

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
EDUARDO FRANCISCO DA CRUZ

MANUTENÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS CENTRIFUGAS: como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento.

Varginha
2021

EDUARDO FRANCISCO DA CRUZ

MANUTENÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS CENTRIFUGAS: como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento.

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS MG, sob a orientação do Prof. Mc. João Mário Mendes de Freitas

Varginha

2021

EDUARDO FRANCISCO DA CRUZ

MANUTENÇÃO DE BOMBAS HIDRÁULICAS CENTRIFUGAS: como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me deu sabedoria discernimento a Nossa Senhora da Graças por guia sempre o meu caminho agradeço especialmente aos meus pais e professores, coordenadores que sempre me orientaram durante minha vida acadêmica e todos aqueles que me apoiaram um dia.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos aqueles que estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando. Todos aqueles que se fizeram presentes em minha vida nesses anos e que sempre me deram forças para concluir meus objetivos. Agradeço ainda a todos aqueles que cruzaram meu caminho e ajudaram a preencher minha bagagem, me fazendo ser quem sou hoje. E agradeço a todos os professores pelo empenho, e pelos ótimos ensinamentos.

Assim, aquele que julga estar firme, cuide-se para que não caia! Não sobreveio a vocês tentação que não fosse comum aos homens. E Deus é fiel; ele não permitirá que vocês sejam tentados além do que podem suportar. Mas, quando forem tentados, ele mesmo providenciará um escape, para que o possam suportar. 1 Coríntios 10:12-13

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade realizar análises de uma Bomba centrífuga de multe estágio, analisando seus principais problemas e causas de quebras de peças prematuramente.

Aprenderemos também alguns tipos de bombas presente no mercado desde o passado até os dias de hoje. O estudo tem como objetivo avaliar a bomba e usando ISO 5199 e NBR 5462 (norma regulamentadora), apresentar componentes de bombas hidráulicas, apontar diferenças do equipamento, abordar conceitos de mecânica dos fluidos, aspectos de manutenção corretiva, preventiva, preditiva.

O propósito é explorar as principais falhas de uma bomba centrifuga coletando dados e monitorando o funcionamento para poder evidenciar um estudo de um plano de Manutenção com o intuito de analisar qual dos três tipos de manutenção e adequado para o estudo.

Os resultados concluídos não foram satisfatórios porque não conseguimos gerar um plano de manutenção (preventivo) para a bomba centrifuga escolhido, mas tivemos grande sucesso em avaliar as principais causa de quebras de uma bomba. Foi trocado o equipamento por uma nova bomba e definimos um plano preventivo de manutenção para que possa ter uma maior durabilidade do equipamento.

Palavras-chave: Bomba centrífuga multe estágio. Manutenção preventiva. ISO 5199.

ABSTRACT

This work aims to carry out analyzes of a multi-stage centrifugal pump, analyzing its main problems and causes of premature breakage of parts.

We will also learn about some types of pumps present on the market from the past to the present day. The study aims to evaluate the pump and using ISO 5199 and NBR 5462 (regulatory standard), present components of hydraulic pumps, point out differences in the equipment, address concepts of fluid mechanics, aspects of corrective, preventive, predictive maintenance.

The purpose is to explore the main failures of a centrifugal pump, collecting data and monitoring its operation in order to highlight a study of a Maintenance plan in order to analyze which of the three types of maintenance is suitable for the study.

The results concluded were not satisfactory as we were unable to generate a (preventive) maintenance plan for the chosen centrifugal pump, but we had great success in evaluating the main causes of pump failures. The equipment was exchanged for a new pump and we defined a preventive maintenance plan so that the equipment can last longer.

Keywords: *Multi-stage centrifugal pump. Preventive maintenance. ISO 5199.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Tipos de bomba.....	19
Figura 02 – Bomba axial	20
Figura 03 – Bomba axial	20
Figura 04 – Bomba radial.....	21
Figura 05 – Bomba diagonal	22
Figura 06 –Carneiro mecânico	23
Figura 07 – Diagrama de peças de Carneiro mecânico	24
Figura 08 – Bomba Multe Estágio.....	24
Figura 09 – Esquema de Montagem.....	25
Figura 10 – Estágio 1 uma cavitação nas bordas.....	28
Figura 11 – Selo mecânico e diagrama de montagem.....	29
Figura 12 – selo danificado	30
Figura 13 – Selo mecânico	30
Figura 14 – Benefício da Manutenção preventiva.....	16
Figura 15 – Rotor fechado.....	33
Figura 16 – Rolamento	33
Figura 17 – Fratura no eixo	34
Figura 18 – Estágio de saída e rotor danificado	35
Figura 19 – Rotor de um dos estágios	35
Figura 20 – Bomba Multe Estágio, estágio 1.	36
Figura 21 – Bomba centrífuga multe estágio desmontada	37
Figura 22 – Bomba Schneider Moto Bombas	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	PROBLEMA DE PESQUISA.....	10
3.	HIPÓTESE	10
4	OBJETIVOS.....	11
4.1	Objetivo geral	11
4.2	Objetivo específicos	11
5	JUSTIFICATIVA	11
6	REFERENCIAL TEÓRICO	11
6.1	Normas Técnicas	12
6.2	Tipos de manutenção	12
6.2	Manutenção preventiva.....	14
6.2.3	Manutenção Preditiva	17
6.3	Bomba Centrífuga	18
6.4	História	18
6.5	Tipos de bombas.....	18
6.5.1	Bomba Axial.....	19
6.5.2	Bomba de ciclo radial	21
6.5.3	Bomba de Ciclo misto ou diagonal.....	22
6.5.4	Carneiro Mecânico	23
6.5.5	Componentes de uma bomba centrífuga de multe estágio.....	24
7	METODOLOGIA.....	26
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
8,1	Problemas Encontrados em bombas centrifugas analise:	27
8.1.2	Cavitação em bombas	28
8.1.3	Selo mecânico	29
8.1.4	Falhas de rolamentos	31
8.1.5	Rolamento deslizante	32
8.2	Monitoramento e verificação final.....	34
8.3	Fase de encerramento.....	37
9	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Proposta de um plano de manutenção em bombas centrífugas mediante análise das principais falhas ocorridas, para maximizar o funcionamento diante da aplicação de técnicas e métodos corretos utilizados na manutenção

A bomba centrífuga é o equipamento mais usual para transferência de líquidos, desde aplicações domésticas, até inúmeros processos envolvendo bombeamento a altas vazões na atividade industrial. Através de impulsores, a bomba transfere energia centrífuga para o fluido, gerando uma pressão de sucção que produz o fluxo de bombeamento a altas velocidades. Sendo bastante populares, há uma tendência em querer resolver todo problema de bombeamento com bombas centrífugas. Para transferências com fluidos limpos, de densidade próxima à da água e pouco agressivos quimicamente, bombas centrífugas comuns atendem sem nenhuma dificuldade.

