura I.5.3 - Uso de chicanas em reservatório de sucção

Adicionalmente os seguintes cuidados devem ser observados:

Válvulas de gaveta devem ser instaladas com a haste em posição horizontal ou para baixo, para dificultar a entrada de ar pelo engaxetamento.

Não se deve empregar curvas de redução concêntricas. Usar reduções excêntricas com o lado reto na parte de cima (Figura I.5.4).

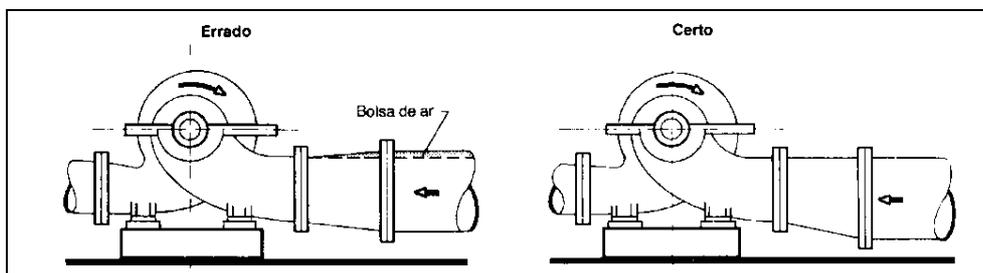


Figura I.5.4 - Uso de redução

Em tubulações de sucção não se deve instalar curva diretamente ligada à sucção da bomba.

Necessitando-se instalar curvas na vertical, em bombas 'afogadas', convém dotar a tubulação de uma redução excêntrica com o lado reto voltado para baixo a fim de evitar acúmulo de líquido (Figura I.5.5).

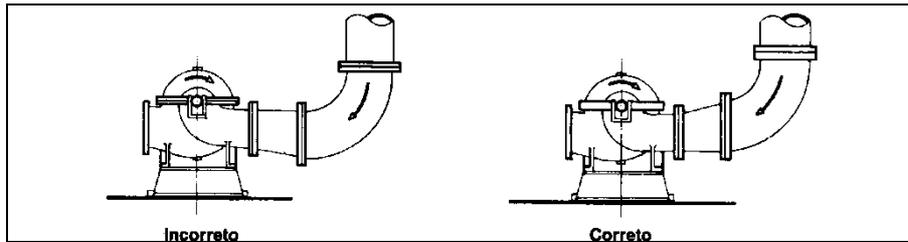


Figura I.5.5 - Instalação de curva na vertical em linhas de sucção

Se a mesma tubulação servir para abastecimento de várias bombas, não é recomendável a redução do diâmetro de linha à medida que cada bomba é abastecida (Figura I.5.6).

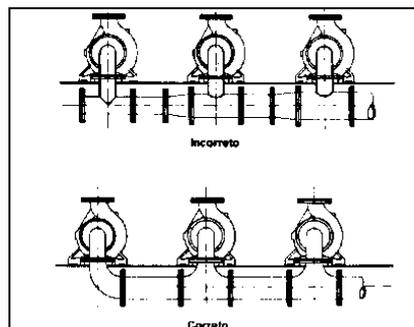


Figura I.5.6 - Instalação de sucção para bombas em paralelo.

Válvula de pé na linha de sucção é usada quando recomendado pelo fabricante ou se deseja manter a linha de sucção cheia de líquido quando a bomba é desativada. Notar que seu uso implica em aumento da perda de carga na sucção.

No caso de uso de filtro, prover para que tenha uma área de passagem de pelo menos três vezes a área interna da tubulação de sucção. Checá-lo na partida e periodicamente para verificar possíveis obstruções.

1.5.9.8.2 - Cuidados com a Tubulação de Descarga

O dimensionamento da tubulação de descarga, obedece normalmente a critérios econômicos. No que concerne à configuração, recomenda-se usar uma válvula de retenção e uma válvula gaveta tão próximo da bomba quanto possível. A válvula gaveta deve ser instalada após a de retenção e no caso de utilização de redução, esta deve ser locada antes das duas válvulas, conforme ilustrado na Figura I.5.7.

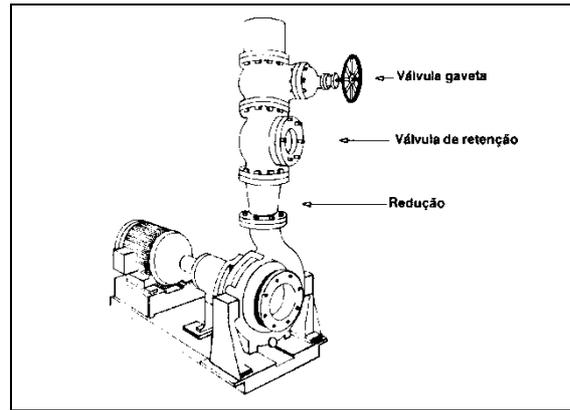


Figura I.5.7 - Instalação de acessórios na descarga de bomba

I.5.9.8.3 - Tubulações Auxiliares

Sob o título genérico de tubulações auxiliares, encontram-se tubulações de dreno, selagem, resfriamento, etc. Estas tubulações são usualmente fornecidas com a bomba, sendo o esquema de montagem especificado pelo fabricante. De um modo geral, apresentam diâmetros não inferiores a 1/2 polegada e as de água de resfriamento, pressão de no mínimo 25 psig.

I.5.10 - ANÁLISE GENERALIZADA DOS PRINCIPAIS PROCEDIMENTOS DE OPERAÇÃO

I.5.10.1 - Operação com Fluxo Reduzido

As bombas centrífugas são, geralmente, selecionadas para uma dada capacidade e altura manométrica total, quando operando na velocidade nominal. Estas características são referidas às condições nominais de serviço e, com poucas exceções, representam as condições em que a bomba operará a maior parte do tempo. A eficiência da bomba deverá ser máxima nestas condições e as bombas são assim selecionadas, sempre que possível.

Frequentemente, entretanto, necessita-se que bombas operem com capacidades e alturas manométricas que diferem consideravelmente das condições nominais. Este problema pode ser grave no caso de bombas trabalhando com fluxo reduzido, devido ao aquecimento do fluido bombeado.

A diferença entre a potência consumida e a potência desenvolvida representa a perda de potência dentro da bomba, exceto para um pequeno valor perdido nos mancais. Esta perda de potência é convertida em calor e transferida para o líquido que passa através da bomba.

Se a bomba estiver operando contra uma válvula completamente fechada, a perda da potência será igual à potência desenvolvida na vazão nula (*shutoff*) e, como não passa

nenhum fluxo através da bomba, toda esta potência vai aquecer a pequena quantidade de líquido contido dentro da carcaça da bomba. Enquanto este processo ocorre, a carcaça da bomba se aquece e parte do calor é dissipado para a atmosfera circulante.

Para propósitos práticos, o aumento de temperatura na unidade de tempo decorrente de operação com vazão nula pode ser obtido da seguinte forma:

$$P_{so} \cdot K = (m_b \cdot c_b + m_\ell \cdot c_\ell) \dot{\Delta T}, \quad (\text{Eq. I.5.1})$$

onde:

P_{so} = potência consumida na vazão nula *shut-off*,

K = fator para adequação das unidades da equação,

m_b = massa da bomba,

c_b = calor específico do material da bomba,

m_ℓ = massa de líquido contido na bomba,

c_ℓ = calor específico do líquido,

$\dot{\Delta T}$ = aumento de temperatura na unidade de tempo.

Entretanto, considerando-se um aumento rápido na temperatura, que não dê tempo de transmitir o calor do líquido para a carcaça, encontramos uma fórmula simplificada de bastante uso:

$$\dot{\Delta T} = \frac{K \cdot P_{so}}{m_\ell \cdot c_\ell} \quad (\text{Eq. I.5.2})$$

Adaptando a Eq. (I.5.2) para uso com unidades métricas e inglesas obtemos os seguintes resultados:

$$\dot{\Delta T} = \frac{10,53 P_{so}}{m_\ell \cdot c_\ell} \quad (\text{Eq. I.5.3})$$

onde:

$\dot{\Delta T}$ = taxa de aumento de temperatura em °C/min,

P_{so} = potência consumida na vazão nula em CV,

$K = 10,53$ = fator de conversão de CV em kcal/min,

m_{\square} = massa do líquido contido na bomba em kg,

c_{\square} = calor específico do líquido em kcal/kg °C,

ou:

$$\dot{\Delta T} = \frac{42,4 \cdot P_{so}}{m_{\ell} \cdot c_{\ell}}, \quad (\text{Eq. I.5.4})$$

onde:

$\dot{\Delta T}$ = taxa de aumento de temperatura em °F/min,

$K = 42,4$ = fator de conversão de HP em BTU/min,

P_{so} = potência consumida na vazão nula em HP,

m_{\square} = massa do líquido contido na bomba em lbm,

c_{\square} = calor específico do líquido em BTU/lbm °F.

As Eq. (I.5.3) e (I.5.4) permitem calcular o aumento de temperatura por unidade de tempo. Então, conhecendo o valor da temperatura máxima permissível tem-se, subtraindo a temperatura normal, o incremento máximo permissível de temperatura que associado ao valor de ΔT determinará o tempo máximo permissível de operação com vazão nula.

Uma segunda hipótese de interesse é o caso em que a vazão é maior que zero, porém bastante inferior à vazão normal. Neste caso, considerando que o líquido está fluindo através da bomba, o incremento de temperatura pode ser obtido da seguinte forma:

$$(Pot_{abs} - Pot_{ced}) \cdot K = \dot{m} \cdot c_{\ell} \Delta T,$$

que, na forma de fórmula preparada conduziria a:

$$\Delta T = \frac{10,53(Pot_{abs} - Pot_{ced})}{m \cdot c_{\ell}} \quad (\text{Eq. I.5.5})$$

onde:

ΔT = aumento de temperatura em °C,

Pot_{abs} = potência absorvida em CV,

Pot_{ced} = potência cedida em CV,

$K = 10,53$ = fator de conversão de CV em kcal/min,

\dot{m} = vazão mássica através da bomba em kg/min,

c_p = calor específico do líquido em kcal/kg °C,

ou:

$$\Delta T = \frac{42,4(Pot_{abs} - Pot_{ced})}{m \cdot c_p} \quad (\text{Eq. 1.5.6})$$

onde:

ΔT = aumento de temperatura em °F,

Pot_{abs} = potência absorvida em HP,

Pot_{ced} = potência cedida em HP,

$K = 42,4$ = fator de conversão de HP em BTU/min,

m = Vazão mássica através da bomba em lbm/min,

c_p = calor específico do líquido em BTU/lbm °F.

Consideremos que:

$$Pot_{abs} = \frac{\gamma Q H}{\eta}$$

$$Pot_{ced} = \gamma Q H$$

Substituindo estas expressões da Pot_{abs} e Pot_{ced} nas Eq. (1.5.5) e (1.5.6) e adequando as unidades, encontramos a fórmula a seguir de uso bastante prático quando de posse das curvas características da bomba.

$$\Delta T = \frac{H}{427} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \cdot \frac{1}{c_p}, \quad (\text{Eq. 1.5.7})$$

onde:

ΔT = aumento de temperatura em °C,

H = carga da bomba em m,

c_p = calor específico do líquido em kcal/kg °C,

ou:

$$\Delta T = \frac{H}{778} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \cdot \frac{1}{c_\ell}, \quad (\text{Eq. I.5.8})$$

onde:

ΔT = aumento de temperatura em °F,

H = carga da bomba em ft,

c_p = calor específico do líquido em BTU/lbm °F,

η = eficiência em %.

Então, dadas as curvas características da bomba, podemos mediante utilização da Eq. (I.5.7) ou (I.5.8) determinar ΔT para qualquer vazão ou aumento de temperatura correspondente, bastando para isto ler nas curvas os valores de H e η e substituir na equação apropriada. Desta forma, se for conhecido o valor da temperatura máxima permissível e conseqüentemente, do ΔT máximo permissível, é possível por tentativa determinar a vazão mínima no que concerne a superaquecimento. Normalmente, a vazão mínima é fixada em função do empuxo radial ou da possibilidade de recirculação, pois estes valores são de um modo geral superiores ao obtido através da utilização das Eq's (I.5.7) ou (I.5.8), mas é sempre aconselhável fazer uma rápida comparação.

I.5.10.2 - Escorva

As bombas centrífugas comuns, embora possam bombear fluido de um nível inferior ao do seu bocal de sucção, necessitam para isto serem inicialmente escorvadas. Entende-se por escorva um processo de preparação da bomba para funcionamento, no qual o ar ou gases contidos no seu interior e na tubulação de sucção são extraídos e substituídos pelo fluido a ser bombeado.

Portanto, antes de começar a operar, a bomba bem como a tubulação de sucção devem estar cheias de líquido. Para cumprir esta finalidade, são usados os seguintes métodos:

Escorva com utilização de válvula de pé;

Escorva por meio de tanque de escorva;

Escorva por meio de ejetor;

Escorva por meio de bomba de vácuo.

1.5.10.2.1 - Escorva com Utilização de Válvula de Pé

A válvula de pé consiste em uma válvula de retenção especial que, instalada no pé da linha (Figura I.5.8), impede a fuga do líquido introduzido no interior da bomba e da tubulação de sucção. Na realidade, a válvula de pé não é um dispositivo capaz de fazer escorva mas tão somente de manter a escorva realizada por qualquer processo, inclusive manual. Esta manutenção de escorva tem particular importância na medida que facilita a partida imediata da bomba. Neste ponto, é importante alertar que ela apresenta, como inconveniente, a alta perda de carga introduzida em um sistema que já possui altura estática (Z_s) negativa.

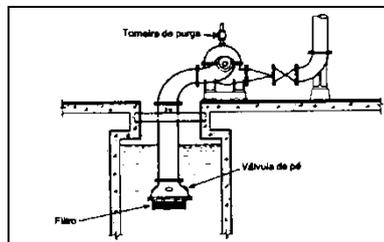


Figura I.5.8 - Válvula de pé com filtro

1.5.10.2.2 - Escorva por meio de Tanque de Escorva

A Figura I.5.9 ilustra o esquema básico da utilização de um tanque de escorva.

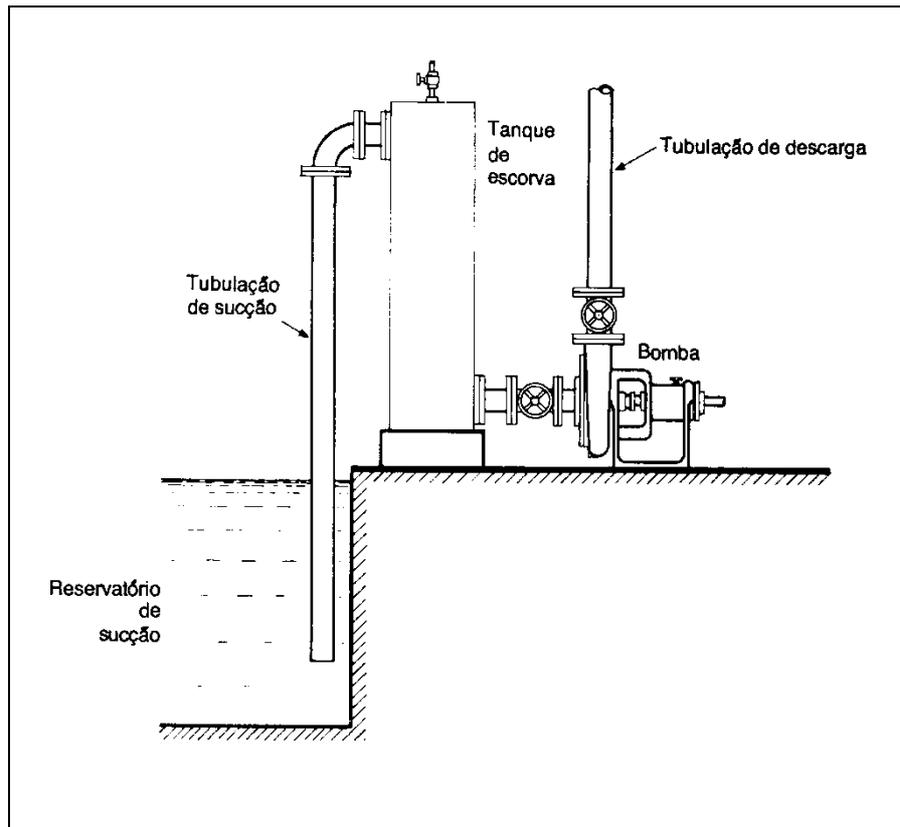


Figura I.5.9 - Esquema básico de tanque de escorva

Neste caso, a bomba estará afogada em relação ao nível do tanque de escorva e dele succionará durante a partida. Esta ação propiciará a formação de uma depressão no tanque de escorva possibilitando o suprimento do líquido do reservatório de sucção para o tanque de escorva por diferença de pressão. Para um adequado funcionamento deste tipo de sistema, o tanque de escorva deve ter um volume de aproximadamente três vezes o volume da tubulação de sucção o que limita sua aplicação a bombas relativamente pequenas. O esquema mostrado ilustra o funcionamento básico do tanque de escorva; entretanto, tanques de escorva comerciais (Figura I.5.10) que incorporam dispositivos especiais, apresentam desempenho mais satisfatório.

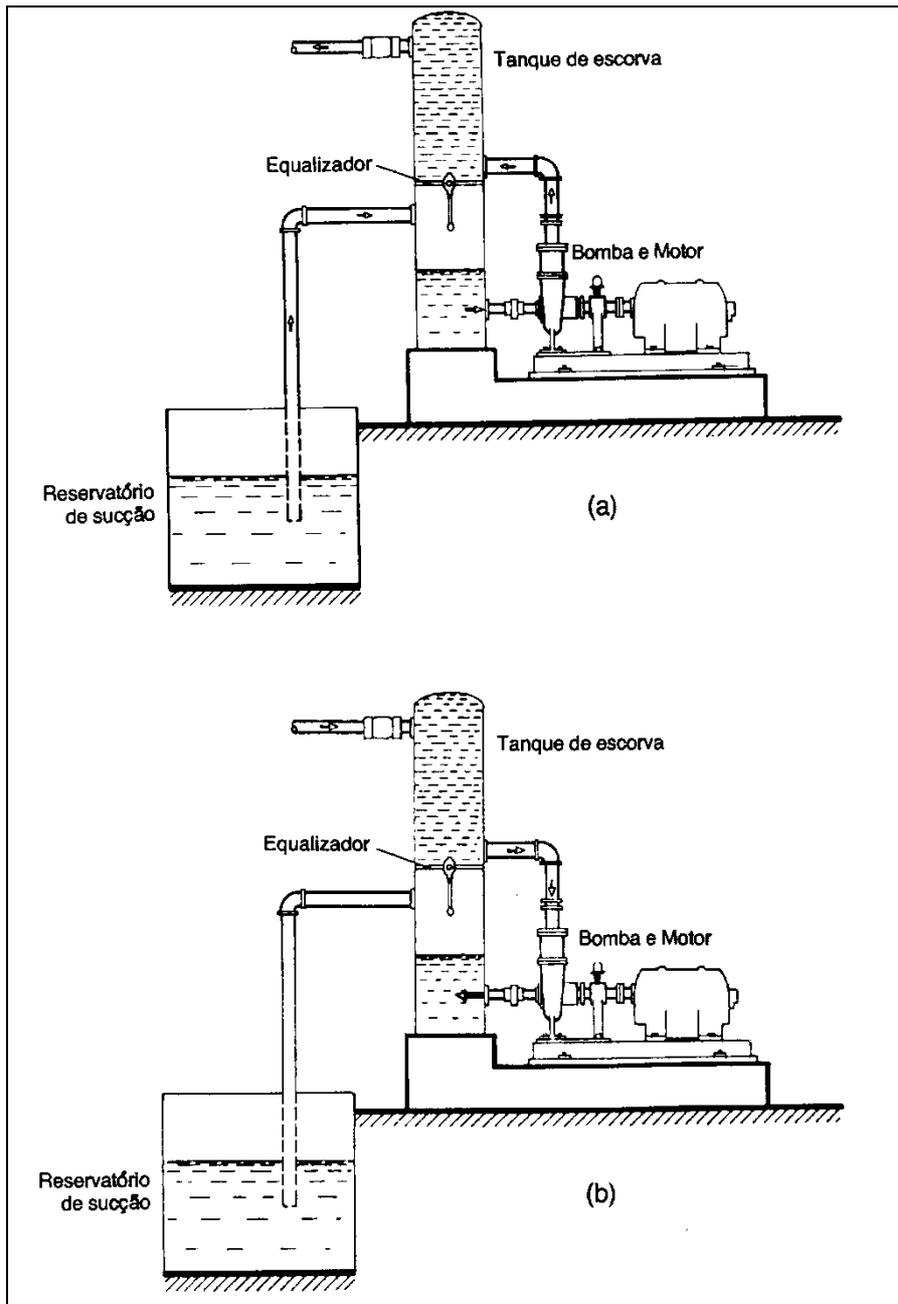


Figura I.5.10 - Tanque de escorva comercial

Neste caso, durante a partida (Figura I.5.10-a), a bomba succiona da parte inferior do tanque de escorva e descarrega através da parte superior. A retirada de líquido da parte inferior provoca um vácuo parcial neste compartimento, propiciando oportunidade para que o líquido contido no reservatório flua por diferença de pressão para a parte inferior do tanque de escorva. Na parada da bomba (Figura I.5.10-b), o líquido da parte superior do tanque de escorva reflui por gravidade para a bomba e parte inferior do tanque de escorva, mantendo o sistema pronto para futura partida.

1.5.10.2.3 - Escorva por meio de Ejetor

Neste tipo de sistema (Figura I.5.11) o ar é retirado do corpo da bomba mediante a utilização de ejetor.

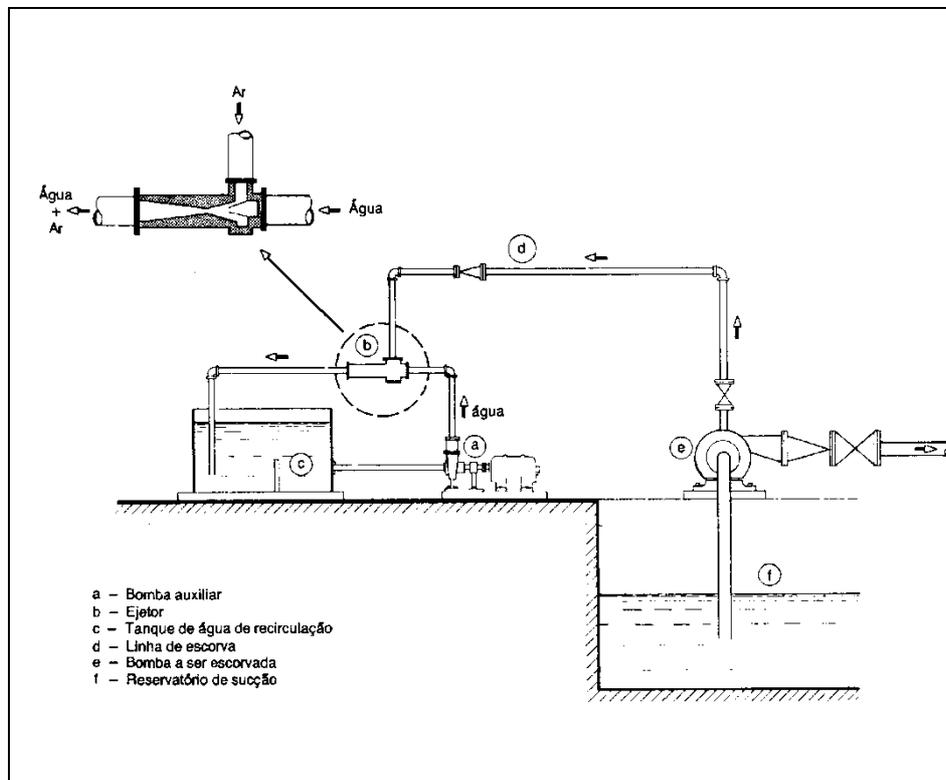


Figura I.5.11 - Sistema de escorva usando ejetor

Neste caso, no início da operação, a bomba auxiliar (a) succiona do reservatório (c) e descarrega no mesmo reservatório via ejetor (b). Conforme detalhe mostrado na figura, vê-se que devido à baixa pressão gerada na garganta do ejetor, o ar é succionado do corpo da bomba (e) mediante a linha (d), propiciando a criação de depressão no corpo da bomba (e) que possibilitará a ascensão de fluido do reservatório (f) por diferença de pressão.

