



**CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DA
MANUTENÇÃO**

ARLEY FARIAS DA SILVA

**FERRAMENTAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO APLICADAS EM
EQUIPAMENTOS DE NAVIOS**

Salvador

2019

ARLEY FARIAS DA SILVA

**FERRAMENTAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO APLICADAS EM EQUIPAMENTOS
DE NAVIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão da Manutenção do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito final para obtenção do título de especialista.
Orientadora: Prof^a. MSc. Marinilda Lima

Salvador

2019

FERRAMENTAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO APLICADAS EM EQUIPAMENTOS DE NAVIOS

Arley Farias da Silva¹
Marinilda Lima Souza²

RESUMO

Este artigo apresenta uma proposta para implantação de ferramentas de gestão da manutenção em navios, através da elaboração de um plano piloto que busca uma nova estratégia de manutenção no sistema de propulsão de passo controlado de um navio. Para além, o artigo demonstra o estudo de caso, com a elaboração do plano de manutenção piloto do sistema de propulsão de passo controlado dos navios, devido este ser um dos sistemas mais críticos e severos de todos que compõem a embarcação. A concepção do artigo foi fundamentada em pesquisa de autores renomados em manutenção e pela experiência do pessoal envolvido com o sistema de propulsão, que utilizando o método (MCC) Manutenção Centrada em Confiabilidade, por meio do FMEA (Análise de Modo de Falha e Efeitos), adotaram a Manutenção Autônoma como estratégia de manutenção para o sistema. Com o foco na manutenção autônoma criou-se procedimentos de manutenção para treinamento e aplicação no sistema, com o intuito de reduzir as falhas potenciais nos dispositivos do sistema de propulsão. Os resultados demonstram que a proposta do estudo em si, proporcionou a todos um maior conhecimento das ferramentas de gestão da manutenção, além do engajamento e motivação com a nova metodologia de gestão dos equipamentos dos navios, que busca adequar-se à realidade política e econômica atual.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade, Sistema de Propulsão, Análise de Modo de Falha e Efeitos, Manutenção Autônoma.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Martins (2019) a Gestão da manutenção é um processo de melhoria contínua que supervisiona e controla o funcionamento de máquinas envolvidas na operação, evitando possíveis falhas e assim paradas no seu funcionamento, além de

¹ Pós Graduando em MBA Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail: arley.farias73@gmail.com.

² Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Possui MBA em Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail:marinilda.lima@fieb.org.br.

evitar o desperdício de dinheiro em processos de manutenção ineficiente e desnecessário.

A gestão na área naval vem passando por um momento de crescimento político e tecnológico muito interessante nas últimas décadas e conseqüentemente, econômicas também, mas, de acordo com Jesus e Silva (2017) com a atual crise iniciada em 2015 que afetou o país, alguns investimentos estão sendo perdidos ao longo do tempo, afetando o setor em questão, e é neste momento que se abre oportunidades para se propor novos caminhos no planejamento e controle da manutenção.

Não diferente, o complexo naval vem passando por uma fase em que os recursos financeiros e materiais estão contingenciados, tornando a atual forma de gerir a manutenção dos navios ineficiente no tocante a mão de obra especializada, tempo de intervenções e dos recursos citados. Estas condições colocam os navios indisponíveis por muito tempo, daí a importância de se buscar metodologias que possam adequar o gerenciamento da manutenção a novos padrões, isto coloca a manutenção em um patamar mais atual e com a abordagem aos novos modelos de gestão como um todo.

Com base nesta premissa, este artigo busca propor soluções para melhorar a disponibilidade e confiabilidade em navios de passo controlado do complexo naval. Partindo da complexidade de se elaborar um plano de manutenção que abranja toda a embarcação em um só replanejamento. Para além, o artigo demonstra o estudo de caso, com a elaboração do plano de manutenção piloto do sistema de propulsão de passo controlado dos navios, devido este ser um dos sistemas mais críticos e severos de todos que compõem a embarcação.