Objetivo deste trabalho realizar uma pesquisa na ação preventiva nos rolamentos de uma bomba centrífuga. Por haver aquecimentos inapropriados, havendo quebras e perda de rendimento, será analisada uma Bomba centrífuga da Propriedade Rural de Coqueiral-MG.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento?

3. HIPÓTESE

As bombas hidráulicas centrífugas são equipamentos de sucção para variados tipos de fluido existe no mercado bombas pequenas e domésticas e de grande porte na indústria.

Alguns desses equipamentos são lubrificados por óleo ou por água, o não cuidado adequado desses equipamentos pode ocasionar a contaminação desses fluidos. podendo ser porque a bombas estão em direto com o contato com o ambiente externo tomando todos os tipos de intempéries e na sua manutenção correta não dando o devido cuidado para os rolamentos havendo um aquecimento e ocorrendo uma quebra de rolamento até mesmo a queima do sistema de propulsão.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Apontar a causa de travamentos de rolamentos de uma bomba Centrífuga e um estudo de plano de uma manutenção preventiva para esse equipamento.

4.2 Objetivo específicos

- Apresentar a origem dos travamentos dos rolamentos;
- Apresentar o que e falta de lubrificação de uma bomba centrífuga;
- Mostrar se a metodologia for aplicada e viável ou não;
- Apresentar os objetivos e impactos da aplicação do plano de manutenção em uma bomba centrífuga;
- Analisar os resultados obtidos;

5 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema está relacionada com os principais problemas prematuros de uma bomba centrífugas como quebras falta de lubrificação.

Se tratando de estudo mais detalhado desses tipos de modelo, pois só damos a devida atenção quando o equipamento para de funcionar. Por isso e necessário no ramo da engenharia ou onde for executado um projeto de manutenção como prevenir que o problema simplesmente chegue de surpresa.

6 REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento deste trabalho o trabalho é fundamentado em pesquisa bibliográfica ligadas as técnicas, análises e aplicação prática.

6.1 Normas Técnicas

De acordo com o item ISO, 2002, p. VI da Norma Regulamentadora ISO 5199:2002,

Esta Norma Internacional faz parte de um conjunto que trata das especificações técnicas de bombas centrífugas; eles são designados como Classes I, II e III. A Classe I compreende os requisitos mais severos e a Classe III os menos severos. A seleção da classe a ser utilizada está de acordo com os requisitos técnicos para a aplicação para a qual a bomba é destinada. A classe escolhida deve ser acordada entre o comprador e o fornecedor. Além disso, devem ser levados em consideração requisitos adicionais de segurança relativos ao campo de aplicação. Porém, não é possível padronizar a classe de requisitos técnicos para bombas centrífugas para um determinado campo de aplicação, porque cada campo de aplicação comporta requisitos diferentes. Todas as classes (I, II e III) podem ser usadas de acordo com os diferentes requisitos da aplicação da bomba. Portanto, pode acontecer que as bombas integradas de acordo com as classes I, II e III podem trabalhar lado a lado em uma planta.

Entre outra norma necessário para um dimensionamento de uma bomba podemos contar também com as ISO 2858 ISO 3069

6.2 Tipos de manutenção

Nesse artigo irei esclarecer quais são as diferenças entre os tipos de manutenção, quais são as estratégias de manutenção e qual a diferença entre os tipos de manutenção e estratégias de manutenção. Se você não sabe a diferença entre os tipos de manutenção, você não sabe definir qual tipo irá usar e assim, não saberá traçar uma estratégia de manutenção

Se você erra na estratégia, os cenários serão o seguinte: os ativos podem se manter disponíveis e confiáveis, mas você está gastando mais do que deveria; ou você está gastando pouco, porém os seus ativos estão com os níveis de confiabilidade e disponibilidade baixos.

A definição dos tipos de manutenção parece algo simples, e não apenas parece. Tudo isso de acordo com a Norma NBR 5462

A NBR 5462 de Novembro de 1994 trata a respeito dos principais conceitos e terminologias que rod Seja através da operação de equipamentos novos e mais modernos, alterações dos

materiais utilizados, alterações nos produtos fabricados etc., sendo essencial que a manutenção se adapte a essas mudanças sem diminuir a sua eficiência e sem aumentar os custos. o lucro pode ser aumentado mediante uma diminuição dos custos e, se particular, as funções da manutenção exigem um controle e gerenciamento que torne seus custos o mínimo possível, fornecendo o máximo de eficiência.

Observe-se que no geral, os envolvidos com a manutenção costumam classificá-la em diversos, tipos, como manutenção de rotina, manutenção corretiva, manutenção periódica.

No caso brasileiro, a gerencia ou gerenciamento da manutenção e atividade considera como irrelevante, não só pela pouca atenção que a alta direção da empresa presta a estas atividade como também se aprende que o importante o que fazer, uma vez que os custos de manutenção são diluídos dentro do item classificado como despesas gerais , principalmente em tempos de grande atividades econômica.

Assim como a manutenção de rotina consiste em verificar e completar o nível de óleo, a corretiva em repara ou eliminar um enguiço que apareceu de maneira inesperada (correia quebrada, eixo em gripado, etc.) e manutenção periódica nada mais e que parada do equipamento para a verificação do estado de seus componentes.

Entretanto observe-se que qualquer tipo de organização pode prestar serviços satisfatório, inexistindo uma organização que seja melhor que a outra, uma vez que existem vários fatores envolvidos, como tipo de instalações, equipamentos utilizados, produtos em fabricação, etc., havendo sempre possibilidades de melhorar a organização e, com tal melhora obter serviços mais eficientes e a custo menor.

Conservar os equipamentos operando em condições de funcionar, originado produção em condições compatíveis com o valor do ativo fixo, adequando as condições de custo e mão de obra matérias e outros fatores envolvidos com a produção.

Para que numa empresa qualquer uma determinada função seja exercida com a necessária eficiência, o controle desta função tem necessariamente de ser exercida por meio de uma organização fixada pela própria função. Seja como for, a manutenção deve prestar serviços e, para tal, há necessidade de uma certa organização.

Em qualquer caso, a manutenção tem como finalidade conservar equipamentos, maquinas, instrumentos. E importante ter em mente que praticamente todos os princípios e métodos

gerencias tem aplicação no caso de um departamento de manutenção. Tal subdivisão cabe, no nosso estudo, como manutenção de nível 1 e 2 e a confiabilidade e dentre esses conceitos estão os tipos de manutenção

De um modo geral, as finalidades da manutenção consistem em conservar os equipamentos em condições de funcionamento com custo reduzidos.

Existência de diversos tipos de manutenção e não quero dizer aqui se isso é certo ou errado, mas como eu citei no início do artigo, irei me basear na NBR 5462. De acordo com a Norma NBR 5462, os tipos de manutenção existentes são três:

6.2 Manutenção preventiva

Segundo a NBR 5462, a manutenção preventiva é realizada com o objetivo de agir de forma antecipada para prevenir falhas e panes nos equipamentos. Assim como evitar paradas não programadas e o risco de acidentes.