Naturalmente, um sistema como este pode ser usado sequencialmente para várias bombas desde que o ejetor seja conectado através de uma linha principal ao corpo de cada bomba.

1.5.10.2.4 - Escorva por meio de Bomba de Vácuo

Neste sistema, a extração do ar do(s) corpo(s) da(s) bomba(s) é feita mediante a utilização de bomba de vácuo. Comparativamente ao sistema ilustrado anteriormente na Figura I.5.11, aqui a bomba de vácuo substitui a bomba auxiliar (a), o ejetor (b) e o reservatório auxiliar (c). Naturalmente, este sistema também pode ser utilizado para escorvar mais de uma bomba conforme ilustrado na Figura I.5.12. Adicionalmente, cabe comentar que em sistemas

centralizados é usual a utilização de bombas de vácuo não só para reserva como para dar flexibilidade de operação, podendo ainda serem especificadas para níveis diferentes de vácuo operando em sequência de acordo com a necessidade.

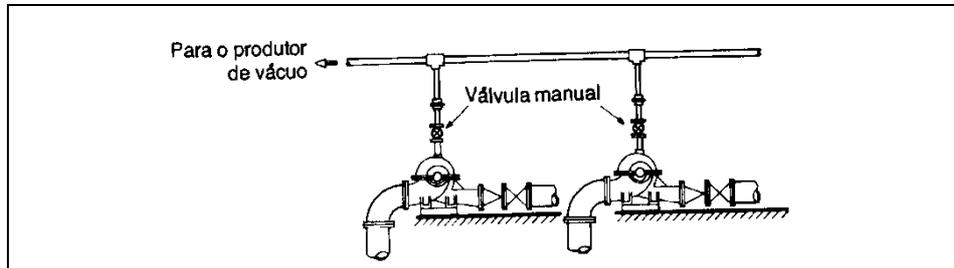


Figura I.5.12 - Conexão para um sistema central de escorva

Registra-se que o sistema da escorva, particularmente os dois últimos, podem ser operados automaticamente.

I.5.10.3 - Partida de uma Bomba Centrífuga

Os passos necessários para a partida de uma bomba dependem do tipo de bomba e do serviço para o qual ela é instalada. Assim sendo, passos considerados como importantes em determinado conjunto sistema/bomba podem ser desnecessários em outro. Desta forma, a sequência de procedimentos descritos a seguir deve ser considerada apenas como orientação, devendo em cada caso ser cuidadosamente observado o Manual de Instalação, Operação e Manutenção fornecido pelo fabricante. Dito isto, vamos enumerar os procedimentos gerais:

Inspeção preliminar da bomba, do motor, das linhas, do local e dos dispositivos auxiliares, observando principalmente:

- limpeza
- condições de segurança
- sentido de rotação do motor
- nível de óleo e sistema de lubrificação
- sistemas auxiliares
- linha de sucção e descarga
- alinhamento
- disponibilidade de água de refrigeração

Abrir válvula de sucção e fechar drenos.

Fechar válvula de descarga no caso de bombas centrífugas. Lembrar-se de que bombas axiais partem com válvula de descarga aberta devido à característica da curva de potência *versus* vazão. No caso de bombas centrífugas, observar o tempo permissível para operar com válvula de descarga fechada.

Escorvar a bomba se a escorva não se processar naturalmente.

Pôr em ação o sistema de refrigeração dos mancais e caixa de selagem, caso exista previsão de refrigeração para estas partes.

Pôr em ação o sistema de lubrificação verificando o fluxo para os mancais.

Se a bomba opera com selagem líquida colocar o sistema em funcionamento, exceto com bombas que operam com vácuo na sucção e com líquido de selagem tomado da descarga. Neste caso, é usual só abrir a válvula da linha de selagem após atingir a velocidade normal.

Se opera com líquido quente e não é mantida em temperatura próxima à de operação, aquecer a bomba para prevenir expansões diferenciais.

Abrir a válvula de recirculação, se necessário.

Dar partida no motor.

Tão logo a bomba alcance a rotação normal, abrir a válvula de descarga vagarosamente.

Observar o vazamento através do sistema de selagem. Selos mecânicos praticamente não vazam, mas gaxetas devem admitir um vazamento da ordem de 30 a 60 gotas por minuto para auxiliar a refrigeração.

Checar temperatura dos mancais: de um modo geral não devem exceder a 65 °C (150 °F) durante a operação.

Fechar válvula de recirculação.

Observar a operação do conjunto motor/bomba: se algum ruído, vibração, aquecimento ou qualquer comportamento anormal acontecer, parar a bomba imediatamente, examinar a causa, e suprimi-la antes de nova tentativa de partida.

I.5.10.4 - Parada de uma Bomba Centrífuga

A sequência de procedimentos para parada de uma bomba é também função do tipo de bomba e sistema, sendo válidos os comentários expostos no item de partida. De qualquer forma, lista-se a sequência usual, devendo sempre para cada caso particular consultar o Manual do Fabricante.

Abrir a válvula de recirculação.

Fechar a válvula de descarga. Quando a bomba opera contra uma alta pressão de descarga deve-se fechar parcialmente a válvula de descarga, desligar o motor e fechar rapidamente a válvula de descarga. Este procedimento visa evitar fluxo em sentido contrário e atenuar possíveis problemas de golpe de aríete.

Parar o motor.

Fechar o sistema de suprimento de água de refrigeração.

Fechar o sistema de líquido de selagem.

Fechar a válvula de sucção.

Parar a bomba de óleo.

Abrir a válvula de aquecimento, se houver necessidade da bomba permanecer aquecida.

I.6 - CONTROLE DA OPERAÇÃO

I.6 - CONTROLE DA OPERAÇÃO

I.6.1 - INTRODUÇÃO

O controle da operação de qualquer tipo de Estação de Bombeamento e de suas partes componentes se refere basicamente ao estado da condição operacional, efetuada por inspeção visual, bem como o registro de vazões, volumes, níveis, pressões e outros.

Os parâmetros de controle estão destacados no Quadro I.6.1 apresentado a seguir.

QUADRO I.6.1 - PARÂMETROS DE CONTROLE

VARIÁVEL	INSTRUMENTO	FREQÜÊNCIA	RESPONSABILIDADE
Estado Geral da Estação	Observação	Diária	Operador
Níveis Estático e Dinâmico de poços	Medidor	Horário	Operador
Nível do poço de sucção	Medidor	Horário	Operador
Variáveis Elétricas	Medidores	Horário	Operador
Variáveis Hidráulicas	Medidores	Horário	Operador
Variáveis de Consumo de Energia Elétrica	Medidores	Diária	Operador
Obstruções e Sedimentação	Equipamentos	Anual	Manutenção

I.6.2 - INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA O SISTEMA OPERACIONAL

Os principais resultados da efetiva operação da Estação de Bombeamento se resumem no Quadro I.6.2 a seguir.

QUADRO I.6.2 - RESULTADOS DA EFETIVA OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO

TIPO DE INFORMAÇÃO	UNIDADE	FREQÜÊNCIA
Vazão Disponível na Fonte/Tipo	l/s	Diária
Capacidade Nominal do Sistema	M3/dia	Diária
Capacidade Instalada de Bombeamento	M3/dia	Mensal
Volume Diário de Água Bombeada	m3	Diária
Volume diário de Água Macromedida	m3	Diária
Tempo de funcionamento de Bombeamento de Água	h	Diária
Tempo de Bombeamento Desativado para Manutenção	h	Diária
Tempo de Bombeamento Desativado por Falta de Energia Elétrica	h	Diária
Tempo de Bombeamento Desativado por Falta de Água	h	Diária
Tempo de Bombeamento Desativado por outras Causas	h	Diária
Consumo de Energia Elétrica	kWh	Diária
Demanda de Energia Elétrica Contratada	kW	Mensal
Demanda de Energia Registrada	kW	Diária
Níveis Máximos (dinâmico e estático de poços e outros)	m	Diária
Níveis Mínimos (dinâmico e estático de poços e outros)	m	Diária

I.6.3 - MECANISMOS DE CONTROLE E AVALIAÇÃO DA GESTÃO

As informações geradas pela operação das estações de bombeamento deverão ser usadas para o bom gerenciamento da mesma, o que permitirá tomar ações antecipadas para evitar a deterioração das instalações.

No mais, referidas informações servirão para dar suporte a outras unidades dentro e fora do Sistema Operacional, ou seja:

- Controle de operação
- Controle de qualidade

- Tomada de decisão pela gerência do sistema
- Projetos
- Planejamento

A adoção de indicadores busca obter resultados positivos na gestão operacional. Alguns exemplos são citados a seguir:

a) Indicadores de Demanda de Energia Elétrica para Bombeamento de Água

Estes indicadores se fazem necessários nos casos em que a estação disponha de equipamentos de bombeamento que ultrapassem 100 % da demanda, para a qual se fizeram as previsões no sentido de adequar esta demanda segundo normas ou exigências de redução de consumo de energia elétrica.

O índice é mensal nos casos que não se disponha de instrumentos necessários na instalação, o cálculo poderá ser feito a partir da fatura por consumo de energia elétrica.

A tendência deste índice permite ao gerente tomar as providências antecipadas para as adequações necessárias nas instalações.

b) Indicadores de Desempenho da Estação de Bombeamento de Água

b.1) Indicador de Ocupação

Este indicador permitirá analisar a sobrecarga da instalação sendo considerado só para um determinado número de bombas que alcançaram a vazão de projeto. Nos casos da existência de equipamentos de reserva na estação, os mesmos não devem ser considerados na fixação do número de bombas usadas no cálculo.

Assim, quando o índice ultrapassar 100%, significa que os equipamentos de reserva estão sendo utilizados e indicará que a instalação está trabalhando com vazão superior à de projeto.

A análise de tendência deste índice permitirá ao gerente tomar providências para corrigir a operação no caso em que esteja sendo operada de maneira incompatível com o projeto.

b.2) Indicador de Aproveitamento para Bombeamento de Água

Neste caso são consideradas todas as bombas que existem na instalação e refletem na operação presente permitindo analisar as causas que estão interferindo no bom

aproveitamento da capacidade total instalada.

Na sua definição são consideradas as horas paradas pelas seguintes causas:

- Problemas de contaminação da captação;
- Problemas de falta de água na captação;
- Problemas de falta de energia elétrica;
- Problemas de manutenção;
- Atenção à demanda de água por curto tempo (setores de abastecimento atendidos a 100% em um determinado período de tempo), para reduzir as horas de bombeamento;
- Outras causas.

Este indicador é importante para solicitar as ações necessárias para solução do problema.

c) Indicador do Consumo de Energia Elétrica de Sistemas de Água / Volume Bombeado

O indicador dá uma ideia do rendimento global das instalações. É independente da tarifa de energia elétrica e por este motivo permite seguir sua evolução e comparar com outras instalações de mesma natureza. Poderá indicar a necessidade de modificar os equipamentos ou inclusive substituir os mesmos.

A seguir são apresentadas fichas de especificação dos indicadores.



F I C H A D O I N D I C A D O R		
ESPECIFICAÇÕES		
NOME DO INDICADOR	INDICADOR DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA	CÓDIGO IDEE
DEFINIÇÃO		
Porcentagem utilizada na demanda controlada		
FREQÜÊNCIA	MENSAL	UNIDADE %
COMPOSIÇÃO DO INDICADOR		
UNIDADE		
$IDEE = \frac{V A}{V B} \times 100$		
DISCRIMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTANTES		
V A = Demanda controlada na instalação V B = Demanda registrada na instalação		
FINALIDADE DO INDICADOR		
FINALIDADE		
O índice deverá ser controlado de forma que a Operadora não seja responsabilizada pela Companhia de energia elétrica, quando ultrapassar a demanda controlada, e também revisar e ajustar a operação da Estação de Bombeamento.		
VISTO	VERSÃO	DATA



F I C H A D O I N D I C A D O R		
ESPECIFICAÇÕES		
NOME DO INDICADOR INDICADOR DE OCUPAÇÃO		CÓDIGO IO
DEFINIÇÃO Porcentagem de utilização dos equipamentos instalados		
FREQUÊNCIA MENSAL	UNIDADE %	
COMPOSIÇÃO DO INDICADOR		
UNIDADE $IO = \frac{V A}{(n - m) \times V B} \times 100$		
DISCRIMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTANTES V A = Horas de funcionamento das bombas n = Número de bombas instaladas m = Número de bombas de reserva V B = Horas totais em um mês qualquer		
FINALIDADE DO INDICADOR		
FINALIDADE Avaliar o grau de sobrecarga da instalação que poderá indicar a necessidade de ampliação ou correção na operação da mesma		
VISTO	VERSÃO	DATA



F I C H A D O I N D I C A D O R		
ESPECIFICAÇÕES		
NOME DO INDICADOR INDICADOR DE APROVEITAMENTO		CODIGO IA
DEFINIÇÃO Porcentagem de aproveitamento dos equipamentos que realmente estiverem disponíveis no período de um mês		
FREQUÊNCIA MENSAL	UNIDADE %	
COMPOSIÇÃO DO INDICADOR		
UNIDADE $IA = \frac{(VA - VC)}{n \times VB} \times 100$		
DISCRIMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTANTES VA = Soma dos tempos de funcionamento de bombeamento n = Número de bombas instaladas VC = Soma dos tempos totais de bombas ou unidades de bombeamento paradas VB = Horas totais em um mês qualquer		
FINALIDADE DO INDICADOR		
FINALIDADE Avaliar as causas que estão interferindo para uma boa operação da instalação e assim poder programar ações para a sua melhoria, para as unidades internas e externas.		
VISTO	VERSÃO	DATA



F I C H A D O I N D I C A D O R		
ESPECIFICAÇÕES		
NOME DO INDICADOR CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA / VOLUME PRODUZIDO		CÓDIGO ICEEVP
DEFINIÇÃO Indica o consumo de energia elétrica para a produção de 1.000 m ³ de água.		
FREQÜÊNCIA MENSAL	UNIDADE Kwh/1000 m³	
COMPOSIÇÃO DO INDICADOR		
FÓRMULA $\text{ICEEVP} = \frac{V A}{V B} \times 1000$		
DISCRICÃO DAS VARIÁVEIS E CONSTANTES V A = Consumo de Energia Elétrica no Bombeamento V B = Volume Mensal de Água Tratada		
FINALIDADE DO INDICADOR		
FINALIDADE Seguir a evolução do consumo e comparar com indicadores de instalações similares e tipo de tarifa.		
VISTO	VERSÃO	DATA

I.7 - PLANO DE IMPLANTAÇÃO

I.7 - PLANO DE IMPLANTAÇÃO

I.7.1 - FORMULAÇÃO DO PLANO DE IMPLANTAÇÃO

Objetivo

Tornar possível que as atividades de operação das Estações de Bombeamento de Água propostas sejam implantadas em tempo oportuno, com menor custo possível, e que produzam os resultados esperados, conforme os objetivos, políticas e recursos definidos pela Operadora.

Organização do Grupo de Trabalho (GT)

As atividades propostas para a implementação do Plano de Implantação deste Manual, são de responsabilidade de um Grupo de Trabalho a ser instituído pela Operadora, cuja organização e atribuições fazem parte do Plano geral de Implantação.

Este Grupo de Trabalho executará a adequação deste Manual a cada instalação específica, assim como todas as atividades previstas para a Implantação.

O trabalho de adequação e desenvolvimento das atividades será executado de acordo com as características particulares da Operadora, de suas virtudes e limitações, tanto técnicas como institucionais.

Etapas Propostas para a Implantação

O Plano de Implantação é constituído por 3 etapas:

- Preparação;
- Adequação;
- Implantação Efetiva.

Na etapa de preparação se prevê a identificação dos recursos necessários para a operação de Estação de bombeamento, de acordo com a adequação do Manual aos objetivos, políticas, procedimentos e limitações operacionais e financeiras da Operadora.

Na etapa de adequação o objetivo é a obtenção dos recursos necessários segundo o cronograma estabelecido.

Finalmente, na etapa de Implantação Efetiva, tem-se como objetivo principal, a utilização dos recursos estabelecidos que atuarão conforme o proposto no Manual.

Preparação

São previstas as necessidades de desenvolver as seguintes atividades nesta etapa:

- Apresentação do Manual e início de adequação do mesmo pelo Grupo de Trabalho.
- Estabelecimento e aprovação do cronograma de trabalho, com identificação das atividades previstas e os responsáveis dentro do Grupo de Trabalho (Ver Anexo I.1).
- Elaboração de inventário da situação atual da operação e dos equipamentos de bombeamento:
 - Estrutura Organizacional vigente;
 - Funcionamento Básico;
 - Componentes (Ver Anexo I.2);
 - Recursos Humanos (Ver Anexo I.3).
- Obtenção de informações sobre projetos e obras previstas a curto prazo ou em execução.
- Dimensionamento dos recursos necessários para a otimização da operação de estação de bombeamento, conforme o proposto no Manual.
- Avaliação econômico-financeira da adequação proposta.
- Aprovação da proposta econômico-financeira apresentada pela Operadora.

Concluída a etapa de Atividades Prévias, o Grupo de Trabalho, com o conhecimento pleno da situação vigente e da metodologia proposta no Manual de Operação, efetuará uma análise de viabilidade da implantação de procedimentos possíveis de serem implementados de forma imediata, utilizando os recursos disponíveis.

Uma vez identificada a alternativa, a mesma deverá ser aprovada pela Operadora, e deverá ser definido seu cronograma de implantação.

Adequação

Aprovadas as condições necessárias para melhorar a operação da Estação de Bombeamento, será elaborado um cronograma físico/financeiro para possibilitar o monitoramento das atividades.

As atividades a serem desenvolvidas nesta etapa são:

- Adequação das instalações físicas (elaboração de projetos e execução de obras), se necessário.
- Aquisição de recursos físicos e instalação de equipamentos, se necessário. (Especificação, aquisição e instalação).
- Adequação da estrutura organizacional.
- Adequação dos recursos humanos, se necessário (recrutamento, seleção, contratação ou promoção interna e capacitação).
- Adequação e atualização, detalhando os procedimentos para a operação das Estações de Bombeamento.

Implantação Efetiva

Concluída a etapa de Adequação, a Diretoria de Operações da Operadora estará apta para implementar os procedimentos que contém o Manual, adequados a sua realidade.

Nesta fase se realizarão os testes, simulações e ajustes necessários para consolidar a metodologia de operação das Estações de Bombeamento.

I.7.2 – AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO

Para a avaliação da implantação do Manual, deverão ser executadas para cada etapa, visitas técnicas por parte de especialistas e supervisores, e Relatórios de Avaliação contendo os seguintes tópicos:

- Denominação da Estação;
- Data da Inspeção;
- Nome dos responsáveis pela inspeção;
- Objetivos da etapa;
- Metas da etapa;



- Requisitos (atividades da etapa anterior);
- Atividades previstas para o período;
- Atividades realizadas no período;
- Tarefas (atividades) a serem realizadas no período até a próxima visita técnica;
- Definição da data e do período da próxima visita técnica;
- Avaliação Global da Implantação (cronogramas, indicadores, avanços, deficiências, virtudes, etc.).

Os **Quadros I.7.1 e I.7.2** apresentam modelos de formulários de avaliação da implantação.

Quadro I.7.1 - Formulário de Avaliação da Implantação

	SISTEMA: SUBSISTEMA: MANUAL: MODULO:	DATA: ___/___/___ FOLHA: ___ de ___ REUNIÃO N°
1 PAUTA DA REUNIÃO <input type="checkbox"/> A - ANÁLISES DAS ATIVIDADES DA ETAPA ANTERIOR <input type="checkbox"/> B - ATIVIDADES PARA A PRÓXIMA ETAPA <input type="checkbox"/> C - AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO <input type="checkbox"/> D - OBSERVAÇÕES PARA A PRÓXIMA REUNIÃO	2 PARTICIPANTES DA REUNIÃO Coordenador de GT:	
3 SEGUIMENTO DAS ATIVIDADES DA ETAPA ANTERIOR (RESPONSÁVEL, REALIZAÇÃO, GRAU DE AVANÇO)		
4 ATIVIDADES PARA A PRÓXIMA ETAPA (RESPONSÁVEL, META, REQUISITOS DA ETAPA ATUAL PARA A PRÓXIMA)		
5 ATIVIDADES DE CONSULTORIA NO PERÍODO	6 AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO	
PRÓXIMA REUNIÃO LOCAL: DATA: ___/___/___	SECRETARIADO POR NOME: EMPRESA:	COORDENADOR DE GT NOME: EMPRESA:



Quadro I.7.2 - Formulário de Avaliação da Implantação (Continuação)

	SISTEMA:	DATA: __/__/__
	SUBSISTEMA:	FOLHA: __ de __
	MANUAL:	REUNIÃO Nº _____
	MODULO:	

FOLHA DE CONTINUAÇÃO (REFERENTE AO NUMERO DO QUADRO DA FOLHA 1)

PRÓXIMA REUNIÃO LOCAL: DATA: __/__/__	SECRETARIADO POR NOME: EMPRESA:	COORDENADOR DE GT NOME: EMPRESA:
--	--	---

ANEXO I.1 - PREPARAÇÃO
CRONOGRAMA DE ATIVIDADES PRÉVIAS

ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	DATAS		DIAGRAMA DE BARRAS
		INÍCIO	TÉRMINO	
1 - ADEQUAÇÃO DO MANUAL 2 - LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL <ul style="list-style-type: none"> • ESTRUTURA ORGANIZACIONAL • FUNCIONAMENTO • INSTALAÇÕES FÍSICAS <ul style="list-style-type: none"> - COMPONENTES - RECURSOS HUMANOS • PROJETOS DE OBRAS (CURTO PRAZO) 3 - DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E POLÍTICAS REFERENTES À OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BOMBEAMENTO 4 - DIMENSIONAMENTO DE RECURSOS HUMANOS, MATERIAIS E DE INSTALAÇÕES 5 - AVALIAÇÃO FINANCEIRA DA ADEQUAÇÃO 6 - APROVAÇÃO DOS RECURSOS				

ANEXO I.2

DADOS TÉCNICOS DAS INSTALAÇÕES E RECURSOS MATERIAIS EXISTENTES

a) Unidade de Captação:

Tipo : Canais, poços, Mananciais, galerias filtrantes;

Nível Estático / Nível Dinâmico;

Vazão Disponível;

Estado de Conservação;

Proteção à contaminação;

Necessidade de vigilância.

b) Unidades de Bombeamento:

Bomba:

Tipo;

Vazão;

Idade;

Estado de Conservação.

Motor:

Tipo de Energia;

Tensão;

Equipamento de Reserva;

Estado de Conservação;

Amperímetro;

Voltímetro;

Contrato de Fornecimento de Energia;

Horas / Dia de Funcionamento.

Tubulações:



Tubulação de Sucção;

Barrilete de Recalque;

Registros e Válvulas de controle;

Ventosas;

Válvula de alívio.

d) Macromedição:

Equipamento;

Estado de Conservação;

Frequência de Leitura.

e) Comunicação:

Tipo;

Disponibilidade.

ANEXO I.3**INFORMAÇÃO SOBRE RECURSOS HUMANOS EXISTENTES**a) Dados Gerais:

Turnos de trabalho;

Jornada de trabalho.

b) Dados Específicos:

Nome do funcionário;

Cargo e eventual desvio de função;

Nível de instrução;

Avaliação profissional pelo chefe imediato;

Licença de motorista.

PARTE II – MANUTENÇÃO

II.1 - MISSÃO E OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

II.1 - MISSÃO E OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

II.1.1 - Missão

Garantir a confiabilidade e o desempenho dos equipamentos e instalações operacionais, com qualidade, prazos e custos compatíveis.

II.1.2 - OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

Fazer com que as ações de manutenção sejam racionalizadas e executadas com maior eficiência, segurança e economia;

Conhecer o desempenho dos equipamentos no que diz respeito ao funcionamento e demanda de manutenção, a fim de avaliar suas qualidades e resultados de sua utilização;

Aumentar a disponibilidade dos equipamentos e instalações;

Prolongar, de forma econômica, o tempo de vida útil dos equipamentos e instalações;

Aumentar a confiabilidade dos equipamentos e instalações;

Definir com antecipação a parada de um equipamento ou instalação, que deverão receber manutenção preventiva;

Conhecer as características técnicas de cada equipamento com o objetivo de garantir as suas especificações de projeto, da maneira mais econômica;

Conhecer a evolução e manter o domínio tecnológico das ações de manutenção;

Difundir o conhecimento técnico entre as áreas;

Controlar e aperfeiçoar a qualidade dos serviços e o desempenho da manutenção.

