



AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Manual de manutenção

Primeira edição



Iniciativa de Água e Saneamento



Iniciativa de Energia Sustentável e
Mudança Climática

Banco Interamericano de Desenvolvimento

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Manual de manutenção

Primeira edição

Iniciativa de Água e Saneamento
Iniciativa de Energia Sustentável e Mudança Climática
Washington, D.C.
2011

A produção desta publicação esteve a cargo da Assessoria de Relações Externas do BID

© Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2011. Todos os direitos reservados.
As opiniões expressas nesta publicação são dos autores e não refletem necessariamente
a posição oficial do Banco Interamericano de Desenvolvimento

Para mais informações ou consultas, contatar: agua@iadb.org ou secci@iadb.org

IDB-MG-113

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	v
RESUMO EXECUTIVO	vii
DEFINIÇÕES	ix
SIMBOLOGIA	xi
INTRODUÇÃO	1
Capítulo 1	
Pré-requisitos de segurança para manutenção	3
Capítulo 2	5
Manutenção preditiva	5
Manutenção preditiva do transformador	5
Manutenção preditiva do centro de controle do motor	8
Manutenção preditiva da rede de aterramento físico	9
Manutenção preditiva do motor	10
Manutenção preditiva da bomba	11
Manutenção preditiva da tubulação de descarga	12
Manutenção preditiva das válvulas	13
Manutenção preditiva de poços	13
Capítulo 3	15
Manutenção preventiva	15
Manutenção preventiva do transformador	15
Manutenção preventiva do centro de controle do motor	16
Manutenção preventiva do motor	17
Manutenção preventiva da bomba	18
Manutenção preventiva da tubulação de descarga	19
Manutenção preventiva das válvulas	20
Manutenção preventiva de poços	21
Capítulo 4	23
Manutenção corretiva	23
Manutenção corretiva do transformador	23
Manutenção corretiva do centro de controle de motores	24
Manutenção corretiva dos motores	24
Manutenção corretiva do sistema de aterramento	25
Manutenção corretiva das bombas	26
Manutenção corretiva das válvulas	26
Capítulo 5	27
Plano de manutenção	27
Inventário do equipamento e das instalações	27
Atividades e frequência de execução	28
Programa de manutenção	29
Capítulo 6	31
Identificação de problemas	31
Inspeção sensorial (visual, tátil, auditiva e olfativa)	31
Análise do sistema elétrico	32
Análise do sistema hidráulico	36
Análise de temperaturas	37

Apêndice	39
Metodologia para a auditoria de manutenção	39
Coleta de dados	42

Lista de quadros

Quadro 1: Frequência de manutenção de subsistemas e equipamentos	28
Quadro 2: Formato modelo para registro de um programa de manutenção.....	30
Quadro B.1: Formato para coleta de dados do sistema elétrico.....	45
Quadro B.2: Formato para coleta de dados do motor elétrico	46
Quadro B.3: Formato para coleta de dados da bomba	46
Quadro B.4: Formato para o registro de medições elétricas	46
Quadro B.5: Formato para o registro de medições hidráulicas	47
Quadro B.6: Formato para o registro de medições de temperatura	47
Quadro B.7: Formato de auditoria do plano de manutenção	48

Lista de figuras

Figura 1: Processo do plano integral de manutenção	viii
Figura 2: Medição da resistência do isolamento do transformador	7
Figura 3: Medição da resistência elétrica à terra.....	9
Figura 4: Onda senoidal distorcida	32
Figura A.1: Metodologia para a realização de uma auditoria de manutenção.....	39

APRESENTAÇÃO

Como parte de sua cooperação técnica Eficiência Energética em Empresas de Água e Saneamento no Caribe, a Iniciativa de Energia Sustentável e Mudança Climática (SECCI, da sigla em inglês) do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) financiou o desenvolvimento de uma metodologia regional para melhorar a eficiência energética e a manutenção de empresas fornecedoras de serviço de água nos países da América Latina e do Caribe. Essa metodologia, desenvolvida pelas firmas de consultoria Econoler International e a Alliance to Save Energy, enfoca principalmente a eficiência eletromecânica dos sistemas de bombeamento de água no Caribe. Esta publicação apresenta o manual de manutenção para a avaliação dos sistemas. A folha de cálculo, um guia para a folha de cálculo e uma avaliação da eficiência energética estão também disponíveis no portal de publicações do BID: <http://www.iadb.org/publications/> e no portal da Iniciativa de Água e Saneamento: <http://www.iadb.org/en/topics/water-sanitation/energy-efficiency-for-utilities,4492.html>.

A supervisão da preparação deste manual esteve a cargo das seguintes pessoas da Unidade de Energia Sustentável e Mudança Climática (ECC, na sigla em inglês) e da Divisão de Água e Saneamento (WSA, na sigla em inglês): Christoph Tagwerker (ECC), Marcello Basani (WSA), Rodrigo Riquelme (WSA) e Gerhard Knoll (WSA). O manual foi desenvolvido pelos engenheiros Arturo Pedraza e Ramón Rosas da Econoler International e da Alliance to Save Energy.

Iniciativa de Água e Saneamento
Iniciativa de Energia Sustentável e Mudança Climática

RESUMO EXECUTIVO

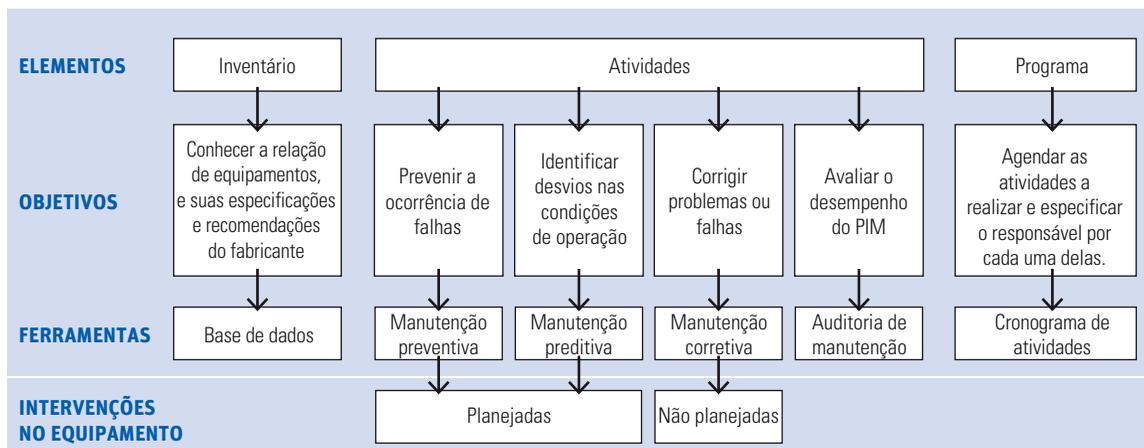
O plano integral de manutenção (PIM) de um sistema de água e saneamento envolve o desenvolvimento de uma sequência ordenada de atividades para manter os equipamentos e instalações continuamente nas condições ideais. O PIM é essencialmente integrado pelos três seguintes elementos:

- Inventários de equipamentos, que deve incluir a especificação do equipamento e seus componentes, bem como as recomendações de operação e manutenção feitas pelo fabricante.
- Definição de atividades e frequência de execução, estruturadas conforme o objetivo da respectiva atividade.
- Programa de trabalho. Na essência, é uma matriz com datas em um eixo e atividades no outro eixo, que também especifica a pessoa responsável por cada atividade.

As atividades de manutenção se dividem, segundo o objetivo específico de cada uma, em quatro tipos:

- Atividades voltadas a prevenir problemas. A ferramenta que reúne e estrutura esse tipo de atividades é a **manutenção preventiva**. Dentre as principais atividades praticadas como parte desse tipo de manutenção destacam-se: inspeção do equipamento, limpeza, lubrificação e substituição de componentes.
- Atividades voltadas a identificar problemas. A ferramenta que reúne e estrutura esse tipo de atividades é a **manutenção preditiva**. Essa manutenção baseia-se na monitoração, registro e análise do comportamento das principais variáveis de operação do equipamento e das instalações, com a finalidade de verificar se estão funcionando corretamente e, na hipótese de um desvio em relação às condições normais de operação, programar as atividades corretivas correspondentes.
- Atividades voltadas a corrigir problemas. A ferramenta que reúne e estrutura esse tipo de atividades é a **manutenção corretiva**. As atividades desse tipo de manutenção podem ser planejadas ou não. As atividades planejadas são aquelas que se programam como resultado da identificação de algum problema potencial, e as atividades não planejadas são aquelas cuja realização é necessária para corrigir ou reparar uma falha no equipamento.
- Atividades voltadas a avaliar o desempenho do PIM. A ferramenta que reúne e estrutura esse tipo de atividades é a **auditoria de manutenção**. Ela envolve a coleta e o levantamento de dados, medições de parâmetros de funcionamento, bem como a avaliação do plano de manutenção aplicado nas instalações. Com base nisso são identificadas as ações de melhoria a serem realizadas para garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos e evitar a perda de eficiência.

FIGURA 1: Processo do plano integral de manutenção



DEFINIÇÕES

As definições dos termos apresentados abaixo visam fornecer uma ideia comum entre os usuários do manual, de formar que todos usem os mesmos conceitos expostos.

Bomba – Máquina hidráulica que transforma a energia mecânica em energia de pressão, que é transferida para a água.

Capacitor – Dispositivo formado por duas placas ou lâminas, separadas por um material dielétrico, que, submetidas à tensão elétrica, adquirem uma determinada carga elétrica.

Carga total de bombeamento – A soma algébrica da carga de pressão na descarga, do nível de sucção, do nível do centro do manômetro, das perdas por atritos e singulares na condução e da carga de velocidade.

Chave de faca – Dispositivo para abrir um circuito sem carga.

Condutor elétrico – Fio de cobre, alumínio ou outro metal que tem a particularidade de ser bom condutor de energia elétrica.

Corrente elétrica – É a intensidade de corrente que passa por um condutor com resistência R e cuja tensão elétrica é V .

Disjuntor – Dispositivo com a capacidade de desligar um circuito com carga.

Eletrodo de terra – Condutor (geralmente hastes, tubos ou placas) enterrado no solo para dissipar correntes de falha.

Elevação da temperatura do transformador – Dados de placa que expressam a diferença ou incremento máximo do transformador em relação à temperatura ambiente média.

Envelhecimento do isolamento – Rápida queda da qualidade do isolamento e, portanto, da vida útil de um equipamento.

Fator de potência – É a razão entre a potência ativa e a potência aparente, descrevendo a relação entre a potência transformada em trabalho útil e real e a potência total consumida.

Fluxo – Volume de água medido em uma unidade de tempo, geralmente expresso em litros por segundo.

Linha de alimentação – São os condutores pelos quais se fornece a energia elétrica.

Manutenção corretiva – Conjunto de ações executadas para solucionar um mau funcionamento ou falha que afete a operação de um sistema.

Manutenção preditiva – Técnica para fazer a previsão do ponto futuro de falha de um componente de uma máquina para que esse componente possa ser substituído pouco antes de falhar.

Manutenção preventiva – Conjunto de ações destinadas à prevenção da ocorrência de falhas que afetem a operação do sistema de bombeamento.

Material dielétrico – Materiais que não conduzem eletricidade.

Nível dos centros de manômetro – É a distância vertical entre o nível de referência e a posição do manômetro utilizado para medir as cargas de pressão na sucção e na descarga.

Nível de referência – É o nível selecionado como referência para todas as medições hidráulicas; normalmente no plano inferior da placa-base de montagem do equipamento de bombeamento.

Nível de sucção – É a distância vertical do nível de referência até a superfície da água quando o equipamento de bombeamento está em operação.

Para-raios – Dispositivo de proteção que conduz descargas elétricas atmosféricas à terra.

Ponto quente – Ponto de máxima temperatura na superfície exterior de um equipamento ou aparelho.

Reatância capacitiva – É a resistência oferecida à passagem da corrente alternada, por capacitores (condensadores) puros, isto é, sem resistência interna.

Reatância indutiva – É a resistência oferecida à passagem da corrente alternada, por indutores (bobinas) puros, isto é, sem resistência interna.

Resistência do isolamento – Resistência oferecida por um material isolante ao fluxo da corrente elétrica produzida ao se aplicar uma tensão contínua.

Rigidez dielétrica do óleo – Propriedade do óleo ao opor-se à passagem da corrente elétrica.

Subestação compacta – Transformador integrado dentro de um invólucro metálico que permite às pessoas tocá-lo com segurança.

Temperatura de projeto – É a temperatura máxima que um equipamento ou componente pode suportar.

Tensão elétrica – Diferença de potencial elétrico que deve existir entre os bornes de conexão ou entre duas partes ativas de uma instalação para que a corrente elétrica circule.

Transformador – Aparelho para elevar ou reduzir as tensões elétricas.

Válvula – Dispositivo mecânico empregado para deter ou controlar um fluxo de água em tubulações sob pressão.

Vida útil – É o tempo no qual se estima que a obra ou um elemento do projeto funcione adequadamente.

SIMBOLOGIA

Os símbolos abaixo são os utilizados no manual:

DBI =	Desequilíbrio de corrente (-).
I_A =	Corrente da fase A (A).
I_B =	Corrente da fase B (A).
I_C =	Corrente da fase C (A).
$I_{méd}$ =	Corrente média das três fases (A).
DBP =	Desequilíbrio de potência (-).
P_A =	Potência da fase A (kW).
P_B =	Potência da fase B (kW).
P_C =	Potência da fase C (kW).
P_e =	Potência elétrica demandada pelo motor (dado obtido em medições de campo) (kW).
$P_{méd}$ =	Potência média das três fases (kW).
HP_{nom} =	Potência nominal do motor (a real verificada em campo) (HP).
DBV =	Desequilíbrio de tensão
V_{A-B} =	Tensão entre as fases A e B (V).
V_{B-C} =	Tensão entre as fases B e C (V).
V_{C-A} =	Tensão entre as fases C e A (V).
V_{placa} =	Valor de tensão nominal de alimentação indicado na placa (V).
$V_{méd}$ =	Tensão média entre fases (V).
VDN =	Diferença percentual entre o valor da tensão de alimentação e a tensão nominal indicada na placa.
X_c =	Reatância capacitiva em ohms (Ω).
η_m =	Eficiência de operação do motor (-).