É preciso enfatizar que esta é a norma que cuida dos aspectos de confiabilidade e dos equipamentos. Por isso, envolve ações de caráter técnico, administrativo e de supervisão com a finalidade de manter ou repor os equipamentos.

Ou seja, consiste na realização de manutenções planejadas em determinados períodos, conforme critérios estabelecidos.

Como exemplo de manutenções programadas podemos apontar os seguintes serviços:

- Reapertos de parafusos;
- Inspeções de rolamentos durante a operação;
- Substituição de peças desgastadas;
- Lubrificação;
- Limpezas;
- Ajustes, dentre outros.

Portanto, o principal objetivo da manutenção programada é assegurar altos índices de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos,

Cr terios para adotar a manuten o preventiva para realizar a manuten o preventiva a empresa deve atentar-se para alguns cr terios, de intervalo de tempo para manuten o. No entanto,   importante enfatizar que este tipo de manuten o industrial   adequado especificamente para problemas relacionados com a vida  til do equipamento, ou seja, em problemas relacionados  s opera es realizadas, esta n o   adequada e nem eficiente.

Como exemplo de falha potencial podemos apontar as seguintes ocorr ncias, eleva o nos n veis de temperatura dos rolamentos aumento dos n veis de vibra o diminui o da vaz o e press o aumento do n vel de ru dos falha funcional.

Assim,   poss vel entender que a manuten o planejada est  voltada para prolongar a vida  til do equipamento. De fato,   uma manuten o de m quinas que propicia   empresa obter uma redu o de custos e evitar paradas no processo produtivo.

Por falha funcional conceitua-se a incapacidade de um item desempenhar a fun o para a qual foi projetado. De um modo geral, esse tempo   definido conforme a recomenda o do fabricante ou uma determina o da empresa, neste sentido, estabelece a periodicidade para a verifica o dos componentes. O mais importante   reunir as seguintes informa es:

Os servi os que ser o realizados;

Data para realiza o dos servi os;

Respons veis pela execu o dos servi os;

Recursos necess rios para a execu o dos servi os;

Prazo de dura o da execu o do servi o;

Custo de cada servi o, custo por unidade e o custo total;

Materiais que ser o aplicados;

M quinas, dispositivos e ferramentas para manuten o.

Para montar um plano de manuten o preventiva h  alguns passos.

7 passos para montar um plano de manuten o preventiva

1  – Realizar um checklist da manuten o realizada em cada equipamento;

2  – Verificar os custos envolvidos em cada manuten o;

3  – Definir um cronograma com frequ ncia e periodicidade das manuten es;

4  – Definir o tamanho da equipe observando quantidade e qualifica o;

5  – Atribuir pap is de acordo com as necessidades de manuten o;

- 6º – Acompanhar cada atividade e o progresso do plano;
 7º – Estabelecer métricas de produtividade relacionadas com as variáveis de tempo médio de atendimento; intervalo entre reparos e rentabilidade por máquina.

A importância da ferramenta FMEA para identificar falhas dos equipamentos
 Para identificar as falhas dos equipamentos foi criada a Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA).

Figura seguir 14 mostra como pode ser dividido um plano de manutenção.

Figura 14- Benefício da Manutenção preventiva.



Fonte Romi 10/11/2021

6.2.1 Manutenção Corretiva

O item 2.8.8 da página 7 da NBR 5462 define Manutenção Corretiva como:
 Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Ou seja, uma ação de manutenção realizada com a finalidade de corrigir algo no equipamento, para que ele possa cumprir o seu papel dentro do processo de produção de acordo com o que foi definido no seu projeto.

Quando equipamento falha durante o processo de produção, e causa a interrupção do processo ou redução da performance, acontece algo chamado lucro cessante que é o que eleva os custos relacionados à manutenção corretiva. Lucros cessantes são prejuízos causados pela interrupção de qualquer uma das atividades de uma empresa, no qual o objeto de suas atividades é o lucro. O custo e tempo são altos porque na maioria das vezes o equipamento é quem decide quando será o momento de executar a manutenção e isso não é bom. um acidente de trânsito que tira ônibus ou táxis de circulação, etc. Exemplos de lucros cessantes são: não vender um produto por falta no estoque;

Além do lucro cessante, a compra de peças de reposição sem planejamento e a contratação de serviços em caráter emergencial também contribuem para o alto custo da manutenção corretiva.

O investimento baixo se dá pelo fato de que não é necessário investir grandes montas para realizar alguma ação de manutenção corretiva. O necessário é o básico: mão de obra, ferramentas e peças de reposição. Apesar do investimento ser baixo, ele não se justifica pelo fato do custo oriundo das manutenções corretivas serem altos

6.2.3 Manutenção Preditiva

O item 2.8.9 da página 7 da NBR 5462 define Manutenção Preditiva como:

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Ou seja, a manutenção preditiva tem o objetivo de prever a situação do equipamento e encontrar falhas em estágio inicial, quando ainda não são prejudiciais ao equipamento e/ou processo de produção. Uma vez que a falha foi identificada em estágio inicial, podemos planejar e programar ações para eliminar essa falha.

Dessa forma, os custos e o tempo despendidos através da manutenção preditiva são infinitamente menores do que quando tratamos o equipamento com manutenção corretiva ou preditiva. A manutenção preditiva também é conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento.

Esse tipo de manutenção caracteriza-se pela previsibilidade da deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos parâmetros principais, com o equipamento em funcionamento.

É baseada na tentativa de definir o estado futuro de um equipamento ou sistema, por meio dos dados coletados ao longo do tempo por uma instrumentação específica, verificando e analisando a tendência de variáveis do equipamento. O investimento é maior, uma vez que temos que ter equipamentos de análise mais sofisticados, manter contratos de serviços ou ter uma equipe própria capaz de executar as ações de manutenção.

6.3 Bomba Centrífuga

As bombas de água são equipamentos rotativos projetados para converter a energia mecânica em energia hidráulica e são divididas turbo-hidráulicas e bombas de deslocamento positivo.

6.4 História

De acordo com Maurice L. Adams Jr (1977, tradução nossa) as bombas centrífugas são usadas na maioria de todos os processos de fluxo de fluido.

As complexidades dos padrões de fluxo de fluido e os aspectos práticos do projeto para bombas envolveram esforços intensivos de engenharia por mais de 100 anos. Os requisitos dessa bombas variam consideravelmente para diferentes indústrias e aplicações. Requisitos da usina de energia para bombas centrífugas estão entre os mais exigentes de qualquer setor. Com o advento da moderna mecânica dos fluidos computacionais (CFM), análise de elementos finitos (FEA), sensores de medição e processamento digital de dados, a evolução da centrífuga O desenvolvimento da tecnologia de bombas ainda continua avançando.