II.2 - POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

II.2 - POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO

Garantir a atenção aos serviços com as qualidades e oportunidades;

Buscar o desenvolvimento conjunto com empresas privadas ou públicas externas como forma de alcançar seus objetivos;

Buscar o desenvolvimento de relações harmoniosas com seus funcionários através de condições adequadas de trabalho, valorização, motivação e desenvolvimento profissional;

Influenciar sistematicamente na formulação de políticas gerais da Operadora em assuntos relacionados à manutenção;

Desenvolver relações de ordem técnicas com os provedores de materiais e equipamentos operacionais como forma de garantir o aperfeiçoamento técnico da manutenção;

Adotar a Qualidade como princípio, buscando sempre a melhor relação custo/benefício nos serviços;

Desenvolver suas atividades, visando fortalecer a imagem da Operadora.

II.3 - NÍVEIS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

II.3 - NÍVEIS DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO

Para cada natureza de serviço deve ser associado um nível de serviço de manutenção. Para cada tipo se deve definir a profundidade que se pretende atuar. Estas decisões determinam o nível, tipo e quantidade de recursos necessários. Sobre o aspecto eminentemente técnico, são três os fatores que normalmente são associados para caracterizar o nível de serviço:

- Tipo de mão de obra requerida (grau de especialização, conhecimentos técnicos, etc.);
- Tipo de Equipamento/Instrumentos utilizados (complexidade, precisão, especificação);
- Volume e complexidade das tarefas.

Estes elementos podem ser combinados para classificar os serviços em níveis que indicarão a definição da estrutura de Manutenção, conforme mostrado no Quadro II.3.1.

Deve-se salientar que existem outros fatores que interferem na organização da Manutenção, como por exemplo:

- Existência de mercado provedor de serviços;
- Existência de mercado de aluguel de equipamentos;
- Existência de mão de obra (qualificada para serviços temporários).

Quadro II.3.1 - Níveis de Serviços de Manutenção

NÍVEL	ATUAÇÃO/VOLUME	RECURSOS HUMANOS	RECURSOS FÍSICOS
1°	Regulagens simples, serviços que não requeiram nenhuma desmontagem, troca de elementos acessíveis com toda segurança.	Operador ou operário com níveis básicos de conhecimento; execução local.	Ferramentas manuais leves.
2°	Eliminação de paralizações por reposições padronizadas, atenção a situações emergenciais com procedimentos programáveis.	Operários hábeis e especializados; execução local ou em oficinas.	Ferramentas, equipamentos e instrumentos de controle.
3°	Trabalhos importantes de Manutenção Preventiva e Corretiva, reconstruções e reparos pesados.	Equipe de Trabalho com treinamento específico liderada por engenheiros e técnicos especializados.	Ferramentas, Equipamentos e Materiais específicos; Apoio do fabricante de equipamentos.

II.4. ELEMENTOS DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

II.4 - ELEMENTOS DA ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO

Oficina Fixa: Instalação que dispõe de recursos de equipamentos, mão de obra especializada, que serve de plataforma de intervenções, para onde os diversos equipamentos das Estações de Bombeamento possam ser levados para reparos. Estas oficinas são responsáveis por reparos mais complexos, revisões gerais, recuperações, confecção de peças e serviços pesados de manutenção preventiva. Este tipo de instalação está cada vez mais em desuso por empresas responsáveis pela operação e manutenção de serviços de fornecimento de água, tendo sido substituída pela contratação de oficinas privadas especializadas.

Oficina Móvel: Conjunto formado por mão de obra especializada, veículo adequado para carga e natureza dos serviços de manutenção, ferramentas apropriadas, equipamentos necessários e rádio de comunicação. Tais oficinas móveis são utilizadas em serviços de manutenção preventiva e corretiva deslocando-se até os locais aonde se encontram instalados os equipamentos a serem mantidos. Exerce suas atividades no campo, e sua composição obedece a critérios de especialidades (equipamento mecânico, equipamento elétrico e equipamentos mistos), requeridas para o tipo de intervenção.

Equipe Local: Motivos geográficos ou de concentração de equipamentos, pode recomendar a existência de funcionários executores dos serviços de manutenção, especialmente destacados para executar serviços no local onde os mesmos estão instalados. Nestes casos os funcionários são subordinados à operação e podem receber reforços das oficinas fixa e móveis, para os serviços mais complexos e os equipamentos que não têm como ser deslocados.

Almoxarifado: Sua função é armazenar e pôr à disposição durante todo o tempo, os materiais utilizados para execução dos serviços de manutenção. Manter a guarda e controle dos Materiais de Consumo, Materiais Especiais, Peças e Componentes, Matéria Prima, Produtos de Conservação em geral e Produtos de Lubrificação.

Sistema de Comunicação: Sistema que permite a intercomunicação à distância entre a Programação, Controles e Métodos para os serviços de manutenção.

II.5 - CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

II.5 - CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

II.5.1 - GENERALIDADES

A manutenção de estações de bombeamento pode ser classificada em três categorias:

Manutenção preventiva - Cuidados ou inspeções periódicas que objetivam detectar possíveis anormalidades incipientes. As correções destas anormalidades seriam então preventivas para falhas futuras.

Manutenção preditiva - Consiste em um acompanhamento contínuo do comportamento de determinadas variáveis que serviriam de indicadores do estado dos equipamentos. Este tipo de acompanhamento é oneroso, só sendo normalmente aplicado em grandes máquinas. Na área de bombas é feito, normalmente, o acompanhamento periódico do nível de vibrações.

Manutenção corretiva - Consiste em uma vez evidenciado um sintoma de anormalidade, diagnosticar a causa e fazer a devida correção.

II.5.2 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Entende-se por Manutenção Preventiva aquela efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um equipamento ou deterioração dos serviços prestados, estando caracterizado por intervenções previstas, preparadas e programadas, com a utilização de recursos especialmente designados para esta finalidade.

A Manutenção Preventiva em Estações de Bombeamento, apresenta um conjunto de tarefas bem definidas que facilitam seu tratamento informatizado.

A metodologia para o tratamento informatizado das Atividades de Manutenção Preventiva se inicia com o cadastro das Estações de Bombeamento e seus equipamentos. Continua com a divisão dos Equipamentos em seus componentes, e para cada componente se define as ações de manutenção que os mesmos recebem. Este conjunto Componente + Ação se constitui em uma Tarefa de Manutenção. Um conjunto de Tarefas de Manutenção para um equipamento, incluindo dados como Ferramentas, Reposições de Peças, Instruções Especiais, etc., se constitui em um Banco de Esquemas de Manutenção. Desta forma, a emissão de uma Ordem de Serviço de Manutenção Preventiva se baseia nos seguintes parâmetros:

- Ciclos de Revisão Programada (Periodicidade de Manutenção);

- Banco de Esquemas de Manutenção.

A cada período, o Sistema Informatizado de Manutenção poderá selecionar os equipamentos, conforme sua Periodicidade de Manutenção, e emitirá as Ordens de Serviço de Manutenção Preventiva para os mesmos. A Ordem de Serviço conterá todas as atividades que deverão ser executadas no equipamento, incluindo a relação de ferramentas, reposições, etc.

a) Ciclos de Revisão Programada

Os Ciclos de Revisão Programada recomendados para ser utilizados em Manutenção de Estações de Bombeamento da Operadora são:

- Revisão Semanal: executada a cada 7 dias;
- Revisão Mensal: executada na 4^a semana do ciclo;
- Revisão Trimestral: executada no 3^o mês do ciclo (12^a semana do ciclo);
- Revisão Semestral: executada no 6^o mês do ciclo (24^a semana do ciclo);
- Revisão Anual: executada no 12^o mês do ciclo (48^a semana do ciclo).

A cada vencimento de ciclo de um equipamento, automaticamente seria emitida a Ordem de Serviço com seu Esquema de Manutenção.

O seguinte fluxograma representa um sistema básico de gerenciamento informatizado de Manutenção de Estações de Bombeamento.

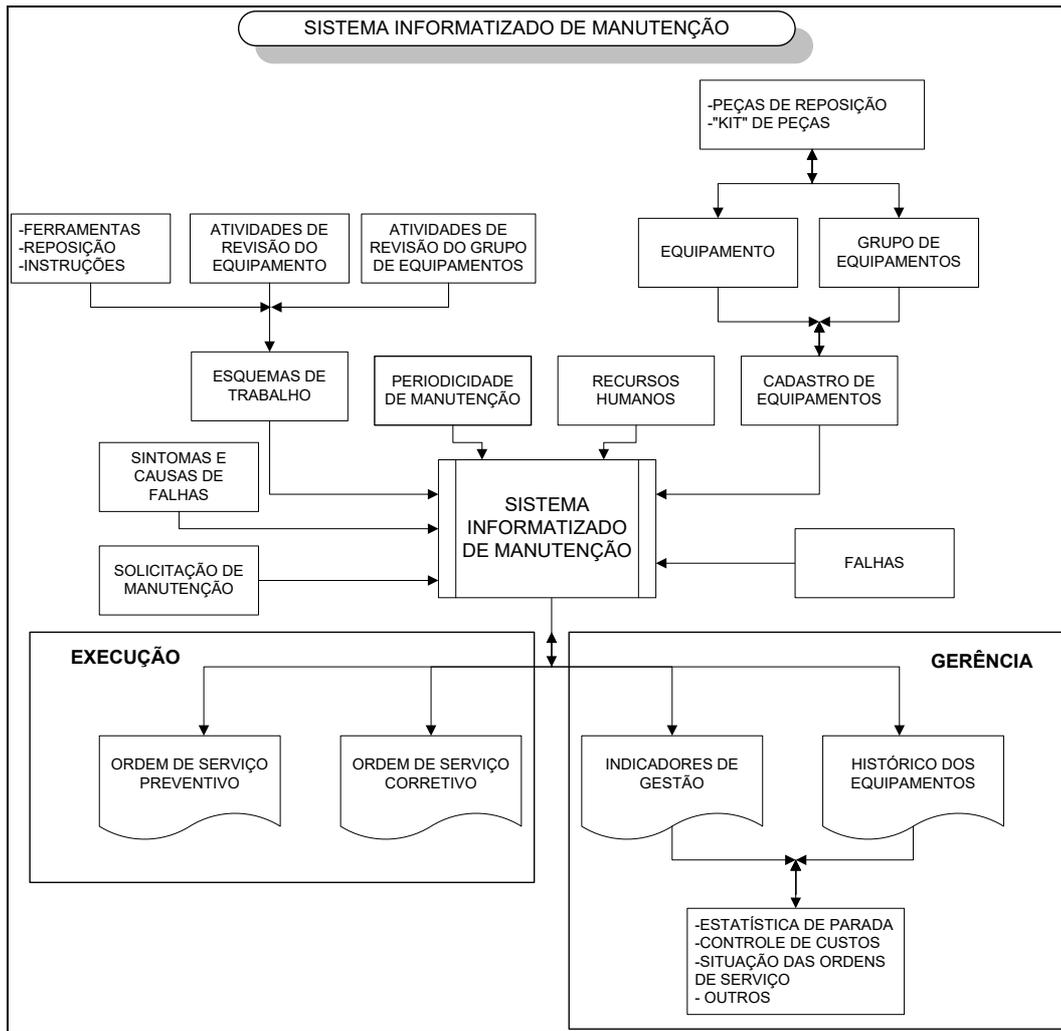


Figura II.5.1 - Sistema básico de gerenciamento informatizado

b) Componentes Básicos do Sistema Informatizado:

b1) Tarefas

Cadastro das Tarefas que serão executadas nos equipamentos. Estas tarefas poderão estar associadas aos procedimentos necessários para executá-las.

b2) Equipamentos

Cadastro dos equipamentos, seus dados técnicos, componentes, peças de reposição associadas, procedimentos associados.

b3) Peças de Reposição

Compreende o cadastro de informações sobre peças de reposição.

b4) Ordem de Serviço (OS) de Manutenção Preventiva

O sistema deverá emitir as O.S's considerando o tempo transcorrido (como a periodicidade do item a). A O.S. deverá conter o código do equipamento, sua utilização, as tarefas necessárias, ferramentas, peças de reposição, etc.

b5) Sintomas e Causas

Conjunto de sintomas associados à causa provável, que ajudam a corrigir os defeitos.

c) Componentes Desejáveis do Sistema Informatizado de Manutenção:

c1) Kit de Tarefas

As Tarefas podem ser agrupadas em kits de maneira a facilitar a programação de sua execução. Por exemplo, o kit *"Troca do óleo do Motor"* pode ser composto de um conjunto de tarefas individuais.

c2) Grupo de Equipamentos

Possibilidades de cadastrar um equipamento standard, cujos dados comuns a todo grupo se transferem para cada equipamento individual através de um vínculo entre eles.

c3) Kit de Peças

As peças de reposição podem ser agrupadas em kits de maneira a facilitar sua referência em uma tarefa de manutenção.

c4) Planos de Trabalho

O sistema deve permitir selecionar através de diferentes tipos de critérios, os serviços pendentes de execução. Para cada equipamento deve mostrar os serviços futuros para orientar as decisões.

c5) Histórico dos Equipamentos

Apresentação do histórico das ocorrências do equipamento, registrado na Manutenção Corretiva.

c6) ferramentas Adicionais

Controle de custos, estatística de paradas, rotas de manutenção, pessoal envolvido nas tarefas e visualização gráfica dos equipamentos.

II.6 - EXEMPLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA CONJUNTOS ELETROBOMBAS

II.6 - EXEMPLO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA CONJUNTOS ELETROBOMBAS

O rigor, o número de itens e periodicidade com que uma Estação Elevatória é inspecionada não é, nem poderia ser, uma regra invariável, pois dependem do porte, tipo e importância da bomba e das características do sistema. Assim sendo, o Manual de Instalação, Operação e Manutenção fornecido pelo fabricante deve ser sempre consultado para cada caso particular. Como exemplo apresenta-se roteiro simplificado deste tipo de manutenção para bombas centrífugas.

II.6.1 - INSPEÇÕES DIÁRIAS

das pressões de sucção e descarga;

da vazão (se possui indicador);

de alterações bruscas em ruído e vibração;

de vazamento de caixa de gaxetas;

de temperatura dos mancais;

caso existam instrumentos indicadores, fazer as leituras para verificar qualquer comportamento anormal da bomba, motor, sistema de selagem, lubrificação e refrigeração.

II.6.2 - INSPEÇÕES MENSAS

dos níveis de vibração;

do alinhamento;

das temperaturas dos mancais (com termômetro).

II.6.3 - INSPEÇÕES SEMI-ANUAIS

do funcionamento da caixa de selagem e sobreposta;

da necessidade de substituir ou complementar o lubrificante dos mancais;

do alinhamento, se já não é feito mensalmente.

II.6.4 - INSPEÇÃO ANUAL

Inspeção completa da bomba, motor, sistemas auxiliares, acoplamento e instrumentos indicadores.

II.6.5 - MANUTENÇÃO PREDITIVA

Conforme mencionado anteriormente, dado o custo de um acompanhamento contínuo das variáveis indicativas de desempenho, este procedimento raramente é utilizado em bombas. A única variável que mais comumente sofre um acompanhamento mais regular e que pode ser um indicador de futuros problemas é o nível de vibração. Assim sendo, se o nível de vibração é medido com certa periodicidade (por exemplo, mensalmente), a análise da evolução pode dar informação quanto a problemas incipientes e possíveis causas.

No Capítulo II.9, o tema vibrações, em particular, é abordado, com comentários sobre critérios de acompanhamento, níveis aceitáveis de vibração e correlação das características de vibração com possíveis causas.

II.6.6 - MANUTENÇÃO CORRETIVA

A Operadora busca, por intermédio de sua Diretoria de Operações, garantir um serviço de abastecimento contínuo, de boa qualidade e na quantidade suficiente para os usuários.

Todos os sistemas sofrem os problemas comuns de danos aos equipamentos, fugas nas tubulações como também por desastres naturais como inundações, e provocados (incêndios, vandalismos, etc.), que podem ocasionar interrupções na prestação dos serviços. Em maior ou menor grau, os componentes físicos dos sistemas de água são vulneráveis não só a essas ações externas como também ao desgaste, falhas e outros problemas originados pelo uso normal ou por sua operação indevida.

Deve-se considerar também, que além das falhas normais de operação ou por operação inadequada, existem outros fatores que incidem gravemente sobre a manutenção, especialmente nos casos de emergenciais ou corretivos, que são comuns notadamente em função da escassez de recursos disponíveis ou falta de preparo para atender tais situações.

Os principais fatores são:

- Falta de capacitação do pessoal que ocasiona erros nos reparos e contribui na operação deficiente;
- Normas ou Especificações incompletas;

- Falta de recursos físicos para efetuar os reparos.

Apesar da manutenção corretiva ser apenas o reparo das falhas que ocorrem de maneira imprevista, é necessário que existam pelo menos algumas condições mínimas que garantam que tais reparos sejam executados de modo eficiente e sejam de boa qualidade.

Deve-se analisar a possibilidade de se estabelecer um sistema de manutenção corretiva caracterizado por um planejamento ou previsão das ações e recursos que serão aplicados antes, durante e depois da emergência suscitada por um dano nas instalações e equipamentos. Seria a contraposição à ação imprevista e incerta em que se encontram os responsáveis pela continuidade dos serviços frente a tal situação.

O planejamento de atendimento às emergências permitirá à Operadora:

- Identificar com facilidade uma solução ao problema apresentado e, em consequência, possibilita a tomada de decisão oportuna e adequada;
- Estabelecer ações programadas de acordo com os equipamentos ou tipos usuais de emergências;
- Conhecer os recursos necessários (humanos, técnicos, materiais, etc.), a fim de obtê-los no momento oportuno;
- Atender oportunamente as emergências, seguindo uma seqüência definida das ações antes mencionadas;
- Promover simulações de atenção a emergências, inclusive para os casos em que a previsão de atenção se destine a uma solução parcial do problema;
- Garantir o rápido restabelecimento dos serviços;
- Apresentar uma imagem de eficiência da Operadora frente aos usuários;
- Minimizar o tempo de análises de soluções e o de tomada de decisões.

A manutenção corretiva compreende, na realidade, duas etapas. Na primeira etapa é feito um diagnóstico do problema, na procura de sua causa, ficando para a segunda etapa a correção propriamente dita, que pode ser, no caso de bombas centrífugas por exemplo, um alinhamento, balanceamento, reparo ou substituição de uma ou mais peças componentes.

II.6.7 - DIAGNÓSTICO

Um adequado trabalho de diagnose depende, fundamentalmente, de informações que permitam correlacionar o sintoma apresentado à possível causa. Dentro deste raciocínio, a primeira informação relevante seria uma tabela de correlação de sintoma versus possíveis causas.

A literatura é, felizmente, fértil neste campo e, salvo pequenas exceções devido a particularidades do equipamento ou do sistema, apresentam tabelas bastante similares. Assim sendo, apresentamos como exemplo uma tabela do catálogo da Worthington (Tabela II.6.1) que é bastante similar à apresentada por Karassik.

Tabela II.6.1 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas

1. A bomba não bombeia
a. Não foi escorvada.
b. Velocidade insuficiente. Se acionada a motor elétrico, verifique a voltagem e a corrente em cada fase.
c. A altura de descarga requerida pelo sistema é maior do que aquela para a qual a bomba foi projetada.
d. A altura de sucção é excessiva (o NPSH é insuficiente).
e. Sentido de rotação errado.
f. Folga insuficiente entre a pressão de vapor e a pressão de sucção.
g. Bolsões de vapor ou ar na tubulação de sucção.
h. Penetração de ar na linha de sucção.
i. Penetração de ar através do selo mecânico, juntas da bucha, junta da carcaça ou bujões.
j. Entrada da tubulação de sucção insuficientemente submergida.
k. Operação de bombas em paralelo inadequadas para esta aplicação.
l. Materiais estranhos no rotor.



Tabela II.6.2 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

2. Capacidade insuficiente
a. Entrada de ar pela tubulação de sucção.
b. Velocidade muito baixa.
c. Pressão de descarga requerida pelo sistema é maior do que aquela para a qual a bomba foi selecionada.
d. Rotor parcialmente obstruído.
e. Pressão de sucção insuficiente (ocorrendo cavitação).
f. Defeitos mecânicos, rotor avariado.
g. Válvula de pé muito pequena ou obstruída.
h. Válvula de pé insuficientemente submergida.
i. Sentido de rotação errado.
j. Formação de Vortex.
k. Bomba ou tubulação de sucção não completamente cheia de líquido.
l. Altura de sucção muito grande.
m. Diferença muito pequena entre a pressão de sucção e a de vapor.
n. Quantidades excessivas de ar ou gás dissolvidas no líquido.
o. Bolsões de ar na linha de sucção.
p. Entrada de ar na bomba através da caixa de gaxetas.
q. Entrada da tubulação de sucção insuficientemente submergida.
r. Tubulação de selagem obstruída ou fechada.
s. Indutor usado desnecessariamente ou indutor, onde requerido, desgastado ou obstruído.
t. Viscosidade de líquido diferente daquela que foi usada na seleção da bomba.
u. Anéis de desgaste desgastados.
v. Rotor avariado ou corroído.
w. Folga do rotor muito grande.

Tabela II.6.3 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

3. Pressão insuficiente
a. Vazamentos na linha de sucção.
b. Ar ou vapor na linha.
c. Defeitos mecânicos (veja anteriormente).
d. Sentido de rotação errado.
e. Quantidade excessiva de ar ou gás dissolvida no líquido.
f. Indutor usado inadequadamente.



g. Indutor, onde requerido, desgastado ou obstruído.
h. Velocidade muito baixa.
i. Altura total do sistema maior do que aquela para a qual a bomba foi projetada.
j. Viscosidade do líquido difere da usada na seleção.
k. Materiais estranhos no rotor.
l. Anel de desgaste desgastado.
m. Rotor corroído ou avariado.

Tabela II.6.4 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

4. A bomba perde o escorvamento após a partida
a. Vazamento na linha de sucção.
b. Aspiração alta demais.
c. Ar ou vapor no líquido.
d. Entrada de ar pela caixa de gaxetas.
e. Operação muito à direita, na curva.
f. Pequena diferença entre a pressão de sucção e a pressão de vapor.
g. Bolsões de ar na linha de sucção.
h. Entrada de ar pela linha de sucção.
i. Entrada de ar pelas juntas.
j. Entrada da tubulação de sucção insuficientemente submergida.
k. Tubulação do líquido de selagem obstruída (modelo D-1011).
l. Castanha bipartida mal localizada na caixa de gaxetas, impedindo a formação do filme de selagem (mod. D-1011 com gaxetas).

Tabela II.6.5 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

5. A bomba sobrecarrega o motor
a. Rotação elevada.
b. Altura manométrica total muito baixa bombeando líquido demais.
c. A viscosidade e/ou a densidade do líquido bombeado é diferente daquela para a qual a bomba foi selecionada.
d. Diâmetro do rotor maior que o necessário.
e. Sentido de rotação errado.
f. Altura manométrica total do sistema mais elevada que a de projeto da bomba.
g. Altura manométrica total do sistema mais baixa que a de projeto da bomba.
h. Rotor parcial ou totalmente obstruído.



i. Desalinhamento.
j. Atrito entre partes móveis e fixas.
k. Rolamentos gastos.
l. Superfícies de desgaste gastas.
m. Engaxetamento incorretamente instalado.
n. Engaxetamento incorreto para as condições de serviço.

Tabela II.6.6 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

6. A bomba vibra
a. Bomba ou tubulação de sucção não escorvada completamente.
b. Aspiração alta demais.
c. Diferença insuficiente entre a pressão de sucção e a pressão de vapor.
D. Válvula de pé muito pequena.
e. Válvula de pé parcialmente obstruída.
f. Entrada da tubulação de sucção insuficientemente submersa.
g. Indutor usado indevidamente.
h. Indutor (se necessário) obstruído ou desgastado.
i. Operação à vazão excessivamente baixa.
j. Rotor obstruído.
k. Desalinhamento devido à dilatação da tubulação.
l. Fundações incorretas.
m. Eixo empenado.
n. Partes rotativas e estacionárias atritando-se.
o. Rolamentos gastos.
p. Rotor avariado ou corroído.
q. Eixo girando fora de centro, devido ao desgaste ou desalinhamento dos rolamentos.
r. Rotor desbalanceado.
s. Desalinhamento interno devido à manutenção incorreta, fazendo o rotor ou indutor atritar-se.
t. Carga axial exagerada devida a falhas mecânicas internas.
u. Graxa excessiva nos rolamentos.
v. Rolamentos não lubrificados.
w. Rolamentos montados incorretamente (estragos durante a montagem, montagem incorreta, tipo errado de rolamento, etc).
x. Poeira ou sujeira nos rolamentos.



y. Rolamentos enferrujados devido à entrada de água pelo defletor.

