



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**BRUNO ARAÚJO MOREIRA  
GUILHERME SOBRAL SANTOS  
PEDRO AUGUSTO LEAL DOS SANTOS  
PÉROLA DE CARVALHO PARANAGUÁ SILVA  
THIAGO AMADOR MATOS SOUSA  
VICTOR SANTOS GIRON MARGALHO**

**PROJETO DETALHADO  
DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM  
ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DAS BOMBAS DE BFW DA  
BRASKEM**

**SALVADOR  
2019**

BRUNO ARAÚJO MOREIRA  
GUILHERME SOBRAL SANTOS  
PEDRO AUGUSTO LEAL DOS SANTOS  
PÉROLA DE CARVALHO PARANAGUÁ SILVA  
THIAGO AMADOR MATOS SOUSA  
VICTOR SANTOS GIRON MARGALHO

**DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM  
ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DAS BOMBAS DE BFW DA  
BRASKEM**

Este relatório foi desenvolvido como uma etapa parcial do Theoprax, cuja disciplina é Técnicas de Projeto do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário SENAI CIMATEC.  
Orientador: Profº. Dantani Jorge

SALVADOR  
2019

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODO DE FALHA</b> .....	4
1.1	ETAPAS FINAIS DE CONSTRUÇÃO DO FMEA .....	4
<b>2.</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA</b>	<b>8</b>
2.1	CLASSIFICAÇÕES DA MANUTENÇÃO .....	8
2.2	MANUTENÇÕES CENTRADA NA CONFIABILIDADE .....	9
<b>3.</b>	<b>PLANO DE MANUTENÇÃO</b> .....	<b>13</b>
3.1	DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO .....	13
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>17</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>18</b>
	<b>ANEXO A - PLANO DE MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA DE CALDEIRAS (BFW)</b> .....	<b>19</b>

# 1 RESULTADOS DA ANÁLISE DE MODO DE FALHA

## 1.1 ETAPAS FINAIS DE CONSTRUÇÃO DO FMEA

Após uma avaliação do histórico de falhas das Bombas de BFW, bem como suas causas raízes, foram destacados os componentes mais críticos deste equipamento levando-se em consideração o quanto estes foram afetados pelas falhas apresentadas. A partir disso, para o desenvolvimento do FMEA definiu-se os possíveis modos de falha de cada um dos componentes, ou seja, a maneira como é possível se detectar a falha em um equipamento. Para cada modo de falha que foi estabelecido, possíveis *efeitos* e as principais *causas* também foram levantadas. Com o estabelecimento destes parâmetros iniciais de construção do FMEA, deu-se início ao processo de instituição dos critérios responsáveis pela determinação dos graus de Criticidade, Frequência e Dificuldade de Detecção. As classificações destes critérios citados acima foram separadas considerando o peso de cada um como base para cálculo do NPR (Número Potencial de Risco) e está organizado de acordo como quadro abaixo:

**Quadro 1 - Classificação e Pesos de componentes do cálculo de NPR**

Componente do NPR	Classificação	Peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA – F	Improvável	1
	Muito Pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
SEVERIDADE, GRAVIDADE DA FALHA – G	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTABILIDADE – D	Alta	1
	Moderadamente grave	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10

Fonte: Própria, 2019.

A frequência da falha consiste no intervalo de tempo em que uma ocorrência desta natureza se repete. Para chegar a este número, foi feita uma classificação e separação dos eventos de falha mais críticos nas bombas de mesma configuração, como mostrado abaixo.

**Quadro 2 - Relação de Frequência de Eventos de Falha**

<b>Bombas</b>	<b>Aumento de Temperatura</b>	<b>Redução na vida de mancais e selos mecânicos</b>	<b>Vibração Excessiva</b>	<b>Vazamento pelo Selo Mecânico</b>	<b>Desbalanceamento Axial</b>	<b>Demais causas</b>
	1	3	7	8	9	outras
<b>A e G</b>	36 meses	36 meses	10 meses	36 meses	17 meses	5 meses
<b>C, D, E, F</b>	36 meses	36 meses	36 meses	11 meses	36 meses	7 meses

Fonte: Própria, 2019.