6.5 Tipos de bombas

Nesta seção apresentaremos algumas bombas com características especiais e cuja importância serão mostradas.

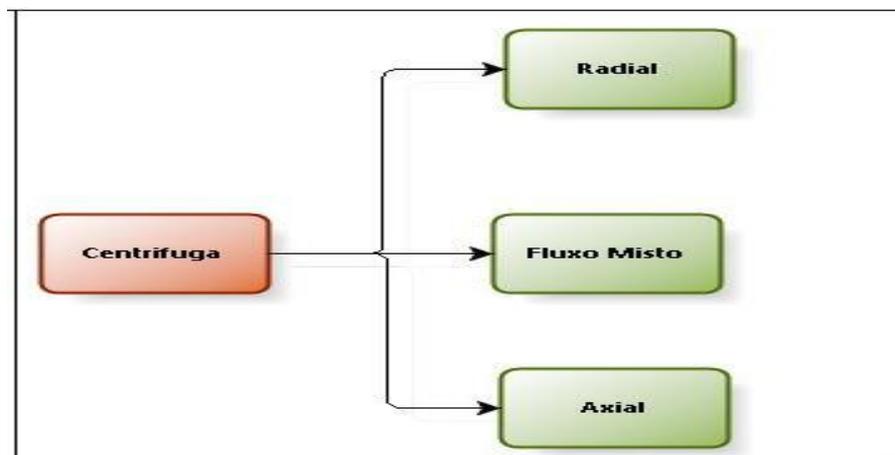
As bombas centrífugas são usadas em uma variedade de aplicações, incluindo as seguintes: água abastecimento e irrigação, utilidades de geração de energia, controle de enchentes, tratamento de esgoto e tratamento, indústrias

alimentícias, indústrias químicas e petroquímicas, indústrias de processo (por exemplo, têxteis e couro), eletrodomésticos, mineração e processamento de minério, transporte de misturas líquido-sólido, controle ambiental, naves espaciais, aviões e motores veículos. A lista pode continuar indefinidamente.

Devido ao seu amplo espectro de aplicação, as bombas centrífugas são fabricadas em uma variedade de formatos e com uma variedade de características de desempenho. Dentro em geral, eles podem ser classificados de três maneiras distintas: por características estruturais, função, e velocidade específica. (Shmariahu Yedidiah., 1996, livro **Centrifugal Pumps** v. 2, p. 19, tradução nossa.).

A figura 1, demonstra o modo esquemático de como as bombas centrífugas são subdividida cada modelo específico em empregado em um tipo de trabalho específico desde a transporte de água até mesmo de material mais denso como óleo.

Figura 1- Tipos de bomba



Fonte-Autor

6.5.1 Bomba Axial

As bombas de fluxo axial, também conhecidas como bombas de hélice ou centrífugas, são usadas em aplicações de alto fluxo e baixa altura manométrica e usada em setores da engenharia onde você precisa de um grande volume de água, porém que demande pouca pressão são equipamentos robustos como tratamento de águas, para aplicações petroquímicas, para refinarias.

Segundo Hibbeler, Russeli Charles (2016) as bombas de escoamento axial podem fornecer alta vazões, mas tem um pequeno, porém a sua desvantagem, que ela tem pressão de escoamento baixa. Com resultado, esse tipo de bomba funciona bem em remover água de um local mais raso que demanda uma pouco pressão, porém um grande volume de água sem mudança de direção.

Hibbeler, Russeli Charles (2016) o fluido entra na bomba e depois sai pela sua direção axial do conjunto propulsor por meio de um rotor que tem várias palhetas ou pás.

A figura 2 é um exemplo de uma bomba de trabalho mais intenso trata axial-flow pump é um único estágio, um único posto de sucção tipo e é principalmente utilizado no processo químico com grande taxa de fluxo e baixa a cabeça de entrega, especialmente adequado para a circulação forçada do processo de envio do material, a evaporação de concentração, a cristalização de metais alcalinos, sal, fermentação, metalúrgico, fósforo indústrias de adubo.

Figura 2 Bomba axial:



Fonte: Made-in-china 06/05/2021

A figura 3 demonstra uma indústria de fluidos corrosivos e também pode ser utilizadas Instalações de vaporização loops de reatores.

Figura 3- Bomba axial



Fonte: : Direct Industry 06/05/2021

6.5.2 Bomba de ciclo radial

As bombas centrífugas radiais se caracterizam basicamente por possuírem um órgão giratório, o rotor, dotado de pás ou hélices no qual o fluido entra em seu centro e é expelido pela periferia do rotor.

A figura 4 trata de uma bomba radial de simples estágio e um tipo conhecidas como bombas radiais puras, em função de terem apenas um rotor utilizadas para elevar o fluido a pequenas e medias alturas, e são muito usadas devido ao baixo consumo elétrico.

Figura 04- Bomba Radial



Fonte: OL Eletro 06/05/2021

De acordo com Hibbeler, Russeli Charles (2016) esse tipo de bomba direciona o escoamento radial em relação as pás rotativas. Que ocorre muitas vezes em bombas centrífugas.

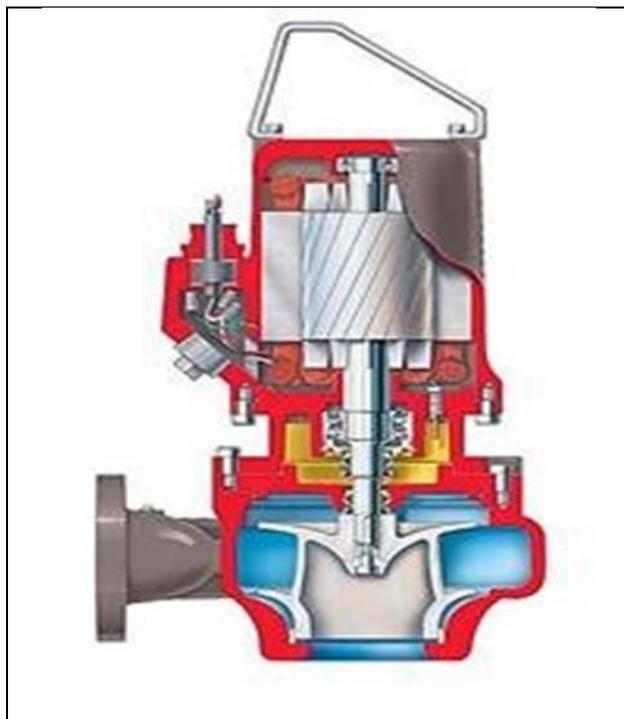
O fundamento principal da bomba centrífuga foi demonstrado pela primeira vez por Drmour, em 1730, que envolvia uma bomba simples composta por tubos retos que formava a forma da letra T

Houghtalen, Robert J (2012) fala que as bombas modernas de hoje são equipamentos construídos com base no mesmo principio hidráulico , mas com novas configurações , com mais eficiência. Esse tipo de bomba tem sua força fornecida por um motor conectado ao eixo do impulsor criando uma força centrífuga.