Tabela II.6.7 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

7. Engaxetamento tem vida curta
a. Tubulação de selagem obstruída.
b. Castanha bipartida montada fora de posição na caixa de gaxetas, impedindo o líquido de selagem de circular.
c. Desalinhamento.
d. Eixo empenado.
e. Rolamentos gastos.
f. Eixo ou bucha do eixo gasta ou corroída no lugar do engaxetamento.
g. Engaxetamento incorretamente instalado.
h. Tipo de engaxetamento incorreto para as condições de serviço.
i. Eixo girando fora do centro, devido a rolamentos gastos ou desalinhados.
j. Rotor desbalanceado resultando em vibração.
k. Sobreposta muito apertada, resultando em ausência de líquido de selagem para lubrificar o engaxetamento.
l. Linha de água da camisa de refrigeração da caixa de gaxetas obstruída.
m. Folga diametral excessiva entre o fundo da caixa de gaxetas e o eixo, fazendo com que o engaxetamento seja forçado para dentro da bomba.
n. Líquido de selagem sujo ou com abrasivos, fazendo com que a bucha ou eixo fiquem desgastados.

Tabela II.6.8 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

8. A caixa de gaxetas vaza excessivamente
a. Tubulação do líquido de selagem obstruída.
b. Castanha bipartida montada em posição incorreta dentro da caixa de gaxetas, evitando que o líquido de selagem se escoe.
c. Desalinhamento.
d. Eixo empenado.
e. Rolamento desgastado.
f. Eixo ou bucha do eixo desgastada no engaxetamento.
g. Engaxetamento incorretamente montado.
h. Tipo de engaxetamento incorreto para as condições de operação.
i. Eixo girando fora do centro devido a rolamentos gastos ou desalinhados.
j. Rotor desbalanceado resultando em vibração.



k. Sobreposta muito apertada resultando em ausência de líquido de selagem para lubrificar o engaxetamento.
l. Ausência de líquido de refrigeração na camisa da caixa de gaxetas.
m. Folga diametral excessiva entre o fundo da caixa de gaxetas e o eixo, fazendo com que o engaxetamento seja forçado para dentro da bomba.
n. Líquido de selagem sujo ou com abrasivos, provocando a erosão do eixo ou bucha do eixo.

Tabela II.6.9 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

9. Selo mecânico tem vida curta
a. Eixo empenado.
b. Bucha do eixo desgastada, corroída ou girando fora de centro.
c. Selo mecânico incorretamente instalado.
d. Selo mecânico de tipo incorreto para as condições de operação.
e. Eixo girando fora de centro, devido a rolamentos gastos ou a desalinhamentos.
f. Rotor desbalanceado resultando em vibração ou deflexão no eixo.
g. Abrasivos sólidos no líquido bombeado.
h. Desalinhamento interno das peças, evitando que a sede estacionária e o anel rotativo do selo se adaptem corretamente.
i. Selo mecânico trabalhou seco.
j. Rolamentos gastos.
k. Desalinhamentos devido a tensões na tubulação.

Tabela II.6.10 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

10. O selo mecânico vaza excessivamente
a. Desalinhamento devido à dilatação da tubulação.
b. Eixo empenado.
c. Rolamentos gastos.
d. Vazamentos por baixo da bucha devido a estrago do anel de vedação ou junta.
e. Bucha do eixo desgastada, corroída ou girando fora de centro.
f. Selo mecânico incorretamente instalado.
g. Tipo de selo mecânico incorretamente selecionado.
h. Eixo girando fora de centro devido a rolamentos gastos ou desalinhamentos.
i. Rotor desbalanceado, resultando em vibração.
j. Abrasivos sólidos no líquido bombeado.
k. Desalinhamento interno das peças evitando que a sede estacionária e o anel

rotativo do eixo se encaixem corretamente.
--

I. Selo mecânico trabalhou seco.

Tabela II.6.11 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

11. Rolamento com vida curta
a. Desalinhamento interno devido à dilatação da tubulação ou fundações incorretas.
b. Desalinhamento da luva.
c. Eixo empenado ou avariado.
d. Caixas de rolamento avariadas.
e. Carga axial excessiva causada por falha mecânica no interior da bomba.
f. Excessiva quantidade de graxa nos rolamentos.
g. Falta de lubrificação nos rolamentos do motor.
h. Tipo incorreto de graxa em bombas lubrificadas à graxa.
i. Tipo incorreto de óleo em bombas lubrificadas a óleo.
j. Montagem incorreta dos rolamentos (estrago durante a montagem, montagem incorreta, tipo de rolamento errado, etc).
k. Poeira entrando na caixa de rolamentos.
l. Corrosão dos rolamentos devido à entrada de água em torno do defletor.
m. Nível de óleo incorreto, nas bombas lubrificadas a óleo.
n. Operação com rotor de diâmetro excessivo, velocidade elevada ou líquido com densidade elevada (superior à que foi usada na seleção).
o. Rotor aberto excessivamente desgastado.
p. Rotor ou eixo desbalanceado.

Tabela II.6.12 - Correlação Sintoma x Possíveis Causas (Continuação)

12. Bomba superaquecendo ou grimpando
a. Bomba não escorvada ou trabalhou seca.
b. Bolsões de ar ou vapor dentro da bomba.
c. Operações a capacidades muito reduzidas.
d. Operação em paralelo de bombas incorretamente selecionadas.
e. Desalinhamento interno devido à dilatação da tubulação, fundação incorreta ou peças sobressalentes incorretas.
f. Atrito entre as superfícies estacionárias e rotativas.
g. Rolamentos gastos.
h. Falta de lubrificação.

Uma vez selecionadas as possíveis causas, o próximo passo seria, através de análise criteriosa, eliminar as causas improváveis, no caso, para chegar a diagnóstico final. Para tanto se faz necessária uma série de informações tais como:

- Informações sobre as características da bomba
 - curvas características;
 - desenhos dimensionais;
 - valores de folgas e tolerâncias;
 - relação dos diversos materiais dos componentes;
 - velocidades críticas;
 - esforços admissíveis sobre bocais;
 - informações sobre os acessórios.
- Informações sobre as características do sistema
 - comprimentos e diâmetros das linhas;
 - alturas estáticas (Z_s e Z_d);
 - níveis de pressão (P_s e P_d);
 - vazão de operação;
 - acessórios;
 - serviço contínuo ou intermitente;
 - operação sozinha, série ou paralelo.
- Informações sobre o fluido bombeado
 - viscosidade na temperatura de bombeamento.
 - pressão de vapor na temperatura de bombeamento.
 - densidade na temperatura de bombeamento.
 - partículas sólidas em suspensão (%).

- corrosividade/pH.
- Informações sobre o motor
 - tipo;
 - potência;
 - rotação;
 - torque.

Estas informações e outras disponíveis podem estar simplesmente listadas ou lançadas em folha de informações similar à mostrada na Tabela II.6.2 que, em conjunto com a folha de dados para seleção englobam praticamente todos estes dados. Apenas para ilustrar a importância destas informações para um adequado trabalho de diagnose, deve-se lembrar que sem elas não seria viável, entre outras coisas, analisar desempenho, condições de sucção, adequabilidade de ajustes de montagem, compatibilidade dos materiais, condição de partida, flexibilidade operacional ou calcular vazão máxima permissível.

Adicionalmente, e completando o elenco de informações, seria desejável que a cada abertura de bomba para manutenção corretiva fosse preenchido um relatório sobre as condições do equipamento (Tabela II.6.3), que constituiria a informação mais recente disponível e de extrema utilidade em futuros diagnósticos.

II.6.8 - CORREÇÃO

Uma vez feito o diagnóstico, o passo final é realizar a manutenção corretiva propriamente dita que pode ser um realinhamento, balanceamento, reparo ou substituição de peças componentes. Os subsídios necessários ao bom desempenho destas tarefas podem ser encontrados em diversas fontes, como o Manual de Instalação, Operação e Manutenção dos equipamentos, bomba, do motor e Catálogos dos acessórios. Adicionalmente, apresenta-se no Capítulo II.8 um estudo do problema de alinhamento, no Capítulo II.9 um estudo de vibrações em bombas e no Capítulo II.10, uma série de informações práticas para manutenção de componentes e acessórios.

Tabela II.6.2 - Ficha de informação bomba/motor

DIVISÃO DE MANUTENÇÃO MECÂNICA		Fabricante:		Serviço:				
Ficha de Informações		Estágios	Tipo:		Peso da bomba base:	Número de série		
Localização: Bombas intercambiáveis			Vertical		Desenho			
			Horizontal		Catálogo			
Dados de Operação		Dados de Manutenção						
Fluído		Folgas			Peças Sobressalentes			
Vazão		Mancais	Radial		Nº	Descrição	Código	Des. BME
Coluna			Escorva					
Temp. produto	°C	Luva e tambor de balanceamento						
Densidade a 16°C		Buchas espaçadoras						
Densidade a Temp. de bomb.	°C	Anéis de desgaste						
NPSH	Exigido	Bucha da caixa de gaxetas						
	Disponível	Impelidores						
Pressão	Sucção	kg/cm ²	Estágio:					
	Descarga	kg/cm ²	Ø Externo					
	Teste	kg/cm ²	Flanges da Tubulação					
Pot. Exigida	HP	Sucção	-	Tamanho	-	Espec.	-	Face
Acionador		Descarga	-	Tamanho	-	Espec.	-	Face
Tipo de N°		Acoplamento:			Tipo:			
Pot	HP/ rpm	Tamanho		-	Fabricante			
Peso	kg	Espaçamento	-	Furos	-	Chaves		
Lubrificação		Materiais						
Mancais		Mancais						
		Eixo						
		Carcaça						
Sistemas de lubr.		Anel de carcaça						
		Difusor						
Acoplamento		Junta da carcaça						
		Impelidor						
		Anel do impelidor						
		Luvas de eixo						
		Buchas espaçadoras						
		Eixo	Ø no acoplamento		Ø no impelidor			
			Ø no mancal radial		Ø no manc. esc.			
			Ø na extremidade do eixo do acionador					
		Vedação	Gaxeta					
			Selo mec.					



Tabela II.6.3 - Relatório de Manutenção de Bombas Centrífugas

				Bomba P		
				Unidade		
Defeito apresentado: _____						
Serviço a executar: _____						
S.G.T.nº _____ Início: _____ Término: _____						
Partes				Em bom estado	Reparado	Substituído
Eixo _____						
Acoplamento _____						
Juntas _____						
Impelidor	1º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
	2º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
	3º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
	4º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
	5º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
	6º estágio Ø externo	_____	Ø do furo	_____		
Anéis de desgaste		Encontrado		Deixado		
1º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
2º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
3º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
4º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
5º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
6º estágio	Fixo Ø int.	_____	Ø int.	_____		
	Móvel Ø ext.	_____	Folga _____	Ø ext. _____	Folga _____	
Mancais radiais		Encontrado		Deixado		
L. Acoplamento	Ø casquilho	_____	Ø casquilho	_____		
	Ø munhão	_____	Folga _____	Ø munhão _____	Folga _____	
	rolamento nº	_____	Fabricante _____	Quant. _____		
L. Externo	Ø casquilho	_____	Ø casquilho	_____		
	Ø munhão	_____	Folga _____	Ø munhão _____	Folga _____	
	rolamento nº	_____	Fabricante _____	Quant. _____		
Mancal de escora	Sapatas: jogo axial encontrado	_____	Deixado	_____		
	Rolamento nº	_____	Fabricante _____	Quant. _____		



Tabela II.6.3 - Relatório de Manutenção de Bombas Centrífugas (Continuação)

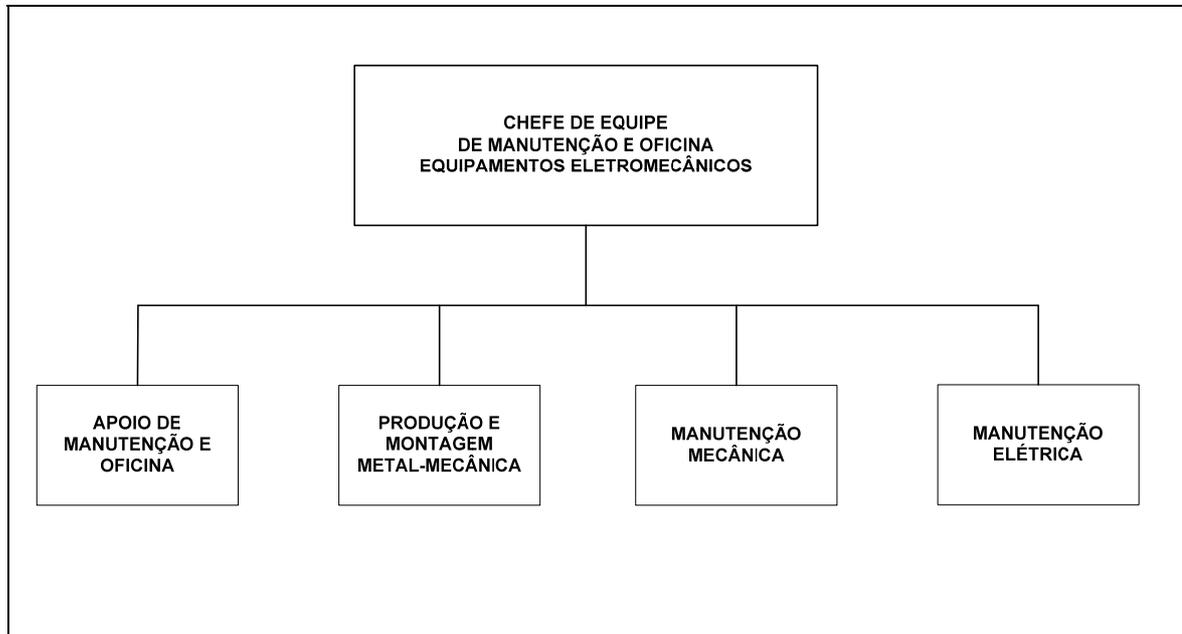
Partes					Em bom estado	Reparado	Substituído
Luvas espaçadoras:							
		Encontrado	Deixado				
1º - 2º estágio	∅ Bucha	Folga	∅ Bucha	Folga			
	∅ Luva		∅ Luva				
2º - 3º estágio	∅ Luva	Folga	∅ Bucha	Folga			
	∅ Luva		∅ Luva				
3º - 4º estágio	∅ Bucha	Folga	∅ Bucha	Folga			
	∅ Luva		∅ Luva				
4º - 5º estágio	∅ Luva	Folga	∅ Bucha	Folga			
	∅ Luva		∅ Luva				
CAIXAS DE GAXETAS							
Lado acoplamento	Luva do Eixo:						
	Anel de gaxeta: Tamanho:		Tipo:	Fab.:			
	Anel da lanterna						
	Selo mecânico: Tamanho:		Tipo:	Código:			
	Bucha						
Bucha da sobreposta:							
Lado externo	Luva do Eixo:						
	Anéis de gaxeta: Tamanho:		Tipo:	Fab.:			
	Anel da lanterna						
	Selo mecânico: Tamanho:		Tipo:	Código:			
	Bucha						
Bucha da sobreposta:							
Tambor balanceamento							
		Encontrado	Deixado				
	∅ Tambor	Folga	∅ Tambor	Folga			
Outras peças							
Croquis							
C. Mestre:					Mestre:		

II.7 - ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

II.7 - ORGANIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

O modelo organizacional ilustrado no organograma apresentado a seguir é genérico e deverá ser adaptado á realidade da Diretoria de Operações da Operadora.

II.7.1 - ORGANOGRAMA



II.7.2 - ATRIBUIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

II.7.2.1 - Setor de Produção e Montagem Metal-mecânica

a) Nível

Encarregado do setor

b) Se subordina a:

Chefe da Manutenção

c) Órgãos Subordinados

Não tem

d) Atribuições

- Confecção de peças de aço, tais como curvas, reduções, derivações, conexões bipartidas, montagem de tubulações em geral em estações de bombeamento;



- Montagem e manutenção de estruturas metálicas, plataformas, esquadrias, portas, e tampões metálicos, monovias, etc.;
- Jateamento e pintura de peças metálicas;
- Trabalho com matéria prima dirigida à fabricação de peças e componentes dos equipamentos eletromecânicos, usando tornos mecânicos, frezas, retificadores, calandras e demais máquinas e equipamentos;
- Produção e montagens em geral dirigidas ao reparo de peças e componentes dos equipamentos eletromecânicos, usando tornos mecânicos, frezas, retífica, mandrilhadora e demais máquinas e equipamentos;
- Preenchimento dos campos correspondentes às Ordens de Serviço.

e) Postos de Trabalho

- Encarregado;
- Operador de máquinas (torno, freza, etc.);
- Caldeireiro;
- Soldador.

II.7.2.2 - Setor de Manutenção Mecânica

a) Nível

- Encarregado do setor

b) Se Subordina a:

- Chefe de Manutenção de Equipamentos Eletromecânicos

c) Órgãos Subordinados

- Não tem

d) Atribuições Básicas

- Executar as atividades de manutenção mecânica, preventiva e corretiva dos equipamentos pertencentes ao sistema, que estejam na oficina;



- Executar as atividades de manutenção mecânica, preventiva e corretiva, dos equipamentos, transportando os equipamentos das oficinas até os locais onde estejam instalados;
- Preencher os campos correspondentes nas Ordens de Serviços.

e) Postos de Trabalho

- Encarregado;
- Mecânico;
- Ajudante de Mecânico.

II.7.2.3 - Setor de Manutenção Elétrica

a) Nível

- Encarregado do setor

b) Se Subordina a:

- Chefe de Oficina e de Manutenção

c) Órgãos Subordinados

- Não tem

d) Atribuições Básicas

- Executar as atividades de manutenção elétrica, preventiva e corretiva, dos equipamentos pertencentes ao sistema que estejam na oficina;
- Executar as atividades de manutenção elétrica, preventivas e corretivas, dos equipamentos pertencentes ao sistema, utilizando oficinas móveis transportando-as até os locais onde estejam instalados os equipamentos a serem mantidos;
- Preencher os campos correspondentes nas Ordens de Serviços.

e) Postos de Trabalho

- Encarregado;
- Eletricista;
- Ajudante de Eletricista.

II.7.2.4 - Setor Apoio da Oficina e Manutenção

a) Nível

- Encarregado de Apoio da Oficina e Manutenção

b) Se Subordina a:

- Chefe de Oficina e Manutenção de Estações de Bombeamento

c) Órgãos Subordinados

- Não tem

d) Atribuições Básicas

- Executar os serviços de requisição, abastecimento e controle do material de oficina;
- Executar as atividades relacionadas à recepção, registro, controle, arquivo e expedição de documentos em trâmite nas atividades de manutenção;
- Executar as atividades de programação e controle dos veículos utilizados pelas oficinas móveis;
- Manter a guarda, controle e registros necessários, dos materiais retirados do almoxarifado;
- Manter a guarda, controle e registros necessários dos equipamentos de reserva existentes;
- Manter a guarda, o controle e registros necessários das ferramentas e instrumentos utilizados pelas atividades de manutenção.

e) Postos de Trabalho

- Secretário;
- Almojarife.

II.7.3 - CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento dos recursos para as atividades de Manutenção de Estações de Bombeamento adota os seguintes parâmetros básicos:

- Quantidade de horas anuais trabalhadas pelo funcionário;

- Quantidade de homens hora (Hh) anuais requeridos pelas atividades de manutenção.

Dos parâmetros envolvidos, a maior dificuldade reside em determinar a quantidade de Hh requerida pelas atividades de manutenção. Na falta de estândares da Operadora, podem ser adotados indicadores extraídos dos dados estatísticos da SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. A base inicial de cálculo é o Programa de Manutenção Preventiva, que tem atividades pré-estabelecidas e com tempos padrões determinados, os quais apresentam uma avaliação satisfatória das necessidades de recursos humanos. Para a Manutenção Corretiva, as necessidades são estimadas com base em dados estatísticos que definem a relação entre a quantidade de $Hh_{(corretiva)}/Hh_{(Preventiva)}$. O valor normalmente aceito para esta relação é:

- $Hh_{(corretivo)} / Hh_{(Preventiva)} = 30\%$

Com base nos Quadros de Manutenção Preventiva (Exemplos de Procedimento), e na relação entre Corretiva e Preventiva, são apresentados nos Quadros II.7.1 e II.7.2 as necessidades de mão de obra anual, em Hh Homens horas, para cada equipamento que normalmente compõe uma estação de bombeamento. Estes valores, multiplicados pela quantidade de equipamentos existentes, e divididos entre o total de Hh anuais que um operador trabalha por ano, resulta na quantidade de operadores, por especialidade.

Aos valores indicados na lista devem ser agregados uma estimativa de necessidades referentes aos traslados até os pontos de trabalho dos equipamentos. Para efeito de comparação, os dados estatísticos da SABESP indicam valores próximos a 25% da soma Preventiva mais Corretiva. Cada Veículo percorre uma média de 1250 Km mensais com uma velocidade média de 33 Km/hora. Este valor deverá ser avaliado pela Diretoria de Operações da Operadora e estimadas as distâncias a serem vencidas, a quantidade de locais a visitar, baseados em um programa de Manutenção específico.

a) Manutenção de Equipamentos Mecânicos

**Quadro II.7.1 - Manutenção de Equipamentos Mecânicos**

EQUIPAMENTO	MANUTENÇÃO PREVENTIVA Hh	MANUTENÇÃO CORRETIVA Hh	SOMA Hh	Operador Hh	EQUIPE MANUTENÇÃO MECÂNICA
Bomba	54	17	71	30	2 MEC+1 AJM
Compressor	27	9	36	25	1 MEC
Registro ou Válvula	28	9	37	25	1 MEC+1 AJM
Redutor de Velocidade	26	8	34	25	1 MEC
Motor Diesel	49	15	64	36	1 MEC

b) Manutenção de Equipamentos Elétricos**Quadro II.7.2 - Manutenção de Equipamentos Elétricos**

EQUIPAMENTO	MANUTENÇÃO PREVENTIVA Hh	MANUTENÇÃO CORRETIVA Hh	SOMA Hh	Operador Hh	EQUIPE MANUTENÇÃO ELÉTRICA
Motor Elétrico	15	5	20	8	1 ELE + 1 AJE
Painel	16	5	21	-	2 ELE
Disjuntor	8	3	11	-	2 ELE
Para-raios	4	2	6	-	1 ELE
Chave Seccionadora	8	3	11	-	2 ELE
Subestação	8	3	11	-	2 ELE
Transformador Potência	8	3	11	-	2 ELE
Transformador Corrente	8	3	11	-	2 ELE
Banco de Capacitores	8	3	11	-	2 ELE
Banco Bateria Alcalina	16	5	21	-	2 ELE
Entrada de Energia	16	5	21	-	2 ELE

MEC = Mecânico de Manutenção

ELE = Eletricista de Manutenção

AJM = Ajudante de Manutenção Mecânica

AJE = Ajudante de Manutenção Elétrica

II.7.3.1 - Quantidade de Veículos para Oficinas Móveis

As oficinas móveis são separadas para cada especialidade Mecânica ou Elétrica. Cada equipe em sua especialidade é constituída de 2 operadores ou mais, e, em uma primeira aproximação, se pode adotar que para cada 4.000 Hh anuais requeridos de cada especialidade, Mecânica ou Elétrica, é necessário um veículo para cada equipe.

II.7.3.2 - Oficina Fixa

Assim como para as oficinas móveis, o dimensionamento das instalações da oficina fixa utiliza indicadores baseados no conjunto de equipamentos a serem mantidos. A lista apresentada a seguir contém valores estatísticos extraídos da SABESP e podem ser utilizados como uma primeira aproximação das necessidades de mão de obra por setor.

Quadro II.7.3 - Oficina Fixa

SETOR DE MECÂNICA	Hh ANUAL/EQUIPE
Bomba	4,3
Válvula	2,9
Redutor de Velocidade	5,1
Compressor Fixo	4,0
Compressor Móvel	11,6
Motor Combustão Interna	5,3
SETOR ELÉTRICO	Hh ANUAL/EQUIPE
Motor Elétrico	6,9
Transformador	7,2
Painel Elétrico	7,5

Disjuntor	9,1
Bomba Submersa	16,1
METAL-MECÂNICA	Hh ANUAL/EQUIPE
Bombas / Válvulas	7,9
CALDEIRARIA	Hh ANUAL/EQUIPE
Bombas / Válvulas	8,8

II.7.4 - SOLICITAÇÃO DE MANUTENÇÃO (SM)

II.7.4.1 - Objetivo

O objetivo da SM é possibilitar que os envolvidos na operação das Estações de Bombeamento solicitem serviços de Manutenção Corretiva aos responsáveis pela manutenção.