Para determinar o intervalo de ocorrência destes eventos, adotamos como premissa o critério estabelecido pela API 610 Centrifugal Pumps for Petroleum Petrochemical and Natural Gas Industries, 11a. Edição, que considera o tempo de 3 anos como um tempo ótimo para que a bomba opere sem queda de eficiência. Dessa forma, o cálculo de MTBF (Tempo médio entre falhas) foi feito para classificar a frequência de repetição de falhas de mesma natureza. Estas foram avaliadas considerando-se uma base móvel de 36 meses, sendo o cálculo mostrado abaixo:

$$MTBF = \frac{\textit{Tempo total de máquina funcionando}}{\textit{Número de falhas ocorridas}}$$

Após estabelecido o critério para cálculo de MTF, bem como determinados os pesos atribuídos para cada um, foi feito o cálculo do NPR para cada modo de falha classificado por componente da bomba. O resultado obtido pode ser observado nas páginas posteriores.

Bombas Alimentação de água de Caldeiras - Bombas Turbinadas A e G																				
NOME DO COMPONENTE	MODO DE FALHA (forma como é observada / detectada a falha)	EFEITO (consequência que leva ao risco de ocorrência do acidente)	CAUSA (origem da falha que leva ao Modo de Falha)	CRITICIDADE ( Severidade )	FREQUÊNCIA ( ocorrência )	DIFICULDADE de Detecção	NPR / FPR	TIPO DE AÇÃO ( A ser feita para evitar que aconteça a falha devido a causa identificada ou detectada antes que interrompa o equipamento/sistema )		Máquina Parada?	DIÁRIA	SEMANAL	QUINZENAL	MENSAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	BI-ANUAL	Parada Programada	
								Prevenção / Detecção	END - Ensaio não Destrutivo (Ultrassom/ B-Scan)											
Selo Mecânico	Vazamento	Perda de produto	Desgaste Mecânico	4	2	4	32	Detecção	Sim											X
		Contaminação do ambiente externo		2	2	2	8	Detecção	Não											
Mancal	Vibração Excessiva	Redução da eficiência da bomba	Instalação Indevida	6	4	4	96	Detecção	Não	X										
	Desgaste mecânico	Ruído Excessivo	Instalação Indevida	6	1	1	6	Detecção	Não	X										
Eixo	Sobrevelocidade	Desalinhamento mecânico/ perda de espessura	Manutenção não assertiva.	8	4	7	224	Prevenção	Não								X			
	Deformação Mecânica/ruptura	Vibração excessiva	Operação fora dos parâmetros ideais.	10	2	1	20	Detecção	Sim											X
Impelidor	Vazão insuficiente	Recirculação interna	Sobrecarga	9	2	2	0	Detecção	Sim											X
		Presença de pites na superfície do impelidor	Bomba operando abaixo da vazão mínima recomendada	7	2	7	98	Detecção	Sim											X
	Vibração excessiva	Aumento da pressão no "olho" do impelidor	NPSH disponível menor que o requerido	2	2			Detecção	Não					X						
		Queda de desempenho da bomba	Cavitação da bomba	8	7	7	392	Detecção	Sim											
Carcaça	Fritura	Vazamento	Trincas	5	2	8	80	Detecção	Não											
		Ruptura da Carcaça	Alta Pressão/Alta Temperatura	8	2			Detecção	Não	X										
Acionamento Turbinado	Trip por velocidade	Perda de produção	Sobrevelocidade	10	4	8	320	Detecção	Não	X										
		Ruptura dos elementos rotativos	Degradação das pás da turbina	5	3	5	75	Prevenção	Sim											



## **2. DESENVOLVIMENTO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA**

### **2.1 CLASSIFICAÇÕES DA MANUTENÇÃO**

Existem diversas classificações de manutenção, que podem ser subdivididas e subgrupos de tarefas que estão atreladas ao tipo de Programação ou quanto à natureza do evento. Abaixo é possível verificar os tipos de classificação de manutenção existentes:

Quanto à programação: (Siqueira, 2005 - página 11)

- Manutenção Programada;
  - Periódica;
  - Aperiódica;
- Manutenção Não-Programada;

Quanto aos objetivos: (Siqueira, 2005 -página 12)

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Proativa;
- Manutenção Produtiva;
- Manutenção Detectiva.

A manutenção se divide principalmente em dois tipos, são elas corretiva e preventiva. A primeira engloba todas as ações para retornar um sistema do estado falho para o estado operacional ou disponível. A segunda procura manter o sistema em estado operacional ou disponível por meio da prevenção de ocorrências de falhas.