HIDRÁULICOS

DQ_b =	Desvio da carga hidráulica em relação ao projeto.
D_{r-m} =	Nível de referência dos centros do manômetro (m).
FC =	Fator de carga de operação do motor (-).
H_{FS} =	Perdas por atrito na tubulação de sucção.
H_T =	Carga total de bombeamento (mca).
H_v =	Carga de velocidade (mca).
l/s =	Unidade de medida de vazão de água em litros por segundo.
mca =	Unidade de pressão manométrica em metros de coluna de água.
N_s =	Nível de sucção (m).
P_d =	Pressão de descarga medida (kg/cm^2).
P_s =	Pressão de sucção medida (kg/cm^2).
Q_b =	Fluxo hidráulico de projeto de bombeamento (l/s).

INTRODUÇÃO

Aplicar um plano integral de manutenção (PIM) em um sistema de água e saneamento implica integrar a manutenção com o desenvolvimento de uma sequência ordenada de atividades voltadas a manter os equipamentos e instalações continuamente nas condições ideais.

Por outro lado, a aplicação de uma auditoria de manutenção (AM) em um sistema de água e saneamento envolve a coleta e o levantamento de dados, medições de parâmetros de funcionamento e conhecer o plano de manutenção executado nas instalações; com base nisso, serão identificadas as ações de melhoria a serem realizadas para garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos e, ao mesmo tempo, evitar a perda de eficiência.

O documento é estruturado em 6 capítulos e um apêndice. Os capítulos 2, 3 e 4 tratam dos temas de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, respectivamente. No capítulo 5 aborda-se o plano de manutenção e, no capítulo 6, a avaliação da manutenção da empresa. Por último, no Apêndice, apresenta-se a metodologia para realizar uma auditoria de manutenção de uma empresa de água e saneamento.

Capítulo 1

PRÉ-REQUISITOS DE SEGURANÇA PARA MANUTENÇÃO¹

Antes de realizar qualquer trabalho de manutenção em equipamentos elétricos, é necessário certificar-se de que o pessoal não está em risco de receber uma choque elétrico. A seguir apresentamos um procedimento básico de apoio à elaboração de procedimentos específicos de segurança:

- Quando os dispositivos de desconexão não podem ser bloqueados, uma opção é usar etiquetas de segurança, desde que a empresa de água esteja em conformidade com as disposições da norma que requer treinamento adicional e inspeções periódicas mais rigorosas.
- Quando se usam etiquetas de segurança e os dispositivos de desconexão podem ser bloqueados, a empresa de água deve fornecer um conjunto completo de proteções para os funcionários, treinamento adicional e inspeções periódicas mais rigorosas.

PROCEDIMENTOS TÍPICOS DE BLOQUEIO MÍNIMO

Este procedimento estabelece os requisitos mínimos para o bloqueio de dispositivos de isolamento elétrico cada vez que se realiza manutenção ou serviço em máquinas ou equipamentos.

O procedimento deve ser seguido para assegurar a interrupção do funcionamento da máquina ou do equipamento e/ou a desconexão de todas as fontes de energia que apresentam risco de choque elétrico. Também se deve verificar se a máquina ou o equipamento está bloqueado antes de os funcionários realizarem reparos ou manutenção em situações que apresentem risco de choque elétrico, como, por exemplo, ao reenergizar ou ligar a máquina ou o equipamento ou liberar a energia armazenada por algum mecanismo.

Todos os funcionários são obrigados a observar as restrições e limitações impostas durante o bloqueio.

Os funcionários autorizados a realizar as atividades de serviço e manutenção são obrigados a realizar o bloqueio de acordo com este procedimento.

Ao observar qualquer indicação de bloqueio de alguma máquina ou algum equipamento para fins de serviço ou manutenção, o funcionário não pode reenergizar, ligar ou utilizar a máquina ou o equipamento.

Os funcionários que trabalham na manutenção de máquinas ou equipamentos elétricos devem carregar um detector de presença de tensão na bolsa para confirmar a segurança do ambiente de trabalho e a ausência de qualquer exposição a circuitos energizados.

SUPRESSÃO DA TENSÃO

1. Notificar a todos os funcionários afetados pelo serviço ou a manutenção de uma máquina ou um equipamento que estes devem ser desligados e bloqueados para a realização dos respectivos trabalhos. Deve-se preparar um registo com o nome e cargo dos funcionários e o respectivo método de notificação.

¹ http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9805.

2. O funcionário autorizado deve consultar o procedimento da empresa para identificar o tipo e a magnitude da indisponibilização da máquina ou do equipamento, devendo compreender os riscos e conhecer os métodos para controlar a energia.
3. Quando a máquina ou o equipamento está em funcionamento, recomenda-se que seja desligado de acordo com o procedimento de parada normal manual ou automática (apertar o botão de parada, abrir o disjuntor, fechar a válvula, etc.).
4. Desativar o dispositivo de conexão de energia de forma a isolar a máquina ou o equipamento das fontes de energia.
5. Bloquear/travar os dispositivos de conexão de energia.
6. O funcionário autorizado deve certificar-se da ausência de energia residual ou armazenada (como, por exemplo, em condensadores, molas, volantes, sistemas hidráulicos e sistemas de pressão a ar, gás, vapor ou água, etc.); ou, em seu caso, deve ativar os mecanismos de bloqueio/dissipação de energia por métodos como aterramento, reposicionamento, bloqueio, etc.
7. É necessário confirmar se a máquina ou o equipamento está desconectado da fonte de energia. Em primeiro lugar, verificar se o pessoal está exposto e, segundo, se os equipamentos estão desenergizados. Esse procedimento é realizado ligando-se o botão de operação normal manual ou automática. Para verificar se o equipamento está energizado, utiliza-se um detector de tensão ou outro instrumento adequado. Atenção: retornar o controle operacional à posição neutra ou “off” após confirmar o isolamento dos equipamentos.
8. Aterrar ou colocar em curto-circuito todas as fontes de tensão no lado desenergizado.
9. A máquina ou o equipamento está bloqueado.

RESTAURAÇÃO DA TENSÃO

Após a conclusão do serviço ou da manutenção e quando a máquina ou o equipamento estiver pronto para retornar às condições normais de funcionamento, observar o seguinte procedimento:

1. Inspecionar a máquina ou o equipamento e a área ao seu redor para certificar-se de que os elementos utilizados para realizar o serviço ou a manutenção tenham sido removidos da área de operação, e que os componentes operacionais da máquina ou do equipamento estejam intactos.
2. Verificar se todos os funcionários se retiraram da área de trabalho.
3. Verificar se os controles estão no ponto neutro (posição desligada).
4. Remover o aterramento e curto-circuito.
5. Remover os dispositivos de bloqueio e reconectar a máquina ou o equipamento. Observação: para remover certos tipos de bloqueio, pode ser necessário reenergizar a máquina antes da remoção.
6. Notificar os funcionários afetados sobre a conclusão da manutenção ou do serviço e a disponibilização do equipamento para seu uso normal.

Capítulo 2

MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva de um sistema de bombeamento de água baseia-se na monitoração, registro e análise do comportamento das principais variáveis de operação do equipamento e das instalações, com a finalidade de verificar se estão funcionando corretamente e, na hipótese de um desvio em relação às condições normais de operação, programar as atividades corretivas correspondentes.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DO TRANSFORMADOR

Medição e análise de parâmetros elétricos

Consiste em fazer medições elétricas do transformador periodicamente utilizando equipamentos digitais de medição com memórias internas para detectar qualquer anomalia e realizar a manutenção corretiva. As principais medições a realizar são as seguintes:

- Tensão (volts) (usar voltímetro).
- Corrente (A) (usar amperímetro).
- Potência elétrica (kW) (usar wattímetro).
- Fator de potência (FP) (usar cosseno fasímetro).
- Distorção de harmônicos (DHT%) (usar analisador de rede).
- Resistência do isolamento (usar megômetro).

As medições devem ser realizadas com frequência mensal, observando-se as seguintes precauções:

- Manter as distâncias mínimas de segurança entre as partes energizadas ou em movimento.
- Usar roupas e equipamentos de segurança adequados às tensões fornecidas.
- Não fazer quaisquer reparações.

A partir das medições de potência elétrica demandada, calcula-se o fator de carga sob o qual o transformador está trabalhando.

Os transformadores trabalham, com máxima eficiência, sob uma carga entre 35% e 40%. Contudo, sua eficiência é muito boa entre 30% e 90% de carga. Não é recomendável fazê-los trabalhar com fatores de carga superiores a 90%, pois, além de uma leve queda da eficiência, pode haver uma diminuição da vida útil do transformador.

Análise físico-química do óleo dielétrico do transformador

Uma análise físico-química do óleo deve ser feita para identificar seu estado, bem como as necessidades de processá-lo para que recupere suas características físico-químicas. Essa análise deve ser feita anualmente.

O nível do óleo dielétrico deve ser medido constantemente. Níveis baixos ou altos podem provocar aquecimento excessivo no transformador.

Medição da resistência do isolamento

A medição da resistência do isolamento deve ser feita uma vez ao ano, ou com maior frequência, caso se queiram aproveitar as paradas do transformador.

Os condutores com os quais os transformadores são enrolados devem estar perfeitamente isolados para evitar o contato entre as espiras, capas e bobinas de alta e baixa tensão e entre as bobinas e o núcleo (frequentemente identificado como terra).

A qualidade e o estado dos isolamentos são aspectos de especial interesse nos testes dos transformadores, pois deles depende a vida útil do equipamento.

O primeiro teste para verificar o estado dos isolamentos é a medição de sua resistência, cujo valor deve ser da ordem de centenas de megohms. Um resultado baixo indicaria possível umidade nos isolamentos, e uma leitura de zero Ohm indicaria uma grande deterioração de algum ponto do enrolamento, por onde ocorre uma fuga de corrente para outro elemento.

O isolamento deve ser medido:

- Entre os enrolamentos de alta e baixa tensão.
- Entre o enrolamento de alta tensão e o aterramento.
- Entre o enrolamento de baixa tensão e o aterramento.

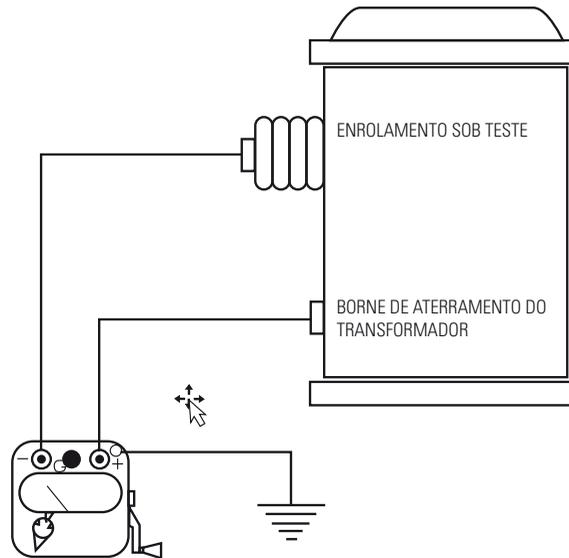
Para isso se utiliza um tipo de megômetro. Trata-se de um instrumento que gera altas tensões (geralmente 500 ou 2.000 volts) e, de acordo com a intensidade das correntes de fuga, marca diretamente no visor o valor da resistência do isolamento.

Dado que as possíveis flutuações da voltagem gerada podem induzir tensões nos enrolamentos do transformador que produzam algum erro na leitura, recomenda-se pôr em curto-circuito os terminais de alta tensão entre si e os de baixa tensão entre si.

Para realizar o teste, fazer o seguinte:

- Consultar as instruções de operação do megômetro.
- Identificar os terminais de alta tensão do transformador e, por meio de uma ponte, colocá-los em curto-circuito; proceder da mesma forma com os terminais de baixa tensão.
- Localizar um ponto por onde viabilizar um bom aterramento. Pode ser no núcleo do transformador, se estiver acessível, ou, caso contrário, no tanque.

FIGURA 2: Medição da resistência do isolamento do transformador



Procedimento:

1. Conectar o megômetro aos terminais de alta e baixa tensão.
2. Aplicar tensão no megômetro, fazer a leitura e anotá-la.
3. Conectar o megômetro ao terminal de alta tensão e ao terra.
4. Aplicar tensão no megômetro, fazer a leitura e anotá-la.
5. Conectar o megômetro ao terminal de baixa tensão e ao terra.
6. Aplicar tensão no megômetro, fazer a leitura e anotá-la.

Teste de relação de transformação

O teste de relação de transformação tem por objetivo identificar alguma falha na bobina, baseando-se na variação de sua relação de transformação.

A relação de volts deve ser identificada para todas as derivações, bem como para todas as possíveis conexões dos enrolamentos do transformador.

O teste de relação de transformação deve ser feito com tensão nominal, ou menor, e à frequência nominal, ou maior, e sem carga.

Para obter a relação de transformação de transformadores utiliza-se um equipamento de teste denominado TTR (*Test Turn Ratio*).

Os métodos de teste utilizados por esse equipamento são:

- **Método de dois voltmíetros.** O aparelho possui quatro terminais. Dois deles são conectados à entrada e saída do enrolamento de alta tensão, respectivamente, e os dois restantes, ao enrolamento de

baixa tensão; internamente o aparelho faz as medições de tensão entre a entrada e a saída (dois volímetros). A relação entre as tensões é a relação de transformação. Isso se repete nas três pernas do transformador, devendo coincidir os resultados.