2 DESENVOLVIMENTO

Antes de desenvolver as ideias e premissas neste artigo, é essencial o conhecimento e uso de algumas definições importantes sobre as teorias que norteiam o trabalho. Partindo da ideia principal do estudo que é a confiabilidade de um sistema, bem como, ferramentas como FMEA – Fail Mode Effects and Analysis e Manutenção Autônoma. De acordo com Piazza (2000), confiabilidade é a probabilidade de que, quando em operação sob condições ambientais estabelecidas, o sistema apresentará um desempenho desejado (sem falhas) para um intervalo de tempo preestabelecido. Já para Cyrino (2018), confiabilidade é um conceito amplo é a capacidade de um sistema, instalação, equipamento, máquina, dispositivo, produto ou serviço desempenhar suas

funções satisfatoriamente. Em um dado intervalo de tempo, sob condições preestabelecidas.

2.1 FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)

Conforme afirma Kardec (2009), a FMEA é uma abordagem que ajuda a identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas ou processos. “O FMEA é um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e fornece as recomendações para ações preventivas. Já Cyrino (2018) define FMEA como sendo um método que tem por objetivo, prevenir falhas e analisar os riscos de um processo, através da identificação de causas e efeitos e com isto elencar as ações adequadas que serão utilizadas para inibir essas falhas.

Para Silveira (2018) a análise FMEA tem como objetivo identificar potenciais modos de falha de um produto ou processo de forma a avaliar o risco associado a estes modos de falhas, para que sejam classificados em termos de importância e então receber ações corretivas com o intuito de diminuir a incidência de falhas.

Segundo Silveira (2018), o FMEA funciona da seguinte forma: um grupo identifica as funções do produto e processo, as possíveis falhas, as causas e os efeitos derivados desta. Em seguida, é analisado o Nível de Prioridade de Risco (RPN) que cada falha pode fornecer e então são avaliadas quais medidas de melhoria e ações preventivas ou corretivas podem ser aplicadas de forma a diminuir os riscos analisados. Uma planilha ou documento para a análise FMEA de processo inclui os seguintes campos.

Conforme Lafraia (2008), após a elaboração da FMEA é possível estabelecer um plano de manutenção efetivo em função do efeito da falha e da efetividade deste plano e estabelecer tarefas que sejam aplicáveis e custo-eficiente em: detectar; monitorar; restaurar; substituir; inspecionar e mudar o projeto.

2.2 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: PILAR DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Conforme Cyrino (2018), a manutenção autônoma é uma abordagem estruturada para aumentar os níveis de habilidade do pessoal para que eles possam entender, gerenciar e melhorar seus equipamentos, máquinas e processos. A manutenção Autônoma é um dos oito Pilares da Manutenção Produtiva Total (TPM) que para Gomes

(2018) tem por objetivo aumentar a eficiência e alcançar a total potencialidade dos equipamentos por meio de um conjunto de atividades de gerenciamento dos equipamentos.

A manutenção autônoma consiste em capacitar a mão-de-obra operária para o emprego de simples técnicas de manutenção, criando um cuidado pelas máquinas e para que possam detectar eventuais problemas futuros, que vão desde limpeza e lubrificação, inspeções, ajustes, regulagens de máquinas mais específicas e até pequenos reparos. Para Ferreira (2019), para evidenciar este processo, uma ferramenta muito importante é a colocação de etiquetas para poder evidenciar a quantidade de problemas nos equipamentos. Para cada anomalia encontrada no processo de limpeza o operador deve colocar uma etiqueta mostrando quando foi encontrada, quem a encontrou, e a identificação do problema. Ainda de acordo com Ferreira (2019) outra ferramenta muito importante e que deve ser utilizada com muita frequência é a Lição de Um Ponto (LUP) ou Lição Ponto a Ponto (LPP). A Figura 1 e a Figura 2 ilustram as etiquetas e o formulário padrão do LPP, respectivamente.