II.7.4.2 - Distribuição

A SM é emitida pelos responsáveis pela operação solicitando serviços de manutenção corretiva com duas cópias:

- A primeira deve ser arquivada pelo emissor (operação);
- A outra vai para a manutenção com as informações necessárias para a elaboração dos trabalhos solicitados.

II.7.4.3 - Preenchimento

1. Sigla da Unidade e Número de Identificação da Solicitação

Indicar a sigla, a unidade e o número da solicitação de manutenção.

2. Ordem de Serviço

Indicar o número da Ordem de Serviço.

3. Local

Indicar o local central onde se encontra o equipamento a ser mantido.

4. Sub-Local



Indicar detalhadamente a localização dentro do local central.

5. Aplicação

Indicar a função do equipamento a ser reparado.

6. Ponto

Detalhar a identificação do equipamento dentro de um Sub-local.

Ex.: Bomba 02; Motor Elétrico 05

7. Centro de Custo

Caso seja viável Identificar o Centro de Custos em que será debitado o custo de manutenção.

8. Conta de Despesas

Indicar a conta de despesas por modalidade de manutenção.

Exemplo: Conta de Despesas Mecânicas, Conta de Despesas Elétricas.

9. Local da Execução dos Serviços

Indicar o local onde será executada a manutenção.

Exemplo: Oficina Fixa, Oficina Móvel.

10. Equipamento e/ou Material

Indicar o equipamento ou material que passará por manutenção.

11. Número do Equipamento

Indicar o número ou código do equipamento.

12. Descrição dos Serviços

Indicar os serviços que serão executados.

13. Emissor

Indicar a sigla da unidade, data e o nome da pessoa que emitiu a solicitação de manutenção.

14. Chefia da Unidade

Indicar a unidade, a data e o nome do chefe.



15. Entrada do Equipamento

Indicar a data de entrada do equipamento na oficina.

16. Recebido

Indicar a data de recepção da SM.

17. Localização

Indicar a localização do equipamento na oficina.

18. Visto de Recepção do Equipamento

Assinar a recepção.

19. Prioridade

Indicar a prioridade de execução da manutenção.

20. Executor

Indicar o executor da manutenção.

Ex.: Executor - “Mecânica”, “Elétrica”.

21. Liberação

Assinar e datar a liberação (quando a Manutenção devolver o equipamento reparado para a Operação).

II.7.4.4 - Formulário

O Formulário de Solicitação de Manutenção (EBMA01) é apresentado a seguir.

EBMA01

OPERADORA	SOLICITAÇÃO DE MANUTENÇÃO	SIGLA DA UNIDADE	(1)
		SOLICITAÇÃO NÚMERO	(2)

LOCAL	(3)	SUB-LOCAL	(4)	APLICAÇÃO	(5)	PONTO	(6)	
CENTRO DE CUSTO		DESPESAS	(8)	LOCAL DA EXECUÇÃO DO SERVIÇO				(9)
EQUIPAMENTO E/OU MATERIAL			(10)	NÚMERO DO EQUIPAMENTO				
DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS OU DEFEITOS								(12)
OBSERVAÇÕES								EMITIR UMA SOLICITAÇÃO PARA CADA EQUIPAMENTO
EMISSOR			(13)	CHEFIA DA UNIDADE		(14)	/	

UTILIZAÇÃO EXCLUSIVA DE PROGRAMAÇÃO, CONTROLE E MÉTODOS								
ENTRADA DO EQUIPAMENTO	(15)	RECEBIDO	(16)	LOCALIZAÇÃO	(17)	VISTO DE RECEBIDO	(18)	
/ /		/ /		<input type="checkbox"/> RECEPÇÃO <input type="checkbox"/> OFICINA <input type="checkbox"/> ÁREA <input type="checkbox"/>				
PRIORIDADE	(19)	EXECUTANTE		(20)	LIBERAÇÃO			(21)

II.7.5 - TAREFAS E PERIODICIDADES DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

II.7.5.1 - Bombas Centrífugas

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DIA	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CARCAÇAS	- Inspeccionar visualmente vazamentos		<input type="checkbox"/>						
	- Limpar		<input type="checkbox"/>						
	- Inspeccionar ruído anormal		<input type="checkbox"/>						
	- Pintar		<input type="checkbox"/>						
	- Inspeccionar visualmente rachaduras			<input type="checkbox"/>					
	- Substituir gaxetas					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar visualmente corrosão						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DIA	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ACOPLAMENTO	- Inspeccionar visualmente fugas de graxa		<input type="checkbox"/>						
	- Substituir graxa					<input type="checkbox"/>			
	- Efetuar a verificação dos alinhamentos					<input type="checkbox"/>			
ROLAMENTOS	- Inspeccionar visualmente a lubrificação (nível, fuga)		<input type="checkbox"/>						
	- Inspeccionar ruído anormal		<input type="checkbox"/>						
	- Inspeccionar temperatura elevada		<input type="checkbox"/>						
	- Substituir graxa				<input type="checkbox"/>				
	- Substituir óleo lubrificante					<input type="checkbox"/>			

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DIA	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ROTOR	- Inspeccionar visualmente a cavitação						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar os anéis de desgaste						<input type="checkbox"/>		
	- Medir as folgas entre os anéis de desgaste						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
EIXO	- Inspeccionar visualmente as buchas de proteção						<input type="checkbox"/>		
GAXETA	- Inspeccionar Fugas de Água em excesso pela Gaxeta		<input type="checkbox"/>						
	- Substituir Gaxetas						<input type="checkbox"/>		

II.7.5.2 - Registros e Válvulas

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
REGISTROS VÁLVULAS	- Verificar Operação		☐						
	- Efetuar Limpeza			☐					
	- Efetuar Pintura						☐		
SELO MECÂNICO	- Inspeccionar Fuga excessiva de água pela gaxeta		☐						
	- Substituir gaxeta						☐		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
PARAFUSOS/PORCAS	- Inspeccionar e trocar, se for necessário						<input type="checkbox"/>		
ROLAMENTOS	- Substituir Lubrificantes					<input type="checkbox"/>			
GAVETAS/SEDES	- Inspeção Visual dos Anéis de Desgaste						<input type="checkbox"/>		

II.7.5.3 - Redutor

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CÁRTER	- Inspeccionar visualmente a Lubrificação (Nível/Fugas)		<input type="checkbox"/>						
	- Substituir a Graxa			<input type="checkbox"/>					
	- Substituir o óleo Lubrificante					<input type="checkbox"/>			
CORREIA	- Inspeccionar e Verificar a Tensão		<input type="checkbox"/>						

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

II.7.5.4 - Motor Elétrico

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CAIXA DE CONEXÃO	- Inspeccionar e Limpar				<input type="checkbox"/>				
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar				<input type="checkbox"/>				
CONEXÃO	- Inspeccionar, desoxidar e aplicar antioxidantes					<input type="checkbox"/>			
BASE	- Inspeccionar fixação			<input type="checkbox"/>					

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ACOPLAMENTO	- Inspeccionar alinhamento e corrigir, se for necessário					<input type="checkbox"/>			
ROLAMENTOS	- Inspeccionar existência de fuga de óleo ou graxa			<input type="checkbox"/>					
	- Substituir o óleo				<input type="checkbox"/>				
	- Substituir a graxa				<input type="checkbox"/>				
CARCAÇA	- Inspeccionar e limpar			<input type="checkbox"/>					
	- Remover pontos de ferrugem e pintar, se necessário					<input type="checkbox"/>			

II.7.5.5 - Quadros Elétricos

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
SINALIZAÇÃO	- Inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
LÂMPADAS	- Inspeccionar e substituir, se necessário					<input type="checkbox"/>			
CONTACTORES	- Inspeccionar e limpar					<input type="checkbox"/>			
	- Ajustar, regular e calibrar					<input type="checkbox"/>			
RELÉ	- Inspeccionar e Limpar					<input type="checkbox"/>			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
COMANDO	- Inspeccionar					☐			
BOTÕES E BORNES	- Inspeccionar					☐			
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar indícios de carbonização					☐			
MUFLES	- Inspeccionar					☐			
CONEXÕES	- Inspeccionar, desoxidar e aplicar antioxidantes					☐			

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
TERMINAIS	- Inspeccionar					☐			

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
RÉGUAS TERMINAIS	- Inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
MICRO SWITCH	- Inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
ILUMINAÇÃO INTERNA	- Inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
RESISTÊNCIA DE AQUECIMENTO	- Inspeccionar e limpar					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar, ajustar, regular e calibrar					<input type="checkbox"/>			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
TERMOSTATO	- Inspeccionar, ajustar, regular e calibrar					<input type="checkbox"/>			
PAINÉL	- Inspeccionar e limpar					<input type="checkbox"/>			
	- Remover pontos de oxidação e pintar, se for necessário					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar portas					<input type="checkbox"/>			
	- Ajustar e regular portas					<input type="checkbox"/>			
	- Lubrificar portas					<input type="checkbox"/>			

II.7.5.6 - Disjuntores

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ISOLADORES	- Limpar						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar existência de Rachaduras						<input type="checkbox"/>		
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar indícios de carbonização						<input type="checkbox"/>		
CONTACTORES	- Ajustar, regular, calibrar profundidade						<input type="checkbox"/>		
CONEXÕES	- Desoxidar e aplicar antioxidantes						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
MICRO SWITCH	- Inspeccionar						☐		
RAMPA	- Inspeccionar						☐		
QUADRO	- Inspeccionar						☐		
GUILHOTINA	- Inspeccionar						☐		
INTERTRAVAMENTO	- Inspeccionar						☐		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
HASTE DE ACIONAMENTO	- Ajustar, regular e calibrar						<input type="checkbox"/>		
PAINEL	- Inspeccionar e limpar						<input type="checkbox"/>		
	- Remover pontos de corrosão e pintar, se necessário						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar portas e entradas de ventilação						<input type="checkbox"/>		
	- Ajustar portas						<input type="checkbox"/>		
	- Lubrificar portas						<input type="checkbox"/>		
DISJUNTOR	- Medir tensão CA de alimentação						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
	- Medir tensão CC de alimentação						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar nível de óleo e completar, se necessário						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar fugas de óleo						<input type="checkbox"/>		
	- Lubrificar partes mecânicas de acionamento						<input type="checkbox"/>		
	- Limpar						<input type="checkbox"/>		

II.7.5.7 - Para-raios

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
PARA-RAIOS	- Fazer terra e curto circuito nos terminais de entrada de energia					<input type="checkbox"/>			
	- Limpar					<input type="checkbox"/>			
ISOLADORES	- Inspeccionar existência de rachaduras					<input type="checkbox"/>			
	- Limpar					<input type="checkbox"/>			
CONECTORES	- Inspeccionar existência de rachaduras					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar conexões de pára-raios					<input type="checkbox"/>			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CONEXÕES	- Inspeccionar conexões do sistema de aterramento (fazer terra)					<input type="checkbox"/>			
	- Desoxidar e aplicar antioxidantes					<input type="checkbox"/>			

II.7.5.8 - Chaves Seccionadoras

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ISOLADORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras					<input type="checkbox"/>			
CONEXÕES	- Inspecionar, desoxidar e aplicar antioxidantes					<input type="checkbox"/>			
CHAVE SECCIONADORA	- Medir tensão CA de alimentação					<input type="checkbox"/>			
	- Medir tensão CC de alimentação					<input type="checkbox"/>			
	- Lubrificar partes mecânicas de acionamento					<input type="checkbox"/>			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
	- Ajustar, regular, calibrar acionamento da seccionadora					<input type="checkbox"/>			
PAINEL	- Inspeccionar portas					<input type="checkbox"/>			
	- Ajustar e regular portas					<input type="checkbox"/>			
	- Lubrificar portas					<input type="checkbox"/>			
	- Limpar e inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
	- Remover pontos de oxidação e pintar, se necessário					<input type="checkbox"/>			

II.7.5.9 - Subestação - Cabine Primária

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ISOLADORES	- Limpar e Inspeccionar existência de rachaduras						☐		
CONECTORES	- Limpar e Inspeccionar existência de rachaduras						☐		
CHAVE SECCIONADORA	- Limpar e Inspeccionar						☐		
ACIONAMENTO DA SECCIONADORA	- Ajustar, regular e calibrar						☐		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
MUFLES	- Limpar e inspecionar						☐		
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	- Limpar e Inspecionar						☐		
ELEMENTOS DE PROTEÇÃO	- Inspecionar						☐		
COMPONENTES	- Inspecionar indícios de carbonização						☐		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar indícios de carbonização						<input type="checkbox"/>		
CONEXÕES	- Inspeccionar, desoxidar e aplicar antioxidantes						<input type="checkbox"/>		
PLACAS DE ACLOPAMENTO	- Inspeccionar						<input type="checkbox"/>		
SISTEMA DE	- Limpar						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ILUMINAÇÃO									
CONTACTORES	- Desoxidar e aplicar antioxidantes						☐		
CABINE	- Inspeccionar portas						☐		
	- Ajustar, regular portas						☐		
	- Remover pontos de oxidação e pintar, se necessário						☐		

II.7.5.10 - Transformador de Potência – TP

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ISOLADORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
CONECTORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESSÃO	- Limpar e inspecionar						<input type="checkbox"/>		
RELÉ DE GÁS	- Limpar, inspecionar e testar desempenho						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO	- Limpar e inspecionar						☐		
INDICADOR DE TEMPERATURA DE ÓLEO	- Testar desempenho dos contactos						☐		
SILICA GEL (GEL DE ÓXIDO DE SILÍCIO)	- Limpar recipiente, inspecionar e substituir, se for necessário						☐		
CAIXA DE CONEXÃO	- Limpar e inspecionar						☐		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CONEXÕES	- Inspeccionar, desoxidar e aplicar antioxidantes						<input type="checkbox"/>		
ISOLADORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
CONNECTORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
INDICADOR DE NIVEL	- Limpar e inspecionar						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
DE ÓLEO									
CAIXA DE CONEXÃO	- Limpar e inspecionar						☐		
CONEXÕES	- Inspecionar, desoxidar e aplicar antioxidantes						☐		
JUNTAS	- Inspecionar						☐		
ÓLEO ISOLANTE	- Limpar e Inspecionar possíveis fugas						☐		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CARCAÇA	- Limpar e inspecionar						<input type="checkbox"/>		
	- Remover pontos de oxidação e pintar, se necessário						<input type="checkbox"/>		

II.7.5.11 - Transformador de Corrente - TC

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
ISOLADORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
CONECTORES	- Limpar e inspecionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
INDICADOR DE NÍVEL DE ÓLEO	- Limpar e inspecionar						<input type="checkbox"/>		
CAIXA DE CONEXÃO	- Limpar e inspecionar						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CONEXÕES	- Inspeccionar, desoxidar e aplicar antioxidantes						☐		
JUNTAS	- Inspeccionar						☐		
ÓLEO ISOLANTE	- Limpar e Inspeccionar possíveis fugas						☐		
CARCAÇA	- Limpar e inspeccionar						☐		
	- Remover pontos de oxidação e pintar, se necessário						☐		

II.7.5.12 - Banco de Capacitores

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CAPACITOR	- Descarregar durante 10 minutos						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar conexões						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar terminais						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar fuga de óleo						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar existência de arqueamento						<input type="checkbox"/>		
SECCIONADORA	- Inspeccionar conexões						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
SISTEMA DE TOMADA DE TERRA	- Inspeccionar conexões						<input type="checkbox"/>		
CONEXÕES	- Desoxidar, limpar, aplicar antioxidantes e reajustar						<input type="checkbox"/>		
CARÇAÇA	- Inspeccionar e limpar						<input type="checkbox"/>		
	- Remover pontos de corrosão e pintar, se necessário						<input type="checkbox"/>		
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar indícios de carbonização						<input type="checkbox"/>		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
FUSÍVEIS	- Inspeccionar bases e contactos						<input type="checkbox"/>		
	- Limpar						<input type="checkbox"/>		

II.7.5.13 - Banco de Baterias Alcalinas

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
BATERIAS	- Medir tensão de cada elemento						<input type="checkbox"/>		
	- Medir temperatura de cada elemento						<input type="checkbox"/>		
	- Medir densidade de cada elemento						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar nível de eletrólito e completar, se necessário						<input type="checkbox"/>		
	- Aplicar carga de homogeneização se necessário						<input type="checkbox"/>		
	- Recarregar se necessário						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar Terminais						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar conexões						<input type="checkbox"/>		

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
	- Inspeccionar existência de rachaduras						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar fugas						<input type="checkbox"/>		
	- Inspeccionar elementos						<input type="checkbox"/>		
CABOS E FIAÇÃO	- Inspeccionar indícios de carbonização						<input type="checkbox"/>		
VALVULAS DE ALÍVIO DE PRESSÃO	- Inspeccionar						<input type="checkbox"/>		
ESTRUTURA	- Inspeccionar e limpar						<input type="checkbox"/>		

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
	- Remover pontos de corrosão e pintar, se necessário						☐		

II.7.5.14 - Entrada de Energia para Subestação Aérea

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CARÇAÇA	- Inspeccionar e limpar					<input type="checkbox"/>			
	- Remover pontos de corrosão e pintar, se for necessário					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar nível de óleo e completar, se for necessário					<input type="checkbox"/>			
ISOLADORES	- Inspeccionar e limpar					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar existências de rachaduras					<input type="checkbox"/>			
RADIADORES	- Limpar aletas de refrigeração					<input type="checkbox"/>			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
PARA-RAIOS	- Inspeccionar existências de rachaduras nos isoladores					<input type="checkbox"/>			
	- Inspeccionar terminais e conexões					<input type="checkbox"/>			
SISTEMA DE ATERRAMENTO	- Inspeccionar conexões					<input type="checkbox"/>			
CRUZETAS	- Inspeccionar					<input type="checkbox"/>			
CONECTORES	- Inspeccionar existência de rachaduras					<input type="checkbox"/>			

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
CONEXÕES	- Desoxidar, limpar e aplicar antioxidantes					<input type="checkbox"/>			
ESTRUTURA	- Inspeccionar, remover pontos de corrosão e pintar, se necessário					<input type="checkbox"/>			

II.7.5.15 - Conjuntos Motobombas Submersos

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
BOMBA - MOTOR	- Verificar a Voltagem, Amperagem e Ohmiagem		☐						
BOMBA - MOTOR	- Desmontar o motor e desacoplar a bomba					☐			
	- Inspeccionar os eixos, anéis, rolamentos e trocar, se necessários					☐			
	- Inspeccionar bases de sustentação do motor e trocar, se for necessário					☐			
	- inspeccionar selos mecânicos					☐			
	- Verificar partes elétricas do rotor					☐			

* DI: Diário; SE: Semanal; ME: Mensal; TR: Trimestral; SEM: Semestral; AN: Anual; BI: Dois anos; TRI: Três anos.

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	PERIODICIDADE*							
		DI	SE	ME	TR	SEM	AN	BI	TRI
	- Montar e executar as testes completos incluindo de alinhamento					<input type="checkbox"/>			
	- Checar o isolamento do cabo de conexão elétrica					<input type="checkbox"/>			
	- Regular o conjunto motor-bomba					<input type="checkbox"/>			
	- Revisar as válvulas de retenção da coluna, reparar ou trocar, se necessários					<input type="checkbox"/>			
	- Inspecionar o sistema de lubrificação do motor, limpeza do filtro e trocar, se necessário					<input type="checkbox"/>			

II.8 - ALINHAMENTO

II.8 - ALINHAMENTO

O alinhamento da bomba com o motor é uma etapa de alta importância não só por ocasião da instalação como por ocasião das revisões periódicas. Do alinhamento depende o correto funcionamento da bomba e componentes, pois, desalinhamento pode causar vibração, aquecimento, desgaste prematuro de componentes e mesmo uma falha mecânica séria do equipamento.

II.8.1 - DEFINIÇÃO

Dois eixos estão alinhados quando suas linhas de centro formam uma única reta no espaço.

II.8.2 - TIPOS DE DESALINHAMENTO

O desalinhamento pode ser classificado em radial (paralelo) e axial (angular). O desalinhamento é dito radial ou paralelo quando as linhas de centro são retas paralelas (Figura II.8.1).

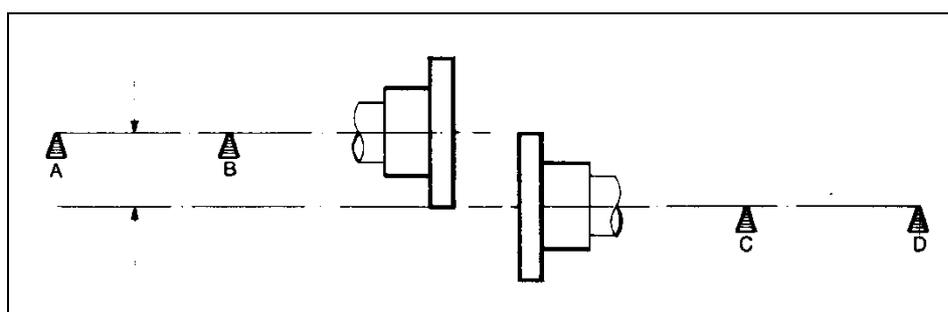


Figura II.8.1 - Desalinhamento radial ou paralelo

O desalinhamento é dito axial ou angular quando as linhas de centro são retas convergentes (Figura II.8.2).

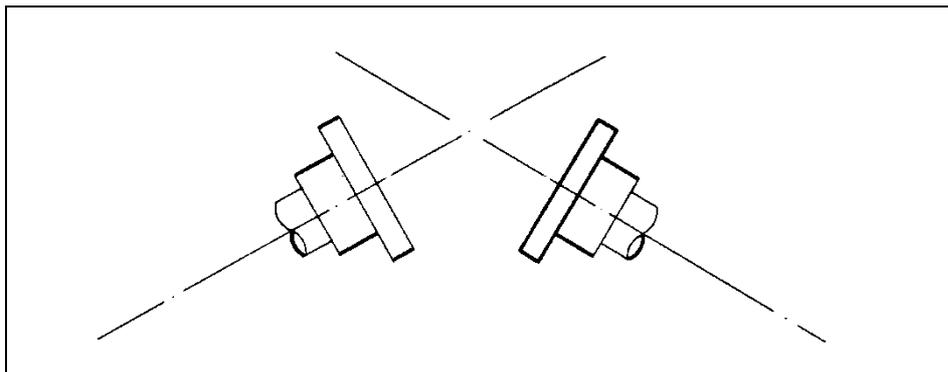


Figura II.8.2 - Desalinhamento axial ou angular

II.8.3 - MEDIÇÃO E CORREÇÃO DO DESALINHAMENTO RADIAL OU PARALELO

De uma maneira simples, o desalinhamento radial ou paralelo pode ser medido com uma régua e um calibrador de lâminas. Assenta-se a régua sobre os cubos em quatro posições defasadas de 90°. Não havendo desalinhamento radial, a régua assentar-se-á perfeitamente, enquanto que havendo desalinhamento, este poderá ser medido, para posterior correção, inserindo-se o calibrador de lâminas entre a régua e o cubo (Figura II.8.3).

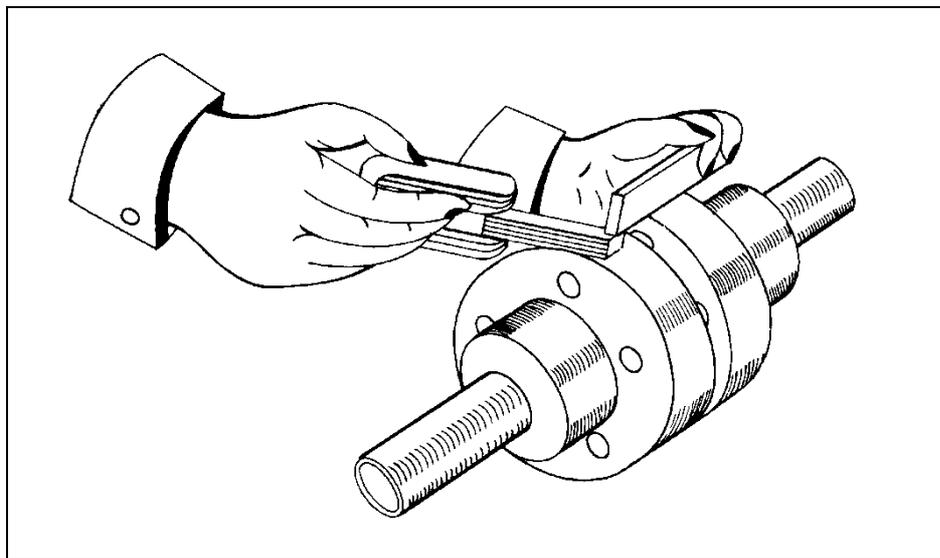


Figura II.8.3 - Medição de desalinhamento radial com régua e calibrador de lâminas

Uma outra forma mais precisa de medição do desalinhamento radial ou paralelo é mediante a utilização de um micrômetro de mostrador também chamado de relógio comparador. Neste caso, deve-se montá-lo sobre um dos eixos ou cubo do acoplamento de uma das máquinas e colocar a ponta apalpadora do relógio em contato com a periferia (geratriz) do cubo do acoplamento ligado ao outro eixo (Figura II.8.4).