- **Método de transformador padrão.** O TTR deve ser testado e homologado em laboratório com um transformador padrão, cuja relação de transformação seja previamente conhecida. Deve-se testá-lo para identificar seu grau de exatidão.
- **Método de ponte de relação.** A ponte de relação é o resultado entre a relação de tensões. Para medir a relação das espiras de um transformador trifásico realizam-se medições monofásicas para calcular a relação entre as espiras primárias e as espiras secundárias de cada fase.

Para fazer um teste de relação de transformação, o transformador a ser testado deve estar completamente desenergizado e desligado, e os disjuntores e/ou as lâminas de cada um dos circuitos conectados aos enrolamentos do transformador devem estar na posição aberta.

Se o transformador estiver próximo de um equipamento energizado com alta tensão, aterrar o terminal de cada enrolamento e o TTR.

Análise termográfica do transformador

A termografia infravermelha é uma técnica que permite ver a temperatura de uma superfície com precisão e sem nenhum contato. Graças à relação direta entre radiação infravermelha e temperatura, podemos transformar as medições de radiação infravermelha em medições de temperatura; isso é possível medindo-se a radiação emitida na parte infravermelha do espectro eletromagnético da superfície do objeto e transformando-se essas medições em sinais elétricos.

A análise termográfica consiste em fazer uma radiografia do espectro infravermelho no transformador, notando-se com diferentes cores as diferentes temperaturas, indicando componentes danificados. Recomenda-se medir:

- Invólucro do transformador.
- Radiador.
- Conexões e terminais mecânicos, incluindo bocais.

Se não tiver uma câmara termográfica, as medições podem ser realizadas com um pirômetro infravermelho.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DO CENTRO DE CONTROLE DO MOTOR

Inspeção do equipamento

Verificar com frequência mensal se o gabinete de controle dos motores está em boas condições, em termos de pintura, acabamento e montagem. Incluir as seguintes atividades:

- Verificar o funcionamento das luzes indicadoras.
- Verificar se os equipamentos de medição fornecem leituras corretas.
- Tocar com a palma da mão as tampas ou os cantos dos gabinetes e as frentes das superfícies mortas sobre todos os disjuntores e chaves; qualquer calor detectado com a mão pode indicar um problema sério que deve ser identificado e eliminado.

Análise termográfica do controle do motor

A análise termográfica consiste em fazer uma radiografia do espectro infravermelho no controle do motor; as diferentes temperaturas serão apresentadas com diferentes cores, indicando componentes danificados ou conectores soltos ou mal apertados. Devem ser medidos pelo menos os pontos abaixo:

- Entrada do disjuntor.
- Saída do disjuntor.
- Entrada da chave de partida.
- Saída da chave de partida.
- Contatores e qualquer junção; a presença de aquecimento anormal indica conexões frouxas.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DA REDE DE ATERRAMENTO FÍSICO

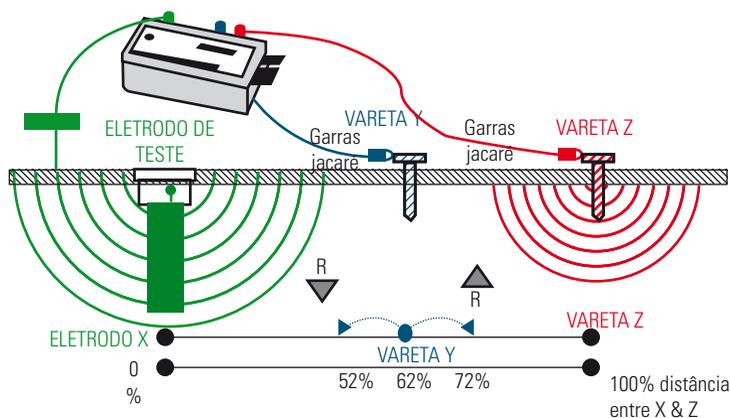
Resistência elétrica na rede de aterramento físico

A medição da resistência elétrica na rede de aterramento físico deve ser feita ao menos uma vez ao ano; no entanto, é recomendável fazê-la a cada 6 meses.

Antes de realizar as medições, deve-se conferir que há um condutor e uma haste de aterramento no poço ou barramento de aterramento e que o condutor e a haste estejam ligados.

A medição no sistema de aterramento fornece um parâmetro para termos a certeza de que a resistência elétrica é baixa, o que facilita a passagem da corrente em casos de falhas por descargas atmosféricas e contatos acidentais de condutores vivos com o invólucro do equipamento, protegendo assim o pessoal.

FIGURA 3: Medição da resistência elétrica à terra



Testes de continuidade na rede de aterramento

No sistema de aterramento, deve-se verificar:

- Se há continuidade entre o condutor e o equipamento aterrado.
- Se o poço contém material de tratamento de solo.
- Se o nó de conexão está soldado.

Devem ser feitos testes anualmente na rede de aterramento; se o valor da medição for superior a 5 ohms, utilizar um produto de tratamento de solo para reduzir a resistência elétrica, melhorar a resistividade dos terrenos e estabilizar a resistência total dos eletrodos.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DO MOTOR

Medição e análise de parâmetros elétricos

A realização contínua de medições no motor permite detectar problemas que podem ser facilmente corrigidos, sendo os principais:

- Tensão diferente da tensão de projeto do motor.
- Desequilíbrio de tensão.
- Desequilíbrio de corrente.
- Desequilíbrio de potência.
- Presença de distorção harmônica.
- Baixo fator de potência.

Na monitoração desses parâmetros, as seguintes precauções devem ser consideradas:

- Manter as distâncias mínimas de segurança com as peças energizadas ou em movimento.
- Usar roupas e equipamentos de segurança adequados às tensões aplicadas.

A partir das medições de potência ativa demandada, deve-se calcular o fator de carga com que o motor está trabalhando. Um fator de carga baixo (menor que 40%) indica baixa eficiência de operação, e um fator de carga alto (maior que 100%) acelera o envelhecimento do motor.

Medição e análise de vibrações mecânicas no motor

As consequências das vibrações mecânicas são o aumento de esforços e tensões, perdas de energia, desgaste de materiais e, as piores, danos por fadiga dos materiais, além de ruídos incômodos no ambiente de trabalho. Parâmetros a serem medidos:

- Frequência.
- Deslocamento.
- Velocidade e aceleração.
- Sentido.

Essas medições são realizadas com um medidor mecânico portátil de vibrações e devem ser anuais. A vibração fora do normal pode indicar:

- Afrouxamento da fixação do motor.
- Desajuste ou desalinhamento de acoplamentos, motor desnivelado ou desbalanceado.
- Rolamentos em mau estado.
- Desgaste dos componentes.
- Problemas de lubrificação.

Quando o pessoal de manutenção tem a experiência necessária para distinguir os diferentes ruídos que o motor emite e identificar a causa do problema, pode-se prescindir do medidor de vibrações.

Testes de resistência do enrolamento

A medição da resistência das bobinas tem como principal objetivo a detecção de falhas. As recomendações para fazer as medições são as seguintes:

- Realizar as medições uma vez ao ano.
- Adotar medidas de segurança adequadas.
- Medir a resistência dos enrolamentos do motor, entre cada par de terminais do estator.
- Conectar os terminais de teste no motor para medir a resistência do enrolamento em relação ao aterramento, fazendo a medição de cada fase à terra.
- No caso de uma conexão estrela e leitura de fase para fase, dividi-la por dois, para obter a resistência ôhmica por fase.
- Medir a temperatura na qual a medição foi realizada.
- Manter o aterramento da carcaça.

Análise termográfica do motor

A medição pode ser realizada com uma câmara termográfica ou com termômetro infravermelho. Deve-se medir:

- Carcaça: qualquer temperatura excessiva envolve um problema, podendo ser sobrecarga ou danos nos enrolamentos.
- Rolamentos de esferas: as temperaturas elevadas envolvem um problema, podendo ser lubrificação inadequada, atrito ou sobrecarga.

Medições elétricas nos capacitores

Se houver bancos de capacitores para a compensação do fator de potência, medir a corrente por fase mensalmente para detectar possíveis falhas em algum dos capacitores do banco.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DA BOMBA

Medição de pressão e fluxo

A recomendação é medir a pressão e o fluxo mensalmente, bem como calcular a carga de bombeamento. Se houver uma variação superior a 10% no fluxo e na carga de bombeamento em relação aos do projeto da bomba, providenciar medidas corretivas.

Inspeção da bucha

Cada vez que a bomba entrar em manutenção preventiva ou corretiva, recomenda-se verificar se há desgaste na luva do eixo. Se estiver riscada ou ranhurada, trocá-la.

Inspeção do preme-gaxeta

A finalidade do preme-gaxeta é eliminar vazamentos de líquidos na bomba e impedir a entrada de ar nos espaços de aspiração. Na inspeção, deve-se verificar se não há vazamentos de líquidos, que devem ser mínimos. Em se tratando de vedações mecânicas, não deve haver nenhum vazamento, exceto por um breve período de tempo. Quando são empregados preme-gaxetas, normalmente ocorre um pequeno vazamento.

Medição e análise de vibrações mecânicas na bomba

As consequências das vibrações mecânicas são o aumento de esforços e tensões, perdas de energia, desgaste de materiais e, as piores, danos por fadiga dos materiais, além de ruídos incômodos no ambiente. Parâmetros a serem medidos:

- Frequência.
- Deslocamento.
- Velocidade e aceleração.
- Sentido.

O aumento no valor dos parâmetros acima indica desgaste, desalinhamento, desbalanceamento mecânico, falhas nos rolamentos de esferas, lubrificação deficiente, etc.

Essas medições são realizadas com um medidor portátil de vibrações mecânicas e devem ser anuais.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DA TUBULAÇÃO DE DESCARGA

Medição e análise de vibrações mecânicas na tubulação de descarga

As consequências das vibrações mecânicas são o aumento de esforços e tensões, perdas de energia, desgaste de materiais e, as piores, danos por fadiga dos materiais, além de ruídos incômodos no ambiente de trabalho. Como no caso do motor e da bomba, os parâmetros a serem medidos são:

- Frequência.
- Deslocamento.
- Velocidade e aceleração.
- Sentido.

Essas medições são realizadas com um medidor portátil de vibrações mecânicas e devem ser anuais. A vibração fora do normal pode indicar:

- Tubulação frouxa.
- Cavitação em válvulas.
- Transmissão da vibração da bomba.

Quando o pessoal de manutenção tem a experiência necessária para distinguir os diferentes ruídos e identificar a causa do problema, pode-se prescindir do medidor de vibrações.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DAS VÁLVULAS

Inspeção das válvulas

Recomenda-se fazer uma vistoria das junções, conexões e áreas de vedação para detectar vazamentos.

Medição e análise de vibrações mecânicas nas válvulas

Como nos casos descritos anteriormente, as consequências das vibrações mecânicas são o aumento de esforços e tensões, perdas de energia, desgaste de materiais e, as piores, danos por fadiga dos materiais, além de ruídos incômodos no ambiente de trabalho. Os parâmetros mais importantes medidos nas válvulas são:

- Nível de ruído.
- Frequência.

O nível de ruído pode ter três causas:

- Vibração mecânica das buchas.
- Líquido que provoca cavitação.
- Estrangulamento da válvula.

MANUTENÇÃO PREDITIVA DE POÇOS

A manutenção preditiva de um poço consiste na execução periódica de duas atividades:

1. **Medição de níveis.** Mensalmente, deve-se medir os níveis estático e dinâmico do poço, assim como calcular a depressão do nível (diferença entre o nível estático e dinâmico). Um incremento na depressão do nível se deve, com frequência, a obstruções nas ranhuras e/ou cascalheira do poço. Se for o caso, será preciso fazer uma filmagem interna e planejar a manutenção do poço.
2. **Filmagem interna.** Trata-se de introduzir uma videocâmara no poço para verificar o estado de toda a profundidade livre. A atividade deve ser realizada com equipamento especializado.

Depois de uma manutenção preventiva ou corretiva no poço, recomenda-se fazer também uma filmagem.

Capítulo 3

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva de uma instalação de bombeamento é uma manutenção programada que se realiza a fim de prevenir a ocorrência de falhas. Dentro das principais atividades praticadas como parte desse tipo de manutenção preventiva temos:

- Inspeção do equipamento.
- Limpeza.
- Lubrificação.
- Substituição de componentes.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO TRANSFORMADOR

Antes de fazer qualquer trabalho no transformador, verifique se está desligado e siga o procedimento de desconexão.

Limpeza da área

Uma limpeza perimetral da área do transformador ou subestação deve ser realizada semanalmente, retirando-se folhas, poeira e agentes que possam interferir no funcionamento correto do transformador e/ou equipamentos.

Limpar os barramentos do sistema físico de aterramento e retirar qualquer obstrução presente.

Limpeza do equipamento

Durante a limpeza mensal, conectar os terminais do transformador à terra, para evitar possível choque elétrico.

- Recomenda-se limpar, no mínimo, uma vez ao mês, com solvente dielétrico ou solução de água e sabão neutro (não utilizar detergentes nem solventes); adotar todas as medidas de segurança, fornecer ao pessoal detectores de potencial, luvas isolantes, etc.
- Retirar a poeira acumulada empregando escova, um pano ligeiramente umedecido em água e, se possível, ar comprimido.
- Conferir que não existam falhas nem faíscas por falta de ajustes nos terminais ou conexões do transformador.
- Conferir que não existam vazamentos de óleo em válvulas, radiadores, soldas, caixas de proteção, intercambiadores e proteções, se houver.
- Conferir o estado da pintura do transformador.
- Conferir se o transformador produz ruído ou vibração anormal.

Reaperto de bocais e terminais mecânicos

Cada vez que o transformador ficar sem funcionamento, programar o reaperto de bocais e terminais mecânicos.

Purificação e filtragem do óleo dielétrico

Realizar uma purificação e filtragem de óleo no transformador é fundamental; consiste em fazer a manutenção preventiva pertinentemente e dar vida útil ao equipamento, remover contaminantes do óleo e verificar alterações de cor para identificar a contaminação do óleo. Recomenda-se fazê-lo uma vez ao ano, ou antes, se o óleo apresentar uma rigidez dielétrica próxima do limite inferior. Esse procedimento deve ser realizado em um laboratório especializado.