A manutenção preventiva está diretamente ligada a confiabilidade do sistema ou peça, assim como na quantidade de ocorrência de falha. Pode ser quantificada a taxa de falha e a quantidade de horas de operação através de um gráfico que possui um comportamento similar a curva da banheira.



Quando a manutenção é executada antes da falha ou quando o equipamento está com determinadas condições, as quais são indicadas pelo monitoramento contínuo o qual indica que irá falhar. Considera-se então manutenção preventiva-preditiva ou manutenção preditiva ou sob condições.

Caso a manutenção seja feita por uma parada feita pela operação e não pela manutenção, então é considerado uma manutenção sob oportunidade e não preventiva.

## 2.2 MANUTENÇÕES CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), em inglês, *Reliability Centred Maintenance (RCM)* é um enfoque sistemático para o planejamento da manutenção, levando em conta aspectos de confiabilidade. Segundo Lafraia (2001), a Manutenção Centrada na Confiabilidade tem como objetivo estabelecer os efeitos causados pela falha e determinar o tipo de atividade de manutenção que seja aplicável e custo-eficiente. Para a MCC, as tarefas de maior interesse são as que reduzem o nível de risco de falha para um nível aceitável.

De acordo com Siqueira (2005), a generalidade dos conceitos de técnicas da MCC é aplicável, atualmente, a qualquer sistema, independente da tecnologia, onde seja necessário manter a funcionalidade de processos ou ativos físicos.

Uma das características da MCC é fornecer um método estruturado para selecionar as atividades de manutenção, para qualquer processo produtivo. O método é formado por um conjunto de passos bem definidos, os quais precisam ser seguidos em forma sequencial para responder às questões formuladas pela MCC e garantir os resultados desejados. Siqueira (2005).

A Manutenção Centrada na confiabilidade propõe:

- Preservar as funções dos equipamentos, com a segurança requerida;
- Restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração;
- Otimizar sua disponibilidade;
- Minimizar o custo do ciclo de vida (LCC - *Life Cycle Cost*);
- Atuar conforme os modos de falha;

- Realizar apenas as atividades que precisam ser feitas;
- Agir em função dos efeitos e consequências da falha;
- Documentar as razões para escolha das atividades.

**Quadro 3 - Comparação da Manutenção Tradicional com a MCC**

Característica	Manutenção Tradicional	MCC
Foco	Equipamento	Função
Objetivo	Manter o equipamento	Preservar a função
Atuação	Componente	Sistema
Atividades	O que precisa ser feito	O que deve ser feito
Dados	Pouca ênfase	Muita ênfase
Documentação	Reduzida	Obrigatória e Sistemática
Metodologia	Empírica	Estruturada
Combate	Deterioração do equipamento	Consequência das falhas
Normalização	Não	Sim
Priorização	Inexistente	Por função

Fonte: Siqueira (2005).

Uma estratégia efetiva de manutenção concentra-se em evitar ou reduzir as consequências significantes de falhas. Portanto, o ponto central da filosofia da MCC, segundo Siqueira (2005), é concentrar o foco nas consequências das falhas, priorizando mais o atendimento às necessidades do processo ou aplicação, em detrimento das necessidades próprias ou individuais dos itens.

Segundo a MCC, as consequências significantes são aquelas que afetam um dos seguintes aspectos do ambiente operacional:

- Segurança de pessoal;
- Qualidade do meio ambiente;
- Operação do processo;
- Economia do processo;

Com o intuito de reduzir os efeitos adversos das falhas, a MCC adota como objetivos e técnicas principais:

- Preservar as funções dos sistemas;
- Identificar modos de falha que possam interromper as funções;
- Priorizar as necessidades das funções;
- Selecionar apenas as tarefas preventivas que sejam aplicáveis e efetivas;
- Determinar periodicidades ótimas para estas atividades.

Para estabelecer métodos adequados de manutenção, a MCC procura obter respostas corretas e precisas a um conjunto de questões, em uma ordem sequencial específica, aplicáveis ao sistema objeto da manutenção:

1. Quais as funções a preservar?
2. Quais as falhas funcionais?
3. Quais os modos de falha?
4. Quais os efeitos da falha?
5. Quais as consequências das falhas?
6. Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?
7. Quais as alternativas restantes?
8. Quais as frequências ideais das tarefas?

