

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES DA AMAZÔNIA
CURSO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO LIMA CARDOSO

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DE
UMA EMPURRADOR FLUVIAL DE 1200 HP**

BELÉM – PA
2016

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES DA AMAZÔNIA
CURSO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO LIMA CARDOSO

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DE
UMA EMPURRADOR FLUVIAL DE 1200 HP**

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
apresentado ao curso de Especialização
em Engenharia de manutenção industrial
como requisito parcial para a obtenção
do Título de Especialista em em
Engenharia de manutenção industrial.
Orientado por: Prof.^a Gilvandro

INSTITUTO DE ESTUDOS SUPERIORES DA AMAZÔNIA
CURSO DE ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

MARCELO LIMA CARDOSO

**PROPOSTA DE ELABORAÇÃO DE UM ESTUDO DE
CONFIABILIDADE DO SISTEMA DE ÓLEO COMBUSTÍVEL DE
UMA EMPURRADOR FLUVIAL DE 1200 HP**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do Grau de Especialista em Engenharia de Manutenção Industrial e aprovada na sua forma final pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia

Data: ___/___/___

Nota: _____

Prof. Msc Gilvandro O. Jorge
Orientador – IESAM

Prof. MSc. Anderson José Costa Sena
Avaliador – IESAM

BELÉM – PA
2016

Autorização para Publicação Eletrônica de Trabalhos Acadêmicos

Na qualidade de titular dos direitos autorais do trabalho citado, em consonância com a Lei nº 9610/98, autorizo o Instituto de Estudos Superiores da Amazônia a disponibilizar gratuitamente em sua Biblioteca Digital, e por meios eletrônicos, em particular pela Internet, extrair cópia sem ressarcimento dos direitos autorais, o referido documento de minha autoria, para leitura, impressão e/ou download, conforme permissão concedida.

DEDICATÓRIA

Para minha mãe, meu pai e meus avós minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida.

Aos meus pais por guiarem os meus primeiros passos rumo ao que sou.

A minha família ...

A minha orientadora ...

A todos os professores ...

Aos amigos ...

A todos aqueles de alguma forma ajudaram a semear, cultivar e colher os frutos desses anos de curso.

*"[...] só quando a última árvore for
derrubada, o último peixe for morto e o
último rio for poluído é que o homem
perceberá que não pode comer dinheiro".*

Provérbio Indígena

RESUMO

Este trabalho fala sobre o método de análise de falhas utilizado na engenharia de confiabilidade, muito usado na implantação do FMEA, na análise de falhas que podem ocorrer no funcionamento do sistema óleo combustível . Com o uso destas ferramentas para angariar uma quantidade muito grande de conhecimentos a cerca das falhas e seus efeitos que podem vir a ocorrer com o equipamento, tendo como objetivo chegar ao marco de falha zero. No primeiro capítulo será feito uma breve introdução ao trabalho, posteriormente no capítulo dois será discorrido sobre a revisão sobre as literaturas necessárias para o entendimento do trabalho, no capítulo três mostrara uma descrição da embarcação e dos sistemas estudados, no capítulo quatro discutirá sobre a analise de modos de falhas estudados e no capítulo cinco faremos as considerações sobre o trabalho.

Palavras-chave: Manutenção centrada na confiabilidade, FMEA,

ABSTRACT

This work talks about the failure analysis method of the reliability engineering, widely used in the implementation of FMEA, the failure analysis that may occur in the operation of the fuel oil system. With the use of these tools can raise a very large amount of knowledge about the faults and their effects that can occur with the equipment, aiming to reach the milestone zero failure. In the first chapter will be a brief introduction to work later in chapter two will talk about the review of the necessary literature for understanding the work, in chapter three can be made a description of the vessel and the systems studied in chapter four talk of analysis modes studied failures and chapter five we will make considerations about work.

Keywords: Maintenance centered on reliability, FMEA.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|--------------------------------------|
| Figura 1 - As 3 gerações da manutenção | 16 |
| Figura 2 - A evolução da manutenção | 17 |
| Figura 3 - Estrutura e classificação das falhas..... | 23 |
| Figura 4 - Caracterização de defeito, falha e pane. | 24 |
| Figura 5 - Condição x Tempo..... | 25 |
| Figura 6 - Intervalo P-F | 25 |
| Figura 7 - Curvas de desgaste típicas de equipamentos | 27 |
| Figura 8 - Sistema óleo combustível | 32 |
| Figura 9- Sistema de óleo combustível | Erro! Indicador não definido. |
| Figura 10 - Diagrama óleo combustível | 33 |
| Figura 11 - Simbologia do Sistema de óleo combustível | 34 |
| Figura 12 - Características construtivas e materiais do sistema óleo combustível..... | 34 |
| Figura 13 - Motor KTA 19 M3..... | 35 |
| Figura 14 - Moto-gerador MWM D-229 | 37 |
| Figura 15 - Bombas de Transferência de óleo diesel..... | 38 |

LISTA DE ABREVIATURAS

MCC - Manutenção Centrada na Confiabilidade

FMEA - Método de análise de modos de falhas

EPI - Equipamento de Proteção Individual

TPM - Manutenção Produtiva Total

VCC - Tensão Constante

MCP - Motor a Combustão Principal

MCA - Motor a Combustão Auxiliar

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1-Comentários iniciais..... | 14 |
| 1.2 Justificativa | 15 |
| 1.3 Objetivos | 15 |
| 1.3.1 Geral | 15 |
| 1.3.2 Específicos..... | 15 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 16 |
| 2.1 Manutenção..... | 16 |
| 2.2 Definições e conceitos básicos de manutenção..... | 18 |
| 2.2.1Manutenção Corretiva | 18 |
| 2.2.1.1 <i>Manutenção corretiva não planejada.....</i> | <i>18</i> |
| 2.2.1.2 <i>Manutenção corretiva planejada.....</i> | <i>18</i> |
| 2.2.2 Manutenção Preventiva | 18 |
| 2.2.3 Manutenção preditiva | 19 |
| 2.2.4 Manutenção detectiva | 19 |
| 2.2.5 Manutenção Produtiva Total (TPM)..... | 20 |
| 2.2.6 Manutenção Centrada na Confiabilidade | 20 |
| 2.3 FMEA – Failure Mode and Effects Analysis | 21 |
| 2.4 Falha | 22 |
| 2.4.1 Falha potencial..... | 24 |
| 2.4.1.1 <i>O intervalo P - F.....</i> | <i>25</i> |
| 2.4.2 Falha funcional | 26 |
| 2.4.3 Modos de falhas..... | 26 |
| 2.4.4 Efeitos das falhas | 27 |
| 2.4.4.1 <i>Classificação dos efeitos</i> | <i>27</i> |
| 2.4.4.2 <i>Risco</i> | <i>27</i> |
| 2.5 Planos de Manutenção | 28 |
| 2.6 Ordem de Serviços | 29 |
| 3 METODOLOGIA..... | 30 |
| 3.1 Descrição da embarcação | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Características Principais da Embarcação: | 30 |
| Geradores | 30 |
| 3.2 Sistema de óleo combustível de um empurrador fluvial | 30 |
| 3.3 Motores principais..... | 34 |
| 3.2.1 Procedimentos na parada ou repouso do motor | 36 |
| 3.4 Motores auxiliares - Diesel geradores | 36 |
| 3.5 Bombas do sistema de óleo combustível..... | 37 |
| - Bomba de Transferência de Óleo Diesel..... | 38 |
| 3.6 Válvulas do sistema óleo combustível..... | 38 |
| 3.7 Filtragem do sistema | 39 |
| 4 ANÁLISE DE MODO DE FALHAS..... | 40 |
| 4.1 Modos de Falhas dos Motores auxiliares e geradores - Diesel geradores | 40 |
| 4.2 Motores Principais | 43 |
| 4.2.1 Modos de falhas encontradas nos motores principais | 43 |
| 4.3 Bomba de Transferência..... | 46 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 50 |
| REFERÊNCIAS | 51 |

1 INTRODUÇÃO

1.1-Comentários iniciais

Antes da revolução industrial, os produtos eram confeccionados de forma artesanal, a produção era pequena assim como a organização do processo produtivo. Desde o início do desenvolvimento industrial, com a revolução industrial, ocorreram grandes mudanças na organização da produção. Surgiram as grandes evoluções tecnológicas, a produção em larga escala, a organização do trabalho, a automatização da produção, a preocupação com a qualidade dos produtos, enfim uma série de mudanças que construiu a indústria atual (TAKAYAMA, 2008).

Na atualidade, há uma utilização de novas práticas além das já difundidas atualmente como TPM (Manutenção Produtiva Total), 5S, Kaizen (Técnicas de melhoramentos em ambientes de trabalho), QFD (Desdobramento da Função da Qualidade), FMEA (Modalidade de Falha e Análise de Efeitos). Agora ganha força a manutenção centrada na confiabilidade, que utiliza várias técnicas avançadas de manutenção proporcionando um melhor desempenho das empresas.

O sistema de óleo combustível por se tratar de um sistema vital para uma embarcação, procura-se adotar medidas que são baseadas nos fundamentos da análise de falhas para procurar prevenir que o sistema possa vir a falhar, melhorando as percepções sobre os procedimentos e operações a serem realizadas pela equipe de manutenção da embarcação, provando que se faz necessário a adoção de uma rotina de análise de falhas, para que os equipamentos trabalhem sempre no maior rendimento possível.

Esse maior desempenho em busca do “zero defeito”, ou seja na tentativa de parada de máquinas igual a zero, sendo este, o principal motivo de tantos investimentos no departamento de manutenção, que procura incessantemente a melhoria dos indicadores de manutenção.