Ventilação

O transformador deve estar em local bem ventilado. Se estiver em ambiente interno, verificar se tem boa ventilação para evitar aquecimentos excessivos, o que diminui sua vida útil e reduz sua eficiência de transformação.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO CENTRO DE CONTROLE DO MOTOR

Limpeza de painéis

Fazer a manutenção dos painéis anualmente, consultando os diagramas de conexão e manuais necessários para realizar as atividades de manutenção.

É importante fazer o devido aterramento do painel ou barras de derivação durante a manutenção ou limpeza.

Componentes principais:

- Botoeira de partida e parada.
- Contatores de força.
- Relés de sobrecargas elétricas.
- Sistema de aterramento.
- Disjuntores e motores de partida.

Tarefas-chave a serem realizadas:

- Limpar os terminais de entrada e saída do disjuntor e chave de partida e, depois disso, reajustar mecanicamente.
- Umedecer pano ou manta em tetracloreto ou solvente dielétrico para a limpeza das superfícies do painel; não utilizar meios abrasivos.
- Limpar o local do centro de controle de motores, para deixá-lo livre de poeira e sujeira.

Reaperto dos parafusos nos terminais mecânicos

Reapertar os parafusos em terminais mecânicos e elétricos evita pontos quentes por causa da resistência de contato; recomenda-se fazê-lo, no mínimo, uma vez ao ano.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO MOTOR

Limpeza do motor

No mínimo, uma vez ao ano, realizar a manutenção preventiva periódica para garantir a vida útil do equipamento.

- Limpar a superfície exterior e grade de ventilação.
- Repor e ajustar parafusos de fixação.
- Remover ferrugem do cabeçote, retocar ou pintar (caso se vá repintar o cabeçote, remover primeiramente a pintura anterior e certificar-se de que a camada de pintura seja fina).
- Limpar a caixa de conexões.
- Reajustar o fio terra na caixa de conexões.
- Inspeccionar as conexões nos terminais do cabo de força.
- Inspeccionar o alinhamento e desgaste das peças de acoplamento.
- Trocar a graxa seca e sem óleo que perdeu suas propriedades.

Lubrificação dos rolamentos de esferas

A manutenção dos rolamentos de esferas permite manter o equipamento em boas condições de trabalho, evitando paradas desnecessárias. Recomenda-se engraxar os rolamentos de esferas com frequência semanal e incluir as atividades abaixo:

- Inspeccionar os rolamentos de esferas frontais ou verticais.
- Inspeccionar os rolamentos de esferas inferiores ou horizontais.
- Remover, limpar e instalar o tubo de alívio de graxa, depois aplicar graxa nova, remover o tubo de alívio ou descarregar várias vezes até que haja graxa na cavidade dos rolamentos.

No caso de motores pequenos, remover as coberturas ou tampas do rolamento, remover a graxa seca e repor até três quartas partes de sua circunferência com a graxa recomendada.

Se a lubrificação for por meio de óleo, considerar que a troca deve ser periódica, a cada 3 ou 6 meses, e quando a inspeção evidenciar óleo degradado, considerar que a troca do óleo deve ser realizada até a marca correspondente, já que ao aplicar em excesso vamos pôr em risco o enrolamento.

Troca de rolamentos axiais

Com a troca oportuna e programada dos rolamentos, evitam-se paradas desnecessárias e, assim, contribui-se para as boas práticas da manutenção preventiva. É importante levar em consideração as paradas do equipamento, para programar a troca dos rolamentos. Normalmente eles têm uma vida longa, contudo, é preferível trocá-los antes de apresentarem falhas que obriguem uma manutenção corretiva. A medição da vibração mecânica é um método para identificar indícios de falhas.

- Utilizar equipamento adequado para cada tipo de rolamento; não utilizar agregados adicionais que possam provocar danos nos eixos de acoplamento.
- Usar rolamentos adequados ao tipo de aplicação, sejam eles para alta temperatura, posição vertical, horizontal ou rolamentos especiais, por exemplo, de carga ou cônicos.

Ajustes das tampas

Inspecionar diariamente, de forma auditiva e/ou visual, para que as tampas não apresentem desajustes ou desgaste provocado por rolamentos que tenham quebrado devido a algum tipo de objeto estranho ao motor. Considerar as atividades abaixo:

- Fazer uma limpeza da área, para garantir o bom funcionamento do equipamento.
- Se houver desgaste, considerar o diâmetro do rolamento e ajustá-lo adequadamente.
- Reapertar e reposicionar os parafusos.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA BOMBA

Troca dos preme-gaxetas

A finalidade do preme-gaxeta é eliminar vazamentos de líquidos na bomba e impedir a entrada de ar nos espaços de aspiração. Na inspeção, deve-se verificar se existem vazamentos de líquidos e se o ar está entrando na sucção da bomba.

A gaxeta do preme-gaxetas deve ser trocada periodicamente. A frequência da troca depende do número de horas de operação da bomba, bem como da qualidade dos materiais. Se a bomba funcionar de forma permanente, a gaxeta deve ser substituída com uma frequência de 3 a 6 meses.

Lubrificação de rolamentos e porta-rolamentos

A frequência de lubrificação depende das condições e do ambiente onde o equipamento está funcionando. Como guia geral, as seguintes atividades devem ser realizadas:

- Trocar os lubrificantes quando apresentarem alterações na cor ou contaminação com partículas de poeira, água, partículas metálicas ou decomposição por altas temperaturas e umidade.
- Adicionar uma pequena quantidade de graxa a cada 400 horas de funcionamento.
- A sede do mancal deve estar a um terço de sua capacidade (caso tenha).
- Não se recomenda o uso de solventes clorados de qualquer tipo para limpar os mancais.
- Usar os lubrificantes adequados e normatizados para cada componente, segundo as temperaturas de trabalho.
- Reapertar os parafusos.

Lubrificação do eixo superior

O eixo superior é a parte da bomba que tem por função transmitir o torque que recebe do motor durante a operação de bombeamento e, por sua vez, sujeitar a bomba e outras partes giratórias. Sua inspeção deve ser diária, como a melhor forma de impedir avarias e manter os custos de manutenção na faixa mínima.

- Utilizar lubrificantes adequados e normatizados; aplicá-los com a frequência que o fabricante especificar.
- Limpar o eixo com estopa ou pano, usar líquidos adequados, não usar agentes oxidantes.
- Verificar se todas as partes do acoplamento estão bem sujeitadas e, caso necessário, reapertar.

Lubrificação do eixo de transmissão

A frequência da lubrificação dependerá das condições de trabalho e do ambiente onde o equipamento estiver funcionando; portanto, o intervalo de lubrificação deve ser determinado conforme a experiência. A seguir são indicadas as atividades que devem ser realizadas:

- Os lubrificantes devem ser trocados quando estiverem contaminados com poeira, umidade, ou forem submetidos a altas temperaturas.
- Recomenda-se adicionar uma pequena quantidade de graxa a cada 400 horas de funcionamento.
- A sede dos mancais deve estar cheia de graxa até um terço.
- Para limpar os rolamentos sem desmontá-los, recomenda-se utilizar óleo leve quente, com temperatura entre 82°C e 93°C, através da sede, enquanto se faz o eixo girar lentamente.
- Não é recomendável o uso de solventes para limpar os rolamentos.

No caso de nova lubrificação com graxa:

1. Limpar a fundo as graxeiras e o exterior da sede do mancal.
2. Tirar o bujão de purga ou esvaziamento.
3. Injetar graxa nova e limpa, empurrando para fora a graxa velha.
4. Ligar a bomba e fazê-la funcionar por um breve momento para expulsar o excesso de graxa.
5. Limpar o excesso de graxa com um pano e voltar a colocar o bujão de purga.
6. Em bombas do tipo turbina, com motor vertical, os mancais do eixo de transmissão são lubrificados pelo fluido bombeado.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA TUBULAÇÃO DE DESCARGA

Inspeção da tubulação de descarga

As falhas de vedações e mancais podem ser devidas à instalação, deformação térmica, projeto da vedação, seleção, variações dimensionais e carga nos bocais.

Verificar se existem suportes ou fixações mal instaladas e também a instalação da tubulação, dado que podem apresentar cargas que danifiquem os mancais e vedações da tubulação.

Limpeza e pintura

Realizar manutenção anual na tubulação de descarga, que deve estar limpa e pintada, conforme as normas aplicáveis, considerando os seguintes passos:

- Aplicar o anticorrosivo, deixar secar e depois pintar com a pintura secundária.
- Verificar se as partes mecânicas ou de acionamento estão presas por escorrimento de tinta.
- Limpar semanalmente a sujeira, para evitar a acumulação de poeira que provoque umidade e, com isso, a ocorrência de corrosão.

Trocas de gaxetas

As trocas de gaxetas entre os acoplamentos de braçadeiras, válvulas, medidores, válvulas de retenção, sustentadoras de pressão e válvulas de controle devem ser feitas, no mínimo, uma vez ao ano. Sua

inspeção deve ser mensal, devendo-se fazer um relatório dos possíveis vazamentos e trocas a realizar para evitar, assim, gastos desnecessários por paradas ou consertos imediatos.

Inspeção do equipamento de cloração

A manutenção deve ser diária e devem considerar-se as precauções próprias devido ao alto risco de toxicidade. Os itens abaixo devem ser considerados para inspeção:

- Que o fornecimento da tensão proporcionada ao clorador não ultrapasse em 10% a tensão permitida.
- Que esteja sempre limpo de sujeira que possa interferir com o funcionamento do equipamento.
- Analisar o gotejamento de cloro segundo as partes por milhão que devem ser consideradas para cada sistema de bombeamento.
- Verificar se a válvula de retenção do clorador não está obstruída.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DAS VÁLVULAS

As válvulas são as principais proteções nas tubulações de descarga; com suas aplicações se evitam vazamentos desnecessários e/ou consertos provocados por quebras nas tubulações da rede. Recomenda-se inspecioná-las semanalmente para detecção de vazamentos ou anomalias.

A válvula não deve permanecer imobilizada por períodos de tempo muito prolongados, já que acumula sedimentos. Se for possível, deve ser acionada a intervalos regulares, para garantir uma operação correta e contínua.

Lubrificação das válvulas

Em muitos casos, a frequência de lubrificação da válvula se baseia na experiência do pessoal de manutenção. A recomendação é lubrificar o mancal do eixo uma vez ao mês, no mínimo.

O tipo de lubrificante dependerá das condições de serviço da válvula (temperatura, tipo de fluido, etc.).

Inspeção do diafragma de fechamento em válvulas solenoides

Os fechamentos e aberturas em válvulas solenoides envolvem exatidão no ajuste dos diafragmas; o ajuste deve ser manual e deve-se fazer um relatório das diferentes falhas que tenha havido ou houver. Deve-se limpar o diafragma anualmente e seguir as instruções particulares do fabricante.

Substituição de gaxetas em válvulas de alívio e na válvula geral

A frequência da troca de gaxetas fica a critério do usuário, baseando-se em suas experiências anteriores com o equipamento. Como orientação, recomenda-se trocá-las anualmente.

Inspeção e calibragem de macromedidores

A calibragem e ajuste dos medidores deve ser realizada anualmente. Deve haver um registro de sua manutenção, calibragem e falhas registradas.

Limpeza da mola do acionador do diafragma

A limpeza dos acionadores deve ser mensal, considerando em todo momento a importância do ajuste preciso das molas e acionadores das válvulas. Deve-se preencher um registro de sua manutenção e possíveis falhas registradas.

Limpeza do corpo das válvulas

A limpeza deve ser mensal, verificando se a abertura e o fechamento estão obstruídos por qualquer objeto estranho e se a lubrificação foi feita com o produto recomendado pelos fabricantes e de acordo com as instruções de uso e aplicação.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE POÇOS

A manutenção preventiva de um poço é realizada com maquinaria de perfuração do tipo “pulceta” e consiste na execução dos trabalhos seguintes:

- Escovação de toda a escora lisa e ranhurada, para remover o material aderido.
- Aplicação de dispersor de argilas para amolecer a incrustação na ranhura.
- Aplicar pistom depois do nível estático, para lavar e reacomodar o filtro de cascalho.
- Extração de toda a lama acumulada no fundo do poço e retirada pela escovação.

Dependendo das características do poço, bem como da qualidade da água, a frequência da manutenção poderá ser anual, bienal ou trienal.

CAPÍTULO 4

MANUTENÇÃO CORRETIVA

É o tipo de manutenção que se realiza com o objetivo de corrigir falhas no equipamento. Ela pode ser:

- Planejada. Quando se sabe com antecedência o que deve ser conservado e, portanto, se tem todos os elementos à mão no momento de executá-la.
- Não planejada. É a executada quando se apresenta uma falha que incapacita um equipamento essencial. É também conhecida como manutenção de emergência. Frequentemente, esse tipo de manutenção é realizado em condições de emergência e com o único objetivo de restabelecer o serviço que se deixou de fornecer em decorrência da falha.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DO TRANSFORMADOR

Substituição do equipamento

A substituição do transformador é recomendável quando ele perdeu eficiência por algum motivo ou quando, devido ao seu estado físico, a sua operação correta não é confiável. As causas pelas quais um transformador perde eficiência são:

- Fator de carga alto. Um fator de carga alto no transformador faz com que ele trabalhe de forma ineficiente e, somado isso ao calor provocado pela corrente que a carga demanda, que danifica as propriedades do óleo, fará com que um transformador seja ainda menos eficiente, podendo chegar a provocar curto-circuito e dano irreparável.
- Desequilíbrio de tensão, corrente e potência. Quando não puder ser corrigido, às vezes é melhor substituir o transformador.

Por outro lado, uma falha no sistema de proteções ou um sistema deficiente de proteções, combinado com um problema elétrico, pode gerar uma falha destrutiva no transformador e a necessidade de substituição.