Para responder cada questão, a MCC pode utilizar diversos métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, segundo uma sequência estruturada e bem documentada, possível de ser auditada. Essa sequência de implementação é composta por sete etapas:

1. Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
2. Análise de Modos de Falha e Efeitos;
3. Seleção de Funções Significantes;
4. Seleção de Atividades Aplicáveis;
5. Avaliação da Efetividade das Atividades;
6. Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
7. Definição da Periodicidade das Atividades.

Em cada etapa são utilizadas ferramentas de modelagem ou análise de sistemas destinados a responder e, principalmente, documentar os critérios e respostas para cada questão da MCC.

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) tornou-se o procedimento padrão na indústria para definir e documentar todos os modos de falha potenciais em um sistema. De acordo com Lafraia (2001), após a conclusão do FMEA é possível estabelecer um plano de manutenção efetivo em função do efeito da falha e da efetividade deste plano em estabelecer tarefas que sejam aplicáveis e custo-eficientes em:

- Detectar;
- Monitorar;
- Restaurar;
- Substituir;
- Inspecionar;
- Mudar o Projeto.

### 3. PLANO DE MANUTENÇÃO

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção é fundamental para uma boa gestão do setor de manutenção, sendo responsável por alavancar os índices de disponibilidade e confiabilidade dos ativos. A estratégia de manutenção pode se basear em uma estratégia corretiva, preventiva ou ainda preditiva, esses conceitos são mais populares dentro da engenharia.

O conceito de manutenção para **Norma ABNT NBR 5462/1994** é de um conjunto de ações técnicas e administrativas com objetivo de manter ou recondicionar o ativo em condições de operar a sua função requerida. Entende-se então que independente da filosofia a ser escolhida, o plano sempre é necessário para uma boa gestão. De forma resumida a **Norma ABNT NBR 5462/1994** define a manutenção corretiva como sendo a manutenção que ocorre após uma pane, e as ações são unicamente focadas em recolocar o ativo em condições de operacionalização. A manutenção preventiva por sua vez se utiliza de períodos ou condições pré-estabelecidas e visa sempre se antecipar a falha, todavia essa antecipação pode ser em alguns casos postergada se a filosofia de manutenção se utilizar de técnicas e análises preditivas, o que por sua vez definem uma manutenção preditiva.

Um plano de manutenção deve conter um conjunto de ações preventivas recomendadas para a manutenção do equipamento que são estabelecidas, de acordo com o modo de falha específico. Com isto, é estabelecida a frequência de execução da ação recomendada para cessar o modo de falha. Um bom plano de manutenção representa a coleção de todas as ações preventivas que devem ser tomadas para evitar as falhas e garantir o bom funcionamento dos equipamentos.

Quanto melhor for o conhecimento das necessidades de manutenção preventiva dos equipamentos, melhor será o conteúdo do plano (XENOS, 2014). Para isso, é necessário que informações como instruções detalhadas sobre o que inspecionar, reformar ou trocar, a frequência de realização dessas ações, o porquê de fazê-las e como essas devem ser executadas, dentre outras, devem ser estabelecidas para assim definir os padrões de manutenção. Segundo (Teles, 2018) um plano de manutenção deve ser desenvolvido para que se agregue valor à corporação, ou seja, se minimize os custos com desperdício, aumente os ganhos obtidos pelo

planejamento e favoreça a competitividade da empresa. Um simples plano de manutenção deve ser construído gerando documentos que registrem as atividades, quem irá executá-las, quais as técnicas empregadas, periodicidades das intervenções e localização dos ativos que serão mantidos.

No caso de equipamentos completamente novos e desconhecidos, o ponto de partida para a elaboração dos primeiros planos de manutenção são as informações fornecidas pelos fabricantes por meio de especificações técnicas e manuais de manutenção. Entretanto, a elaboração dos planos de manutenção para os equipamentos que já estão em operação nas empresas não depende da existência dos padrões. Ou seja, mesmo que os padrões de manutenção ainda não tenham sido formalmente preparados para os equipamentos existentes, sempre será possível elaborar os planos de manutenção com base na experiência prática acumulada pelas equipes de manutenção ao longo do tempo (XENOS, 2014).

Como frisado pelo autor, em situações onde o equipamento já possui um histórico de falhas, é possível elaborar um plano de manutenção baseando-se na análise do histórico em conjunto com o conhecimento tácito da equipe de manutenção, direcionando os esforços pontualmente nas causas de falhas que mais prejudicam o equipamento e oneram o processo e sistema.