1.2 Justificativa

A manutenção dentro de qualquer empresa representa um papel de destaque para que ocorra redução de custos e diminuição da parada das máquinas, aumentando a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Isto por sua vez acarreta na redução de custos no serviço a ser realizado ou no produto a ser entregue. Através de estudos, hoje pode-se diminuir consideravelmente a ocorrência de falhas nos equipamentos, sendo que a análise de falhas tem um papel fundamental para que esse resultados seja alcançado por parte da equipe de engenharia de manutenção a oportunidade de melhorias no sistema, prevenindo falhas e planejar melhor as paradas para manutenção.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

O objetivo definido para o estudo é identificar e analisar práticas de para prevenção de falhas potenciais empregadas em um empurrador fluvial para se alcançar uma aplicação efetiva de redução de falhas potenciais na operação. O estudo foi relacionado a quais as práticas que podem ser empregadas pelo setor de manutenção de uma empresa para que ocorra o mínimo de falhas potenciais.

1.3.2 Específicos

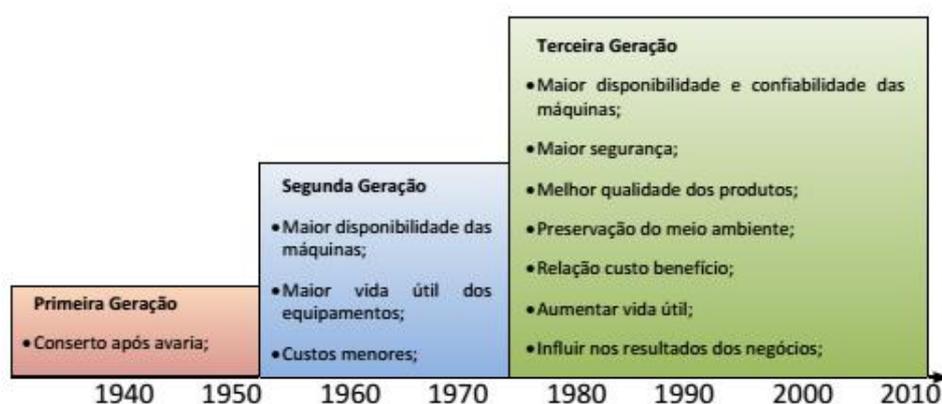
Como os sistemas de uma embarcação são muito complexos, foi selecionado para realizar o estudo o sistema de óleo combustível, vital para a embarcação e mais importante, pois sem ele a embarcação não gera energia com seus geradores e não tem propulsão gerada por seus motores principais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Manutenção

Para (Souza apud Tavares (1999,p.57)) mostra que:” Manutenção são Todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com a condição especificada”. Segundo Siqueira (2012), a manutenção pode ser dividida em 3 gerações distintas denominadas: Mecanização, Industrialização e Automatização. Cada uma tem suas características próprias, como mostrado na figura 1.

Figura 1 - As 3 gerações da manutenção



Fonte: Baran (2011) apud MOUBRAY, John (1997, pg. 7)

A primeira chamada de mecanização apresentava como característica a utilização de equipamentos simples e sobre dimensionados para suas funções, pois a sociedade naquele momento não dependia de seu desempenho, sendo reparados somente quando houvesse a quebra chamada de manutenção corretiva.

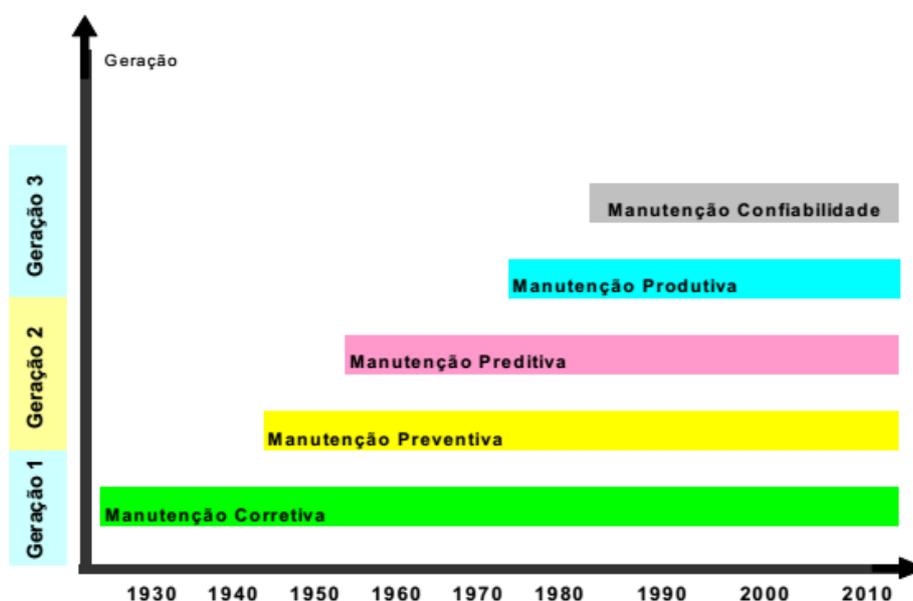
Com o passar do tempo após a 2ª guerra mundial entra em cena a segunda geração, onde, houve a disseminação das linhas de produção, fazendo com que a sociedade necessitasse apresentasse dependência a os processos industriais e aos produtos por eles fabricados, tem-se a necessidade da criação da manutenção preventiva, buscando a melhora da disponibilidade e vida útil do maquinário, motivando pesquisas para minimizar a quantidade de falhas nos processos e meios de produção.

Com todo este esforço surgiu na década de 50 a manutenção preditiva, disseminando o processo de revisão periódica dos equipamentos, por análises de vibração, óleo lubrificante, temperatura e etc.

Com a automação continua dos meios de produção e a necessidade de menos tempo de para dos equipamentos, surgiu a terceira geração na década de 70, sendo que, os equipamentos começaram a ser dimensionados com relação a necessidade do processo diminuindo as faixas operacionais e adotando o sistema Just-in-time, onde, estoques reduzidos refletem uma margem menor para de parada dos equipamentos, então surgiu a manutenção produtiva que envolvia um novo conceito de manutenção com o objetivo de aumentar a produção e melhorar a satisfação dos funcionários.

Para MOUBRAY (2000), a manutenção está em crescente desenvolvimento em relação ao estudo de quanto uma falha afeta a segurança e o meio ambiente, juntamente com uma melhor qualidade de produção, com isto, gerando conseqüentemente condições de nascimento de uma nova metodologia chamada de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), pois, através de nossa crescente dependência quanto a integridade de nossos ativos vai além do custo que tal gera, mais sim uma questão de sobrevivência para a empresa. A evolução da manutenção pode ser vista na figura 2 abaixo.

Figura 2 - A evolução da manutenção



Fonte: (SIMONETTI et. all, 2010)

2.2 Definições e conceitos básicos de manutenção

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo BRANCO FILHO (2004), a manutenção corretiva é toda manutenção realizada em uma máquina, sistema operacional unidade ou item em que é necessário corrigir alguma falha funcional, conceitualmente descrita como panes ou quebras, planejadas ou não planejadas.

2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

A manutenção não planejada se resume a correção de falha de maneira aleatória, a manutenção do equipamento só é consumada após a quebra do equipamento, sendo que este tipo de manutenção acarreta em um custo muito elevado de manutenção, sem levar em consideração a parada sem aviso prévio na produção (MELLO, 2011).

A escolha de se ter uma política de manutenção corretiva não planejada na empresa pode custar caro, pois, quando uma peça é trocada somente no ato da quebra isto pode causar danos a outros itens que não estavam na eminência de quebra, assim aumentando o tempo de indisponibilidade do equipamento de ter a manutenção corretiva como a política de manutenção da empresa .

2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada

Este tipo de manutenção é realizada com a utilização de sistemas de acompanhamento de condição, usando métodos preditivos, detectivos ou através de decisões de cunho gerencial para que ocorra o funcionamento do equipamento até que ocorra a falha, sendo mais barato, seguro e menor tempo de manutenção (KARDEC, 2007).

2.2.2 Manutenção Preventiva

Na década de 1960, a manutenção preventiva estava no patamar mais alto das técnicas utilizadas como prevenção de falhas, pois, seus princípios estavam ligados a relação entre idade e a taxa de falhas que os equipamentos apresentavam e que com isso a vida útil dos componentes e a falha do equipamento poderiam ser determinadas estatisticamente através de dados coletados, conseqüentemente as peças seriam trocadas antes da ocorrência da falha (NASA, 2000).

A manutenção preventiva é um tipo de manutenção que ocorre em intervalos pré determinados, ou em concordância com os critérios definidos, que procura reduzir a

possibilidade da ocorrência de falha ou deteriorização do maquinário (NBR-5462, 1994).

Para BRANCO FILHO (2004), a manutenção preventiva é qualquer serviço de manutenção realizado em antecedência a falha, apresentando-se em condições operacionais de funcionamento, ou no máximo, em estado de defeito. Sendo, este tipo de manutenção realizada em intervalos fixos, e regulares como: horas, quilômetros, ciclos de funcionamento.

2.2.3 Manutenção preditiva

Qualquer atividade de monitoramento de equipamentos capaz de fornecer dados de funcionamento com parâmetros suficientes para ter um acompanhamento das condições em que a máquina está trabalhando, permitindo a o mecânico planejar o momento certo de intervir para realizar a manutenção antes que o componente venha a quebrar, chamada de manutenção baseada na condição (KARDEC, NASCIF e BARONI, 2002).

Para (Almeida, 2000) a manutenção preditiva é um sistema de manutenção preventivo só que acionado não por tempo, mas sim por estado, quer dizer que o equipamento passa a ser monitorado pela sua condição de funcionamento e não pelo tempo que esta funcionando, a condição do componente é monitorada através das condições mecânicas, rendimento do sistema, temperatura, vibração e outros indicadores para determinar o tempo real para que ocorra a falha.