Conserto do equipamento

O conserto do equipamento se torna geralmente necessário nos casos abaixo:

- Quando, como resultado dos testes de isolamento (megômetro) ou de relação de transformação (TTR), diagnostica-se que é necessário trocar os condutores do enrolamento.
- Quando forem detectadas altas temperaturas de operação, é provável que o nível de óleo esteja baixo e seja necessário repor óleo.
- Quando, por uma causa externa, o transformador sofrer algum dano físico.
- Quando, em decorrência de uma falha técnica combinada com uma falha no sistema de proteções, o transformador sofrer algum dano.

Ações diversas de manutenção corretiva em transformadores

Pode ser necessário realizar as seguintes tarefas de manutenção corretiva em um transformador:

- Se houver aquecimento nas uniões, apertar parafusos, conexões e junções.
- Sobrecarga: utilizar um segundo transformador para repartir a carga ou substituí-lo por outro com maior capacidade.
- Temperatura anormal na caixa de proteção do transformador devido ao baixo ou alto nível de óleo ou a pouca ventilação; repor níveis de óleo e ventilar.
- Mudança das propriedades do óleo; filtrá-lo ou substituir o óleo dielétrico.
- Se houver uma distorção harmônica, é recomendável corrigir por meio da instalação de um filtro de harmônicos.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DO CENTRO DE CONTROLE DE MOTORES

Substituição do equipamento ou de componentes

A substituição do equipamento ou dos componentes deve realizar-se nos casos seguintes:

- Substituir condutores que apresentem danos no isolamento devido a altas temperaturas. Se o problema for provocado por falsos contatos em conectores, corrigir o problema reapertando os parafusos. Se o aquecimento for devido ao aquecimento próprio do condutor, substituí-lo por um condutor de bitola adequada que permita conduzir a corrente sem que este sofra danos.
- Substituir botoeiras com danos mecânicos ou elétricos.
- Se ouvir algum ruído elétrico nos disjuntores por causa de um arco decorrente de um falso contato, substituir o disjuntor.

Conserto do equipamento

O conserto do equipamento é recomendável em casos de danos menores que possam ser reparados sem comprometer a confiabilidade do equipamento.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DOS MOTORES

Substituição do motor

A substituição de um motor elétrico é recomendável em qualquer dos casos abaixo:

- Quando o motor trabalhar mais de 4.000 horas/ano, for de eficiência padrão e sua eficiência tiver diminuído pela idade e/ou rebobinações em 3 ou mais pontos percentuais. Nesse caso, é preciso substituí-lo por um motor de alta eficiência.
- Quando o motor tiver mais de 5 anos em operação, trabalhar mais de 3.000 horas ao ano, for de eficiência padrão e tiver queimado por algum problema. Nesse caso, em vez de consertá-lo, é preciso substituí-lo por um motor novo de alta eficiência.
- Quando o motor estiver trabalhando com um fator de carga menor que 40% ou maior que 100%. Nesse caso, é preciso substituí-lo por um motor de alta eficiência, com capacidade tal que possa funcionar com um fator de carga entre 65% e 85%. Se o novo motor tiver menos de 10 HP, seu fator de carga precisará estar entre 75% e 90%.

Conserto do motor

O conserto do motor é aplicável em qualquer dos casos abaixo:

- **Rebobinação.** Se o resultado dos testes na bobina for desfavorável ou houver desequilíbrios importantes de corrente, será necessário rebobinar o motor. Se o motor já foi rebobinado mais de duas vezes, será melhor substituí-lo.
- **Troca de rolamentos.** Quando o rolamento apresentar algum desgaste, deve ser substituído. No momento da substituição, ter em consideração que um rolamento não deve ser tocado com as mãos, pois o ácido delas o danifica.

Ações diversas de manutenção corretiva em motores

Podem ser necessárias as seguintes tarefas de manutenção corretiva em um motor:

- Rolamento.
 - Se as propriedades do lubrificante não forem adequadas para a aplicação, substituir o lubrificante por outro que tenha as propriedades desejadas, não devendo ficar resíduos do lubrificante que será substituído.
 - Para evitar uma lubrificação inadequada, recomenda-se lubrificar frequentemente, sendo a frequência da lubrificação determinada pelo tipo de rolamento.
 - Se ocorrer ajuste incorreto do mancal, corrigir se não existir dano, caso contrário, substituir.
- Sobrecarga: substituição do motor.
- Danos nas bobinas: rebobinação ou substituição do motor.
- Velocidade de operação menor que a velocidade a carga plena: verificar a tensão de operação e corrigir problemas de rolamentos e/ou mancais, ou substituir o motor.
- Sobrecarga: corrigir o problema ou substituir o motor por um com maior capacidade.
- Mediante o procedimento do fator de carga, identifica-se se o motor está sobrecarregado.
- Tensão de alimentação diferente da nominal; se houver diferenças de tensão, deve-se identificar exatamente a causa, podendo ela ser:
- Queda de tensão na rede de alimentação: pedir ao fornecedor de energia que corrija o problema; se a diferença de tensão em porcentagem for menor de 5%, modificar o derivador de tensão do transformador.
- Desequilíbrio de tensão, corrente e potência: se o desequilíbrio se apresentar nos terminais de ligação antes de chegar ao transformador, solicitar ao fornecedor que corrija o problema; se o desequilíbrio se apresentar nos terminais do transformador em vácuo, fazer sua manutenção; se o desequilíbrio for provocado pelo motor elétrico, substituí-lo.
- Baixo fator de potência: substituir ou instalar um banco de capacitores, conforme o caso.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DO SISTEMA DE ATERRAMENTO

Para efetuar esse tipo de manutenção corretiva, devem-se considerar os seguintes pontos:

- Caso se observe a desconexão do condutor de aterramento, unir por meio de solda aluminotérmica.
- Se a resistência elétrica for superior a 5 Ohms, deve-se tentar com produtos de tratamento de solo.
- Se houver corrente no condutor aterrado, isso indica um desequilíbrio de potência no sistema; deve-se verificar o que provoca o desequilíbrio e corrigir.
- Se for necessário, trocar a bitola do condutor de aterramento.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DAS BOMBAS

Conserto ou substituição de componentes

- Preme-gaxeta: substituir invólucros ou lacre mecânico se houver vazamentos.
- Bucha: extrair completamente o invólucro velho com um extrator de invólucros, caso haja um à mão. É importante limpar perfeitamente o invólucro, bem como seus condutos de resfriamento. Inspeccionar o preme-gaxeta; verificar a conexão e que a folga seja preservada, e que entre o preme-gaxeta e sua manga ou eixo haja uma distância que não deve ultrapassar 0,762 mm.
- Impulsor: se o fluxo e a carga apresentarem uma variação maior que 10% de seus valores de projeto isso será um sinal de que o impulsor já apresenta certo desgaste, portanto, a recomendação é substituir o impulsor.
- Tubulação de sucção: quando a tubulação de sucção apresentar corrosão avançada, será melhor substituí-la para evitar vazamento de água que provoque uma paragem do serviço.

Substituição da bomba

A bomba deve ser substituída em qualquer dos casos abaixo:

- Quando o corpo da bomba apresentar danos importantes, decorrentes da corrosão, obstrução, travamento, golpe de aríete ou atrito.
- Quando as condições de operação não coincidirem com as características de projeto da bomba e isso se traduzir em baixa eficiência de operação.

MANUTENÇÃO CORRETIVA DAS VÁLVULAS

Quando uma válvula apresentar danos em algum de seus componentes, pode-se recondiçaná-la; para isso, recomenda-se seguir os passos seguintes:

1. Desarmar a válvula e limpar os componentes com produtos químicos ou com jato de areia.
2. Inspeccionar cuidadosamente os componentes. Tomar a decisão de reparar ou substituir as peças desgastadas.
3. Soldar para cobrir as superfícies desgastadas ou usinar para produzir superfícies novas. No almoxarifado, deve haver peças semiacabadas e de reposição para produzir peças novas acabadas.
4. Armar a válvula com gaxetas novas e, se for necessário, com parafusos novos.
5. Checar a válvula recondiçionada conforme as especificações para válvulas novas.

Capítulo 5

PLANO DE MANUTENÇÃO

INVENTÁRIO DO EQUIPAMENTO E DAS INSTALAÇÕES

A primeira atividade a fazer para estruturar um plano de manutenção é elaborar um inventário do equipamento e instalações. Esse inventário deve contar, ao menos, com as informações seguintes:

Instalações elétricas

- Diagrama unifilar: se não houver ou não estiver atualizado, será preciso elaborá-lo.
- Condutores elétricos: deve-se ter informações sobre o comprimento e bitola dos condutores elétricos em cada trecho, bem como se eles estão em conduítes ou racks, e o número de condutores existentes na canalização.
- Transformadores: o inventário deve incluir a identificação de cada transformador, bem como todos os seus dados de placa.

Motores elétricos

- Diagramas do sistema de controle e data das modificações.
- Identificação do motor.
- Ano de fabricação/instalação.
- Dados de placa.
- Idade, número de rebobinações que o motor teve, bem como a descrição dos reparos que foram realizados nele.
- Especificação de rolamentos, indicando a data em que foram trocados pela última vez.
- Especificação do sistema de controle, que deve incluir características da chave de partida, disjuntor e proteções.

Bombas

- Identificação da bomba.
- Ano de fabricação/instalação.
- Especificação da bomba (marca, modelo, material, velocidade de operação, curvas características).
- Dados de projeto (carga e vazão).
- Especificação do impulsor (tipo, diâmetro) e data de instalação.
- Especificação de rolamentos, preme-gaxeta e selos mecânicos. Deve-se indicar a data em que foram trocados pela última vez.
- Diagrama da configuração hidráulica e tubulação de descarga.

Tanques

- Identificação.
- Dimensões e capacidade.
- Material construtivo e idade.
- Plano ou diagrama.

- Sistema de controle ou nível.

Rede hidráulica

- Diagrama da rede hidráulica, onde devem indicar-se comprimentos, diâmetros e material da tubulação, bem como a localização das caixas de válvulas.
- Idade da tubulação e estatística de falhas.
- Inventário de válvulas, onde se deve indicar a especificação de cada uma delas, bem como sua localização.

ATIVIDADES E FREQUÊNCIA DE EXECUÇÃO

Para elaborar o programa de manutenção, é indispensável designar previamente a frequência com que as diferentes atividades serão realizadas, tanto na manutenção preventiva como na preditiva. A frequência com que as diversas atividades devem ser realizadas se baseará na experiência do próprio pessoal de manutenção, bem como nas recomendações dos fornecedores do equipamento. O Quadro 1 ilustra a frequência recomendada para realizar as diferentes atividades. Esse quadro poderá ser utilizado como orientação, devendo ser adaptado às condições específicas da empresa e do equipamento.

QUADRO 1: Frequência de manutenção de subsistemas e equipamentos

Subsistema	Equipamento	Ação recomendada	Frequência de manutenção				Obs.	
			Diária	Semanal	Mensal	Anual		
Elétrico	Transformadores	Limpeza do equipamento			X			
		Limpeza da área		X				
		Reaperto de parafusos em bocais e terminais mecânicos			X			
		Purificação e filtragem de óleo dielétrico, que consiste em centrifugar, filtrar, desidratar e desgaseificar o conteúdo do transformador				X		
		Medição e análise de parâmetros elétricos			X			
		Análise físico-química do óleo				X		
		Testes de relação de transformação (TTR)				X		
		Testes elétricos (megômetro)				X		
	Centro de controle de motores	Centro de controle de motores	Análise termográfica				X	
			Limpeza do painel com solvente dielétrico				X	
			Limpeza e lubrificação de acionamentos mecânicos (molas, botoeiras)				X	
			Reaperto de parafusos de terminais e conectores elétricos				X	
			Medição e análise de parâmetros elétricos			X		
			Testes de resistência elétrica na rede de aterramento				X	
			Testes de continuidade na rede de aterramento				X	
	Motores elétricos	Motores elétricos	Análise termográfica				X	
			Limpeza do enrolamento com solvente dielétrico				X	
			Lubrificação de rolamentos			X		
			Troca de rolamentos axiais				X	
			Ajustes das tampas				X	
			Lixação e pintura da carcaça				X	
			Medição e análise de parâmetros elétricos				X	
			Medição e análise de vibrações mecânicas				X	
			Testes de isolamento				X	
	Testes de resistência do enrolamento				X			
	Análise termográfica				X			

(continua na página seguinte)

QUADRO 1: Frequência de manutenção de subsistemas e equipamentos (*continuação*)

Subsistema	Equipamento	Ação recomendada	Frequência de manutenção				Obs.
			Diária	Semanal	Mensal	Anual	
Mecânico	Bombas	Lubrificação de rolamentos e porta-rolamentos			X		
		Lubrificação do eixo superior		X			
		Troca da bucha da bacia					*
		Retificação da sede de bacias intermediárias					*
		Troca da bucha da bacia de sucção					*
		Retificação do eixo de linha					*
		Troca do eixo superior					*
		Troca de rolamentos					*
		Troca da bucha					*
		Retificação do eixo de bacias				X	
		Medição e análise de vibrações mecânicas				X	
		Medição e análise de pressão de descarga e carga de bombeamento				X	
		Medição e análise da vazão				X	
		Inspeção da bucha			X		
	Inspeção do preme-gaxeta	X					
	Tubulação de descarga	Limpeza e inspeção da tubulação de descarga			X		
		Pintura da tubulação de descarga				X	
		Troca de gaxetas quebradas entre o acoplamento de braçadeiras, válvulas, medidores e válvulas de retenção sustentadoras de pressões				X	
		Troca de válvulas					*
		Inspeção do funcionamento e calibragem dos macromedidores				X	
		Inspeção do equipamento de cloração	X				
		Limpeza de solenoide e válvulas de expulsão de ar				X	
	Válvulas	Medição e análise de vibrações mecânicas				X	
		Limpeza e avaliação do diafragma					*
		Limpeza e avaliação da mola do diafragma				X	
		Limpeza de conexão anti-poeira				X	
		Lubrificação de rolamento do eixo				X	
		Limpeza do corpo da válvula				X	
		Limpeza de solenoide				X	
		Troca de condutores elétricos de controle					*
Medição e análise de vibrações mecânicas				X			

* Somente quando for requerido

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO

Depois da elaboração do inventário do equipamento e de estabelecida a frequência com que as diferentes atividades de manutenção devem ser realizadas, o passo seguinte é elaborar um programa de manutenção.