Figura 1: Etiquetas

The image shows two TPM anomaly tags. The left tag is red and labeled 'MANUTENÇÃO'. It has a red border and contains the following fields: 'ETIQUETA DE ANOMALIAS' with a 'Nº' field, 'ETAPAS 1 2 3 4 5 6 7' and 'PRIORIDADE A B C', 'ANOMALIA DETECTADA', 'ENCONTRADA POR: _____', 'DATA ____/____/____', 'DESCRIÇÃO DA ANOMALIA: _____', and 'TEMPO ESTIMADO P/ REPARO _____ HORAS'. At the bottom, it says 'ORIGINAL PARA CONTROLE' and 'CÓPIA - COLOCAR NO EQUIPAMENTO'. The right tag is blue and labeled 'OPERAÇÃO'. It has a blue border and contains the same fields as the red tag, but with 'OPERAÇÃO' instead of 'MANUTENÇÃO'.

Fonte: Ferreira (2019)

Figura 2: Formulário padrão

The image shows a standard LPP form. The header includes 'TPM Manutenção Preventiva Total' and 'LPP LIÇÃO PONTO A PONTO'. There are fields for 'Nº' and 'DATA'. Below the header is a 'Tema:' field. The 'Classificação:' section has a grid of checkboxes for: Conhecimento Básico, Problemas, Melhorias, Segurança, Meio Ambiente, Manutenção, Operação, Administração, and Outros. The main body of the form is a large grid for notes. At the bottom, there are fields for 'Data Revisão: _____', 'Instrutor: _____', and 'Participantes: _____'.

Fonte: Ferreira (2019)

3. ESTUDO DE CASO

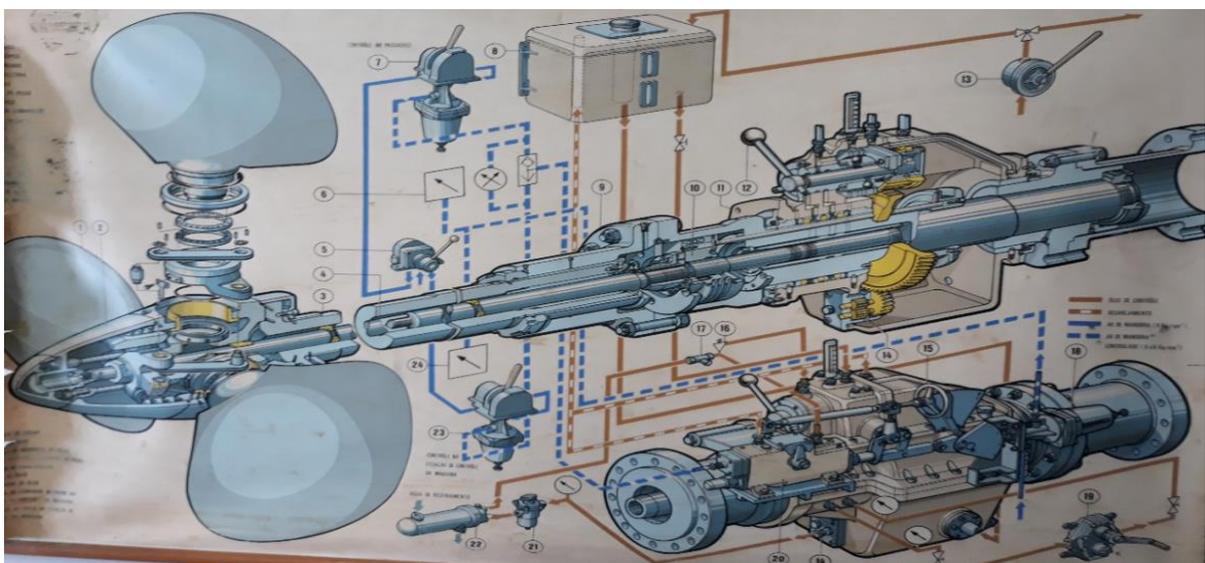
O estudo foi concebido para um navio que compõe a frota de 6 embarcações de médio porte que utiliza sistema de Hélice de passo controlado no período de novembro de 2018 até junho de 2019. A embarcação faz parte de um complexo estaleiro de grande porte situado em Simões Filho, região metropolitana de Salvador-Bahia.