No caso estudado e abordado na Braskem as bombas em questão têm atualmente uma filosofia de realização de técnicas corretivas, seguidas de técnicas preditivas de lubrificação e análise vibratória. Todavia, o presente trabalho visa abordar através dos estudos de confiabilidade e análise de falhas o uso de outras técnicas para sugerir modificações adicionais ao plano de manutenção vigente.

Dessa maneira para adequar o atual plano de manutenção das bombas de BFW da planta Q1 da Braskem, será elaborado um plano de manutenção preditiva, cujo objetivo é mitigar os eventos de falha que mais interferem no bom funcionamento das bombas estendendo assim o tempo médio entre falhas. É importante salientar que o plano de manutenção deve ser revisado continuamente por meio do giro sistemático do ciclo PDCA para serem inseridas e/ou aprimoradas outras ações que venham prolongar a estabilidade e disponibilidade das bombas.

### 3.2 LISTA MÍNIMA DE SOBRESSALENTES

Também conhecida como lista técnica, a lista de sobressalentes é um dos produtos de um plano de manutenção. Esta lista é responsável por impactar diretamente a disponibilidade do equipamento, todavia os custos gerados por armazenamento, manutenção e logística de peças, influenciam fortemente para que esta lista contenha apenas o mínimo de insumos necessários para atender possíveis falhas em um período pré-estabelecido.

Agregado a lista técnica, é indispensável a formulação de documentos técnicos e manuais de uso para garantir que as melhores práticas de engenharia estejam sendo aplicadas, sendo assim responsáveis por manter os melhores perfis de indicadores de MTBF, MTTR e Confiabilidade.

### 3.3 TÉCNICAS DE PREDITIVA APLICADAS AO PLANO DE MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE BFW

Os planos de manutenção desenvolvidos pela equipe para as bombas de BFW da BRASKEM incluem técnicas já utilizadas e que constam nos planos de manutenção atualmente existentes da empresa, bem como sugere técnicas ainda não aplicadas. No entanto, a proposta da equipe de desenvolver um novo plano visa construir um olhar mais abrangente e crítico dos equipamentos e seus subsistemas, adequando de uma forma mais consistente e rígida um plano que cobrisse toda a envoltória destes equipamentos. Dentre as técnicas abordadas falamos de:

- Análise de Vibração;
- Análise Termográfica;
- Análise de Óleo;
- Inspeção Digital;

A Inspeção Digital consiste na utilização de técnicas inovadoras como, por exemplo, a Realidade Virtual, para coleta e acompanhamento do status operacional da máquina. Através de um software com extensão para utilização em celulares (aplicativo) idealizado pela BRASKEM é feita uma coleta e análise de dados reais de

operação da máquina para que estes sejam comparados com os dados ideais de operação. Se o resultado desta comparação indicar divergências, o software informa ao operador do aplicativo a anomalia existente calculando também a tendência de falha, ou seja, será feita uma predição do tempo em que possivelmente ocorrerá uma falha no equipamento. Utilizando da técnica de Realidade Aumentada, é possível então gerar uma maquete 3D do equipamento que irá mostrar de forma visual o comportamento da falha de acordo com as informações coletadas.

**Figura 1 – Aplicação de Realidade Aumentada em Tanque de Armazenamento**



Fonte: Própria Equipe

Esta técnica já aplicada a um compressor pode também ser utilizada para as bombas de BFW como uma forma de predição de falha em subsistemas críticos deste equipamento como, por exemplo, os mancais, eixo, impelidor, carcaça e acionamento. A frequência de execução da Inspeção Digital nas bombas de alimentação de água de caldeira está relacionada com a criticidade e com base nos resultados obtidos com o FMEA. Com a aplicação desta técnica no Plano de Manutenção desenvolvido pela equipe espera-se munir o Engenheiro de informações que não são monitoradas



através de uma inspeção visual comum, possibilitando uma perspectiva mais assertiva na predição da falha.

#### **4. CONCLUSÃO**

A partir da execução deste projeto conclui-se que o objetivo inicial e gargalo da empresa Braskem SA, que consiste na baixa confiabilidade e disponibilidade das bombas de alimentação de água de caldeiras da Unidade Termoelétrica, apresentará melhoria com a implantação de um Plano de Manutenção Preditiva revisado.