O programa de manutenção é uma matriz com datas em um eixo e atividades no outro. É importante que também se indique a pessoa responsável por cada uma das atividades e que, uma vez realizadas, sejam documentadas, para elaborar o histórico dos equipamentos, que servirá como base para melhorar o plano.

O Quadro 2 apresenta um formato que pode ser utilizado como guia para a elaboração do programa de manutenção.

Capítulo 6

IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

A identificação de problemas tem por objetivo demonstrar a existência de problemas ou deficiências na manutenção dos diferentes componentes do sistema, com a finalidade de encontrar uma solução apropriada. As principais atividades a desenvolver para concretizar essa identificação de problemas são apresentadas a seguir.

INSPEÇÃO SENSORIAL (VISUAL, TÁTIL, AUDITIVA E OLFATIVA)

A inspeção visual e auditiva tem por objetivo a identificação de problemas no equipamento e instalações derivados de algum problema de manutenção. As principais atividades a realizar e aspectos a serem levados em consideração são detalhados a seguir.

Sistema elétrico

Transformador

- Certificar-se de que não existam sons ou vibrações anormais.
- Certificar-se de que a pintura do transformador esteja em bom estado.
- Certificar-se de que os condutores estejam ligados à terra.
- Certificar-se de que não existam vazamentos de óleo dielétrico.
- Verificar danos nos bocais.

Disjuntor

- Certificar-se de que não existam ruídos elétricos.

Condutores

- Certificar-se de que o isolamento não apresente falhas.

Motor

- Certificar-se de que não existam ruídos ou vibrações anormais.

Sistema hidráulico

Bomba

- Certificar-se de que não existam ruídos ou vibrações anormais.
- Certificar-se de que não existam pinos soltos no cabeçote.
- Certificar-se de que não haja indícios de corrosão no cabeçote.
- Certificar-se de que não haja vazamentos em vedações e preme-gaxetas.

Cabeçote de alívio

- Certificar-se de que o equipamento de medição (macromedidor e manômetro) esteja operando.
- Certificar-se de que não haja vazamentos.
- Certificar-se de que a válvula de expulsão de ar esteja operando.
- Certificar-se de que não existam falhas físicas nos componentes.

ANÁLISE DO SISTEMA ELÉTRICO

Diagrama unifilar

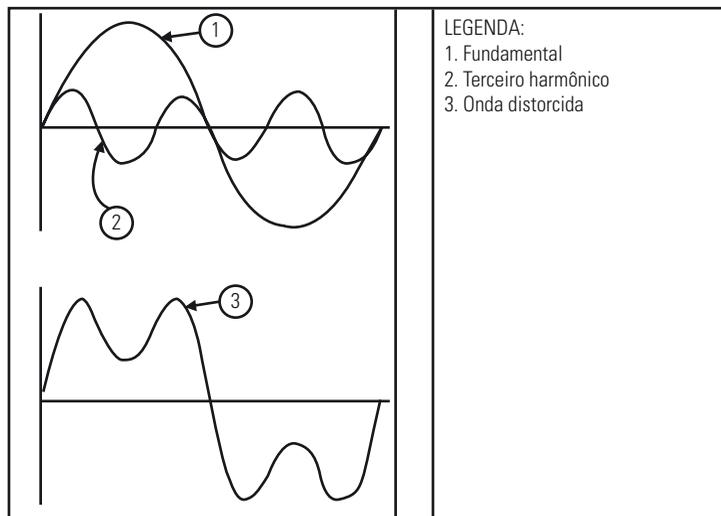
O diagrama unifilar das instalações elétricas é uma ferramenta de grande utilidade para muitas das atividades de manutenção, portanto, mantê-lo atualizado é de grande importância. Como parte de uma análise do programa de manutenção, será preciso verificar a existência desse diagrama e que ele esteja atualizado.

Análise da distorção harmônica

Para realizar esta atividade, é necessário fazer uma monitoração, no mínimo, por 24 horas (recomendada durante 7 dias) da distorção harmônica total em tensão e corrente, para se certificar de que os valores não ultrapassem 4% em tensão e 20% em corrente, pois valores maiores podem provocar problemas nos equipamentos a seguir:

- **Motor elétrico.** Os harmônicos provocam distorção da onda senoidal de tensão como a apresentada na Figura 4, provocando ruídos no motor porque o campo magnético não envolve corretamente o rotor e, portanto, leva a uma redução de sua vida útil. Por outro lado, harmônicos de sequência negativa, tais como o 2º, 5º, 8º, etc., provocam um par inverso no motor, o que reduz sua capacidade de entregar potência e, eventualmente, pode fazer com que o motor se queime.

FIGURA 4: Onda senoidal distorcida



- **Capacitores.** Os harmônicos de ordem superior, como o 9º, 11º, 13º, etc. podem entrar em ressonância com o capacitor, provocando sua destruição, com possíveis danos ao pessoal.
- **Condutores elétricos.** Em sistemas trifásicos, como os geralmente existentes nas instalações de bombeamento, os harmônicos de sequência zero se somam no neutro, provocando uma alta corrente

no fio do neutro. Se a bitola do neutro não estiver calculada para suportar essas altas correntes, ele pode superaquecer, chegando inclusive a pegar fogo.

A distorção harmônica é provocada por cargas não lineares no sistema elétrico. Em instalações de bombeamento, essas cargas podem ser os variadores de velocidade de estado sólido. A forma de resolver esse problema é mediante a instalação de filtros de harmônicos.

Análise das medições elétricas

A análise das medições elétricas é de grande utilidade para identificar os problemas abaixo:

Tensão de alimentação diferente da nominal (VDN)

Um motor elétrico que é alimentado com uma tensão diferente da tensão da placa ou nominal diminui sua eficiência operacional.

A porcentagem de desvio da tensão em relação à nominal é calculada conforme a fórmula que segue:

$$VDN = \frac{(V_{méd} - V_{placa})}{V_{placa}} \times 100$$

Onde:

- VDN = diferença percentual entre o valor da tensão de alimentação e o dado de placa da tensão nominal
- $V_{méd}$ = tensão média entre fases
- V_{placa} = valor da tensão nominal de alimentação, indicado na placa

A origem desse problema pode ser externa, isto é, que o fornecimento esteja ocorrendo com tensão diferente da nominal ou interna. Um problema interno pode ser um transformador em mau estado, subdimensionado ou com uma relação de transformação inadequada. Outra causa pode ser uma grande queda de tensão nos condutores elétricos.

Para resolver essa situação, podem-se adotar as seguintes medidas:

- Se o problema for externo, é provável que, fazendo-se uma modificação com os “taps”² na relação de transformação, possa-se corrigir ou diminuir o efeito. Se o desvio for muito grande ou se aparecerem variações importantes de tensão, será necessário dar ciência à companhia fornecedora para que providencie uma solução.
- Se o problema for devido ao mau estado do transformador, será preciso fazer manutenção ou, no caso, substituí-lo.
- Se o transformador estiver subdimensionado, terá de ser substituído por um de capacidade adequada.
- Se a relação de transformação não for correta, modificá-la por meio dos “taps”.
- Se o problema for uma grande queda de tensão nos condutores, substituí-los por condutores de bitola maior.

² Os taps de um transformador são seletores mecânicos que sobrepõem um número de espiras ao enrolamento primário, para que a tensão de saída seja adequada, segundo a regulação de tensão em que se for operar.

Desequilíbrio de tensão (DBV)

Um motor elétrico alimentado com uma tensão desequilibrada diminuirá sua capacidade de transformar a potência elétrica em potência mecânica e diminuirá também sua eficiência de transformação. Para detectar um desequilíbrio de tensão de alimentação de um motor, é preciso fazer medições de tensão entre fases e calcular o desequilíbrio com a equação seguinte:

$$DBV = \frac{\max((\max(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A}) - V_{méd}), (V_{méd} - \min(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A})))}{V_{méd}}$$

Onde:

- DBV é o desequilíbrio de tensão
- V_{A-B} é a tensão entre as fases A e B
- V_{B-C} é a tensão entre as fases B e C
- V_{C-A} é a tensão entre as fases C e A
- $V_{méd}$ é a tensão média entre fases

O desequilíbrio da tensão de alimentação de um motor elétrico é gerado por um problema exterior ao motor, portanto, para corrigi-lo, será necessário identificar sua origem.

Dentre as principais causas que fazem com que a tensão chegue desequilibrada ao motor, temos as seguintes:

- Desequilíbrio de cargas dentro da mesma instalação.
- Problemas com o transformador, que fazem com que não haja a mesma relação de transformação por fase.
- Desequilíbrio de cargas na linha de alimentação para a instalação. Esse problema deve ser apresentado ao fornecedor para que ele o resolva.

Desequilíbrio de corrente

Quando as correntes demandadas por cada fase do motor forem diferentes entre si, diz-se que existe um desequilíbrio de corrente, que é um indicador da existência de uma possível falha das bobinas do motor, ou de que elas são diferentes entre si.

O desequilíbrio de corrente é calculado a partir das medições de corrente por fase, por meio da equação seguinte:

$$DBI = \frac{\max((\max(I_A, I_B, I_C) - I_{méd}), (I_{méd} - \min(I_A, I_B, I_C)))}{I_{méd}}$$

Onde:

- DBI é o desequilíbrio de corrente
- I_A é a corrente da fase A
- I_B é a corrente da fase B
- I_C é a corrente da fase C
- $I_{méd}$ é a corrente média das três fases

As causas mais comuns do desequilíbrio de corrente são:

- Contato de espiras do mesmo enrolamento em quaisquer de suas fases, provocadas por falhas no isolamento elétrico.
- O motor foi reparado (rebobinado) e não colocaram a mesma quantidade de espiras que originalmente possuía.

Desequilíbrio de potência

Quando as medições de potência por fases do motor forem diferentes entre si, existe um desequilíbrio de potência. O desequilíbrio de potência é geralmente produto do desequilíbrio de corrente.

Se o desequilíbrio de potência for similar ao desequilíbrio de corrente ou maior, isso é um indicador de que o problema é o motor, e as causas são as indicadas na seção Desequilíbrio de corrente.

Se não existir desequilíbrio de potência, mas sim de corrente, é muito provável que o problema seja um desequilíbrio de tensão estranho ao motor.

O desequilíbrio de potência é calculado a partir das medições de potência por fase, por meio da equação seguinte:

$$DBP = \frac{\max((\max(P_A, P_B, P_C) - P_{méd}), (P_{méd} - \min(P_A, P_B, P_C)))}{P_{méd}}$$

Onde:

DBP é o desequilíbrio de potência

P_A é a corrente da fase A

P_B é a corrente da fase B

P_C é a corrente da fase C

$P_{méd}$ é a corrente média das três fases

Fator de carga

O fator de carga do motor elétrico indica a porcentagem de potência mecânica fornecida em relação à sua capacidade nominal.

Um fator de carga acima de 100% indica que o motor está sobrecarregado, o que acarreta o aquecimento excessivo dos enrolamentos, diminuição da eficiência de operação e redução da vida útil.

O fator de carga recomendado para a operação de motores é entre 65% e 80%. É calculado por meio da equação seguinte:

$$F.C. = \frac{(P_e / \eta_m)}{HP_{nom} * 0.746}$$

Onde:

$F.C.$ = o fator de carga de operação do motor

P_e = a potência elétrica demandada pelo motor (kW)

η_m = a eficiência de operação do motor
 HP_{nom} = a potência nominal do motor (HP)

O fator de serviço que vem indicado na placa do motor indica até que ponto o motor está capacitado para resistir a sobrecargas. Assim, um fator de serviço de 1,15 significa que o motor é projetado para operar com uma sobrecarga de 15% sobre sua potência nominal.

Corrente do capacitor

A medição da corrente do capacitor por fase indica seu estado operacional, isto é, se está ou não funcionando corretamente. A corrente em cada fase deve ser a mesma; se forem detectadas correntes diferentes, isso será um sintoma de que o banco de capacitores está em mau estado, e será preciso repará-lo ou substituí-lo.

Deve-se selecionar a capacidade do banco de capacitores para reduzir ao mínimo as correntes reativas que circulam pelos condutores elétricos. Isto é, deve-se selecionar a capacidade do banco de capacitores para obter um fator de potência muito próximo da unidade, e o banco deve ser instalado o mais próximo possível da carga.

Análise do sistema de aterramento

Um bom sistema de aterramento proporciona segurança ao pessoal que trabalha na empresa de água e saneamento e protege o equipamento.

O fato de ter os equipamentos com aterramento garante que, quando houver algum contato dos condutores elétricos energizados com a estrutura do equipamento, a tensão será drenada para o sistema de aterramento, da mesma forma que quando ocorrer uma descarga atmosférica, o que garantirá que, no caso de contato do pessoal com o equipamento no momento de uma falha do tipo acima descrito, não circule corrente.

Os parâmetros a analisar a respeito do sistema de aterramento são:

- **Continuidade e resistência elétrica.** O primeiro passo é visualizar que exista conexão física entre o condutor do aterramento e o sistema de aterramento e que não se perceba sulfatação na solda. Depois, cumpridas as duas condições precedentes, faz-se a medição com um terrômetro, e o valor da resistência elétrica do sistema de aterramento não deve ultrapassar 5 Ohms. O descrito anteriormente é um caso particular de aterramento de serviço. Contudo, deve-se verificar para outros sistemas de aterramento e definir os valores correspondentes.
- **Corrente.** Se no sistema de aterramento se medir uma corrente que flui do neutro para a terra, isso indicará a existência de desequilíbrio de potência no equipamento.