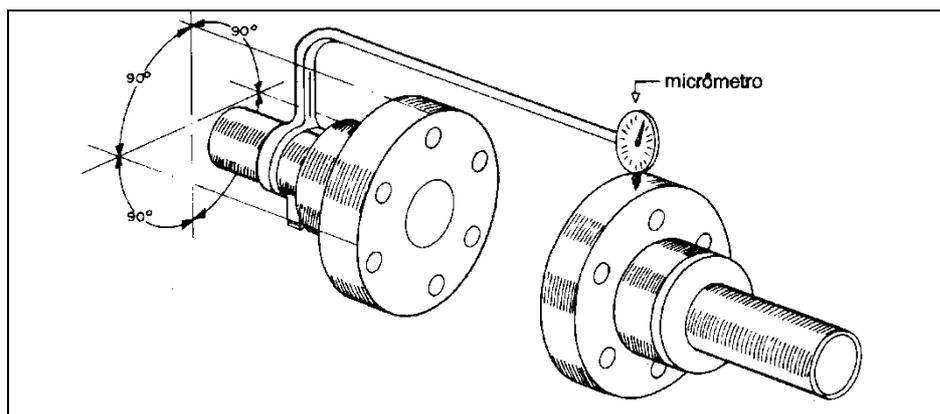


Figura II.8.4 - Medição de desalinhamento radial com micrômetro de mostrador

As medidas são executadas a cada 90°, girando-se os dois eixos em conjunto para que o ponteiro do micrômetro de mostrador (relógio comparador) fique em contato com o mesmo ponto. Esta providência é necessária pois, caso contrário, o relógio poderá indicar medidas de irregularidades da periferia do cubo sendo lido que poderão ser erroneamente interpretadas como desalinhamento. Para exemplificar este método, suponhamos que das leituras efetuadas no conjunto da Figura II.8.4 tenham resultado os valores mostrados na Figura II.8.5. Notar que, por convenção, leituras positivas correspondem a ponteiro entrando no relógio enquanto leituras negativas correspondem a ponteiro saindo do relógio.

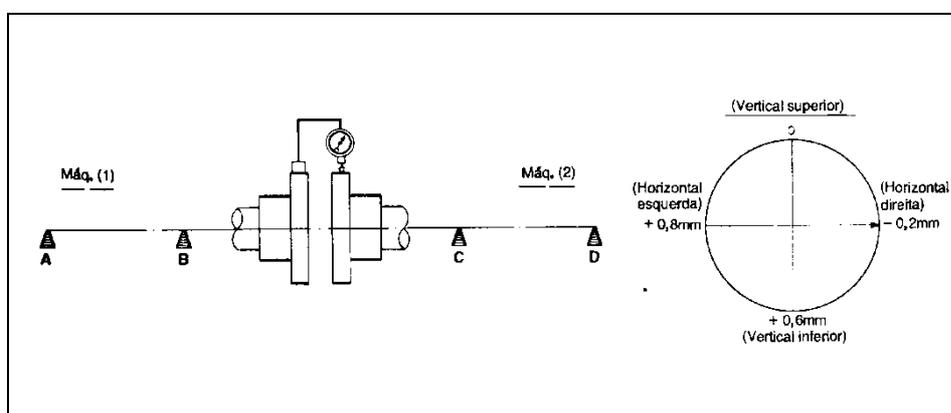


Figura II.8.5 - Medidas de desalinhamento radial ou paralelo

II.8.3.1 - Correção do Desalinhamento Radial no Plano Vertical

Como a medida no plano vertical inferior foi de +0,6 mm isto implica que o ponteiro do relógio entrou nesta posição, ou seja, que o eixo da máquina (2) está 0,3 mm mais baixo que o da máquina (1) (Figura II.8.6). A correção neste caso seria retirar 0,3 mm de calços dos apoios A e B ou colocar 0,3 mm de calços nos apoios C e D, conforme conveniência.

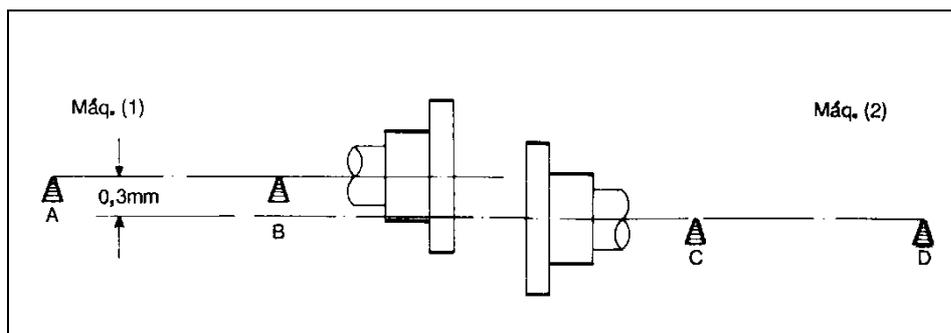


Figura II.8.6 - Correção de desalinhamento radial no plano vertical

II.8.3.2 - Correção do Desalinhamento Radial no Plano Horizontal

Como as medidas são relativas, sempre podemos somar algebricamente quantidades arbitradas aos valores medidos. Então, somando +0,2 mm, os novos valores serão:

– 0,2 + 0,2 = 0 para a leitura da horizontal direita.

+ 0,8 + 0,2 = + 1,0 mm para a leitura da horizontal esquerda.

Como o ponteiro do relógio entrou +1,0 mm na esquerda, isto significa que a máquina (2) está deslocada 0,5 mm para a esquerda em relação à máquina (1) (Figura II.8.7). A correção, neste caso, será deslocar a máquina (1) de 0,5 mm para a esquerda ou deslocar a máquina (2) de 0,5 mm para a direita, conforme conveniência.

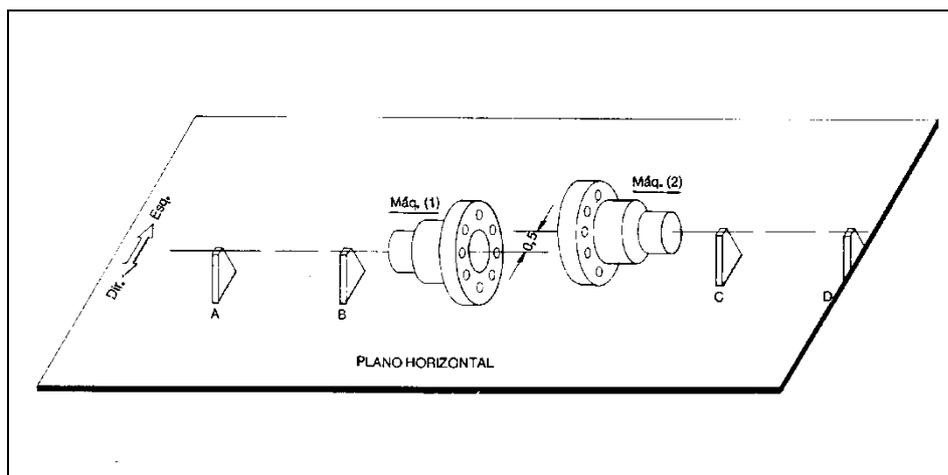


Figura II.8.7 - Correção de desalinhamento radial no plano horizontal

II.8.3.3 - Medição e Correção de Desalinhamento Axial ou Angular

A verificação do desalinhamento axial ou angular consiste em verificar o paralelismo das faces dos cubos do acoplamento. Uma maneira simples de medição é inserir calibres cônicos entre as faces dos cubos a cada 90° (Figura II.8.8-a) ou medir nos mesmos pontos através de micrômetro de medidas internas (Figura II.8.8-b).

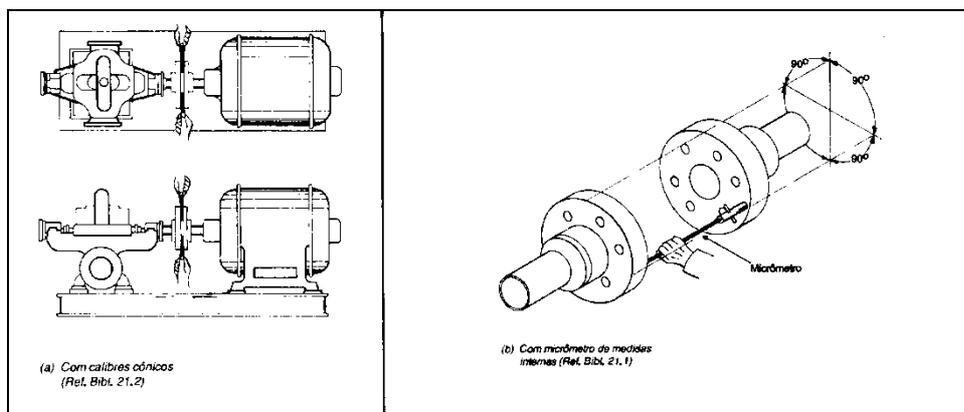


Figura II.8.8 - Medição de desalinhamento angular

Uma outra forma mais precisa de verificar o desalinhamento angular é através do micrômetro de mostrador (relógio comparador). Neste caso, monta-se o instrumento no eixo ou cubo do acoplamento de uma das máquinas e coloca-se a ponta apalpadora do relógio em contato com a face do cubo de acoplamento ligado a outra máquina (Figura II.8.9). Aqui também se fazem as leituras a cada 90°, girando-se os dois eixos em conjunto para evitar a interferência nas leituras de possíveis irregularidades da face do cubo do acoplamento.

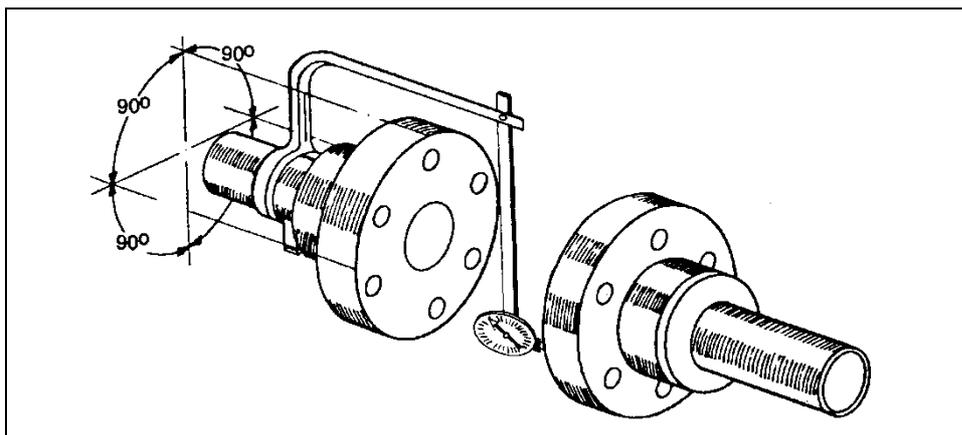


Figura II.8.9 - Medidas de desalinhamento angular com micrômetro de mostrador

Para exemplificar este método, suponhamos que das leituras efetuadas no conjunto da Figura II.8.9 tenha resultado os valores mostrados na Figura II.8.10, onde pretendemos alinhar deslocando a máquina (1).

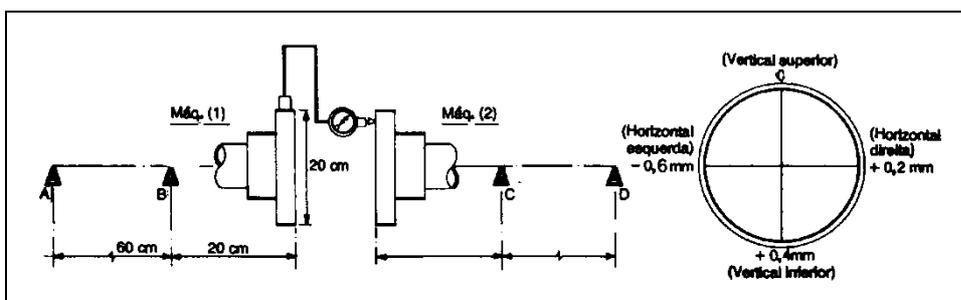


Figura II.8.10 - Medidas de desalinhamento angular

II.8.3.4 - Correção do Desalinhamento Angular no Plano Vertical

Como a medida no plano vertical inferior foi de + 0,4 mm (Figura II.8.10), o ponteiro do relógio está entrando nesta posição, o que implica que a face vertical inferior do cubo da máquina (2) está 0,4mm mais próxima da face do cubo da máquina (1). Como estas medidas são relativas e pretendemos alinhar deslocando a máquina (1), este desalinhamento pode ser ilustrado conforme mostra a Figura II.8.11 e corrigido de acordo com os valores a seguir calculados.

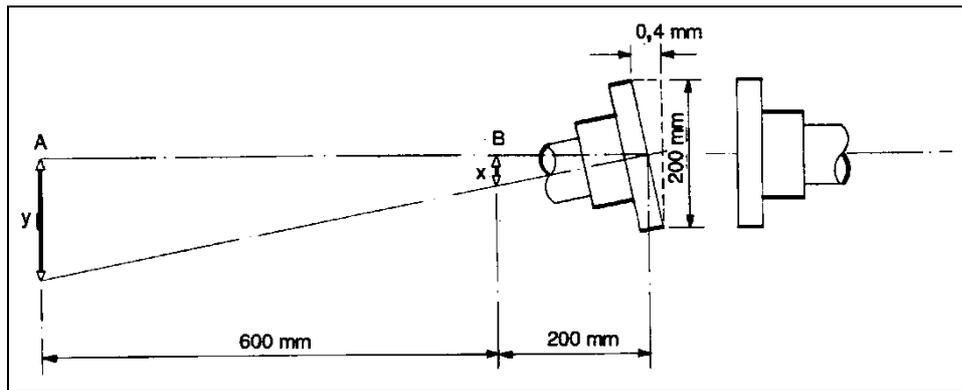


Figura II.8.11 - Correção do desalinhamento angular no plano vertical

Então:

$$\frac{x}{0,4} = \frac{200}{200}$$

$x = 0,4$ mm de calço em B.

$$\frac{x}{0,4} = \frac{800}{200}$$

$x = 1,6$ mm de calço em A.

II.8.3.5 - Correção do Desalinhamento Angular no Plano Horizontal

Somando algebricamente ($- 0,2$ mm) aos valores mostrados na Figura II.8.10; temos:

$$+ 0,2 - 0,2 = 0 \text{ (para a horizontal - direita)}$$

$$- 0,6 - 0,2 = - 0,8 \text{ mm (para a horizontal - esquerda)}$$

Então, como o ponteiro do relógio saiu $0,8$ mm na face horizontal esquerda do cubo da máquina (2), isto indica que no plano horizontal esta face está afastada $0,8$ mm da face correspondente do cubo da máquina (1). Entretanto, como as medidas são relativas e pretendemos alinhar deslocando a máquina (1), este desalinhamento pode ser ilustrado conforme mostra a Figura II.8.12 e corrigido de acordo com os valores a seguir calculados.

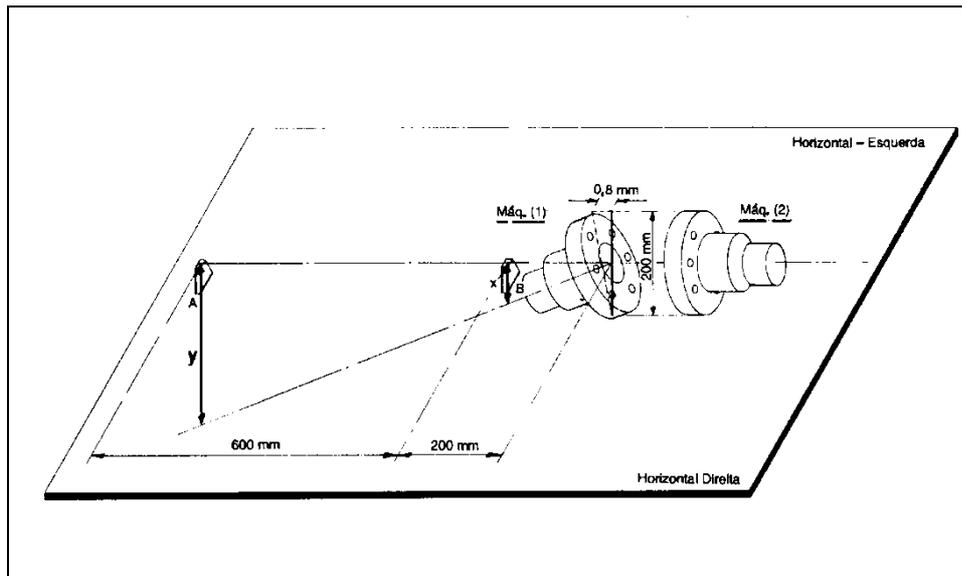


Figura II.8.12 - Correção de deslignamento angular no plano horizontal

Então:

$$\frac{x}{0,8} = \frac{200}{200}$$

$$x = 0,8 \text{ mm (deslocar B para a esquerda)}$$

$$\frac{y}{0,8} = \frac{800}{200}$$

$$y = 3,2 \text{ mm (deslocar A para a esquerda)}$$

II.8.3.6 - Desalinhamento Misto (Radial + Angular)

Na verdade, em boa parte dos casos o que ocorre é um misto de desalinhamento radial e angular. Naturalmente, poderíamos proceder como mostrado até aqui realizando primeiro as leituras radiais, depois as angulares e fazendo as devidas correções. Entretanto, estas leituras podem ser feitas simultaneamente através da utilização de dois relógios comparadores conforme ilustrado na Figura II.8.13, que mostra os mesmos valores de desalinhamento do exemplo discutido neste Capítulo.

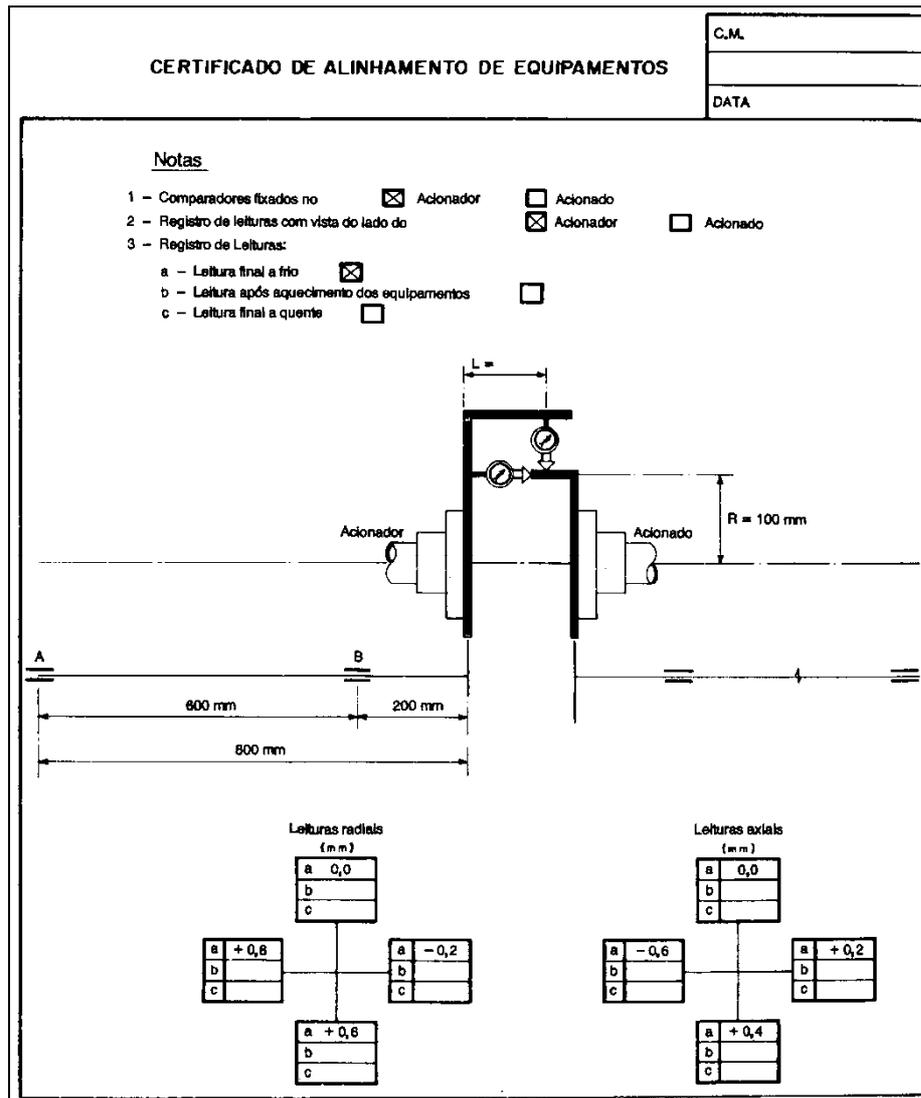


Figura II.8.13 - Leitura de desalinhamento misto com dois relógios comparadores

II.8.3.7 - O Método Reverso

Este é um outro método para medir desalinhamento com dois relógios comparadores. Neste caso os dois relógios são fixados nas faces de cada cubo axial com a ponta apalpadora em contato com a periferia (geratriz) do outro cubo do acoplamento (Figura II.8.14) e realizando leituras a cada 90°.

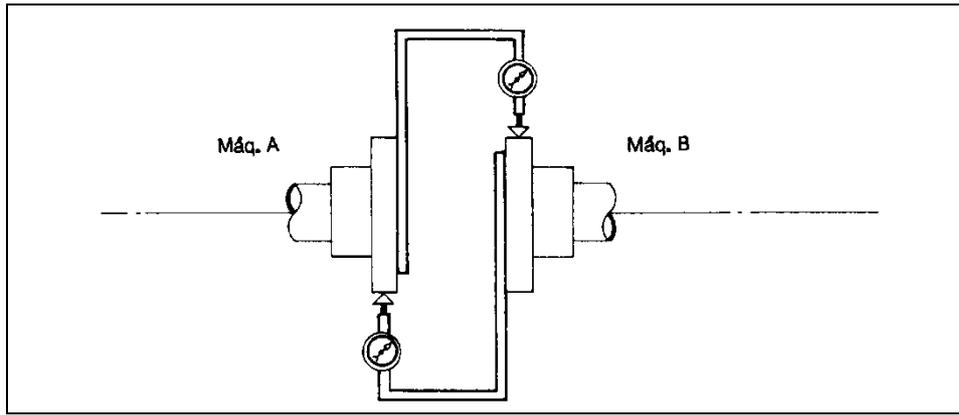


Figura II.8.14 - Esquema do método reverso

Este método apresenta como vantagem a não interferência nas leituras do desalinhamento em virtude de possíveis deslocamentos axiais do eixo. Na prática ele é particularmente recomendado se:

$$L > D/2,$$

onde:

L = distância entre as duas faces dos cubos dos acoplamentos.

D = diâmetro do acoplamento.

Para exemplificar o método, consideremos o conjunto motor (máquina A) e bomba (máquina B) mostrados na Figura II.8.15 e as respectivas medidas obtidas pelo método reverso.