6.5.3 Bomba de Ciclo misto ou diagonal

Nas bombas centrífugas diagonais o líquido entra axialmente no rotor e as pás apresentam dupla curvatura criando uma trajetória de hélice cônica, sendo as beiradas bastante inclinadas em relação ao eixo conforme mostrado o modelo na Figura 05 abaixo

Figura 05- Bomba diagonal



Fonte: Flowservs 05/06/2021

De acordo com Houghtalen, Robert J (2012 p.96) fala que as bombas mistas “[...] As bombas a jato exploram a energia contida e uma corrente de fluxo de alta pressão. O fluido pressurizado e ejetado por um esguicho a alta velocidade em uma tubulação transferindo sua energia para o fluido [...]”

São equipamentos muito indicados para elevar líquidos em poços profundos geralmente trabalham em conjunto com bombas centrifugas que fornece o fluxo de alta pressão.

6.5.4 Carneiro Mecânico

É um tipo que não se enquadra em nenhuma dessas categorias, porém teve seu grande papel no desenvolvimento uma com sua distribuição de água para nosso meio rural ou urbano.

Segundo Tallis José Cardos de Oliveira, UNESP, ” O carneiro hidráulico ou bomba de aríete é um equipamento utilizado para bombear água sem a necessidade de energia elétrica, ou outras fontes de energias fósseis, funciona de forma automática com aproveitamento do golpe de aríete resultante do fechamento abrupto da válvula de impulso. Seu uso é destinado a locais onde exista uma quantidade de água suficiente para fazê-lo funcionar e que possa ser consumida, seja para irrigação ou para consumo humano. Por ser uma máquina muito simples pode ser adquirida no mercado ou pode ser construído de forma artesanal, consiste em um tubo de escoamento e alimentação, uma válvula de impulso, uma válvula de recalque, uma câmara de ar e um tubo de recalque no qual a água é direcionada ao reservatório de consumo.”

A figura 06 temos um exemplo de um carneiro mecânico ou podemos chamar também de carneiro hidráulico.

Figura 06- Carneiro Mecânico



Fonte: Mercado Livre 06/05/2021

A figura 07 a seguir trata de um diagrama de como e composto um carneiro mecanico, suas peças basicas que são utilizado no seu trabalho.

Figura 07- Diagrama de peças de Carneiro Mecanico



Fonte: Mercado Livre 06/05/2021

6.5.5 Componentes de uma bomba centrífuga de multe estágio

Canais de retorno externos e internos de bombas multe estágio a seção transversal de uma bomba de água de alimentação de dois estágios de 1,5cv que alimenta um circuito de banho para gados leiteiro ilustrada logo abaixo.

Figura 08- Bomba Multe Estágio



Fonte- Autor

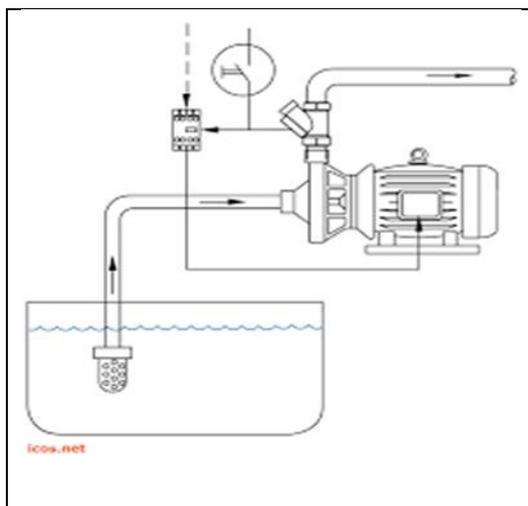
A passagem do líquido em cada rotor e difusor constitui um estágio na operação de bombeamento. Se o difusor de pás guias está entre dois rotores consecutivos, denomina-se então distribuidor da bomba.

As pás do distribuidor são fundidas ou fixadas à carcaça ou ainda podem ser adaptáveis à carcaça. O eixo pode ser horizontal ou vertical.

As bombas de múltiplos estágios são próprias para instalações de alta pressão, pois a altura total a que a bomba recalca o líquido é, não considerando as perdas, teoricamente igual à soma das alturas parciais que seriam alcançadas por meio de cada um dos rotores componentes.

A figura 09, demonstra o modo esquemático de como uma bomba centrifuga simples montada.

Figura 09- Esquema de Montagem



Fonte: Eicos data 06/05/2021

Muitas das vezes esses equipamentos são utilizados em abastecimento predial irrigação lavagem de ambientes, veículos e máquinas, alimentação de caldeiras, transporte de água a longa distância, nebulização em aviários e estufas.

7 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho é fundamentado em pesquisa bibliográfica ligadas as técnicas, análises e aplicação prática as ferramentas utilizadas para a realização do estudo.

A partir disso elabora-se um levantamento de dados das principais causas de defeitos em bombas centrífugas elaborando um plano de manutenção que busca identificar no equipamento pontos que geram desgaste que estão associados a operação, manutenção do equipamento segundo ISO 5199 e NBR 5462.

Seguindo a proposta com base nas informações desenvolvidas pela análise das Bomba centrífuga e o modelo escolhido intervenções necessárias para tornar o equipamento seguro e eficiente sem quebras prematuras seguindo o plano corretamente a analisando seu histórico.

Durante o monitoramento da bomba centrífuga, observando os desgastes já ocorridos, com o objetivo de observar a eficiência. Após realizar coleta de dados do equipamento e monitoramento, foram confrontados com as normas vigentes para evidenciar se não há necessidade de adequação da manutenção ou mesmo oferecer riscos de segurança.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8,1 Problemas Encontrados em bombas centrífugas analise:

A primeira verificação em campo foi identificar se a bomba estava submetida a algumas inspeções periódicas, se tem algum tipo de manutenção verificar o estado de funcionamento do equipamento, carga que o equipamento exercia para que possa mapear as variáveis de suas possíveis quebras decorrente do mau uso e mapeamento de plano de manutenção mais adequado.

A maneira pela qual um sistema de bombeamento é estabelecido e as qualificações de as pessoas ativas na produção, instalação, teste e manutenção das unidades de bombeamento afetam a operação da bomba.

Figura 09- Bomba Multe Estágio



Fonte- Autor

1. Problemas relacionados ao desempenho hidráulico de uma bomba. tais como diferenças entre a curva de desempenho nominal e testada, cavitação em NPSH superior ao especificado requisitos e consumo de energia maior do que o especificado (ou seja, menor do que o especificado eficiências)

2. Problemas de natureza mecânica, como operação com ruído e / ou vibrações superaquecimento de rolamentos ou outras peças da bomba, e avarias frequentes de vários peças

da bomba Na realidade. todos esses efeitos estão tão intimamente ligados que muitas vezes é impossível distinguir entre essas duas classes de problemas.