A proposta desenvolvida neste estudo de caso, sobre o sistema de propulsão de passo controlado de um navio, é um estudo que serve como plano piloto para outros sistemas que compõem o navio. Para tal, é importante entender o sistema em questão, e qual a estratégia de manutenção foi adotada até então. E para assegurar a possibilidade de comparar o antes e o depois da proposta mencionada é importante se ter conhecimento do atual controle da manutenção dos equipamentos do navio, e em particular, o sistema de propulsão de passo controlado.

3.1 SISTEMA DE PROPULSÃO DE PASSO CONTROLADO EM NAVIO

O sistema de passo controlado tem como sua função básica, controlar a propulsão transmitida pelas hélices através do torque dos motores para embarcação (navio), e este conforme Kawasaki (2019) é composto basicamente pela hélice, eixo e sistema hidráulico de controle de passo (HPC). O sistema está representado pela Figura 3 a seguir:

Figura 3: Sistema de propulsão de passo controlado

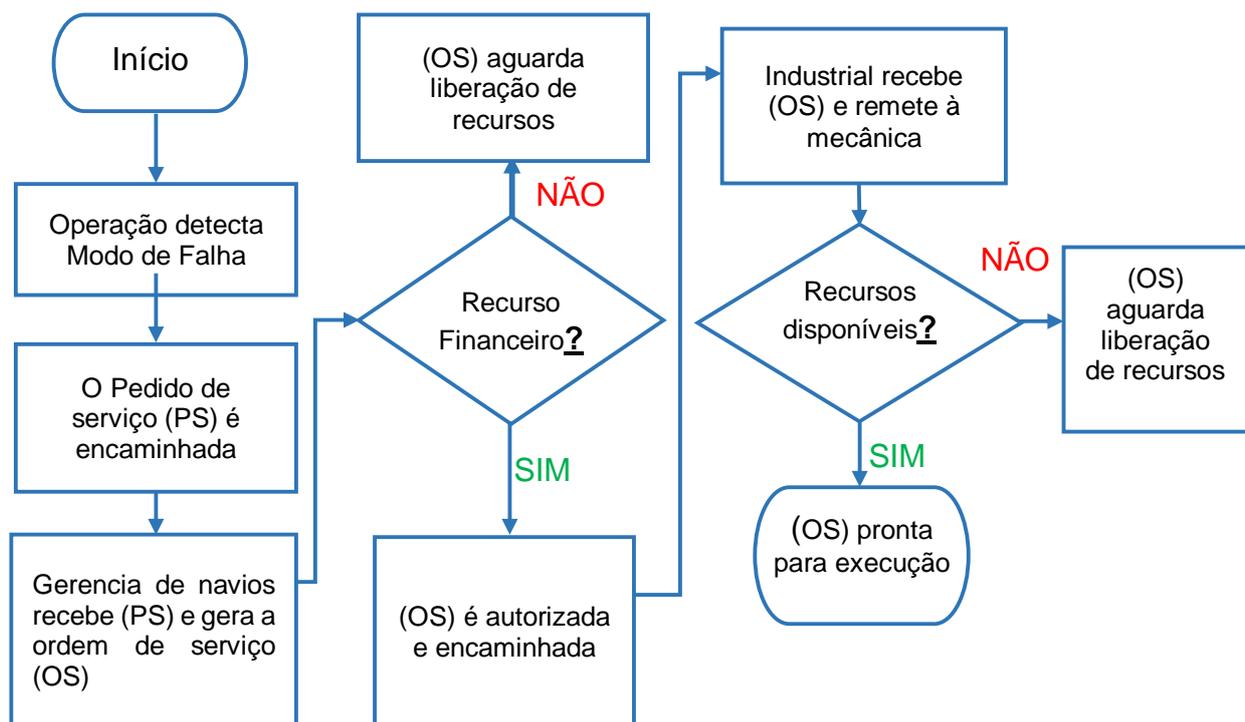


Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Atualmente a manutenção dos navios segue padrões que não estão atualizados, já que está focado na manutenção corretiva não planejada e com planejamento das preventivas programado ainda do período inicial da sua implantação, que foi no fim da segunda guerra, ou seja, final da 2ª revolução industrial, onde o planejamento das intervenções preventivas foi concebido no seu projeto.