2.2.4 Manutenção detectiva

Através de uma classe de tarefas podemos garantir que os equipamentos se apresentem seguros e produtivos em seu funcionamento, baseadas em estratégias de manutenção detectiva (BRANCO, 2010). Tais sistemas de proteção de visualizam falhas imperceptíveis ao operador e ao mantenedor. Monitorando os equipamentos através de sistemas de monitoramento individuais e interligados, em busca de uma maior integridade do maquinário, do operador e meio ambiente, elevando a confiabilidade e segurança, tendo por finalidade que o sistema não apresente falhas (BECHTOLD, 2010).

A manutenção detectiva atua de forma bastante automatizada, com monitoramento contínuo com os dados lidos em tempo real apresentando o

comportamento do equipamento no momento em que ocorre, possibilitando a correção do problema no momento em que ele é detectado.

2.2.5 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A manutenção produtiva total é um sistema que tem por objetivo aumentar o rendimento operacional global dos equipamentos, pois, isto se tornou importante com o aumento da competitividade entre as empresas utilizando a filosofia com participação ativa dos operadores e mantenedores qualificados. Isto tem por objetivo reduzir a quantidade de falhas apresentadas procurando chegar a falha zero e quebra zero dos equipamentos como visto na figura, sendo uma técnica que procura aumentar a competitividade e a produtividade da planta de produção, mas para dar certo deve se ter um conhecimento do funcionamento e do estado do equipamento (RIBEIRO, 2012).

Para que seja implantado com êxito, este tipo de manutenção depende de uma mudança na cultura da empresa, encorajando os operadores a participar das atividades de manutenção, apoiando no desenvolvimento e execução das rotinas de manutenção no equipamento, sendo este tipo de manutenção constituída em 8 pilares básicos como na figura 4.

2.2.6 Manutenção Centrada na Confiabilidade

"Um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional" (MOUBRAY, 2000).

Esta filosofia do MCC esta ligada a melhora das manutenções preventiva, preditiva, corretiva e as técnicas de manutenção pró ativa, procurando proporcionar um equipamento com um ciclo de vida maior e o mínimo de manutenções. O principal desta filosofia requer decisões baseados em estudos técnicos e justificativas econômicas. Com a implantação do MCC as falhas diminuem dramaticamente (NASA, 2000).

Segundo (SIQUEIRA, 2005) o MCC se resume a entender as principais fontes de falhas e antecipá-las antes da falha funcional, entendendo que a falha é definida como a incapacidade de um determinado equipamento não desenvolva suas funções, comprometendo o seu desempenho, podendo chegar a sua incapacidade operacional.

O MCC teve que quebrar alguns paradigmas da manutenção, antes nos enxergávamos que o objetivo da manutenção era otimizar a disponibilidade com o

mínimo de custo, preservar os ativos físicos, os equipamentos aumentavam sua probabilidade de falha com a idade, hoje a manutenção afeta todos os setores da empresa não somente a disponibilidade da planta como segurança, responsabilidade ambiental, disponibilidade de equipamentos, imagem da empresa entre outros, também descobrimos que a maioria das falhas não tem relação com a idade do equipamento e que a manutenção deve preservar as funções dos ativos.

Para aplicar o MCC necessitasse ter um nível de domínio do processo avançado, apresentando alguns fatores que devem ser considerados, mencionados abaixo:

- Seleção do sistema;
- Definição das funções e padrões de desempenho;
- Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;
- Análise dos modos e efeitos das falhas;
- Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;
- Determinação de ações de manutenção – Política, Tarefas, Frequência.

Segundo MOUBRAY (2000) , o MCC deve apresentar 7 questões que apresentam questionamentos sobre revisão ou sob análise crítica.

1. Quais são as funções e padrões de desempenho do item no seu contexto presente de operação?
2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha importa?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

2.3 FMEA – Failure Mode and Effects Analysis

O FMEA é a Base para o MCC, definindo as funções e padrões de desempenho de funcionamento dos equipamentos, modos de falhas, causas, consequências,

criticidade e tipo de manutenção recomendada para o equipamento da linha de produção (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Siqueira (2005), apresenta para o MCC como metodologia de análise de falhas o FMEA com o objetivo de realizar uma avaliação, documentação e priorização de cada falha potencial e funcional, com o intuito de encontrar formas de prevenir ou corrigir as falhas antes que elas possam causar prejuízos. Para realizar o estudo do FMEA, deve-se identificar alguns aspectos, para cada função:

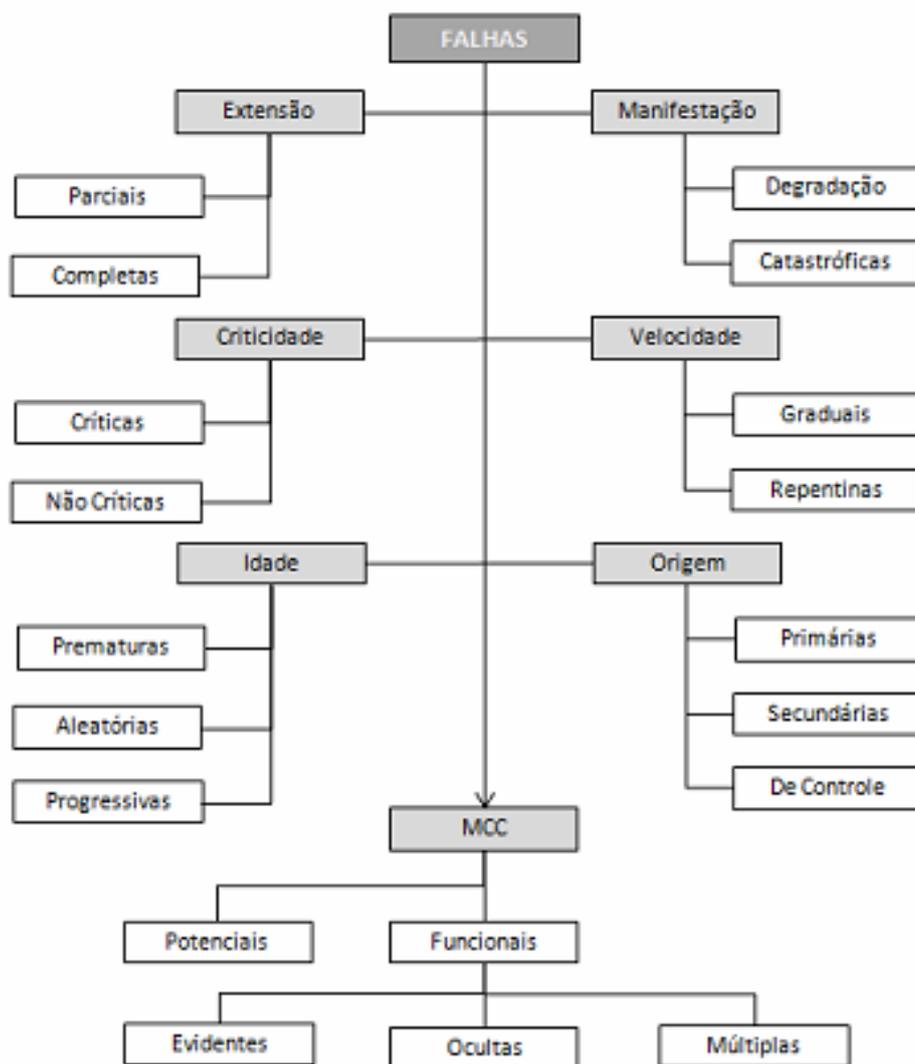
- Função - Realizar o objetivo, com o nível adequado de funcionamento;
- Falha funcional - Não realiza a função ou a realiza ou apresenta desvio funcional;
- Modo de falha - Que tipo de falha pode ocorrer;
- Causa da falha - Qual o motivo da falha vir a ocorrer;
- Efeito da falha - Que impacto pode ocorrer quando se tem a ocorrência de falha;
- Criticidade - O quão severo é o efeito provocado pela ocorrência da falha.

Também é comum incluir nos estudos os sintomas das falhas, o roteiro de localização, o mecanismo da falha, as taxas de falhas e algumas recomendações sobre as falhas (SIQUEIRA, 2005).

2.4 Falha

Utilizando o conceito de MOUBRAY (2000), a falha é a incapacidade de um equipamento de realizar sua atividade, sendo que se um ativo falhar o mesmo não fará o que o usuário quisesse. Se uma bomba não bombeia com a vazão necessária para realizar certa atividade, dizemos que ela está falhando. No entanto, a falha pode ter vários modos como mostrado na figura 3 abaixo, antes da falha funcional que incapacita o equipamento de realizar sua atividade.

Figura 3 - Estrutura e classificação das falhas



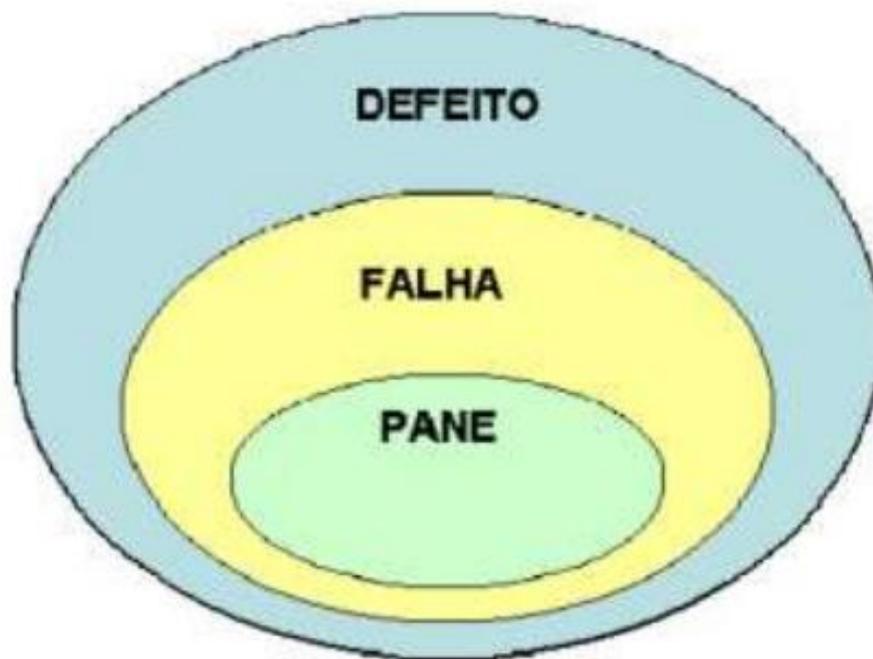
Fonte: (Siqueira, 2005)

Um determinado item pode apresentar duas classificações de seus estados que são a indisponibilidade ou de disponibilidade. O primeiro sendo classificado por ocorrência de pane, incapacidade de funcionamento temporária ou permanente da máquina como mostrado na figura 4. Já o segundo o equipamento funciona de acordo com suas funções de projeto (ABNT, 1994).