ANÁLISE DO SISTEMA HIDRÁULICO

Análise da bomba

A análise hidráulica da bomba em operação consiste em identificar a proximidade ou distância da bomba em relação ao seu ponto de projeto. Quando o fluxo e a carga de operação forem diferentes dos valores de projeto, isso se deve a uma ou várias das causas que seguem abaixo:

- **Impulsor mal ajustado.** Significa que o impulsor não trabalha no ponto de projeto.
- **Impulsor desgastado.** O impulsor é o encarregado de aplicar impulso à água, o que provoca a saída da água do poço ou reservatório e, se existir desgaste, provocará menor impulso, resultando em menor carga e vazão de água.
- **Velocidade de operação diferente da projetada.** Se a velocidade da bomba variar, o mesmo ocorrerá com a curva da bomba, portanto, a carga e a vazão variarão.

Todo o acima descrito envolve maior consumo de energia, já que a eficiência da bomba diminui consideravelmente.

Identificação de desvio de carga hidráulica em relação ao dado de projeto

$$DH_b = \frac{H'_b - H_b}{H_b} * 100$$

Onde:

- DH_b é o desvio da carga hidráulica em relação à de projeto.
- H_b é a carga hidráulica de projeto de bombeamento, em mca.
- H'_b é a carga hidráulica medida de bombeamento, em mca.

Identificação de desvio de fluxo

$$DQ_b = \frac{Q'_b - Q_b}{Q_b} * 100$$

Onde:

- DQ_b é o desvio de fluxo em relação ao projeto
- Q_b é o fluxo hidráulico de bombeamento de projeto, em l/s.
- Q'_b é o fluxo hidráulico de bombeamento medido, em l/s.

ANÁLISE DE TEMPERATURAS

Temperatura do transformador

Uma temperatura alta no transformador é sintoma de que ele tem algum problema. Entre os principais problemas que podem ser detectados com essa medição de temperatura no transformador, temos:

- **Alta temperatura nos bornes do alimentador.** Indica desajuste nos terminais, que causa uma resistência de contato, provocando aquecimento e inclusive falso contato. Também pode ser provocado quando o transformador estiver sobrecarregado.
- **Alta temperatura nos bornes do secundário.** Como no caso anterior, indica desajuste nos terminais, que causa uma resistência de contato, provocando aquecimento e, ainda, falso contato. Também pode ser provocado quando o transformador estiver sobrecarregado.
- **Alta temperatura no corpo do transformador.** É um indicador de problemas de dissipação de calor, que podem ser devidos a uma sobrecarga, um baixo ou alto nível de óleo ou óleo deteriorado ou contaminado por contato com umidade ou oxigênio.
- **Baixa temperatura diferencial no radiador.** Um valor de temperatura diferencial entre a parte superior e inferior do radiador significa que existem problemas de dissipação de calor.

Temperatura do equipamento de controle

O motivo principal de elevação da temperatura nos diferentes componentes se deve principalmente à falta de ajuste dos parafusos de sujeição dos terminais dos condutores e a uma sobrecarga do motor. Os componentes nos quais a temperatura deve ser monitorada são:

- Entrada do disjuntor.
- Saída do disjuntor.
- Entrada da chave de partida.
- Saída da chave de partida.

Temperatura do motor

Alta temperatura nos rolamentos

A temperatura nos rolamentos do motor não deve ultrapassar de 60% a 65% acima da temperatura ambiente e, quando isso acontecer, será devido à existência de algum problema com os rolamentos. A origem do problema poderia ser:

- **Propriedades do óleo não adequadas para a aplicação.** Isto é, que o óleo utilizado tem propriedades diferentes das projetadas.
- **Falta de lubrificação.** Que a lubrificação do motor não é a adequada ou que ela não existe.
- **Sobrecarga.** A temperatura dos rolamentos é função da temperatura do enrolamento, portanto, se houve aquecimento deste último, a temperatura também aumentará nos rolamentos.
- **Ajuste deficiente do mancal.** Provocará maior atrito, provocando aquecimento.

Alta temperatura da carcaça

Seguem abaixo as causas mais frequentes de temperatura anormal no motor:

- Sobrecarga: provoca aquecimento pela corrente que circula dentro do motor.
- Danos nas bobinas.
- Velocidade de operação menor que a velocidade a carga plena: por ter menor velocidade, gera-se uma corrente maior no enrolamento, provocando aquecimento e falhas no isolamento.
- Quando um motor é acionado por variador de frequência, a redução da velocidade de rotação reduz a ventilação forçada e, portanto, existe um incremento da temperatura. Por esse motivo, recomenda-se utilizar motores especialmente projetados para esse tipo de equipamentos.

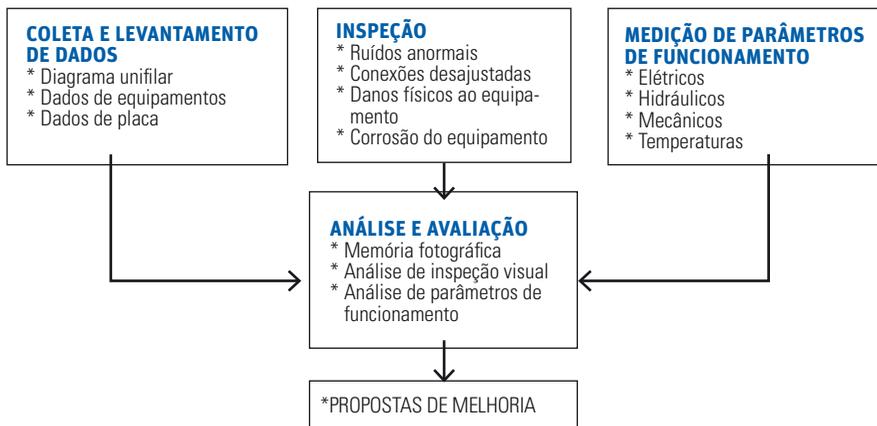
Apêndice

A. METODOLOGIA PARA A AUDITORIA DE MANUTENÇÃO

A auditoria de manutenção (AM) em um sistema de bombeamento de água é a aplicação de um procedimento para avaliar a forma pela qual é realizada a manutenção dos componentes elétricos, mecânicos e hidráulicos em uma instalação de bombeamento de água. Consiste na coleta de informações, medições de parâmetros de operação dos equipamentos e sistemas e análise das informações levantadas, para identificar áreas de oportunidade de melhoria.

O objetivo final é, além da identificação de áreas de oportunidade de melhoria, a elaboração de propostas concretas para melhorar os planos de manutenção e implantar um plano integral de manutenção que contribua para incrementar as eficiências de operação, a disponibilidade do equipamento e a produtividade da empresa.

FIGURA A.1: Metodologia para a realização de uma auditoria de manutenção



Para executar a AM, deve-se seguir uma sequência ordenada que conduza a melhores resultados. Essa sequência exige realizar trabalhos de campo e de escritório. Na figura A.1 o diagrama indica de forma resumida as principais atividades necessárias para realizar uma AM em um sistema de bombeamento de água.

Seguindo a ordem das atividades descritas no diagrama da figura A.1, a metodologia consiste em realizar trabalhos em duas etapas, uma primeira etapa com trabalho de campo e a segunda com trabalho no escritório.

ATIVIDADES DE CAMPO

Coleta de dados

A coleta de dados é realizada com a finalidade de conhecer as informações básicas dos equipamentos nos sistemas de bombeamento, tais como: transformadores, sistemas de controle, motores, bombas, linhas hidráulicas, condutores elétricos, capacitores, etc.

Por outro lado, nesta etapa da auditoria devem-se coletar informações sobre os planos e programas de manutenção com os quais a empresa conte.

Medições de campo

Como parte dos trabalhos de campo, deve-se realizar uma campanha de medições dos parâmetros elétricos, hidráulicos, mecânicos e de temperatura, que permitirão avaliar as condições nas quais se encontram os equipamentos. As medições a realizar são as seguintes:

Parâmetros elétricos:

- Medição de harmônicos na linha de alimentação.
- Medição de tensão, corrente, potência e fator de potência nos motores elétricos.
- Medição de corrente nos capacitores.
- Testes nos transformadores.
- Medições no sistema de aterramento.

Parâmetros hidráulicos:

- Medição da vazão nas bombas.
- Medições de pressão em sucção e descarga de bombas.
- Medições de níveis de água e parâmetros necessários para identificar a carga de bombeamento.
- Medições de comprimento e diâmetros de tubulação.

Medições de temperatura:

- Medição de temperatura no transformador (nos bornes de alimentação, nos bornes de baixa tensão, na carcaça do transformador e no radiador).
- Medições de temperaturas no sistema de controle de motores (temperaturas nos bocais de conexão de motores de partida e disjuntores).

ATIVIDADES NO ESCRITÓRIO

Análise das informações e avaliação da manutenção

Uma vez coletadas as informações decorrentes das atividades de campo, elas devem ser analisadas para a identificação das áreas de oportunidade de melhoria. Basicamente, a análise deve focar-se em dois aspectos:

- Correção de problemas específicos identificados durante os trabalhos de campo.
- Proposta de melhoria nos planos e programas de manutenção que a empresa tiver.

Proposta de melhorias

Com a identificação das áreas de oportunidade de melhoria, serão propostas as ações a implantar na manutenção preditiva e preventiva, bem como em ações específicas de manutenção corretiva derivadas dos problemas identificados durante o trabalho de campo.

Como resultado, as ações serão propostas da seguinte forma:

- **Melhorias na manutenção preventiva.** As ações propostas devem concentrar-se em possuir um bom programa de manutenção preventiva, com o propósito de prevenir a ocorrência de falhas ou defeitos no equipamento.
- **Melhorias na manutenção preditiva.** As ações propostas devem concentrar-se em ter um bom programa de manutenção preditiva, visando a antecipar-se à ocorrência de falhas nos equipamentos.
- **Melhorias na manutenção corretiva.** As ações propostas devem ter o foco na correção de práticas deficientes, bem como na implantação de boas práticas de manutenção corretiva na empresa.
- **Correção de problemas identificados.** Como parte das atividades de campo, serão identificados problemas específicos. Dentro das recomendações de melhoria, deve incluir-se uma seção onde se indiquem as ações recomendadas para corrigir esses problemas.

B. COLETA DE DADOS

Um estudo ou procedimento de auditoria de manutenção não pode ser realizado sem a obtenção dos dados necessários, portanto, a seguir serão descritos os dados básicos necessários, bem como a forma ou técnicas mais comuns para obtê-los.

Muitas das informações encontram-se no inventário de equipamentos (caso exista), ficha técnica ou pedido de compra. As informações que não forem obtidas por esse meio devem ser obtidas por meio de levantamentos em campo.

A seguir são detalhadas as informações a ser coletadas.

SISTEMA ELÉTRICO

Diagrama unifilar

Deve-se elaborar o diagrama unifilar das instalações, no qual se indicam as conexões do equipamento, o terminal de ligação, cabeamento, transformador, disjuntor principal, se há ou não uma chave de partida, já que esses dados servem de base para realizar qualquer tipo de manutenção.

Transformador

- **Tipo.** O tipo de transformador que alimenta o equipamento ou, se o terminal de ligação for de baixa tensão, descrever os elementos que o alimentam.
- **Capacidade.** A capacidade do transformador ou dos transformadores. Se o fornecimento for por meio de mais de um transformador, colocar a capacidade de cada um deles em kVa.
- **Relação de transformação.** Deve-se anotar a tensão de entrada e saída do transformador ou a relação de tensão de transformação, em volts, separadas por uma barra. Na hipótese que o transformador tenha mais de uma tensão de saída, deve-se anotar a tensão na qual esteja funcionando nesse momento.

Disjuntor principal

- **Marca.** A marca do disjuntor ou seu fabricante.
- **Capacidade.** A capacidade nominal do disjuntor em amperes (A).
- **Ajuste.** Se o disjuntor for do tipo ajustável, deve-se anotar a capacidade nominal à qual o disjuntor esteja ajustado, em amperes (A).

Chave de partida

- **Tipo.** Tipo de chave de partida.
- **Capacidade.** Capacidade da chave de partida em HP.

Proteção

- **Marca.** Fabricante ou marca do elemento térmico de proteção do motor.
- **Capacidade.** Colocar a faixa de calibragem do elemento térmico em amperes (A).
- **Ajuste.** O ponto em que o elemento térmico está calibrado.

Capacitores

Se o equipamento possuir um banco de capacitores, escrever a capacidade total do banco em kVAR.

Sistema de aterramento

Deve-se anotar os equipamentos que estão ou não aterrados, e a bitola do cabo.

Condutores elétricos

Os dados requeridos são a bitola, tipo de isolamento, temperatura de projeto, comprimento e agrupamento. Devem coletar-se os dados do condutor nos trechos: do transformador para o equipamento de controle e do equipamento de controle para o motor. Os dados a coletar são:

- **Bitola.** É a bitola do condutor, em mm² ou em AWG, que está escrita no isolamento.
- **Comprimento.** O comprimento total dos condutores no trecho descrito.
- **Canalização e agrupamento.** É a descrição de como esses condutores são agrupados, o meio de canalização utilizado e suas medidas. A importância dessas informações é que elas indicam a ventilação que os condutores elétricos possuem.
- **Temperatura de projeto.** A temperatura de projeto do isolamento.

DADOS DO MOTOR

Dados de placa

- **Marca.** Marca ou fabricante do motor.
- **Capacidade.** A capacidade nominal do motor em H.P.
- **Velocidade.** Velocidade de rotação do motor em RPM.
- **Tensão.** A tensão nominal do motor em volts (V).
- **Corrente.** A corrente nominal do motor em amperes (A).
- **Eficiência.** A eficiência do fabricante ou do motor novo em %.
- **Tipo.** Tipo de motor.
- **Carcaça.** É o tipo de armadura ou número do armadura que o motor tem.
- **F.S.** Corresponde ao fator de serviço.

Dados de operação

- **Idade.** A idade ou o tempo durante o qual o motor trabalhou desde sua primeira instalação, em anos.
- **Operação.** A média de horas de trabalho do motor em um ano, em horas/ano.
- **Número de rebobinações.** O número de rebobinações realizados no motor durante sua vida de serviço.