Desde a incorporação dos navios como ativos do complexo, poucas mudanças foram feitas, e acabaram não sendo mensurados por falta de um controle eficaz da manutenção. Também devido a política interna do complexo, que tem como plano estratégico a rotatividade de 80% dos seus colaboradores, o que torna, ainda mais complexa, qualquer mudança no que se refere a gestão da manutenção dos seus ativos. O pouco controle que existe é feito individualmente por cada setor, através de planilhas de Excel elaboradas pelos próprios servidores. As Ordens de Serviços (OS) geradas para o sistema de passo controlado seguem o Fluxo 1 a seguir:

Fluxograma 1 - Fluxo das Ordens de Serviço



Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Como pode ser observado no Fluxograma acima, o pessoal da operação detecta o modo de falha ou a falha, remete o Pedido de Serviço (PS) de manutenção para o setor de gerencia de navios, que por sua vez, gera as OS (Ordem de Serviço) e às autoriza,

conforme disponibilidade de recursos financeiros. Após liberação dos recursos, a pendência passa a ser da industrial, devida à grande demanda por Mão de obra especializada (HH); disponibilidade de espaço físico (dique seco); e Material (sobressalentes). Quando há disponibilidade destes recursos, as OS são encaminhadas para o setor executante, que é a oficina mecânica.

Todas as etapas não geram planejamento pós-intervenção e nem mesmo geram nenhum documento para posterior análise de falhas. Também não são adotados indicadores de desempenho e nem mesmo relatórios de desmontagem e montagem.

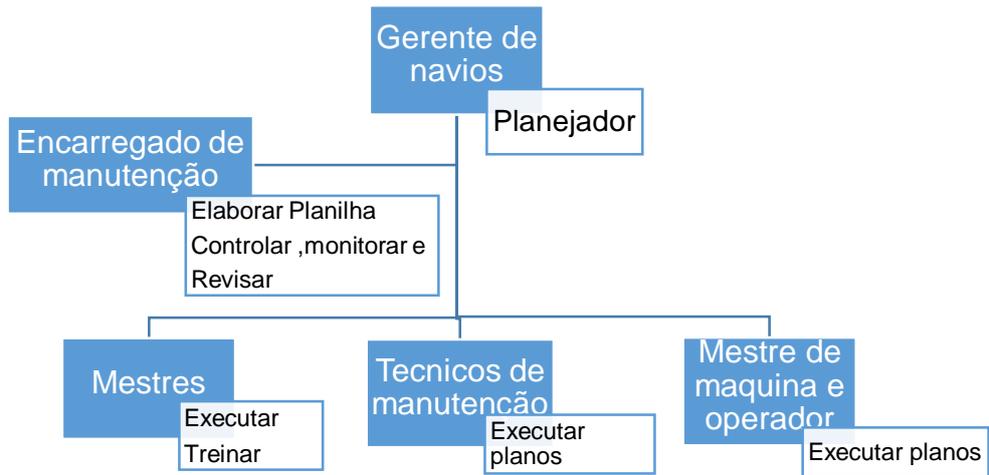
Vale ressaltar que, atualmente não existe nenhum procedimento de montagem e desmontem para o sistema de propulsão. Os serviços são realizados através da *expertise* do mestre e contramestre da equipe de manutenção, e após a execução do reparo, não há qualquer tipo registro ou documentos (planilha Excel ou software) de gestão, com a finalidade de serem alimentados com dados históricos das intervenções de manutenção, e também nenhuma orientação neste sentido.

A equipe de manutenção que atua no sistema de propulsão antes era composta de 8 (oito) mecânicos especializados no sistema, hoje é composta por 2 (dois) mecânicos especializados e 5 mecânicos sem treinamento específico para estes sistemas, o que acarreta em aumento significativo de tempos de reparos.