2.4.1 Falha potencial

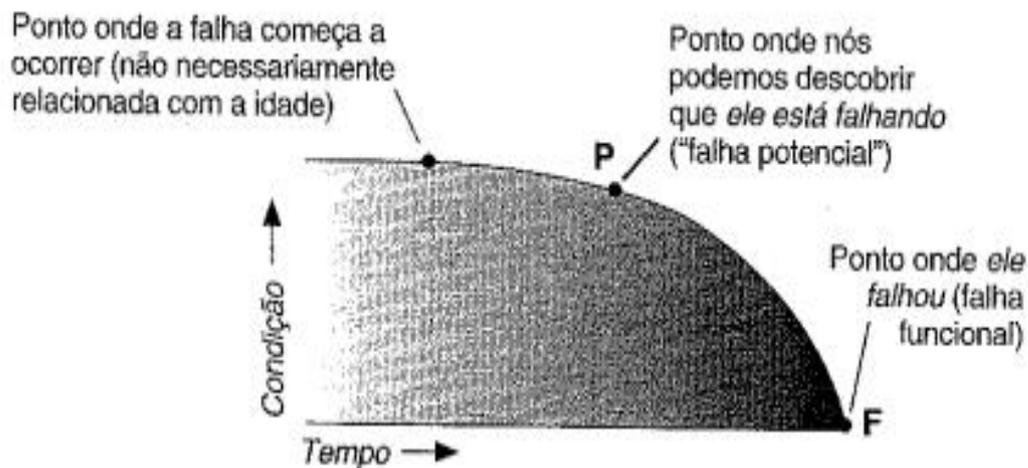
Em relação a Moubray (2000), ele diz que a falha potencial nada mais é que um indicio de uma condição em que identifica uma falha funcional esta para ocorrer ou em processo de ocorrência da falha indicando que uma ação deve ser tomada na afim de não ocorrer falha funcional. A figura 4 indica o caminho da falha até a falha funcional do equipamento e a figura 5 mostra a condição em relação ao tempo da ocorrência da falha em potencial .

Figura 4 - Caracterização de defeito, falha e pane.



Fonte: RAFAEL (2012) APUD PALLEROSI (2007)

Figura 5 - Condição x Tempo

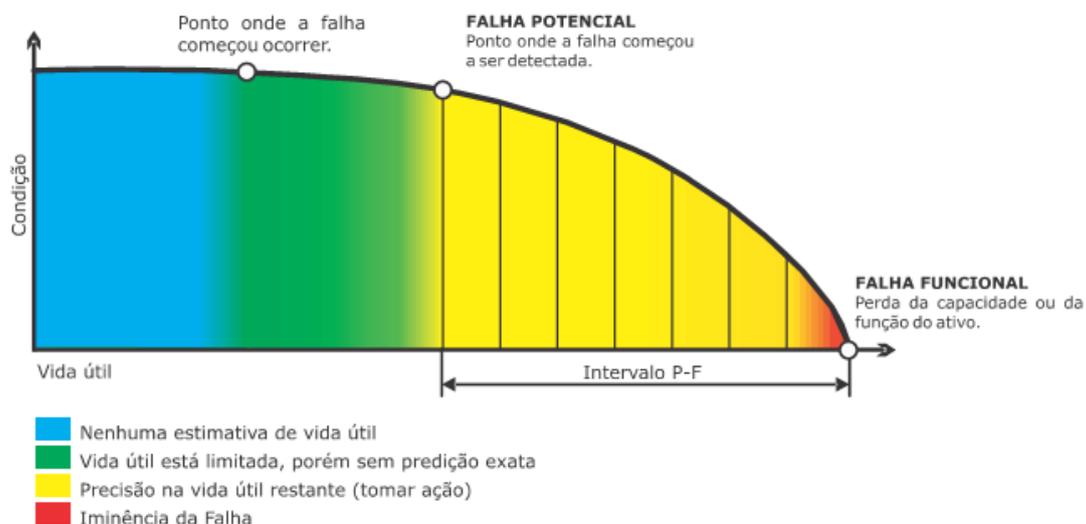


Fonte: Moubray (2000, p. 144).

2.4.1.1 O intervalo P - F

O intervalo P - F mostrado na figura 6, compreende o espaço de tempo em que a falha potencial se torna uma falha funcional, neste intervalo a falha se torna detectável. Este espaço de tempo é conhecido como período de advertência da falha, se pretendemos detectar a falha antes que a falha potencial se transforme em funcional devemos realizar o monitoramento do equipamento em espaços de tempo menores que P-F (MOUBRAY, 2000).

Figura 6 - Intervalo P-F



Fonte: BARAN, 2011 Apud NASA (2008, p. 4-2)

2.4.2 Falha funcional

Um equipamento apresenta falha funcional quando um equipamento apresenta incapacidade de cumprir seu papel no sistema produtivo não apresentando um padrão de desempenho aceitável pelo usuário. Esta definição de falha funcional está ligada tanto a perda da função parcial ou total, apresentando situações onde ele trabalha, mas está com dados de funcionamento fora dos limites aceitáveis (MOUBRAY, 2000).

Para Siqueira (2005), pelo MCC são classificados três categorias de falhas funcionais em concordância ao seu meio de visibilidade.

Falha evidente: É o tipo de falha que a operação detecta facilmente na operação ;

Falha oculta: Este tipo não é percebida pela equipe na operação em situações normais;

Falha múltipla: É uma combinação dos dois tipos de falhas anteriores ou um evento que torne a falha oculta evidente.

2.4.3 Modos de falhas

Segundo Siqueira (2005), os modos de falha são o inverso da falha funcional, pois estão ligados ao evento que provoca a mudança do estado normal para o anormal, descrevendo como as falhas funcionais ocorrem, sendo, uma arma ao combate das falhas funcionais em um equipamento, pois cada modo de falha tem uma condição de desgaste que podem vir a fazer o equipamento perder a sua função principal. Já para Moubray (200), o modo de falha é todo o acontecimento que causa uma falha funcional a máquina.

Não podemos confundir o modo de falha com a causa da falha pois o primeiro nos fala o porque e o segundo diz o que causou a falha. No entanto, um processo pode gerar vários modos de falha e cada modo de falha pode ser originado por um conjunto de causas.

Os modos de falhas (figura 7) podem ser mecânicos, elétricos, estruturais ou humanos, o primeiro que se relacionam normalmente ao comportamento dos materiais usados relacionados a incrustação, desgaste, fratura e deformação. Já o segundo se relaciona com os materiais(perdas de eficiência, isolamento e resistência), o terceiro esta atrelado a falhas em elementos estruturais e o quarto é causado por falhas provocadas pelo comportamento humano, sendo o mais difícil de ser classificado causados normalmente por distração, lapsos enganos ou violação de regras.

O calculo da severidade do risco é realizado pela seguinte fórmula:

$$\text{Risco} = \text{Severidade} \times \text{Frequência}$$

É comum também acrescentar o risco em função de sua detectabilidade (figura):

$$\text{Risco} = \text{Severidade} \times \text{Frequência} \times \text{Detectabilidade}$$

2.5 Planos de Manutenção

Para Pinheiro Apud Xenos, 2008, o plano de manutenção serve como base para as atividades a serem realizadas futuramente em um equipamento, contribuindo de forma significativa para que a equipe de manutenção obtenha informações necessárias para se realizar uma manutenção de boa qualidade.

Para que a manutenção tenha sucesso os mantenedores devem apresentar uma importância significativa com as manutenções preventivas e preditivas, afim de diminuir a incidências de paradas não planejadas.

Com a implantação de um plano de manutenção bem elaborado, com ações de prevenção de falas nos equipamentos, pode garantir um grande beneficio para o setor de planejamento e controle de manutenção diminuindo o custo das manutenções e aumentando os lucros da empresa.

Em relação a os ganhos que podem ser obtidos através dos planos de manutenção. Viana (2002), destaca alguns benefícios dos planos de manutenção:

- Periodicidade: O plano deve gerar uma ordem de serviço, através de tempos pré estabelecidos de manutenção ou por nível de utilização do equipamento.
- Equipe de manutenção: Quem executa os serviços de manutenção;
- Planejador: Realiza planejamento das manutenções a serem realizadas;
- Materiais necessários: Materiais que devem ter em estoque para que ocorra a intervenção de manutenção;
- Especialidades: Refere-se a especialidade do funcionário que realizará a tarefa;
- EPIs: Referente a proteção dos colaboradores com relação a acidentes ;
- Ferramentas: instrumentos necessários para as tarefas.

Após estas informações o plano de manutenção deve garantir a realização de uma manutenção eficiente e eficaz, capaz de reduzir as paradas para atividades corretivas no setor de manutenção.

2.6 Ordem de Serviços

Uma ordem de serviço (OS), pode ser definida como sendo uma registro da prestação de serviços realizados pela equipe de manutenção (BRANCO FILHO, 2008). Este documento deve apresentar um registro das atividades realizadas em cada equipamento, para que ocorra um controle de custo, mão de obra, levantamento de dados através de históricos de manutenção dos equipamentos.

Uma ordem de serviço não pode ter uma quantidade grande de informações relevantes, mas sim apresentar um documento enxuto com informações necessárias e que esteja ao alcance de todos os setores da manutenção sendo de fácil entendimento.