Uma reação em cadeia análoga é iniciada por fatores que causam aquecimento da bomba peças, como rolamentos montados incorretamente ou lubrificados de forma inadequada, embalando o caixa de vedação, um selo mecânico muito apertado.

As vibrações também podem afrouxar os parafusos entre uma unidade de bombeamento e as fundações e os parafusos que prendem as diferentes partes da bomba juntas. lubrificante insuficiente ou insuficiente resfriamento da caixa de gaxeta ou selo, tipo incorreto de embalagem ou selo mecânico, excessivo graxa nos mancais e lubrificantes incorretos. Qualquer uma dessas falhas pode causar aquecimento excessivo de certas partes do bombeamento unidade. O aquecimento excessivo de certas peças da bomba também causa uma expansão desigual. Isso pode destruir o lubrificante, causando ainda mais aquecimento, com o resultado apreensão e queima de partes diferentes.

Muitas vezes, apenas um conhecimento profundo e compreensão dos fatores que afetam a bomba o desempenho pode ajudar a resolver um problema específico. Isso, por sua vez, agrava o desalinhamento de partes diferentes, dando origem a outros distúrbios. Ou falta de equilíbrio das partes rotativas porque matéria sólida está obstruindo um dos impulsores Problemas encontrados com bombas centrífugas passagens. Além disso, esfregar as peças umedecidas pelo bombeado o líquido pode causar cavitação devido a altas temperaturas. Em cada caso, a unidade vibra e as peças estacionárias e rotativas frequentemente esfregam juntos. Para piorar a situação, uma bomba pode ser considerado um funcionamento insatisfatório, embora, na realidade, não haja nada de errado com seu desempenho. Exemplos incluem desalinhamento da bomba e do acionador, tubulações que impõem tensão na carcaça. Isso pode arruinar o alinhamento das diferentes partes.

8.1.2 Cavitação em bombas

A cavitação começa com a formação de bolsas de vapor ou cavidades (vapor bolhas) em qualquer líquido que flui quando o líquido flui para um local onde a pressão torna-se mais baixa do que a pressão de vapor do líquido. Naturalmente isso fenômeno fundamental não se restringe às bombas. Em bombas centrífugas, a cavitação é mais provável de ocorrer na região de entrada (sucção) do impulsor no lado de baixa pressão (à direita) das palhetas do impulsor

Como estes vapores bolsões são varridos com o fluxo mais para dentro do impulsor, eles experimentam o aumento progressivo da pressão do líquido que o impulsor produz naturalmente. Esses bolsões de vapor, portanto, entrarão em colapso dentro do impulsor. Mas porque o que não permanece o vapor de volta ao líquido envolve calor termodinâmico transferência, o colapso das bolsas de vapor não ocorre imediatamente após experimentando uma pressão que excede apenas a pressão de vapor

Figura 10- Estagio 1 uma cavitação nas bordas.



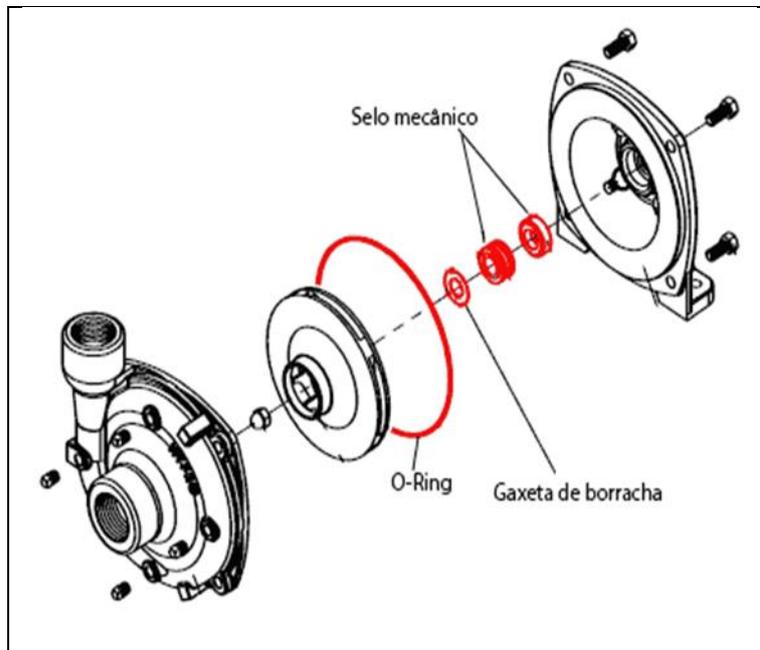
Fonte Autor

8.1.3 Selo mecânico

Os problemas mais comuns com selos mecânicos são: vida curta, vazamento, superaquecimento, alto consumo de energia e permitindo a entrada de ar na bomba. Selos são projetados em uma grande variedade de formas e tamanhos. Alguns problemas se relacionam apenas com tipos ou marcas de selo. Portanto, é melhor consultar o fabricante da bomba quando um selo particular falha repetidamente, mas algumas regras se aplicam a todos os selos

As figuras 11 representada no esquema abaixo se trata de um selo mecânico e de como ele é instalado no equipamento já as imagem 12 e 13 são selos mecânicos da bomba analisada que podemos observar que já foram muito desgastado aumentando seu diâmetro interno perdendo suas especificações mínimas de uso. Nessas condições o selo mecânico já não conseguia realizar seu trabalho pois ele já estava permitindo a passagem de líquidos por ambos os lados danificando a carcaça posterior a ele que seria o local do motor e de alguns rolamentos contidos ali.

Figura 11- Selo mecânico e diagrama de montagem.



Fonte canal Agrícola 10/11/2021

Figura 12- selo danificado



Fonte Autor

Figura 13- Selo mecânico



Fonte Autor

8.1.4 Falhas de rolamentos

1. A lubrificação inadequada ou inadequada invariavelmente causa danos às superfícies de contato. O primeiro sinal de lubrificação inadequada pode ser a descoloração das superfícies de rolamento. Quando executado sem lubrificação adequada, o dano progride rapidamente para falhas que não são muito diferentes das falhas por fadiga. Em estágios mais avançados, pode ocorrer fragmentação.

2. A vedação inadequada da carcaça do mancal pode permitir que sujeira ou água se misture com o lubrificante ou pode permitir que o lubrificante vaze para fora do alojamento.

3. A fadiga pode ser devida a cargas radiais ou axiais, ou ambas, em bombas centrífugas, as causas mais comuns de falha prematura do rolamento devido a fadiga são velocidade de operação excessiva, tensão excessiva da correia, sucção excessiva pressão e carga total excessiva.

4. A prática de montagem defeituosa é muitas vezes reconhecida por um rolamento que esquenta ou opera ruidosamente no momento da instalação.