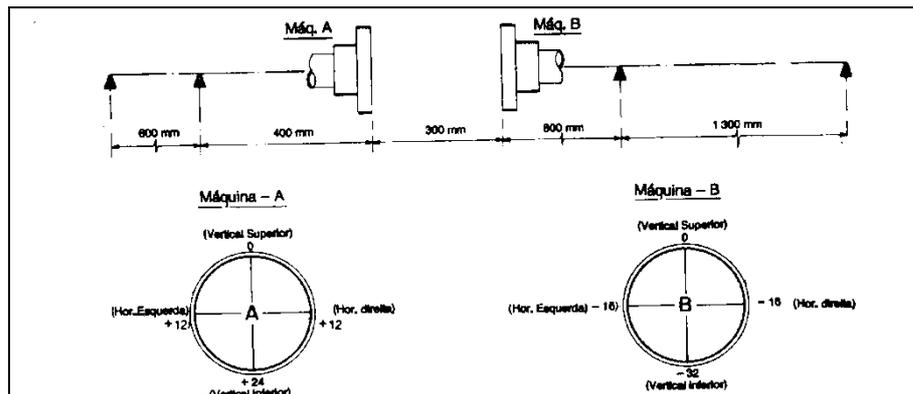


Figura II.8.15 - Medidas de desalinhamento pelo método reverso

II.8.3.8 - Alinhamento no Plano Vertical

A leitura A mostra que a reta da linha de centro da máquina A na posição medida está doze centésimos de mm abaixo da reta da máquina B, enquanto que a leitura B mostra que a máquina B na posição medida está dezesseis centésimos de mm acima da máquina A. Combinando estas duas informações podemos traçar a Figura II.8.16 que permite calcular as devidas correções no plano vertical, considerando-se que pretendemos alinhar movendo a máquina B.

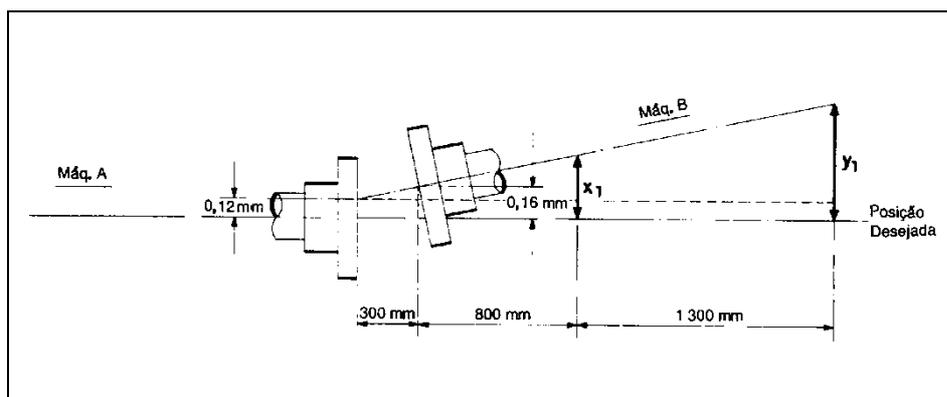


Figura II.8.16 - Correção de desalinhamento no plano vertical pelo método reverso

Então:

$$\frac{(800 + 300)}{300} = \frac{(x_1 - 0,12)}{(0,16 - 0,12)} \quad \Rightarrow x_1 = 0,27 \text{ mm}$$

$$\frac{(300 + 800 + 1300)}{300} = \frac{(y_1 - 0,12)}{(0,16 - 0,12)} \quad \Rightarrow y_1 = 0,44 \text{ mm}$$

Logo, $x_1 = 0,27 \text{ mm}$ e $y_1 = 0,44 \text{ mm}$ de calços devem ser retirados da máquina B nos respectivos pontos de apoio.

II.8.3.9 - Alinhamento no Plano Horizontal

As leituras A e B mostram que, neste caso particular, a máquina A está 0,08 mm à esquerda da máquina B e está, por sua vez, 0,08 mm à direita da máquina A (Figura II.8.17). Então, neste caso, bastará deslocar a máquina B 0,08 mm para esquerda paralelamente ao eixo.

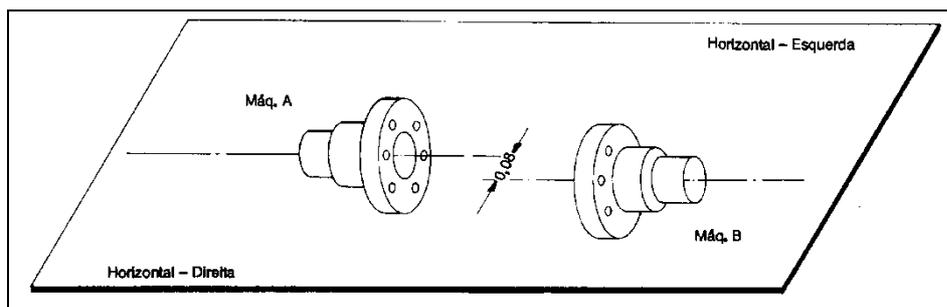


Figura II.8.17 - Correção de desalinhamento no plano horizontal pelo método reverso

II.8.3.10 - Tolerâncias no Alinhamento

Na falta de informações do fabricante para o caso em particular, Pio recomenda como aceitáveis tolerâncias que não ultrapassem 0,05 mm.

II.8.3.11 - Dilatação a Quente

Em equipamentos que trabalham a quente, a conseqüente dilatação implicará em distorção do alinhamento realizado a frio. Existem algumas alternativas para contornar este problema. A primeira delas é compensar a dilatação a quente durante o alinhamento a frio. O sucesso deste enfoque depende da confiabilidade das informações, sendo recomendável utilizar as recomendações do fabricante do equipamento.

Uma segunda alternativa é verificar o alinhamento a quente. Neste caso, os métodos anteriormente descritos podem ser utilizados, porém exigem a parada dos equipamentos e abertura dos acoplamentos. Entretanto, o tempo necessário a esta operação pode ser suficiente para resfriar parcialmente o equipamento, tornando a verificação inconsciente. Finalmente, a terceira alternativa é a verificação do alinhamento a quente com o conjunto em operação. Esta alternativa é de mais difícil execução pois exige dispositivos especiais para adaptação dos relógios comparadores ou uso de métodos mais sofisticados e nem sempre disponíveis como alinhamento ótico ou *probes* de medição.

II.9 – VIBRAÇÕES

II.9 - VIBRAÇÕES

Conforme mencionado no Capítulo II.8, o estudo de vibrações constitui uma poderosa ferramenta para análise do estado da máquina. Neste capítulo far-se-á uma abordagem prática do assunto, tratando-se itens como níveis aceitáveis de vibração em máquinas e correlação vibração *versus* possíveis causas.

II.9.1 - CONCEITUAÇÃO DE VIBRAÇÃO

De uma maneira elementar, vibração pode ser definida como um movimento periódico, ou seja, que se repete em todas as suas particularidades, após um certo intervalo de tempo denominado período. A forma mais simples de ilustrar o fenômeno é visualizar o movimento de um peso suspenso por uma mola (Figura II.9.1-a). Se não há nenhuma força aplicada, o peso não move. Se aplicarmos uma força para cima o peso se move comprimindo a mola. Se agora retirarmos a força, o peso passará a oscilar entre um limite superior e outro inferior, passando por uma posição neutra. Portanto, a vibração é causada por uma força perturbadora podendo, no caso de uma máquina, agir como fatores atenuantes o peso, a rigidez e a capacidade de amortecimento.

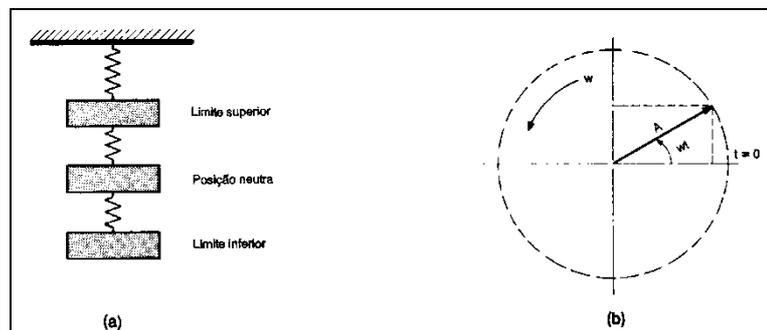


Figura II.9.1 - Ilustração do fenômeno vibratório

Este movimento oscilante do peso pode ser representado por um vetor de módulo **A** girando com velocidade angular uniforme **w** no sentido contrário aos ponteiros do relógio (Figura II.9.1-b). Neste exemplo, tanto a projeção horizontal ($A \cos wt$) quanto a projeção vertical ($A \sin wt$) do vetor serve para ilustrar o movimento oscilante. Adotaremos aqui a projeção vertical; então, se:

$$x = A \sin(wt), \quad (\text{Eq. II.9.1})$$

a velocidade e a aceleração podem ser escritas, como:

$$v = \frac{dx}{dt} = +Aw \cos(wt) \quad (\text{Eq. II.9.2})$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -Aw^2 \text{sen}(wt) \quad (\text{Eq. II.9.3})$$

E o movimento oscilatório pode ser associado a uma função senoidal como ilustrado na Figura II.9.2.

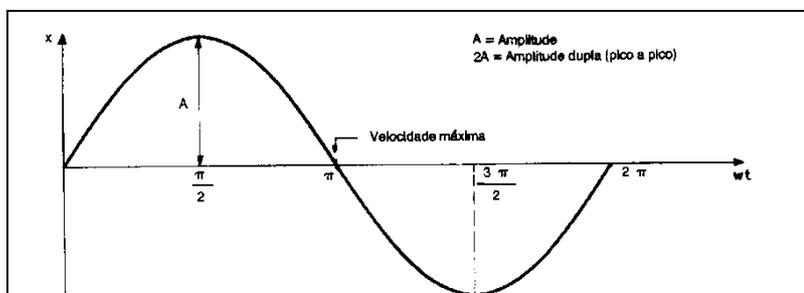


Figura II.9.2 - Ilustração de vibração simples

Nesta figura, a velocidade ($v = Aw \cos wt$) é zero no pico superior ($wt = \frac{\pi}{2}$), visto que o peso tem que parar antes de mudar o sentido de deslocamento. Em seguida, ela começa a aumentar até atingir o máximo, quando passa pela posição neutra ($wt = \pi$). Já a aceleração ($a = -Aw^2 \text{sen } wt$) atinge, em módulo, valores máximos, mínimos e nulos, em concordância com o deslocamento ($x = A \text{sen } wt$), visto que ambos são, neste caso, funções senoidais. Considerando ainda a Figura II.9.2, vemos que o período do movimento vibratório que chamaremos de **T** será atingido quando $wt = 2\pi$ (quando o ciclo é completado).

Então:

$$T = \frac{2\pi}{w} \quad (\text{Eq. II.9.4})$$

sendo:

T em s.

w em rad/s.

Como freqüência (**f**) é o número de ciclos na unidade de tempo, será o inverso do período (**T**); então:

$$f = \frac{w}{2\pi} \quad (\text{Eq. II.9.5})$$

A velocidade máxima pode então ser definida como:



$$V_{m\acute{a}x} = Aw = 2\pi fA \quad (\text{Eq. II.9.6})$$

onde:

A = amplitude

2A = amplitude dupla (pico a pico)

Da mesma forma, o m3dulo da acelera33o m3xima ser3:

$$a_{m\acute{a}x} = Aw^2 = 4\pi^2 f^2 A \quad (\text{Eq. II.9.7})$$

Na realidade, tem-se quatro vari3veis caracterizadoras do fen3meno vibrat3rio **A**, **v**, **f**, e **a** e, conhecendo-se o valor de duas delas, as demais podem ser determinadas; por exemplo:

conhecidos f e A, temos: $v = 2\pi fA$ e $a = 4\pi^2 f^2 A$ (Eq.'s II.9.8)

conhecidos v e A, temos: $f = v/2\pi A$ e $a = v^2/A$ (Eq.'s II.9.9)

conhecidos v e f, temos: $A = v/2\pi f$ e $a = 2\pi fv$ (Eq.'s II.9.10)

Todas as quatro vari3veis s3o importantes no estudo de vibra33es tanto no que diz respeito aos n3veis aceit3veis quanto na elucida33o da causa da vibra33o. No que diz respeito 3 signific3ncia quanto 3 defini33o dos n3veis aceit3veis de vibra33o, se considerarmos um sistema vibrando com diferentes freq3ncias e amplitudes constantes, a aplica33o das Eq.'s (II.9.8) mostrar3 que para m3quinas lentas (baixa freq3ncia) a amplitude 3 a vari3vel mais significativa, enquanto que, para m3quinas r3pidas (alta freq3ncia) a acelera33o 3 mais significativa com a velocidade sendo mais significativa em freq3ncias m3dias. Assim sendo, no campo de bombas, as vari3veis normalmente utilizadas como par3metro para definir aceitabilidade de n3veis de vibra33o s3o a amplitude e a velocidade.

II.9.2 - VIBRA33O COMPOSTA

Na realidade, em muitos casos a vibra33o 3 composta, isto 3, decorrente de v3rias for3as perturbadoras. Esta situa33o 3 visualizada na Figura II.9.3.

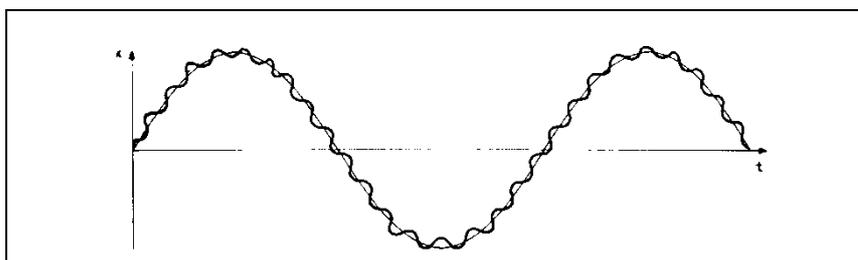


Figura II.9.3 - Vibração composta

Em uma situação como esta, a existência de um analisador de vibração com seletor de frequências (filtro) permitiria analisar as componentes e a frequência dominante. No exemplo da Figura II.9.3 observaríamos, então, um componente de baixa frequência e alta amplitude e outro de alta frequência e pequena amplitude (Figura II.9.4).

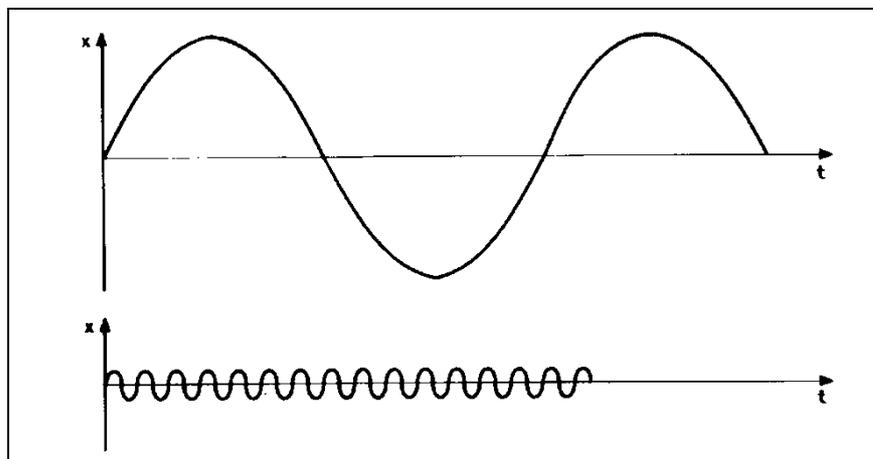


Figura II.9.4 - Componentes da vibração composta

II.9.3 - FASE DE VIBRAÇÃO

O movimento ilustrado na Figura II.9.1-b é fundamentalmente o movimento da projeção sobre o diâmetro do raio correspondente a um ponto (massa) que gira com velocidade de w na periferia de uma circunferência. Denomina-se fase de vibração ao ângulo que localiza o ponto (massa) em consideração (Figura II.9.5).

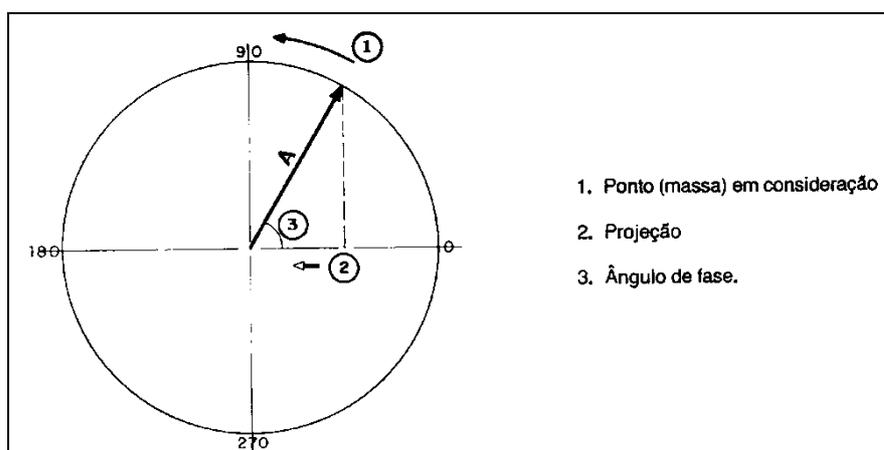


Figura II.9.5 - Ângulo de fase

A determinação deste ângulo tem especial importância no balanceamento dinâmico.



II.9.4 - INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Os instrumentos utilizados para medição de vibração vão desde sensores sísmicos portáteis, usualmente capazes de medir velocidade e por integração, amplitude de vibração, até equipamentos sofisticados como o analisador de tempo real. Naturalmente, equipamentos com maiores recursos são mais necessários para máquinas de maior porte, complexidade e importância, como, por exemplo, os compressores de processo. Os instrumentos mais encontrados são:

II.9.4.1 - Sensor Sísmico de Velocidade

Muito usado como instrumento portátil, diretamente acoplado a equipamentos de análise ou medição, particularmente por não exigir cabos especiais ou tratamento sofisticado do seu sinal para transformá-lo em leitura de deslocamento. Seu princípio de funcionamento consiste em gerar uma tensão elétrica proporcional à velocidade de vibração devido ao movimento relativo provocado entre um ímã permanente e uma bobina fixa quando em contato com uma superfície vibrante.

II.9.4.2 - Sensor Sísmico de Aceleração (acelerômetros)

Neste caso a tensão elétrica é proporcional à aceleração a que é submetida uma pilha de cristais piezoelétricos, quando o instrumento é posto em contato com uma superfície vibrante. Diferentemente dos sensores de velocidade, os acelerômetros possuem alta impedância, o que obriga a conversões eletrônicas mais complexas e custosas. Devido a sua maior faixa de sensibilidade, pode captar baixas frequências estranhas o que poderá deturpar o valor de amplitude obtido por dupla integração. Em função disto pode necessitar uso de filtro.

II.9.4.3 - Sensor sem Contato

Adequado para monitorização, consiste de sensor propriamente dito, de um cabo de acoplamento elétrico e de um oscilador demodulador. Tem seu funcionamento baseado nas perdas de corrente absorvidas por um metal em função da distância entre o sensor e o alvo da medição. As leituras sofrem influência do metal alvo, das imperfeições da superfície e da magnetização. Este desvio (*run out*) necessita em certos casos ser eliminado para possibilitar adequada análise. Uma de suas principais aplicações é a medição da posição relativa de componentes.

II.9.4.4 - Medidores de Frequência

Consistem de circuitos elétricos que, analogamente ao rádio, sintonizam por ressonância o valor da frequência mediante ajuste de condensador de maneira a obter maior intensidade de sinal na frequência induzida.

II.9.4.5 - Medidores de Ângulo de Fase

Existem, basicamente, dois meios de se obter o ângulo de fase. O primeiro consiste em acoplar eletricamente uma lâmpada estroboscópica a um medidor de frequências, de forma que a cada ciclo a lâmpada emita um clarão. Devido à sincronização, observa-se o componente rotativo imóvel.

O segundo meio de obter o ângulo de fase é emitir pulsos coordenados com a rotação da máquina, para cuja visualização utiliza-se um osciloscópio acoplado ao sensor de intensidade e ao gerador de pulsos. De qualquer forma, a medição do ângulo de fase é importante para o balanceamento dinâmico e correlação 'vibração *versus* causa', particularmente em grandes máquinas.

II.9.4.6 - Medidor de Órbitas

Consiste em acoplar os sinais de dois sensores de deslocamento defasados de 90° em um osciloscópio. O resultado será a obtenção da órbita do movimento, também de grande utilidade na análise de vibração.

II.9.4.7 - Analisador de Tempo Real

São os mais sofisticados instrumentos e conseqüentemente os mais onerosos. Neste caso, obtém-se uma figura bidimensional (Figura II.9.6) que permite visualizar 'amplitude *versus* frequência' ao longo do tempo.

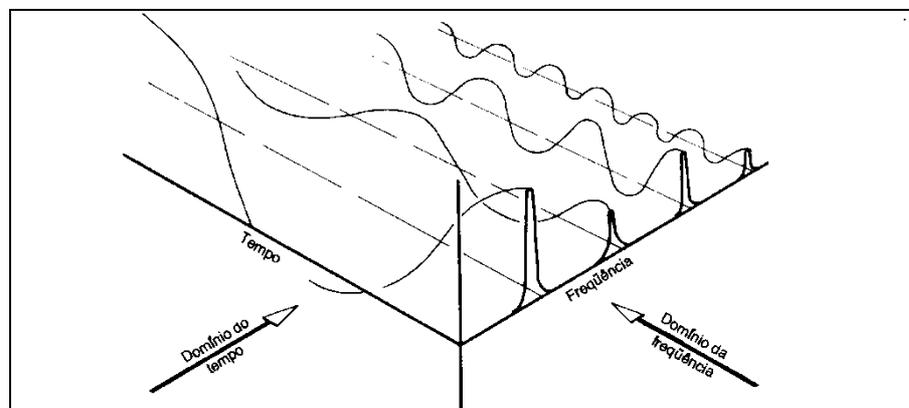


Figura II.9.6 - Saída de analisador de tempo real (Ref. Bibl. 22.2)



II.9.5 - MÉTODO DE MEDIÇÃO

Da análise simplificada dos instrumentos realizada no item anterior verifica-se que as medições podem ser realizadas com ou sem contato com a máquina. Podemos citar as seguintes hipóteses:

II.9.5.1 - Medição sobre os Mancais

Bastante usual particularmente em máquinas de pequeno porte, embora os valores medidos sofram distorção.

II.9.5.2 - Medição sobre Outras Partes Estacionárias

Os valores obtidos são pouco significativos. Mais usada para comparar relativamente com outras medidas.

II.9.5.3 - Medida no Eixo sem Contato Direto

Bastante usada para máquinas de grande porte, presta-se à monitorização permanente.

II.9.5.4 - Medida no Eixo por Contato Direto

Bastante significativa, mas de difícil execução.

II.9.6 - CRITÉRIOS DE SEVERIDADE DA VIBRAÇÃO

Apresentamos a seguir, em ordem cronológica, os critérios de severidade de vibração comumente usados. Entretanto, cabe esclarecer que estes valores devem ser usados como guias, posto que diferenças em projeto da máquina, instalação, métodos de medição ou condições de serviço influem nos valores aceitáveis. É importante citar que modificações bruscas em valores são, em muitos casos, mais preocupantes que os próprios valores absolutos.

II.9.6.1 - Critério de T. C. Rathbone

Este critério pioneiro, (Figura II.9.7) lançado em 1939, é baseado na medição da amplitude de vibração na carcaça e na região dos mancais, considera o desbalanceamento ($f = 1 \times \text{rpm}$) como causa fundamental da vibração e é particularmente aplicável à máquinas lentas e pesadas. Com relação peso da carcaça *versus* rotor de 2 a 3 para 1, admite rotação de até 6.000 rpm. Para casos particulares, admite variações de até 25% nos valores registrados.

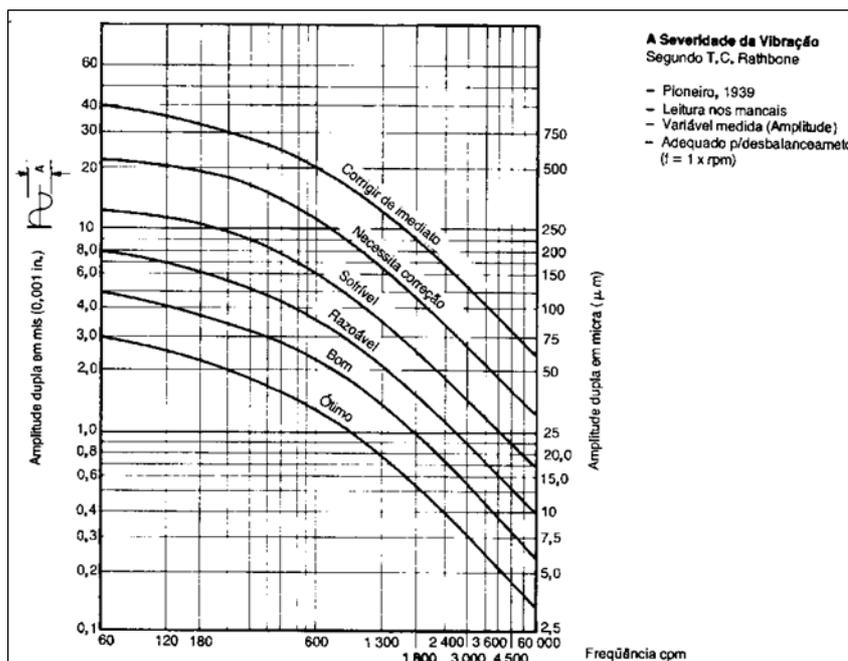


Figura II.9.7 - Critério de T. C. Rathbone

II.9.6.2 - Critério de Michael Blake

Este critério (Figura II.9.8), apresentado na revista *Hydrocarbon Processing* em Janeiro/64, introduz como novidade um fator de serviço que leva em consideração a importância e tipo de equipamento. Novamente a medida de vibração é feita sobre os mancais.