Isto se deve pelo fato de que a solução proposta pela equipe, que visa a incorporação de novas tecnologias de predição, como por exemplo, a aplicação da tecnologia de realidade aumentada aliado a uma adequação das técnicas já utilizadas pela equipe de manutenção, a citar: análise de vibração e de termografia, porém, com um olhar mais criterioso para o equipamento. Visando garantir uma cobertura total de pontos identificados como críticos para o sistema - suscetíveis a danos de grande magnitude ou que possam comprometer o equipamento e seus subsistemas - como também a uma nova possibilidade de análise sobre os pontos comumente verificados nos planos de manutenção existentes na empresa.

Como ferramenta de investigação das possíveis falhas do equipamento foi utilizada a metodologia de Análise do Modo de Falha - FMEA. Através da bibliografia e com base no histórico do equipamento de 2009 - 2018 foram destacadas as principais partes de bombas centrífugas suscetíveis a falhas, bem como seus modos de falha causas e efeito, para embasar um plano de manutenção preditiva coerente e abrangente. Como resultados obtidos foram entregues um FMEA e um Plano de Manutenção Preditiva para as bombas com acionamento turbinado e motorizado totalizando 11 meses de desenvolvimento do Projeto das etapas iniciais até a entrega final. Todo o projeto foi realizado com custo zero.

## REFERÊNCIAS

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001. 388p.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408p.

NBR 5462 TB 116 - **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/55584329/NBR-5462-TB-116-Confiabilidade-e-Manutenibilidade>>; Acessado em: 11 de Nov 2019

XENOS, H. G. D. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 2. ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2014

TELES, Jhonata. PCM Descomplicado – **Planejamento e Controle de Manutenção**. 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/pcm-descomplicado/>>; Acesso em: 11 de nov. 2019.

API 610 **Centrifugal Pumps for Petroleum Petrochemical and Natural Gas Industries**, 11a. Edição, Setembro 2010. Disponível em: <[http://www.karoonkhozestan.com/images/upload\\_image/1455617220\\_api-610-11th.pdf](http://www.karoonkhozestan.com/images/upload_image/1455617220_api-610-11th.pdf)>; Acessado em: 15 de Nov. 2019.

ANEXO A - PLANO DE MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA DE CALDEIRAS (BFW)

Componentes	Atividades	Checklist	S/N	Recursos	Executante	Tempo ótimo para Execução	Frequência
Selo Mecânico	Análise Termográfica	1 - Providenciar a PT junto a operação; 2 - Isolar a área a ser inspecionada; 3 - Colocar etiqueta de identificação de execução de manutenção; 4 - Verificar parâmetros de medição do equipamento; 5 - Posicionar câmera termográfica perpendicular ao plano do objeto-alvo para realizar medição; 6 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Câmera termográfica; Termo- higroanemômetro ; Alicates tipo amperímetro categoria III ou IV, (quando aplicável); Máquina fotográfica digital; Lista de Pontos de Medição;	Técnico/ Termografista/ Assistente /Habilitado	150 min	4 meses
Mancal	Análise de Vibração	1 - Verificar parâmetros de medição do equipamento (analisador/coletor portátil); 2 - Posicionar o acelerômetro sobre a carcaça, na localização do mancal, primeiro no plano horizontal da carcaça, em seguida no plano vertical e por último no plano superior; 3 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Analisador/coletor de vibração portátil; Acelerômetro.	Supervisores de Manutenção/ Mecânicos	25 min	25 dias
	Análise Termográfica	1 - Providenciar a PT junto a operação; 2 - Isolar a área a ser inspecionada; 3 - Colocar etiqueta de identificação de execução de manutenção; 4 - Verificar parâmetros de medição do equipamento; 5 - Posicionar câmera termográfica perpendicular ao plano do objeto-alvo para realizar medição; 6 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Câmera termográfica Termo- higroanemômetro Alicates tipo amperímetro categoria III ou IV, (quando aplicável) Máquina fotográfica digital; Verificar Procedimento	Técnico/ Termografista/ Assistente /Habilitado	150 min	4 meses
	Análise de Óleo	1 - Limpar o tubo da vareta de medição para evitar contaminantes; 2 - Limpar a haste de medição simultaneamente ao puxar para fora do tubo; 3 - Encaixar o coletor de amostra na bomba de vácuo; 4 - Colocar a mangueira da bomba de vácuo no tubo da vareta; 5 - Coletar amostra do óleo; 6 - Remover coletor da bomba de vácuo e logo em seguida tampa-lo; 7 - Remover e limpar a mangueira da bomba de vácuo; 8 - Encaminhar a amostra para o analisador de ferrografia no laboratório.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bomba de vácuo manual para coleta de amostra de óleo; Coletor de amostra de óleo; Analisador de ferrografia.	Técnico	30 min	6 meses
	Inspeção Digital	1 - Seguir a rota de inspeção; 2 - Realizar as tarefas determinadas na rota; 3 - Inputar os valores de deslocamento radial e frequência de vibração; 4 - Analisar os resultados apresentados no dashboard do software; 5 - Fazer registro de tomada de decisões;	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
Eixo	Análise de Vibração	1 - Verificar parâmetros de medição do equipamento (analisador/coletor portátil); 2 - Posicionar o acelerômetro sobre a carcaça, na localização do eixo, primeiro na posição angular de 0° e em seguida na posição angular de 90°; 3 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Analisador/coletor de vibração portátil; Acelerômetro.	Supervisores de Manutenção/ Mecânicos	20 min	25 dias