5. Um ajuste muito apertado é muitas vezes reconhecível externamente porque geralmente é muito mais difícil para girar o eixo manualmente, do que com um ajuste normal. Um ajuste muito apertado resulta nos rolamentos quentes e também causam falha prematura por fadiga

6. Ajustes muito frouxos são geralmente indicados por sinais de desgaste ou desgaste do anel externo ou no interior do anel interno. Muitas vezes, um ajuste muito frouxo também causa descoloração e desgaste dos assentos do rolamento.

7. Vedações defeituosas no eixo ou alojamento são frequentemente indicadas por desgaste localizado excessivo ou rachaduras nas pistas de rolamento.

8. Os efeitos do desalinhamento são muitas vezes semelhantes aos resultados do rolamento excessivo

9. Vibrações transmitidas aos mancais de outras fontes enquanto a bomba não está em operação também pode levar ao fracasso. Durante a paralisação, cada esfera do rolamento está em contato contínuo com o mesmo ponto de suas corridas. Quando tal rolamento é submetido

8.1.5 Rolamento deslizante

Um rolamento deslizante é usado para apoiar e manter os elementos rotativos no lugar em ambas as direções axial e radial. O suporte radial geralmente consiste em uma concha cilíndrica de material e dimensões adequados, montado em uma caixa rígida. Suporte axial geralmente consiste em anéis rígidos que são fixados ao alojamento do mancal e que suportam contra colares rotativos que estão firmemente presos ao elemento rotativo as vezes esses colares e anéis são cônicos ou esféricos para fornecer suporte radial e axialmente.

Geralmente, os rolamentos deslizantes estão sujeitos a falhar por um ou mais dos seguintes motivos:

1. Lubrificação inadequada. Isso inclui a qualidade do lubrificante usado, bem como a frequência das mudanças de óleo.

2. Resfriamento inadequado do lubrificante (quando aplicável). Isso pode ser causado pela falha do sistema de refrigeração ou falha do atendente em abrir a válvula que fornece o meio de resfriamento antes de iniciar a bomba.

3. Rolamentos funcionando a seco.

4. Contaminação do lubrificante. Isso se deve à atenção inadequada aos detalhes exemplo, ignorando a necessidade de armazenar o lubrificante em um recipiente fechado e

limpo; usando uma recarga suja funil, não enxágue o reservatório de óleo durante cada troca de óleo certifique-se de que todos os retentores estão em bom estado.

5. Desalinhamento. O desalinhamento pode ocorrer durante a remontagem após uma bomba ter sido aberta para reparo ou outra manutenção aperto dos parafusos. O desalinhamento pode resultar em cargas excessivas nos rolamentos, flexão do eixo, ou contato metálico entre as peças estacionárias e rotativas,

A figura 15 podemos observar que teve uma carga excessiva porque o rotor se fechou impedindo a passagem de água para o circuito, pode ter ocorrido uma montagem incorreta e que gerou colisão com o primeiro estagio da bomba destruindo por completo o rotor.

Figura 15- Rotor fechado



Fonte autor

o que geralmente resulta em desgaste excessivo. Externamente, o desalinhamento muitas vezes torna se evidente pelo aquecimento excessivo da carcaça do mancal a imagem a seguir mostra onde as esferas foi desgastando o material do rolamento.

Na figura 16 anterior o rolamento teve um desgaste excessivo por falta de lubrificação adequada

Figura16- Rolamento



Fonte -Portal Clube 16/11

<https://portallubes.com.br/2019/02/ruidos-em-mancais-de-rolamento/>

8.2 Monitoramento e verificação final

Monitoramento final e parte do projeto que junta todos os dados corresponde ao estudo para que possamos verificar a falha do equipamento analisado. Tivemos diversa tipos de problemas proposto ao longo desse trabalho.

Em outros casos, rolamentos defeituosos podem causar superaquecimento local das peças da bomba resultando em uma distorção de seu alinhamento com outras partes mais frias da bomba. A falha de um rolamento pode alterar a posição dos elementos rotativos, o que causará interferência entre as partes estacionárias e móveis da bomba, e podem levar a fraturas ou apreensão de partes.

Os rolamentos suportam os elementos rotativos da bomba e os mantêm em posição adequada posição em relação às outras peças e ao driver. Enquanto suas falhas podem ter efeitos semelhantes em uma bomba e seu desempenho, cada tipo requer manuseio e cuidados

diferentes. Certas falhas de rolamento podem causar emperramento do eixo e podem resultar em sua fratura.

A figura 17 a seguir demonstra uma parte da carcaça da bomba analisada onde seu eixo foi fraturado por desalinhamento ou até mesmo excesso de vibração indevida dos rolamentos já desgastado com o tempo sem lubrificação adequada, sendo que esse eixo já tinha sido reparado algumas vezes.

Figura 17- Fratura no eixo.



Fonte- autor

A figura 18 mostra como o desalinhamento ou empeno do eixo da árvore de força de uma bomba pode danificar internamente os rotores de uma bomba podemos observar que a bucha de cobre no centro do rotor se partiu.

Figura 18- Estágio de saída e rotor danificado.



Fonte- autor

Como podemos analisar na próxima figura 19 a seguir a falta de uma manutenção periódica pode danificar totalmente um equipamento muitas das vezes os responsáveis pelo equipamento não tem uma instrução de como pode ser observa o dia a dia dessa bomba

Figura 19- Rotor de um dos estágios.



Fonte- Autor

Quando dão por si o equipamento já não tem mais jeito com peças irreparáveis, como esse rotor que teve um alto desgaste até chega o seu rompimento por trabalhar freneticamente desalinhado pegando nas paredes externas do seu alojamento.

Figura 20 estágio de saída, onde os rotores são alojados e também essa carcaça contém rolamentos citados acima.

Figura 20- Bomba Multe Estágio, estagio 1.



Fonte- Autor

Com todos esses pontos citados durante o trabalho podemos analisar as possíveis causas da falha do equipamento e de como na engenharia podemos solucionar esses problemas.

8.3 Fase de encerramento

A fase de encerramento é responsável por finalizar todas as etapas desenvolvidas anteriormente e reunir as informações para a apresentação final do projeto que teve como base a análise de defeitos de uma bomba centrífuga de múltiplos estágios (2 estágios) o porquê que esse equipamento falhou, e como os métodos de manutenção poderiam auxiliar esse equipamento.

Primeiramente teríamos que realizar um plano corretivo no equipamento fazendo um checklist por todo seu corpo reparando todas as anomalias presentes no equipamento.

Como podemos observar na figura a seguir 21 e o equipamento foi analisado ao longo do nosso estudo que sofre grandes variações de intemperismo durante seu ciclo de monitoramento, como quebra de rolamento, empenos do eixo, rotor sem vazão de água e selo mecânico sem funcionalidades.