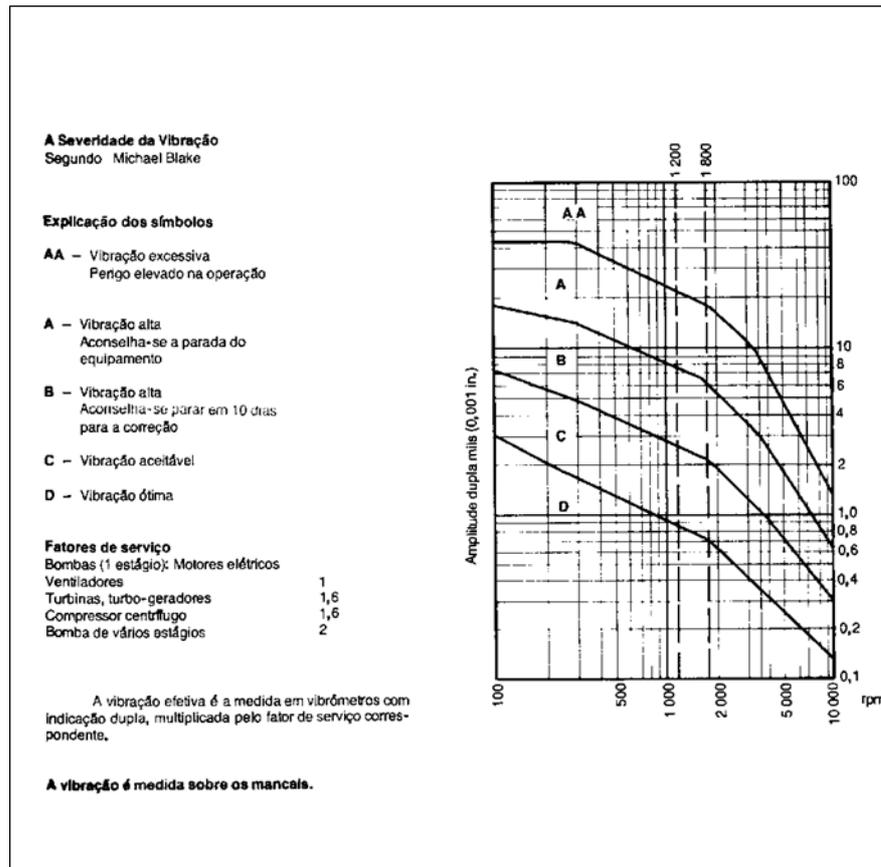


Figura II.9.8 - Critério de Michael Blake

II.9.6.3 - Critério da IRD

Este critério, (Figura II.9.9) proposto em 1954, pela IRD - um fabricante de instrumentos de medida de vibrações - apresentava como novidade a introdução da velocidade como critério de severidade. Similarmente aos critérios anteriores, os valores são medidos na carcaça próximos aos mancais em máquinas com as bases rigidamente fixadas e com relação de peso carcaça/rotor de até cinco. Um outro progresso é estender o campo de velocidades até 100.000 rpm.

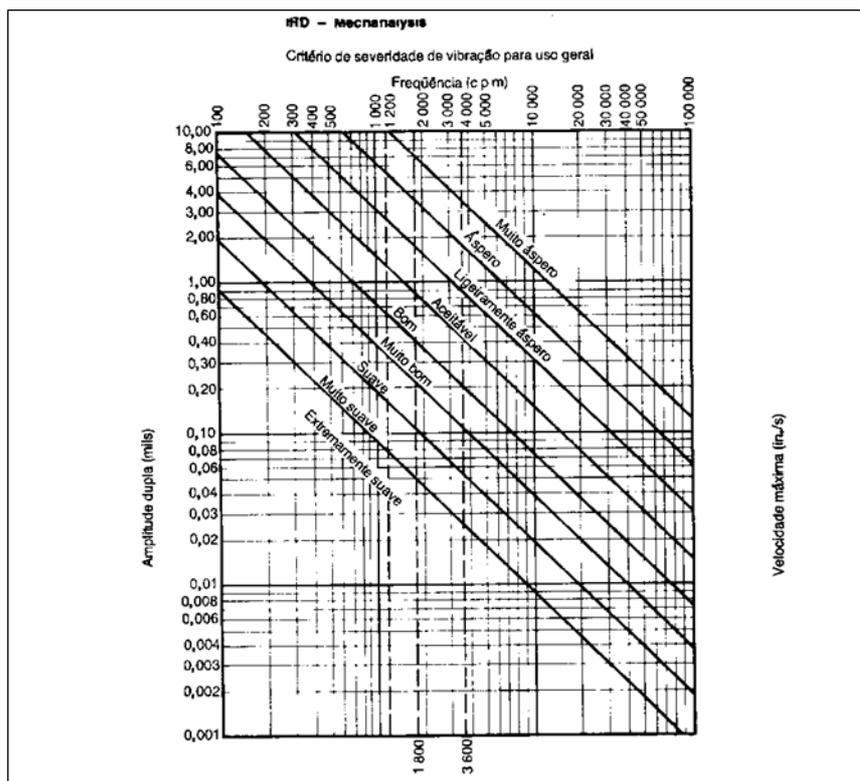


Figura II.9.9 - Critério da I.R.D.

II.9.6.4 - Critério de Steve Maten

Este critério (Figura II.9.10), apresentado na revista *Hydrocarbon Processing* em Janeiro/67, é também baseado em medidas de velocidade de vibração, feitas sem seleção de frequência, sobre os mancais do equipamento.

Velocidade (in./s)	Severidade da vibração
Acima de 0,5	Vibração extremamente elevada. Situação perigosa. Pare imediatamente a máquina.
De 0,3 a 0,5	Vibração elevada. Corrija, dentro de poucas semanas, para evitar quebra do equipamento.
De 0,2 a 0,3	Vibração alta. Corrija para diminuir o desgaste da máquina.
De 0,1 a 0,2	Vibração razoável. A correção seria anti-econômica.
Abaixo de 0,1	Operação suave. Equipamento bem balanceado e alinhado.

Figura II.9.10 - Critério de Steve Maten

II.9.6.5 - Critério da ISO

A ISO julga a qualidade da máquina no que concerne à vibração de acordo com a Figura II.9.11.

International Standards ISO 2372 e 3945				Qualidade			
Faixas de severidade de vibrações radiais		Velocidade		Classe			
Faixas	Faixa de 10 a 1000 Hz		I	II	III	IV	
	mm/s	in./s					
0,28	0,28	0,011	A	A	A	A	
0,45	0,45	0,018					
0,71	0,71	0,028					
1,12	1,12	0,044	B	B	B	B	
1,8	1,8	0,071					
2,8	2,8	0,11	C	C	C	C	
4,5	4,5	0,18					
7,1	7,1	0,28	D	D	D	D	
11,2	11,2	0,44					
18	18	0,71					
28	28	1,1					
45	45	1,8					
71	71	2,8					

Classe das Máquinas

Classe I Máquinas pequenas até 20 HP
 Classe II Máquinas médias de 20 a 100 HP
 Classe III Máquinas grandes de 10 a 200 rot./s, potência igual ou maior que 400 HP, montadas em suportes rígidos
 Classe IV Máquinas grandes de 10 a 200 rot./s, potência igual ou maior que 400 HP, montadas em suportes flexíveis

A - (Bom) C - (Insatisfatório)
B - (Satisfatório) D - (Inaceitável)

Figura II.9.11 - Critérios de vibrações da ISO

II.9.7 - CORRELAÇÃO VIBRAÇÃO X CAUSA

Conforme mencionado anteriormente, os valores das variáveis indicativas de vibração são informações valiosas para um diagnóstico. Assim sendo, a Figura II.9.12 procura correlacionar os casos mais freqüentes de vibração com as suas possíveis causas. Para grandes máquinas, Shore apresenta uma série de tabelas onde o estudo da correlação sintoma *versus* causa é bastante detalhado.

Causa	Frequência	Amplitude	Observações
Desbalanceamento	1 x rpm	Maior na direção radial	É a causa mais comum de vibrações
Desalinhamento	1 x rpm	Axial 50% da radial	A principal característica é a vibração axial ser relativamente alta
Mancais não alinhados	1 x rpm	Não muito grande	
Máquina frouxa da base	2 x rpm		Em geral acompanhada por desalinhamento e desbalanceamento
Correia de acionamento em mau estado	1, 2, 3 ou 4 rpm das correias	Muito incostante. Velocidade alta.	
Rolamento defeituoso	Muito alta	Oscilante	Frequência = nº de esferas x rpm
Engrenagem defeituosa	Muito alta	Amplitude baixa. Velocidade alta.	Frequência = nº de dentes x rpm
Elétrica	1 ou 2 vezes a frequência síncrona		A característica básica é o desaparecimento imediato da vibração, quando se corta a corrente

Figura II.9.12 - Correlação vibração x causa



ao usuário, devendo a consulta ser feita ao fabricante. Na falta de informações mais precisas, para propósitos práticos, Karassik sugere a fórmula abaixo:

$$N_c = \frac{187,7}{\sqrt{f}}$$

onde:

N_c = primeira crítica (rpm)

f = deflexão do eixo (in.)

Considerando que as deflexões máximas permissíveis em bombas são da ordem de 0,005 a 0,006 in., a primeira velocidade crítica será da ordem de grandeza de 2.400 a 2.650 rpm. De um modo geral, procura-se operar as bombas em rotações afastadas de no mínimo 20% das velocidades críticas.

II.10 - INFORMAÇÕES PRÁTICAS PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS

II.10 - INFORMAÇÕES PRÁTICAS PARA MANUTENÇÃO DE BOMBAS

A seguir é apresentada uma série de informações práticas, de ordem geral, que na falta de informações precisas por parte do fabricante pode ser de bastante utilidade.

II.10.1 - INFORMAÇÕES QUANTO À CARÇAÇA

Quando a carcaça é aberta para reparo de qualquer parte ou inspeção interna, as passagens de fluido devem ser cuidadosamente inspecionadas para verificar desgastes devido à corrosão, erosão ou cavitação. Se o desgaste for de pequena monta o reparo pode ser feito por soldagem, deposição de metal ou outro meio, dependendo do material da carcaça e das facilidades existentes. Entretanto, se os desgastes forem severos e a espessura mínima da carcaça houver ultrapassado os valores previstos pelo fabricante, será necessária a substituição. Na falta de indicação do fabricante, Pio sugere a seguinte ordem de grandeza (Tabela II.10.1) para valores de espessura mínima em carcaças de ferro fundido e aço carbono.

Tabela II.10.1 - Espessura mínima para carcaças

Pressão de serviço kgf/cm ²	Espessura mínima	
	Ferro fundido	Aço fundido
10	0,45.E	0,40.E
15	0,47.E	0,43.E
20	0,55.E	0,47.E
25	0,60.E	0,50.E
30	-	0,55.E
35	-	0,60.E
40	-	0,65.E

E = espessura original da carcaça

II.10.2 - INFORMAÇÕES QUANTO AO CONJUNTO ROTATIVO

Similarmente à carcaça, o conjunto rotativo, particularmente eixo e motor, devem ser inspecionados quanto à corrosão, erosão ou cavitação por ocasião de abertura da carcaça para devido reparo, quando possível. No que concerne a empeno de eixo, Hicks sugere como limite aceitável 0,038 mm, enquanto que o desbalanceamento máximo permissível pode ser estimado na Figura II.10.1. Informações quanto à velocidade crítica e aceitabilidade de níveis de vibração já foram devidamente proporcionadas no Capítulo II.9 do presente manual.

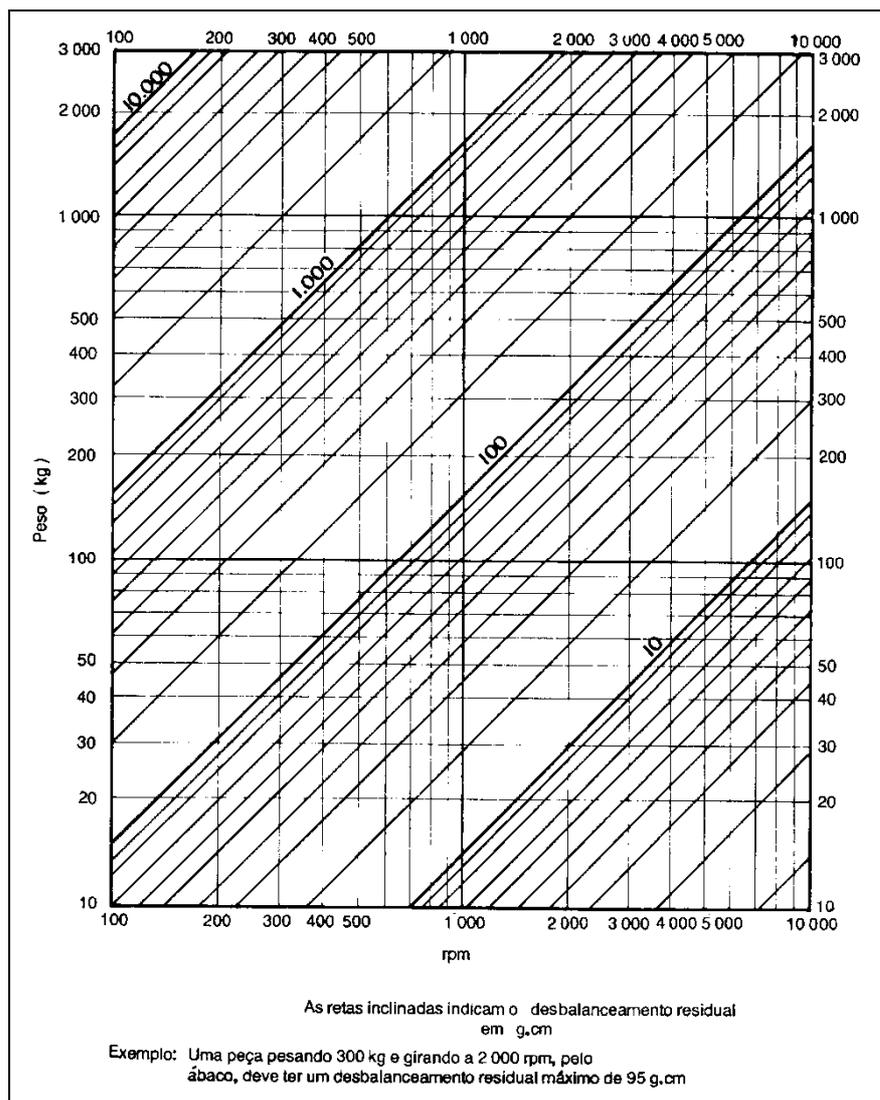


Figura II.10.1 - Desbalanceamento residual permissível para conjuntos rotativos

II.10.3 - INFORMAÇÕES QUANTO AOS ANÉIS DE DESGASTE

A informação usualmente necessária quanto a anéis de desgaste consiste no valor da folga diametral pois, folgas acima do recomendado implicam passagem excessiva de líquido e queda na eficiência, enquanto que folgas pequenas podem resultar em trancamento do conjunto rotativo. Na falta de informação do fabricante para uma dada bomba, Karassik sugere, como orientação, os valores de folga diametral e tolerância mostrados na Figura II.10.2. Os valores mostrados são para bombas de serviços gerais onde os materiais dos anéis de desgaste não têm tendência a grimpar como bronze x bronze dissimilar, ferro fundido x bronze, ferro fundido x ferro fundido e metal monel x bronze. Para materiais que grimpam com facilidade, como aços-cromo, os valores devem ser aumentados de 0,002 in. Para bombas de multiestágio a folga deve ser aumentada de

0,003 in., para os maiores diâmetros. A tolerância mostrada deve ser considerada positiva para o anel de desgaste da carcaça e negativa para o anel de desgaste do impelidor. Finalmente, o anel deve ser substituído se a folga diametral atingir o dobro da folga original.

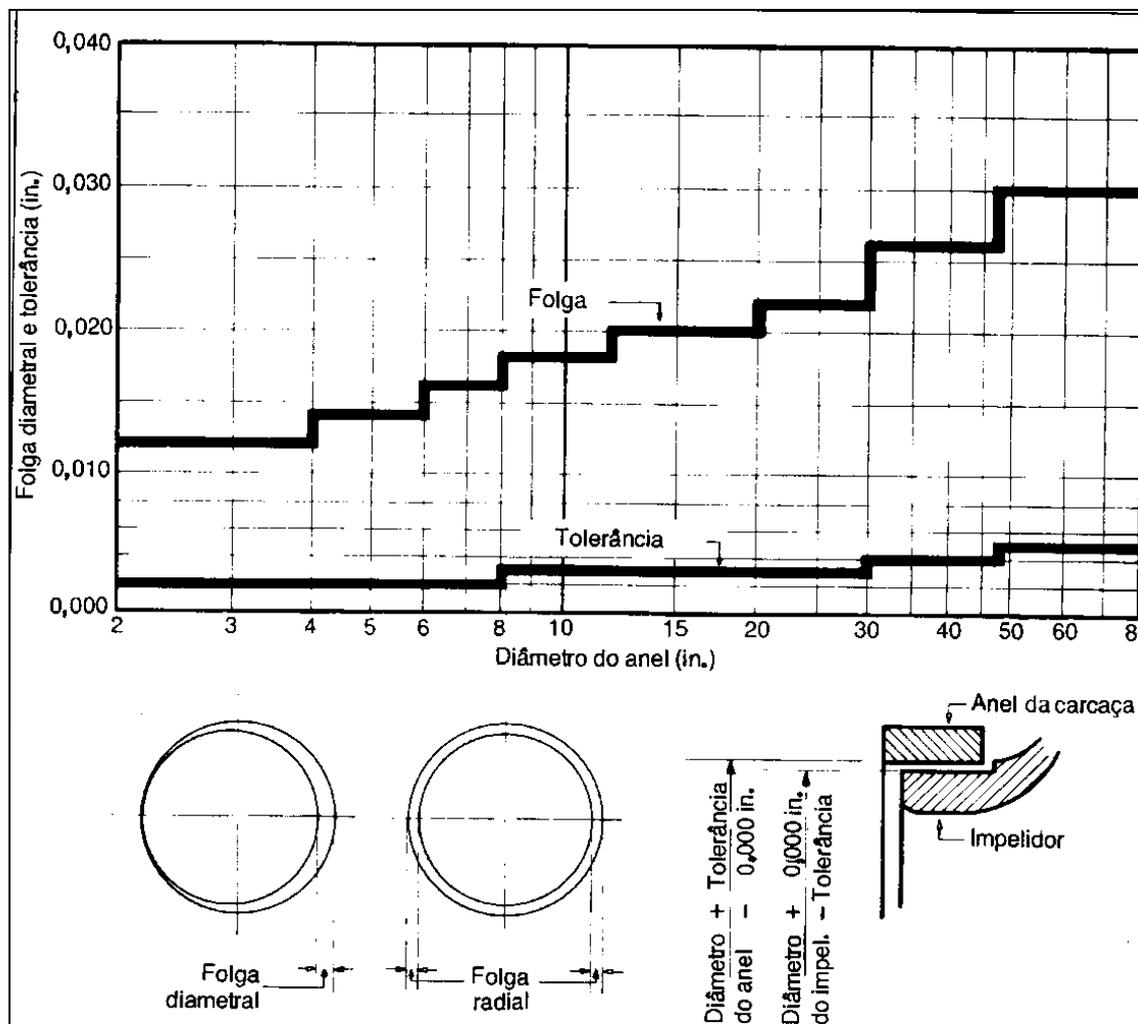


Figura II.10.2 - Folga diametral para anéis de desgaste em bombas de simples estágio

II.10.4 - INFORMAÇÕES QUANTO À BUCHA DE GARGANTA

Normalmente não se repara a bucha de garganta - verificam-se, apenas, a ovalização e folga diametral. Quando os limites recomendados pelo fabricante são ultrapassados, deverá ser substituída. Na falta de recomendação específica, Pio sugere os valores mostrados na Tabela II.10.2 para limite de uso, e os valores da Tabela II.10.3 para tolerância.

Tabela II.10.2 - Folga diametral e limite de uso para bucha de garganta

Diâmetro da bucha (mm)	Folga diametral (mm)	Limite de uso (mm)
40 a 50	0,38	0,75 a 0,80
51 a 60	0,40	0,80 a 0,85
61 a 70	0,45	0,90 a 0,95
71 a 80	0,50	1,00 a 1,05
81 a 90	0,55	1,05 a 1,10
91 a 100	0,60	1,15 a 1,25
101 a 115	0,65	1,25 a 1,35
116 a 130	0,70	1,35 a 1,45
131 a 145	0,75	1,45 a 1,55
146 a 160	0,80	1,55 a 1,65

Tabela II.10.3 - Tolerância de usinagem para bucha de garganta

Diâmetro interno da bucha (mm)	Tolerância (mm)
Até 70	- 0 + 0,02
71 a 100	- 0 + 0,03
101 a 150	- 0 + 0,04

II.10.5 - INFORMAÇÕES QUANTO A MANCAIS DE DESLIZAMENTO

Na falta de informações mais precisas, Karassik sugere que a folga diametral seja de 0,001 in. por polegada de diâmetro. No que concerne ao limite de uso, sugere que não é desejável ultrapassar 150% da folga original.

II.10.6 - INFORMAÇÕES QUANTO A MANCAIS DE ROLAMENTO

As possíveis falhas de mancais de rolamento são normalmente originadas de uma das seguintes causas:

- A) Seleção inadequada do tipo ou tamanho;
- B) Entrada de água, sujeira ou partículas estranhas;
- C) Ações mecânicas sobre as esferas, rolos ou pistas decorrentes de condição anormal de operação;
- D) Lubrificação inadequada;

E) Montagem inadequada / folga radial interna.

Supondo que os itens A, B e C foram devidamente considerados, a preocupação maior em manutenção é com os itens D e E. Como as instruções de lubrificação e montagem são muito específicas em função do tipo de rolamento e condições operacionais, recomendamos consultar o catálogo do fabricante e na falta deste o manual da *Antifriction Bearing Manufactures Association*.

II.10.7 - RETENTORES

Na falta de informação específica, Pio sugere valores para tolerância quanto ao ajuste no eixo (Tabela II.10.4) e ajuste na caixa (Tabela II.10.5).

Tabela II.10.4 - Tolerâncias de retentores quanto ao ajuste no eixo

Diâmetro interno do retentor (mm)	Tolerâncias de medidas do eixo (mm)
Até a 60	- 0,030 a + 0,050
61 a 80	- 0,040 a + 0,050
81 a 100	- 0,050 a + 0,050
101 a 120	- 0,060 a + 0,050
121 a 140	- 0,070 a + 0,050
141 a 160	- 0,080 a + 0,050
161 a 180	- 0,090 a + 0,050

Tabela II.10.5 - Tolerância de retentores quanto ao ajuste na caixa

Diâmetro externo do retentor	Tolerâncias da caixa para	
	Retentor de capa metálica	Retentor de capa de borracha
Até 50	+ 0,010 / - 0,020	+ 0,015 / - 0,025
51 a 75	+ 0,015 / - 0,025	+ 0,020 / - 0,030
76 a 100	+ 0,020 / - 0,030	+ 0,025 / - 0,035
101 a 150	+ 0,025 / - 0,035	+ 0,030 / - 0,040
151 a 200	+ 0,030 / - 0,040	+ 0,035 / - 0,045
201 a 250	+ 0,035 / - 0,045	+ 0,040 / - 0,050
Medidas em milímetro		

II.10.8 - ACOPLAMENTO

Na falta de informação específica, Pio sugere uma interferência de 0,012 a 0,017 mm para eixos com diâmetros inferiores a 100 mm. Para diâmetros superiores a 100 mm sugere uma interferência de 0,0002 vezes o diâmetro do eixo em mm.