**ANEXO A - PLANO DE MANUTENÇÃO DAS BOMBAS DE ALIMENTAÇÃO DE ÁGUA DE CALDEIRAS (BFW)**

Componentes	Atividades	Checklist	S/N	Recursos	Executante	Tempo ótimo para Execução	Frequência
Eixo	Inspeção Digital	1 - Seguir a rota de inspeção;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		2 - Realizar as tarefas determinadas na rota;	<input type="checkbox"/>				
Eixo	Inspeção Digital	3 - Inserir os valores de deslocamento axial e frequência de vibração;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		4 - Analisar os resultados apresentados no dashboard do software;	<input type="checkbox"/>				
Eixo	Inspeção Digital	5 - Fazer registro de tomada de decisões;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
			<input type="checkbox"/>				
Impelidor	Análise de Vibração	1 - Verificar parâmetros de medição do equipamento (analisador/coletor portátil);	<input type="checkbox"/>	Analisador/coletor de vibração portátil; Acelerômetro.	Supervisores de Manutenção/ Mecânicos	10 min	25 dias
		2 - Posicionar o acelerômetro sobre a carcaça, na localização do impelidor no plano horizontal da carcaça;	<input type="checkbox"/>				
Impelidor	Inspeção Digital	3 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		1 - Seguir a rota de inspeção;	<input type="checkbox"/>				
Impelidor	Inspeção Digital	2 - Realizar as tarefas determinadas na rota;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		3 - Inserir os valores de frequência de vibração;	<input type="checkbox"/>				
Impelidor	Inspeção Digital	4 - Analisar os resultados apresentados no dashboard do software;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		5 - Fazer registro de tomada de decisões;	<input type="checkbox"/>				
Carcaça	Inspeção Digital	1 - Seguir a rota de inspeção;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		2 - Realizar as tarefas determinadas na rota;	<input type="checkbox"/>				
Carcaça	Inspeção Digital	3 - Inserir os valores de medição de espessura;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		4 - Analisar os resultados apresentados no dashboard do software;	<input type="checkbox"/>				
Carcaça	Inspeção Digital	5 - Fazer registro de tomada de decisões;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
			<input type="checkbox"/>				
Acionamento	Análise de Vibração	1 - Verificar parâmetros de medição do equipamento (analisador/coletor portátil);	<input type="checkbox"/>	Analisador/coletor de vibração portátil; Acelerômetro.	Supervisores de Manutenção/ Mecânicos	60 min	25 dias
		2 - Posicionar o acelerômetro sobre a carcaça, na localização dos mancais, em um a dois pontos radiais por mancal e mais um ponto axial do eixo;	<input type="checkbox"/>				
Acionamento	Inspeção Digital	3 - Identificar e anotar as anomalias observadas para geração de Relatório Técnico;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		1 - Seguir a rota de inspeção;	<input type="checkbox"/>				
Acionamento	Inspeção Digital	2 - Realizar as tarefas determinadas na rota;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		3 - Inserir os valores de frequência de vibração;	<input type="checkbox"/>				
Acionamento	Inspeção Digital	4 - Analisar os resultados apresentados no dashboard do software;	<input type="checkbox"/>	Smartphone para área classificada; Analista/Engenheiro; Técnico de Manutenção/Inspeção; Software de Inspeção Digital;	Engenheiro	60 min	45 dias
		5 - Fazer registro de tomada de decisões;	<input type="checkbox"/>				