Segundo Viana (2002), o formato de uma OS deve ser do seguinte modo:

- **Cabeçalho:** Deve conter informações cadastrais, como, o número da OS, o código do equipamento, centro de custo, o tipo de manutenção, a equipe responsável, tempo e a data da manutenção;
- **Descrição das tarefas:** Apresenta a descrição das atividades a serem realizadas, os responsáveis, o tempo e os EPI's a serem usados;
- **Histórico:** É utilizado para se ter o conhecimento de toda as manutenções realizadas no equipamento.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada uma descrição detalhada de cada sistema estudado, seguido de uma análise de modos de falhas que podem ocorrer na embarcação em cada sistema nela contido. Os dados obtidos foram desenvolvidos através de estudos da embarcação através de projetos e estudos de modos de falhas realizados anteriormente em sistemas semelhantes.

3.1 Descrição da embarcação

O estudo será realizado em um **EMPURRADOR FLUVIAL DE 2.400 HP** será empregado na navegação fluvial adequado a operações em comboio, composto por 9 balsas de 61 metros, dispostas 3x3, com aproximadamente 2.000 TPB cada de capacidade aproximada.

Características Principais da Embarcação:

| | | |
|---|----------|--------|
| Comprimento total | 22,50 | Metros |
| Comprimento entre perpendiculares | 21,00 | Metros |
| Boca Moldada | 10,00 | Metros |
| Pontal Moldado..... | 3,00 | Metros |
| Calado de Projeto | 2,10 | Metros |
| Potência Má xima de Serviço (MCP's) | 2x 1.200 | HP |
| Geradores | 2x 85 | KVA |
| | 68 | KW |

3.2 Sistema de óleo combustível de um empurrador fluvial

O sistema de óleo combustível (Figura 8) é o principal sistema de uma embarcação, pois alimenta o coração da embarcação, que são seu motores principais e os pulmões que são seus motores auxiliares. Este sistema é composto por tanques de

combustíveis que alimentam o tanque de serviço tendo, por função alimentar os motores.

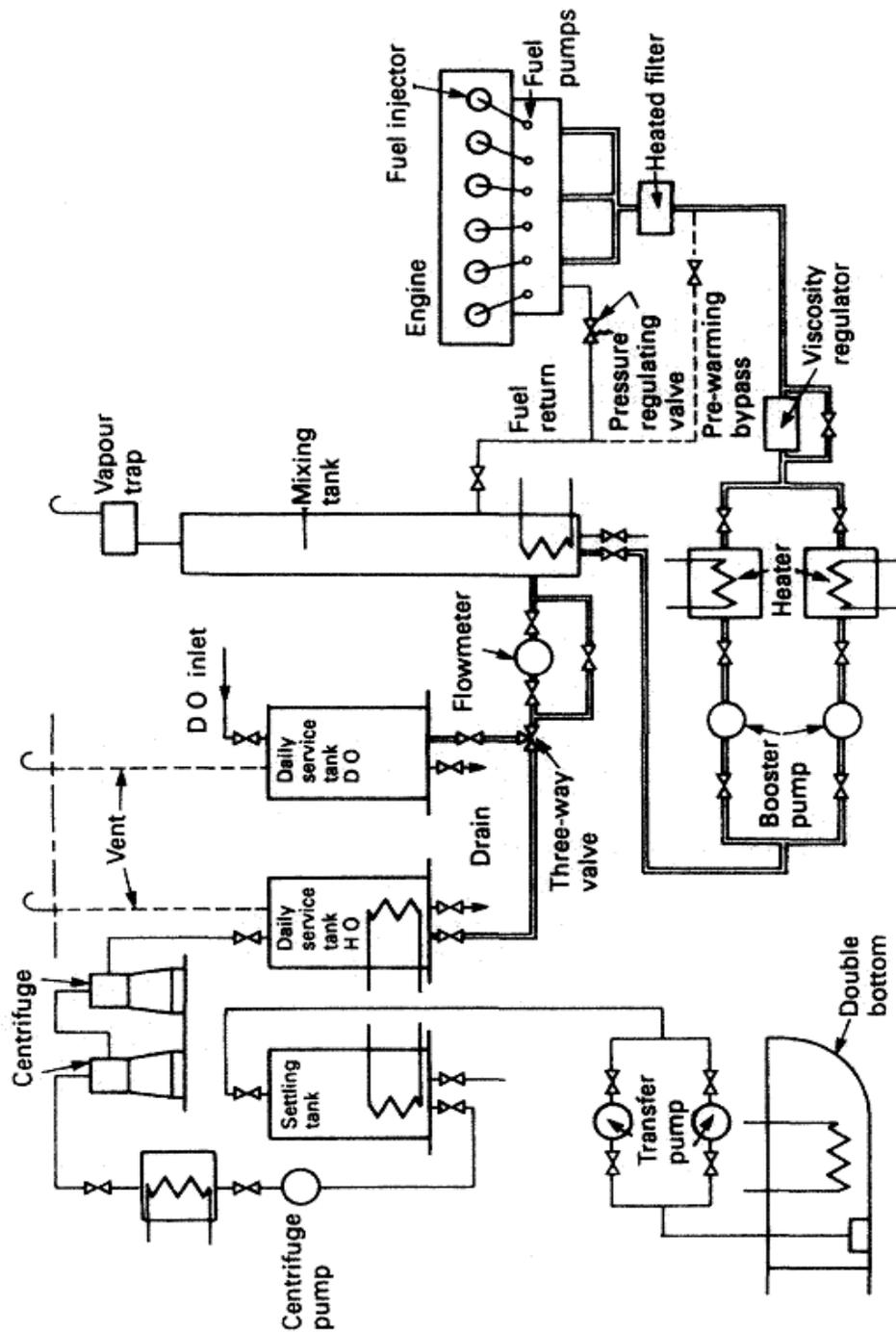
Como este sistema é vital para o funcionamento da embarcação, deve ser tratado com tal importância, nas figuras 8, 9 e 10 são amostrados o diagrama de óleo combustível, simbologia do diagrama e características construtivas dos componentes do sistema, em relação a análise deste sistema devemos inserir a análise de falhas no com o intuito de mitigar a ocorrência de falhas, pois isto se inicia no momento em que ocorre a falha no equipamento, a partir disto todos os modos de falhas devem ser analisados para que a análise obtenha sucesso. Todas as pessoas que participam direta ou indiretamente deste momento são muito importantes para o andamento deste processo.

A análise de falhas propõe que o resultado é solucionar um problema que esta ocorrendo e que afeta direta a performance do equipamento e procurar identificar os culpados pelo acontecido. Para que tudo ocorra eficiente todas as pessoas envolvidas dever ter consciência de que o objetivo deste estudo não é de punir culpados, mas sim de melhorar o funcionamento do equipamento.

O sistema é composto por:

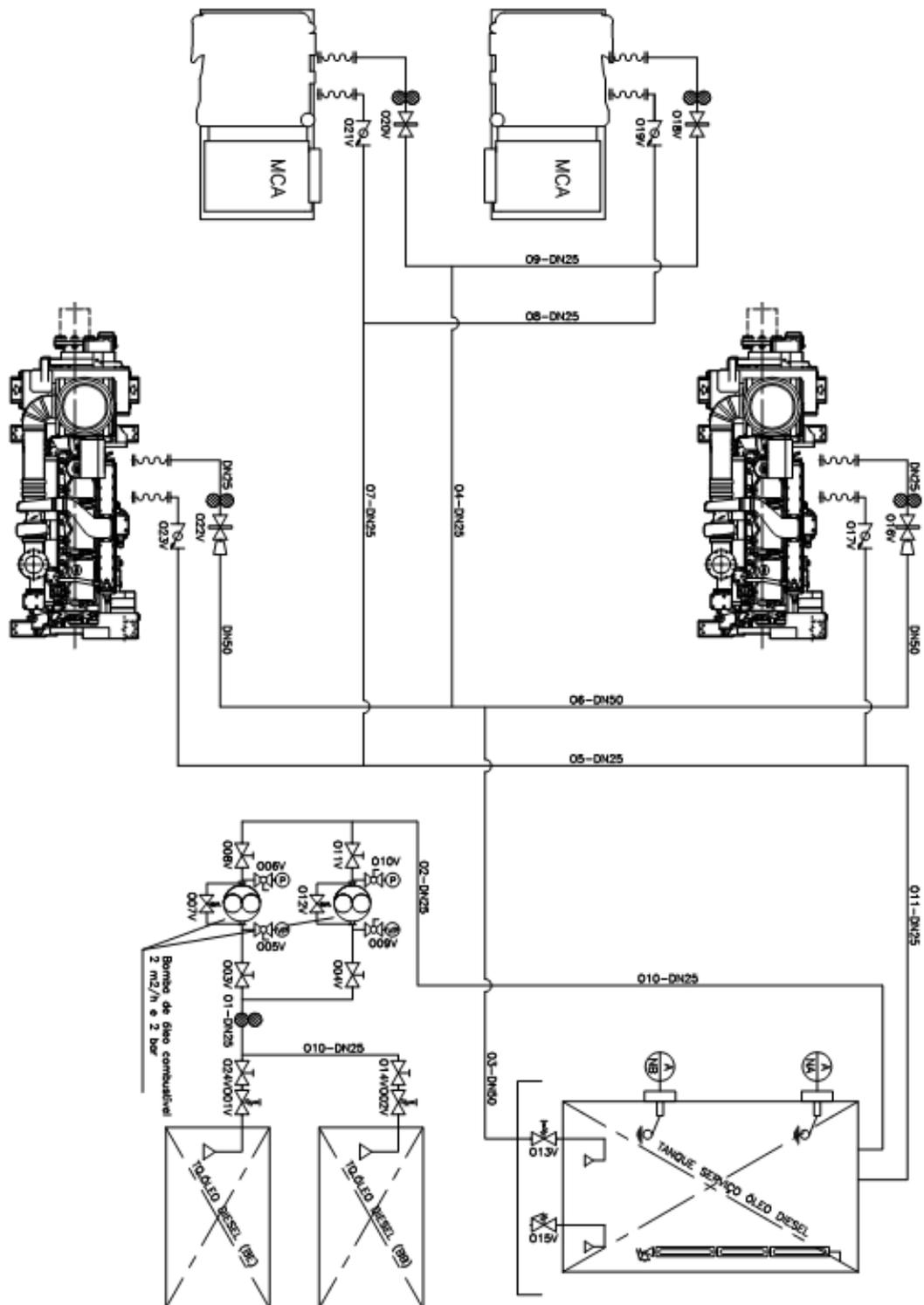
- Válvulas gavetas;
- Válvulas globo;
- Válvulas esferas;
- 4 - Válvulas de acionamento rápido;
- 4 - Válvulas de retenção tipo disco;
- 4 - Filtros de combustível;
- 1 - Purificadora de diesel;
- 1 - Bomba de transferência de óleo diesel;
- 2 - Motores KTA -38;
- 2 - Motores .