Figura 21 Bomba centrífuga múltiplos estágios desmontada



Fonte Autor

9 CONCLUSÃO

Portanto análise que a gente queríamos a princípio seria um plano de manutenção detalhados do equipamento, elaborando um plano de manutenção corretivo reparando qualquer anomalia que encontrasse e depois elaborar um FMEA preventivo catalogado com um histórico detalhado de manutenção partir daquele período.

Contudo o equipamento e uma importante artéria onde ele realiza seu trabalho, que tem a função de refrigerar o gado leiteiro abaixando sua temperatura numa linha de pulverizadores na fazenda no município de Coqueiral – MG. A bomba a analisada quebrou durante esse estudo.

Equipamento que falhou por falta de manutenção, que gerava muito barulho e vazamento, podemos analisar cavitação no seu interior que é presença de muito ar no seu circuito atrapalhando sua eficiência e danifica as paredes internas. Tivemos também a falha no primeiro estágio que seria posterior ao selo mecânico, por causa do desalinhamento do seu eixo, quebrou os rotores interno, que antes de falha a bomba sem encontrava em funcionamento um estágio com, cerca de 45 % que o mesmo também já se encontrava faturado.

Em segundo optamos por outro equipamento com as especificações que será demonstrado na figura 22 abaixo devido ficar mais barato se fomos calcular em quesito tempo e mão de obra. Porque o eixo da bomba antiga teria que ser refeito novamente por alguma empresa especializada.

Figura 22- Bomba Schneider Moto Bombas



Fonte Autor

Concluimos como o modelo da figura 21 deu perca total, não e mais viável para esse plano de manutenção devido seu uso durante de mais 10 de trabalhos prestado sem manutenção não conseguimos recuperar e optamos elabora um plano preventivo para bomba Schneider que conta também com 18 meses de garantia do fabricante na figura 22. Contudo optamos pela manutenção que e mais vantajosa ao equipamento pois com ele não teremos nenhuma surpresa como ocorreu anteriormente, podemos acompanha sua evolução de manutenção ao longo do tempo sem desgaste excessivos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS In: **Projetos de sistemas de bombeamento de agua para abastecimento público NBR12214** 30/04/1989. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/laisebastos5/nbr-12214-nb-590-projeto-de-sistema-de-bombeamento-de-agua-para-abastecimento-público>> Acesso em: 05/04/2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS In: **ABNT NBR 14724** 2011. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/documents/40070/848544/ABNT+NBR+14724.pdf/d1a5a9ff-d0e7-4bcc-aeb38c12ae2260dc>>. Acesso em: 05/04/2021

BOMBAS GOULDS In: **Instruções de Instalação, Operação e Manutenção 2008**. Disponível em: <https://www.gouldspumps.com/ittgp/medialibrary/goulds/website/Literature/Instruction%20and%20Operation%20Manuals/Numerical/3910_ATEX_IOM_PT_BR.pdf?ext=.pdf>. Acesso em: 06/04/2021

EDSON ROBERTO FERREIRA BUENO In: **Gestão em manutenção em máquinas 2013**. Disponível em <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/185186/pdf/0>>. Acesso em:05/04/2021

ENGETELES In: **Tipos de Manutenção de acordo com a NBR 5462**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/tipos-de-manutencao/>>. Acesso em: 06/04/2021

Figura 02- Bomba Axial In: **Made-in-china** 2021. Disponível em: <[2https://pt.made-in-china.com/co_alkalipump/product_Horizontal-Axial-Flow-Pump-HZW-_hrshuenig.html](https://pt.made-in-china.com/co_alkalipump/product_Horizontal-Axial-Flow-Pump-HZW-_hrshuenig.html)> Acesso Em 06/05/2021.

Figura 03- Bomba Axial sala de bombas In: **Direct Industry** 06/05/2021. Disponível em: <<https://www.directindustry.com/pt/prod/emile-egger-cie-sa/product-62011-403900.html>>.

Acesso em 06/05/2021.

Figura 04- Bomba Radial In: **OL Electro** 2021. Disponível em: <
<https://allelectro.com.ua/ua/p198307611-nasos-k100-250a.html> >. Acesso em 06/05/2021

Figura 05- **Bomba Ciclo Misto In: Flowserv** 06/05/2021. Disponível em: <
<https://flowserv.com/sites/default/files/2016-07/ps-50-2-ea4.pdf> > Acesso em 06/05/2021

Figura 06 e 07 In: **Carneiro Mecânico/ Diagrama** 2021. Disponível em: <
https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-844878069-carneiro-hidraulico-n-4-bomba-de-aguaecologicaoriginal_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=ba7084f7-3172-476e-b2d0-b64565b20c25 > Acesso em 06/05/2021

Figura 09 In: **Esquema de Montagem** 06/05/2021. Disponível em:
<<http://www.eicos.com.br/folhetos-tecnicos/protecao-de-bomba-centrifuga/>> Acesso em 06/05/2021.

Figura 14 In: **Benefício da Manutenção preventiva** 06/11/2021. Disponível
<<https://www.romi.com/saiba-os-beneficios-de-uma-estrategia-de-manutencao-preventiva/>> Acesso em 06/11/2021.

Figura 16 In: Rolamentos 06/11/2021. Disponível
<<https://portallubes.com.br/2019/02/ruidos-em-mancais-de-rolamento/>> Acesso em 06/11/2021

HIBBELER, Russeli Charles. **Mecânica dos fluidos** 1ºed. São Paulo: Editora Pearson 2016

HOUGHTALEN, Robert J. **Engenharia hidráulica** 1ºed. São Paulo: Editora Pearson 2012

ISO 5199:2002 In: **INTERNATIONAL STANDARD 2002**. Disponível em:
<<http://driso.ir/standards/iso/ISO%205199-2002-03.pdf> >. Acesso em: 06/05/2021

MAURICE L. ADAMS JR In: **Power Plant Centrifugal Pumps (Problem Analysis and Troubleshooting)** 20/11/2016. Disponível em: <<https://www.engineeringbookspdf.com/power-plant-centrifugal-pumps-problem-analysis-and-troubleshooting-by-maurice-l-adams/>>. Acesso em: 22/03/2021.

OMEL BOMBAS. In: **OMEL Bombas e Compressores 2020**. Disponível em: < OMEL Bombas e Compressores >. Acesso em: 22/03/2021.

PARAISO DAS BOMBAS In; **Manutenção de bombas: entenda quando e por que fazer** 16/10/2017. Disponível em: < <https://blog.paraisodasbombas.com.br/manutencao-de-bombas-entenda-quando-e-por-que-fazer/> >. Acesso em: 06/04/2021

SAM YEDIDIAH . In: **Centrifugal Pump User's Guidebook Problems and Solutions by Sam Yedidiah**, 1996. Disponível em: <<https://www.engineeringbookspdf.com/centrifugal-pump-users-guidebook-problems-and-solutions-by-sam-yedidiah/>>. Acesso em: 22/03/2021.

SANDRO MENGALE PIZO In: **Mecânica dos Fluidos 2017**. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/124142> >. Acesso em 06/04/2021