DADOS NOMINAIS DA BOMBA

Nesta seção devem tomar-se os dados de placa da bomba.

Dados do corpo da bomba

- **Marca.** Marca ou fabricante da bomba.
- **Tipo.** Tipo de bomba: submersível, turbina vertical, horizontal, centrífuga, etc.

- **Modelo.** O modelo da bomba segundo o fabricante.
- **Idade.** A idade ou tempo pelo qual o equipamento esteve em operação, desde sua instalação, em anos.

Dados do impulsor da bomba

- **Tipo.** O tipo de impulsor da bomba.
- **Material.** O material com que o impulsor é fabricado.
- **Diâmetro.** Diâmetro nominal do impulsor em metros.
- **Idade.** A idade do impulsor ou tempo que o impulsor esteve em operação em anos. Cabe notar que o impulsor poderia ter uma idade diferente da bomba, se esse elemento foi trocado durante a vida da bomba.

Dados de projeto

São as características hidráulicas de projeto com as quais o equipamento foi selecionado.

- **Carga.** a carga de projeto em metros de coluna de água (mca).
- **Fluxo.** o fluxo de projeto em litros por segundo (l/s).

INSPEÇÃO VISUAL E AUDITIVA

A inspeção básica realizada é a observação de algum ou vários dos seguintes itens:

Sistema elétrico

- **Transformador.** Aterramento, ruído ou vibração anormal, estado da pintura, vazamentos de óleo dielétrico e defeitos nos bocais.
- **Disjuntor.** Ruído devido ao arqueamento por desgaste de contatos.
- **Condutores.** Isolamento deficiente.
- **Motor.** Ruído ou vibração anormal devido a rolamentos, desequilíbrio ou alinhamento do motor.

Sistema hidráulico

- **Bomba.** Ruído ou vibração anormal devido a sedimentos, impulsor solto ou desbalanceado, pinos soltos do cabeçote, no caso de turbina vertical.

FORMATOS DE REGISTRO DE DADOS E MEDIÇÕES EM CAMPO

O uso de formatos de campo organizados é importante para registrar as características do sistema eletromecânico dos equipamentos de bombeamento, pois ajuda a atingir os objetivos de forma clara e ordenada.

Nos quadros B1 e B3 são apresentados os formatos sugeridos para o registro das características do sistema eletromecânico e os dados nominais da bomba, bem como do motor. Nos quadros B4, B5 e B6 se apresenta um formato que pode ser utilizado nas medições de parâmetros elétricos, hidráulicos e de temperatura dos equipamentos de bombeamento. Os formatos para a coleta e medição dos diferentes parâmetros são essenciais na auditoria energética.

QUADRO B.1: Formato para coleta de dados do sistema elétrico

COLETA DE DADOS DO SISTEMA ELÉTRICO

<p>FORNECIMENTO ELÉTRICO</p> <p>Fornecedor: _____</p> <p>Nº de serviço: _____</p> <p>Tarifa contratada: _____</p>																								
<p>TRANSFORMADOR</p> <p>Tipo: OA (AZOTEA)</p> <p>Capacidade: 150 kVA</p> <p>Relação de transformação: 13200/440/254 V</p>																								
<p>DISJUNTOR PRINCIPAL</p> <p>Marca: SIEMENS</p> <p>Capacidade: 250 A</p> <p>Ajuste: 1100-2500-50%</p>																								
<p>CHAVE DE PARTIDA</p> <p>Tipo: DANFOSS VLT AQUA</p> <p>Capacidade: 150 HP</p> <p>Método de partida: Star-Delta (Y-D)</p>																								
<p>PROTEÇÃO</p> <p>Marca: POR VARIADOR</p> <p>Capacidade: _____</p> <p>Ajuste: _____</p>																								
<p>SISTEMA DE ATERRAMENTO</p> <p>Existe sistema de aterramento? <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">Sim ✓</td><td style="text-align: center;">Não</td></tr></table></p> <p>O neutro e o terra estão separados? <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">Sim</td><td style="text-align: center;">Não ✓</td></tr></table></p> <p>O transformador está aterrado? <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">Sim ✓</td><td style="text-align: center;">Não</td></tr></table></p> <p>A chave de partida está aterrada? <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">Sim ✓</td><td style="text-align: center;">Não</td></tr></table></p> <p>O motor está aterrado? <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td style="text-align: center;">Sim</td><td style="text-align: center;">Não ✓</td></tr></table></p>	Sim ✓	Não	Sim	Não ✓	Sim ✓	Não	Sim ✓	Não	Sim	Não ✓	<p>CAPACITORES</p> <p>Capacidade: 40/20 kVAr</p>	<p>CONDUTORES</p> <p>Transformador – Chave de partida</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Bitola:</td><td>1HXF-4/0</td></tr> <tr><td>Comprimento:</td><td>7 m.</td></tr> <tr><td>Agrupamento:</td><td>C-3H+1N4</td></tr> </table> <p>Partida – Chave</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Bitola</td><td>1HXF-4/0</td></tr> <tr><td>Comprimento:</td><td>9 m.</td></tr> <tr><td>Agrupamento:</td><td>C-3H</td></tr> </table>	Bitola:	1HXF-4/0	Comprimento:	7 m.	Agrupamento:	C-3H+1N4	Bitola	1HXF-4/0	Comprimento:	9 m.	Agrupamento:	C-3H
Sim ✓	Não																							
Sim	Não ✓																							
Sim ✓	Não																							
Sim ✓	Não																							
Sim	Não ✓																							
Bitola:	1HXF-4/0																							
Comprimento:	7 m.																							
Agrupamento:	C-3H+1N4																							
Bitola	1HXF-4/0																							
Comprimento:	9 m.																							
Agrupamento:	C-3H																							
<p>OBSERVAÇÕES: _____</p>																								

QUADRO B.2: Formato para coleta de dados do motor elétrico**COLETA DE DADOS DO MOTOR ELÉTRICO**

DADOS DE PLACA OU NOMINAIS:						
Marca:	General Electric		Tensão:	440 V	Tipo:	T speed
Capacidade:	150	HP	Corrente:	180 A	Quadro:	1445TP
Velocidade:	N/A	RPM	Eficiência:	N/A	F.S.	1,15
HISTÓRICO						
Idade:	20 anos		Operação:	8.760 horas/ano	Nº de rebobinações:	2
OBSERVAÇÕES:	Modelo 14KA154					

QUADRO B.3: Formato para coleta de dados da bomba**COLETA DE DADOS DA BOMBA**

CORPO		IMPULSOR		
Marca:	N/A	Tipo:	almost open	
Tipo:	T. Vertical	Material:	N/A	
Modelo:	N/A	Diâmetro:	N/A m	
Idade:	anos	Idade:	N/A anos	
DATA:	Diâmetro:	N/A pol.	Comprimento:	N/A m
DADOS DE PROJETO:	Carga:	158 wcm	Fluxo:	14 l/s
OBSERVAÇÕES:				

QUADRO B.4: Formato para o registro de medições elétricas**MEDIÇÕES ELÉTRICAS**

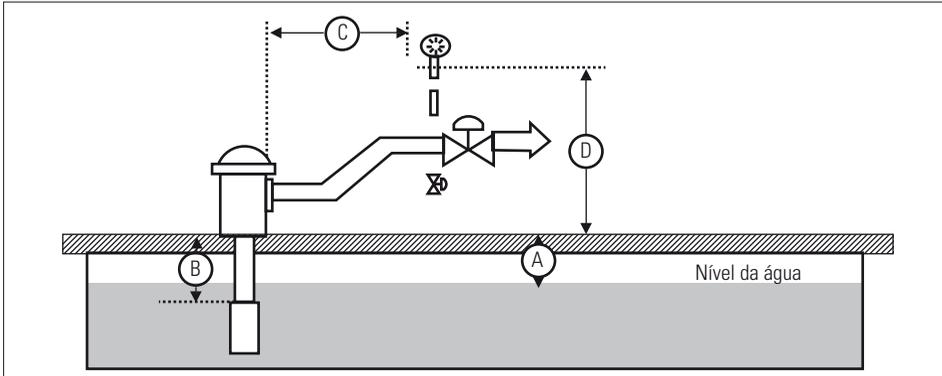
TENSÃO ENTRE FASES	Vab:	461	Vbc:	462	Vac:	460
CORRENTE POR FASE:	Ia:	71,7	Ib:	71,5	Ic:	69,2
POTÊNCIA ATIVA:	Pa:	14,9	Pb:	14,9	Pc:	14,3
FATOR DE POTÊNCIA:	Fpa:	-0,78	FPb:	-0,76	FPc:	-0,78
DISTORÇÃO HARMÔNICA	DHT-V:	1%	DHT-I:	32.60%		
Ponto de Medição:	No contator de saída para o motor no variador					
CORRENTE DO CAPACITOR:	Ia:	58,1	Ib:	54,4	Ic:	38,5
SISTEMA DE ATERRAMENTO:	Continuidade:	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO	Corrente:	30,32 mA	Resistência:	10,36 Ω
OBSERVAÇÕES:	Banco de capacitadores superdimensionado e fase do capacitor C danificada					

QUADRO B.5: Formato para o registro de medições hidráulicas

MEDIÇÕES HIDRÁULICAS

NÍVEIS:

Nível do depósito de sucção (A)	150	m.	Comprimento da tubulação na sucção (B)	158,60	m.
Distância descarga ao manômetro (C)	1	m.	Altura manômetro de descarga (D)	0,1	m.



	Diâmetro	Material	Pressão (kg/cm ²)	Fluxo (l/s)	Velocidade (m/s)
Sucção	0,2032	AC	—	12,6	0,3885
Descarga	0,2032	AC	0,61	12,6	0,3885

OBSERVAÇÕES:

QUADRO B.6: Formato para o registro de medições de temperatura

MEDIÇÕES DE TEMPERATURA

No equipamento de controle	Entrada do disjuntor			Saída do disjuntor			Entrada da chave de partida			Saída da chave de partida		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	34	34	32	34	33	33	33	33	33	31	33	34

MOTOR				TRANSFORMADOR										
Carcaça	Rolamentos		Bornes alimentador			Bornes de baixa tensão					Invólucro		Radiador	
	Superior	Inferior	X1	X2	X3	X0	X1	X2	X3	Superior	Inferior	Superior	Inferior	
37	37	36	—	—	—	34	36	36	35	38	31	36	32	

OBSERVAÇÕES: Existe vazamento de óleo dielétrico nas bocas de baixa tensão do transformador.

FORMATO DE AUDITORIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO

As informações das ações realizadas a respeito da manutenção nos equipamentos de bombeamento são de suma importância, já que com elas se identificará a situação atual. Essas informações devem ser fornecidas pela empresa de água. O instrumento a ser utilizado é apresentado no Quadro B.7.

QUADRO B.7: Formato de auditoria do plano de manutenção

Subsistema	Equipamento	Ação recomendada	Frequência de manutenção				Não é feita
			Diária	Semanal	Mensal	Anual	
Elétrico	Transformadores	Limpeza do equipamento					
		Limpeza da área					
		Reaperto de parafusos em bocais e terminais mecânicos					
		Purificação e filtragem de óleo dielétrico, que consiste em centrifugar, filtrar, desidratar e desgaseificar o conteúdo do transformador					
		Medição e análise de parâmetros elétricos					
		Análise físico-química do óleo					
		Testes de relação de transformação (TTR)					
		Testes elétricos (megômetro)					
	Análise termográfica						
	Centro de controle de motores	Limpeza do painel com solvente dielétrico					
		Limpeza e lubrificação de acionamentos mecânicos (molas, botoeiras)					
		Reaperto de parafusos de terminais e conectores elétricos					
		Medição e análise de parâmetros elétricos					
		Testes de resistência elétrica na rede de aterramento					
		Testes de continuidade na rede de aterramento					
	Análise termográfica						
	Motores elétricos	Limpeza do enrolamento com solvente dielétrico					
		Lubrificação de rolamentos					
		Troca de rolamentos axiais					
		Ajustes das tampas					
		Lixação e pintura da carcaça					
		Medição e análise de parâmetros elétricos					
		Medição e análise de vibrações mecânicas					
		Testes de isolamento					
	Testes da resistência do enrolamento						
	Análise termográfica						
	Mecânico	Bombas	Lubrificação de rolamentos e porta-rolamentos				
Lubrificação do eixo superior							
Troca da bucha da bacia							
Retificação da sede de bacias intermediárias							
Troca da bucha da bacia de sucção							
Retificação do eixo de linha							
Troca do eixo superior							
Troca de rolamentos							
Troca de bucha							
Retificação do eixo de bacias							
Medição e análise de vibrações mecânicas							
Medição e análise de pressão de descarga e carga de bombeamento							
Medição e análise da vazão							
Inspeção da bucha							
Inspeção do preme-gaxeta							

(continua na página seguinte)

QUADRO B.7: Formato de auditoria do plano de manutenção (*continuação*)

Subsistema	Equipamento	Ação recomendada	Frequência de manutenção				Não é feito
			Diária	Semanal	Mensal	Anual	
Mecânico	Tubulação de descarga	Limpeza e inspeção da tubulação de descarga					
		Pintura da tubulação de descarga					
		Troca de gaxetas quebradas entre os acoplamentos de braçadeiras, válvulas, medidores e válvulas de retenção sustentadoras de pressões					
		Troca de válvulas					
		Inspeção do funcionamento e calibragem dos macromedidores					
		Inspeção do equipamento de cloração					
		Limpeza de solenoide e válvulas de expulsão de ar					
		Medição e análise de vibrações mecânicas					
	Válvulas	Limpeza e avaliação do diafragma					
		Limpeza e avaliação da mola do diafragma					
		Limpeza de conexão anti-poeira					
		Lubrificação de mancal do eixo					
		Limpeza do corpo da válvula					
		Limpeza de solenoide					
		Troca de condutores elétricos de controle					
		Medição e análise de vibrações mecânicas					



www.iadb.org