Figura 8 - Sistema óleo combustível

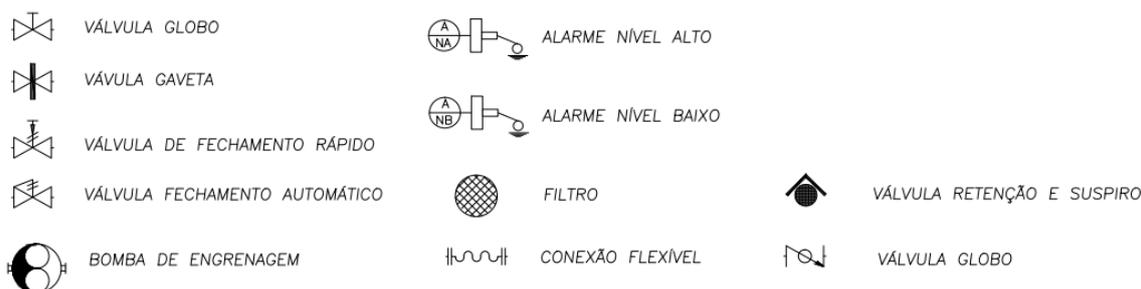


Fonte: Taylor, 2003.

Figura 9 - Diagrama óleo combustível



Fonte: Avante II (2012).

Figura 10 - Simbologia do Sistema de óleo combustível

Fonte: AVANTE II (2012).

Figura 11 - Características construtivas e materiais do sistema óleo combustível

I- MATERIAIS:

1- TUBOS:

-ASTM A-53 OU ASTM A-106, SCH40, PRETO, COM OU SEM COSTURA.

2- VALVULAS:

| UTILIZAÇÃO | DIAM. NOMINAL | CORPO | DISCO/SEDE | HASTE |
|------------|---------------|--|--------------------|----------------------------|
| USO GERAL | DN < 50 mm | AÇO FORJADO OU BRONZE FUNDIDO | AÇO INOX OU BRONZE | AÇO INOX OU LATÃO LAMINADO |
| | DN ≥ 50 mm | AÇO FUNDIDO OU F ² F ² NODULAR | AÇO INOX | AÇO INOX |

3- CONEXÕES:

-FLANGES DE ACORDO C/NORMA ANSI CLASSE 150 PSI OU LUVA.

-A ALTURA MINIMA DOS SUSPIROS, EM RELAÇÃO AO CONVÉS DEVERÁ SER DE 760mm, E OS MESMOS DEVERÃO SER PROVIDOS DE TELA CORTA CHAMAS, DE MATERIAL RESISTENTE A CORROSÃO E COM ÁREA LIVRE DE PELO MENOS A AREA DO SUSPIRO.

4- JUNTAS:

-NITRIPAK S-1212 OU SIMILAR.

5- PRESSÃO DE TESTE:

-3,5 bar

6- Vazão das Bombas:

-2 m³/h

Fonte: AVANTE II (2012).

3.3 Motores principais

Os motores principais (MCP's) serão do tipo marítimo, de quatro tempos, não reversíveis, turbo comprimido, simples efeito, injeção direta de combustível, com sistema de resfriamento aberto, partida elétrica, para operação contínua com óleo diesel. Ambos motores terão mesmo sentido de rotação, padrão do fabricante, para padronização dos sobressalentes.

O MCP na figura 13, mostrado em conjunto com as caixa reductora - reversora com sistema de resfriamento por água doce, tendo o sistema de resfriamento de água doce. As bombas de água doce de circulação dos resfriadores de óleo combustível e do óleo lubrificante serão acionadas conforme padrão especificado fornecidas pelo fabricante do motor.

Os motores deverão ter partida elétrica pela praça de máquinas e passadiço, com controle de rotação tanto local quanto no passadiço, e dispositivos elétricos de supervisão e alarme em 24 VCC. Cada motor possuirá seu próprio sistema independente de resfriamento e de lubrificação e usará um único tipo de óleo lubrificante. Terão as seguintes características:

- Quantidade 2 (dois)
- Marca CUMMINS
- Modelo KTA19-M3
- Cilindros 6 cilindros em linha
- Potência máxima contínua (aproximada) 600HP – 447KW
- Rotação na MCR 1.800 rpm

Figura 12 - Motor KTA 19 M3



Fonte: Autoria Própria, 2015.

3.2.1 Procedimentos na parada ou repouso do motor

Os procedimentos para a parada ou repouso do motor são os seguintes:

- Próximo do local de destino, reduzir gradativamente a marcha para que o motor arrefeça lentamente;
- Após a atracação, e a parada total do motor, fechar a válvula de comunicação de combustível no tanque;
- Fechar as válvulas (de fundo, intermediárias e do costado) do sistema de resfriamento;
- Deixar o motor esfriar e limpá-lo externamente, procurando eliminar possíveis vazamentos; e
- Se a parada for longa, verificar a carga da bateria.

3.4 Motores auxiliares - Diesel geradores

Serão usados motores diesel do tipo marítimo (Figura 14), refrigerados à água ou à ar, com partida elétrica em 24 VCC, adequados para o acionamento de cada alternador.

Cada motor será equipado com suas próprias bombas de óleo lubrificante, óleo combustível, água bruta, água doce e resfriadores de óleo lubrificante e de água doce por circuito de quilha.

Para cada grupo serão fornecidos os acessórios necessários ao funcionamento do motor, como filtros, manômetros, termômetros, alarmes óticos e acústicos para o circuitos de óleo e água, tacômetro, silenciosos, reguladores, dispositivos de partida, dispositivo para mudança de velocidade, regulador termostático para sistema de refrigeração e jogo de ferramentas e sobressalentes necessários.

Tanto os motores como os alternadores deverão funcionar perfeitamente em condições de banda de até 15 graus e trim de até 5 graus.

Em qualquer condição de operação, o alternador do respectivo grupo diesel alternador deverá operar com no máximo 90% da sua potência nominal, e o respectivo motor diesel deverá operar com no máximo 85% da sua potência máxima contínua.

Figura 13 - Moto-gerador MWM D-229

Fonte: Autoria Própria, 2015.

3.5 Bombas do sistema de óleo combustível

As bombas instaladas a bordo serão do tipo naval para serviço contínuo, e possuirão basicamente, eixos em aço inoxidável, rotores em bronze e carcaça de aço ou ferro fundido. As bombas serão acopladas através de luva elástica ou pratos rígidos, conforme o seu porte e/ou capacidade, diretamente aos seus respectivos motores elétricos. As bombas terão capacidades adequadas às funções a que se destinam.

Além das bombas (Figura 15) montadas nos equipamentos principais, e outras que porventura venham a ser exigidas pelas regras e regulamentos, o empurrador será equipado com as seguintes bombas, cujas características de pressão e vazão estão

definidas preliminarmente abaixo, sujeitas a modificações com desenvolvimento do projeto.

- Bomba de Transferência de Óleo Diesel

- Tipo Engrenagens
- Acionamento Motor elétrico
- Vazão 2 m³/h
- Altura manométrica 20 mca
- Número de bombas 1 (uma)

Figura 14 - Bombas de Transferência de óleo diesel



Fonte: Autoria Própria, 2015.

3.6 Válvulas do sistema óleo combustível

- Diâmetro de 40 mm e acima, em ferro fundido: Para redes de óleo combustível, de óleo lubrificante.
- Diâmetro de 25 mm e abaixo em bronze: Para redes de óleo combustível, de óleo lubrificante.

3.7 Filtragem do sistema

Na praça de máquinas será instalado um equipamento para purificação de óleo diesel, tipo "Dieselimpó" ou similar. O equipamento terá as seguintes características aproximadas:

- Tipo Centrífuga para óleo sem pré-aquecimento, limpeza manual
- Capacidade (aproximada) 650 L/h a 2,0 kg/cm²
- Acionamento Motor elétrico
- Quantidade 1 (um)

Virá instalado nos MCPs, de acordo com o fabricante, um sistema de filtragem para purificação de óleo lubrificante.

4 ANALISE DE MODO DE FALHAS

O sistema de análise de modos de falha é de fundamental importância para o estudo de manutenção de uma embarcação, sendo que este estudo teve por base para a realizar os estudos (Murillo, 2014), sendo de fundamental importância na formulação das tabelas de análise de modos de falhas.

4.1 Modos de Falhas dos Motores auxiliares e geradores - Diesel geradores

O sistema de geração de energia para a embarcação é formado por dois conjuntos moto-gerador de energia, que tem por função fornecer a energia para a embarcação e são composto por:

- 2 - Motores Auxiliares MWM 229
- 2 - Geradores de 85 KVA

Serão considerados falhas nos moto geradores:

- Sem frequência ou tensão estável quando operando sozinho;
- Não regular ou fornecer a carga ativa em funcionamento em sistemas paralelos;
- Não regular ou fornecer a carga reativa em funcionamento em sistemas paralelos;
- Falha no sistema de aterramento;
- Falha mecânica;

Com base no estudo de Murillo (2014), ele separa as falhas em falhas mecânicas menores, falhas mecânicas maiores, falhas elétricas menores e falhas elétricas maiores.

Murillo (2014), também descreve as falhas que ocorrem em cada grupo:

- Falhas mecânicas menores compreendem as falhas em rolamentos, folgas em acoplamentos, ventoinha de refrigeração, bobinas e terminais, também desbalanceamento.

- Falhas mecânicas maiores estão relacionadas a quebra dos rolamentos, acoplamentos, ventoinha de refrigeração ou buchas do motor.

- Falhas elétricas menores que são falhas no motor, estator, excitatriz e isolamento entre as bobinas do gerador.

- Falhas elétricas maiores são enxergadas como a falha na fase do estator, internos do gerador, terminal ou conexão rompida

Através do estudo realizado nos motores diesel auxiliares foi possível constatar o aparecimento de 21 modos de falhas no motores diesel auxiliares como mostrado na tabela 1:

Tabela 1: Motores Auxiliares e Geradores

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|--|--|----------------------------------|------------------------------------|---|
| GERAR ENERGIA ELÉTRICA PARA ALIMENTAÇÃO DA EMBARCAÇÃO | CURTO CIRCUITO (ENTRE ESPIRAS, ENTRE FASES, PRA MASSA) | FALHA NO FORNECIMENTO DE ENERGIA | BAIXA ISOLACAO | PLANO DE MANUTENCAO PREVENTIVA COM MONITORAMENTO DE RESISTENCIA DE ISOLAMENTO E RESISTENCIA OHMICA DO MOTOR. |
| | | | ROTOR TRAVADO | PROCEDER COM MANUTENCAO PREDITIVA EXECUTANDO INSPECÇÕES PERIÓDICAS MONITORANDO ÍNDICES DE VIBRACAO |
| | | | SOBRECARGA | NAO EXCEDER A CARGA SUPERIOR A CAPACIDADE NOMINAL DO MOTOR |
| GERAR ENERGIA ELÉTRICA PARA ALIMENTAÇÃO DA EMBARCAÇÃO. | CURTO CIRCUITO (ENTRE ESPIRAS, ENTRE FASES, PRA MASSA) | DIMINUIÇÃO DO RENDIMENTO | DESBALANCEAMENTO OU DESALINHAMENTO | PROCEDER COM MANUTENCAO PREDITIVA EXECUTANDO INSPECÇÕES PERIÓDICAS MONITORANDO ÍNDICES DE VIBRACAO INPECIONAR FIXACAO DE CABO DE ATERRAMENTO AFIM DE PROTEGER CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, DESCARGAS DE CAPACITORES E DISPOSITIVOS SEMI-CONDUTORES DE POTÊNCIA. |
| | | | SURTO DE TENSAO | GARANTIR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERACAO (VENTOINHA), OBSTRUCAO DAS RANHURAS, CONEXÕES NOS TERMINAIS DE LIGACAO E INSPECIONAR TEMPERATURA CONSTANTEMENTE DE ACORDO COM O PLANO DE MANUTENCAO EXISTENTE. |
| | | | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|---|---|--|--|--|
| | TRAVAMENTO DO ROTOR | NÃO GERA ENERGIA PARA O GERADOR | ROLAMENTOS GASTOS/DANIFICADOS | PROCEDER COM MANUTENÇÃO SENSITIVA PARA GARANTIR RÚIDO E PROCEDER COM UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO |
| | O GERADOR NÃO DESERMA COM SUPERAQUECIMENTO | PODE OCORRER QUEIMA DE COMPONENTES DO GERADOR | NAO ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO (RELÉ) | GARANTIR PARAMETRIZAÇÃO DO RELÉ DE ACORDO COM O MOTOR ESPECIFICADO. |
| GERAR ENERGIA ELÉTRICA PARA ALIMENTAÇÃO DA EMBARCAÇÃO - GERAR ENERGIA ELÉTRICA PARA ALIMENTAÇÃO DA EMBARCAÇÃO | CARGAS DESBALANÇADAS | PROVOCA FALHA NA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA PELO GERADOR | DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO | GARANTIR DESBALANCIAMENTO DE CARGAS CONECTADAS A FONTE DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR, CONEXÕES INADEQUADAS JUNTO AOS TERMINAIS DE SAÍDA DO MOTOR OU ALTAS RESISTÊNCIAS PROVOCADAS POR MAL CONTATO. |
| | TRAVAMENTO DO ROLAMENTO | FUSÃO DE PARTES MOVEIS | FALTA DE LUBRIFICAÇÃO | CRIAR PLANO DE LUBRIFICAÇÃO E PROCEDER CONFORME ROTA DE LUBRIFICAÇÃO. |
| | FALTA DE FASE | ALIMENTAÇÃO PRECÁRIA | FALTA DE FASE NA LINHA DE ALIMENTAÇÃO. | GARANTIR SE AS CONEXÕES ESTÃO BEM APERTADAS NA CAIXA DE LIGAÇÃO E PROCEDER MANUTENÇÃO NO SEU SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO (CCM) |
| | NÃO OCORRE A ALIMENTAÇÃO DO TANQUE DE SERVIÇO | NÃO OCORRE ALIMENTAÇÃO DE DIESEL PARA O TANQUE PRINCIPAL | FALHA NO SELO MECÂNICO | PROCEDER COM MANUTENÇÃO PREDITIVA EXECUTANDO INSPEÇÕES PERIÓDICAS MONITORANDO ÍNDICES DE VIBRAÇÃO |

Fonte: Autoria Própria, 2015.

4.2 Motores Principais

Os motores principais tem a função de gerar movimento para os propulsores, através da transformação de energia térmica em mecânica.

4.2.1 Modos de falhas encontradas nos motores principais são:

- O combustível não chega aos injetores;
- O motor aspirou água ou impurezas;
- Retorno de combustível da tubulação de retorno de diesel;
- Baixa rotação na partida;
- Consumo excessivo de combustível;
- Pressão de óleo baixa;
- Vibração;
- Superaquecimento.

Esta embarcação possui um conjunto de dois motores que são:

- 2 Motores KTA 38 M3 - CUMMINS

Tabela 2: Motor Principal

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|---|---------------------------------------|------------------|---|--|
| TRANSFORMAR ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO PARA OS EIXOS DE PROPULSÃO | O COMBUSTÍVEL NÃO CHEGA AOS INJETORES | O MOTOR NÃO LIGA | VÁLVULA DA ENTRADA DE COMBUSTÍVEL OBSTRUIDA TANQUE DE COMUSTÍVEL VAZIO | MELHORAR O MONITORAMENTO DE ALIMENTAÇÃO DE COMBUSTÍVEL |
| | | | A BOMBA ALIMENTADORA DE COMBUSTÍVEL NÃO FUNCIONA | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|---|--|--|--|------------------------------------|
| TRANSFORMAR ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO PARA OS EIXOS DE PROPULSÃO | O MOTOR ASPIROU ÁGUA OU IMPUREZAS | ERRO NO CONTROLE DO FILTRO SEPARADOR DE ÁGUA E IMPUREZAS | O FILTRO NÃO TEVE SUA AGUA DRENADA | INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | O FILTRO DE PAPEL ESTÁ MUITO DESGASTADO | INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | RETORNO DE COMBUSTÍVEL DA TUBULAÇÃO DE RETORNO DE DIESEL | O MOTOR FUNCIONA APÓS SEU DESLIGAMENTO | FALHA NA VÁLVULA DE RETENÇÃO DE RETORNO DE ÓLEO DIESEL | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | FALHA NA BOMBA DE INJEÇÃO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | PRESSÃO DE ÓLEO BAIXA | MOTOR COM MENOS POTÊNCIA | CAMISAS GASTAS | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | O MOTOR EM CERTOS AMBIENTES NÃO RESFRIA COM QUALIDADE | DESCOLAMENTO DO FILME LUBRIFICANTE | ÓLEO LUBRIFICANTE INCORRETO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | VIBRAÇÃO | DESGASTE PREMATURO DE PEÇAS MOVEIS | BOMBA DE COMBUSTÍVEL DEFEITUOSA | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | OS BICOS NÃO INJETAM COMBUSTÍVEL | MOTOR CONSUME MAIS COMBUSTÍVEL OU NÃO DA A IGNIÇÃO | INJETORES DEFEITUOSOS OU ENTUPIDOS | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| O MOTOR ESTÁ PERDENDO PRESSÃO | PERDA DE POTÊNCIA DO MOTOR | VAZAMENTO PELA JUNTA DO CABEÇOTE | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA | |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|---|----------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| TRANSFORMAR ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO PARA OS EIXOS DE PROPULSÃO | BAIXA ROTAÇÃO NA PARTIDA | O MOTOR NÃO LIGA | BATERIA COM CARGA INSUFICIENTE | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | MOTOR DE PARTIDA DEFEITUOSO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | FILTRO DE AR MUITO SUJO | SUBSTITUIR ELEMENTO |
| | | | INJETORES DEFEITUOSOS | SUBSTITUIR ELEMENTO |
| | CONSUMO EXCESSIVO DE COMBUSTÍVEL | CONSUMO DESNECESSÁRIO DE DIESEL | BOMBA DE COMBUSTÍVEL DEFEITUOSA | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | ANEIS DE SEGMENTO QUEBRADOS | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | SUPERAQUECIMENTO | TEMPERATURA ACIMA A DE FUNCIONAMENTO, PODENDO OCORRER A FUSÃO DE ALGUMA PEÇA INTERNA DO MOTOR | ÊMBOLO DEFEITUOSO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | SEM PASSAGEM DE AR PELO MOTOR | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | MOTOR TRABALHANDO EM SOBRECARGA | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | FALHA NO SISTEMA DE RESFRIAMENTO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|---|----------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| TRANSFORMAR ENERGIA TÉRMICA EM MOVIMENTO PARA OS EIXOS DE PROPULSÃO | | | VÁLVULAS PRESAS | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | VIBRAÇÃO | DESGASTE PREMATURO DE PEÇAS MOVEIS | ANEIS DE SEGMENTO QUEBRADOS | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | ÊMBOLO DEFEITUOSO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | BOMBA DE COMBUSTÍVEL DEFEITUOSA | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | SUPERAQUECIMENTO | TEMPERATURA ACIMA A DE FUNCIONAMENTO, PODENDO OCORRER A FUSÃO DE ALGUMA PEÇA INTERNA DO MOTOR | FILTRO DE AR MUITO SUJO | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |
| | | | VAZAMENTO PELA JUNTA DO CABEÇOTE | INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA |

Fonte: Autoria Própria, 2015.

4.3 Bomba de Transferência

As bombas instaladas a bordo serão do tipo naval para serviço contínuo, e possuirão basicamente, eixos em aço inoxidável, rotores em bronze e carcaça de aço ou ferro fundido e serão acopladas através de luva elástica ou pratos rígidos, conforme o seu porte e/ou capacidade, diretamente aos seus respectivos motores elétricos.

Tabela 3: Bomba de transferência

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|--|---|----------------------------|-----------------|--|
| TRANSFORMAR ENERGIA ELETRICA EM ENERGIA MECANICA | CURTO CIRCUITO (ENTRE ESPIRAS, ENTRE FASES) | INDISPONIBILIDADE DO MOTOR | BAIXA ISOLACAO | PLANO DE MANUTENCAO PREVENTIVA COM MONITORAMENTO DE RESISTENCIA DE ISOLAMENTO E RESISTENCIA OHMICA DO MOTOR. |
| | | | ROTOR TRAVADO | PROCEDER COM MANUTENCAO PREDITIVA EXECUTANDO INSPECOES PERIODICAS MONITORANDO INDICES DE VIBRACAO |
| | | | SOBRECARGA | NAO EXCEDER A CARGA SUPERIOR A CAPACIDADE NOMINAL DO MOTOR |
| | | | VIBRACAO | PROCEDER COM MANUTENCAO PREDITIVA EXECUTANDO INSPECOES PERIODICAS MONITORANDO INDICES DE VIBRACAO |
| | | | SURTO DE TENSAO | INPECIONAR FIXACAO DE CABO DE ATERRAMENTO AFIM DE PROTEGER CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS, DESCARGAS DE CAPACITORES E DISPOSITIVOS SEMI-CONDUTORES DE POTENCIA. |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|--|---|----------------------------|-------------------------------|--|
| | CURTO CIRCUITO (ENTRE ESPIRAS, ENTRE FASES) | | SOBREAQUECIMENTO DO MOTOR | GARANTIR FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERACAO (VENTOINHA), OBSTRUCAO DAS RANHURAS, CONEXOES NOS TERMINAIS DE LIGACAO E INSPECIONAR TEMPERATURA CONSTANTEMENTE DE ACORDO COM O PLANO DE MANUTENCAO EXISTENTE. |
| TRANSFORMAR ENERGIA ELETRICA EM ENERGIA MECANICA | TRAVAMENTO DO ROTOR | INDISPONIBILIDADE DO MOTOR | ROLAMENTOS GASTOS/DANIFICADOS | PROCEDER COM MANUTENCAO SENSITIVA PARA GARANTIR RUÍDO E PROCEDER COM UM PLANO DE LUBRIFICACAO |
| | QUEIMA DO MOTOR | | CURTO CIRCUITO | GARANTIR RESISTENCIA DE ISOLACAO DO MOTOR PERIODICAMENTE |

(continuação)

| FUNÇÃO | MODO (TIPO DE FALHA) | EFEITO | CAUSA | PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA |
|--|-------------------------|----------------------------|--|--|
| | QUEIMA DO MOTOR | | BAIXA ISOLACAO | GARANTIR FUNCIONAMENTO DA RESISTENCIA DE AQUECIMENTO, MEDIR ISOLACAO NO PERIODICAMENTE, DE ACORDO COMO DEFINIDO NO PLANO DE MANUTENCAO. |
| | | | NAO ATUACAO DA PROTECAO (RELE) | GARANTIR PARAMETRIZACAO DO RELE DE ACORDO COM O MOTOR ESPECIFICADO. |
| TRANSFORMAR ENERGIA ELETRICA EM ENERGIA MECANICA | QUEIMA DO MOTOR | INDISPONIBILIDADE DO MOTOR | DESEQUILIBRIO DE TENSAO | GARANTIR DESBALANCIAMENTO DE CARGAS CONECTADAS A FONTE DE ALIMENTACAO DO MOTOR, CONEXOES INADEQUADAS JUNTO AOS TERMINAIS DE SAIDA DO MOTOR OU ALTAS RESISTENCIAS PROVOCADAS POR MAL CONTATO. |
| | TRAVAMENTO DO ROLAMENTO | | FALTA DE LUBRIFICACAO | CRIAR PLANO DE LUBRIFICACAO E PROCEDER CONFORME ROTA DE LUBRIFICACAO. |
| | FALTA DE FASE | | FALTA DE FASE NA LINHA DE ALIMENTACAO. | GARANTIR SE AS CONEXOES ESTAO BEM APERTADAS NA CAIXA DE LIGACAO E PROCEDER MANUTENCAO NO SEU SISTEMA DE ALIMENTACAO (CCM) |

Fonte: Autoria Própria, 2015.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as ideias transcritas nos objetivos geral e específico, proposto na parte inicial deste trabalho, foram elaboradas e desenvolvidas, de acordo com os pensamentos dos autores citados, juntamente com as experiências adquiridas por trabalhos anteriores realizados através da ferramenta de análise de falhas FMEA. As maiores dificuldades na implantação de um sistema de controle, para a obtenção de dados estatísticos no setor de manutenção em maior parte a compreensão dos mantenedores em entender e compreender as razões da organização, padrão e sistemática estabelecida pelo sistema de análise de prevenção de falhas, pois os mantenedores apresentam uma filosofia de manutenção corretiva instaurada por anos em suas cabeças, dificultando do a inserção desta nova ideia de manutenção em locais que se necessita aplicar um planejamento de manutenção.

No entanto, recomenda-se primeiramente a capacitação de toda a equipe de trabalho, com treinamentos contínuo, para que seja viabilizados todas as idéias, sugeridas, no próximo passo que é a implantação do que foi proposto. O investimento inicial, consiste na compra ferramentas especializadas, segmento de mecânica, elétrica e contratação de mais mantenedores qualificados e treinados para atender com a máxima eficiência o plano de manutenção preventiva, proposto neste trabalho, no aumento da capacidade do estoque, na instalação de rede de conexão à internet, para otimização dos serviços de emissão e pedidos compras de peças do estoque, na compra de computadores e softwares de manutenção, para uma otimização da gestão e do controle, a necessidade de um encarregado ou supervisor de manutenção responsável por todas as ações operacionais do planejamento.

Com a implantação deste planejamento, a embarcação obterá resultados de aspecto positivo no médio e longo prazo, pois estas idéias impactarão diretamente nos custos de manutenção, já que essas ações de organização, planejamento e controle da manutenção, diminuirá as despesas e aumentará a disponibilidade da frota, tornando-a mais competitiva, além de transmitir aos clientes, credibilidade, confiabilidade e segurança ao serviço prestado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva : Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá: 2000. 5 p. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – NBR 5462. **“Confiabilidade e Manutenibilidade”**, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO – ABRAMAN. Documento Nacional 2009. **A Situação da Manutenção no Brasil**. Disponível em:<<http://www.abraman.com.br>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

AVANTE II. **70 D732 - Diagrama Óleo Combustível**. Belém 2012.

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na Redução de Falhas: um estudo de caso**. 2011. 102 fls. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

BARROS FILHO, Adail. **Utilização de Ferramentas de Confiabilidade em um Ambiente de Manufatura de Classe Mundial**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008

BRANCO Filhom, Gil. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2004.

FOGLIATTO, F. S; RIBEIRO, J. L. D. *Confiabilidade e Manutenção Industria*. São Paulo: Campus - Elsevier, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio; BARONI, Tarcísio. *Técnicas preditivas*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo : Aladon, 2000, 426 p.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implementação em um sistema de manutenção consolidada**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

NASA. **Nasa Reliability-Centered Maintenance Guide**. National Aeronautics and Space Administration. USA, 2000.

MURILLO, Fabio Partel. **Aplicação de Estudo de Confiabilidade de Operação de Produção de Petroleo com Embarcação posicionada Dinamicamente**. São Paulo, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Naval e Oceanica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

PINHEIRO, Jhonas Barbosa. **Proposta de organização da oficina de manutenção com a Elaboração do plano de manutenção preventiva a uma frota de Veículos**

rodoviários de Barcarena. 2015. 106fls. Monografia (Trabalho para obtenção de grau em Engenharia mecânica) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2015.

RIBEIRO, Rafael Guilherme Almeida. **Análise de falha como método de redução das paradas não programadas de uma mineradora de bauxita.** 2012. 59fls. Monografia (Trabalho para obtenção de grau em Engenharia mecânica) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2012.

SAKURADA, Eduardo Yuji. **As técnicas de Analise dos Modos de Falhas e Seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no Desenvolvimento na Avaliação de Produtos.** Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.**1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408p.

TAKAYAMA, M. A. S. **ANÁLISE DE FALHAS APLICADA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO.** Juiz de Fora, 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.

VIANA, H. R. G.; **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção:** Ed. Qualitymark: Rio de Janeiro, 2002.

WESEL, Lisa. **Maintenance in Moderation is the Most Efficient Method.** Disponível em:<https://www.tradelineinc.com/reports/2008-1/maintenance-moderation-most-efficient-method>. Acessado em 10/10/2015