3.1.1 A Proposta de Melhoria – A Implantação do Plano de Manutenção

A proposta de implantação do plano de manutenção para o sistema de propulsão como nova estratégia de Manutenção do navio segue o padrão de um replanejamento, propondo um plano de manutenção piloto. A proposta do plano é gerenciada pelo planejador que é o supervisor da gerencia de navios, também é o responsável pelo projeto. A equipe responsável que está envolvida diretamente com o projeto é multidisciplinar e composta pelo encarregado do setor de manutenção, dois mestres de manutenção, dois técnicos de manutenção, o mestre de máquinas do navio e o operador do sistema. Esta mesma sequência servirá para a execução das funções e atividades no projeto conforme Organograma 1 descrito a seguir:

Organograma 1: Hierarquia e função da equipe de Manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A partir da definição do planejador, da equipe de trabalho e também da função de cada membro dentro do projeto, foi escolhida as ferramentas de gestão de manutenção e indicadores que deram suporte para as tomadas de decisões no gerenciamento da manutenção do sistema. Em seguida, foram identificados os equipamentos do sistema (HPC), e foi elaborada a codificação, sistema de tagueamento, conforme a localização no sistema e compartimento do navio, conforme Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Codificação dos dispositivos -Tagueamento

TAG	Descrição do equipamento	
HEL-CUP-002	Hélice	
HPC-PAS-007	Válvula pneumático controladora de passo do passadiço	
HPC-B02-014	Bomba de óleo do sistema hidráulico	
HPC-B02-015	Sistema de regulagem mecânica do passo zero	
HPC-B02-018	Válvula pneumática indicadora de ar de manobra	
HPC-B02-020	Válvula de comando hidráulico do passo	
HPC-B02-021	Válvula reguladora de pressão de óleo	
HPC-B02-022	Sistema de resfriamento de óleo (Trocador de calor)	
HPC-ECM-023	Válvula pneumático controladora de passo da ECM	
B02 = Bravo 02	ECM=Estação de Controle de Maquinas	
PAS = Passadiço	HEL= Hélice	CUP = Cúpula

Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Com auxílio da equipe de manutenção e do pessoal da operação, Mestre de máquina e operador, foi possível elencar e estabelecer os modos de falhas mais recorrentes, por meio do auxílio das Ordens de Serviço já executadas. Vale lembrar que, foi de fundamental importância a participação de cada membro da equipe, que a partir da experiência com o sistema de propulsão, contribuíram para identificar os principais modos de falha. Assim, os modos de falhas elencados foram: vibração excessiva do eixo propulsor; aquecimento excessivo do óleo; pressão do óleo desregulada; Vazamento de ar de comando; Vazamento de óleo; Disparo do passo do hélice e passo desregulado.

3.1.2 A Elaboração da FMEA

Com base nestes dados, a equipe usou o FMEA para criar o plano de manutenção, e posteriormente os indicadores de MTBF, MTTR e Disponibilidade, para ser utilizado como base e referência para análise futura da gestão da manutenção do sistema.

De posse da planilha FMEA, que possui uma série de campos para ser alimentada com informações dos equipamentos do sistema analisado, a equipe pode debruçar-se sobre a planilha e alimentá-la a partir de questionamento mandatório como:

- Quais são as funções dos equipamentos que devem ser preservadas?
- Quais são as falhas funcionais que estão propícias a acontecer?
- Quais são os modos de falha?
- Quais são os efeitos de falha?
- Quais são as possíveis causas de falha?
- Quais são as consequências severas dessas falhas?
- Quais são as chances dessas falhas ocorrerem?
- Quais são as chances de detectar as falhas em estágio inicial?
- Quais são as ações de manutenção que devem ser aplicadas?

Com o auxílio das tabelas para fatores de risco de modos de falha foram possíveis quantificar por notas: Severidade; Ocorrência e Detecção. Conforme quadros 1 a 4.

Quadro 1 - Severidade

Classificação	Critério
1	Efeito não detectável no sistema, reparo abaixo de R\$ 2.000,00
3	Baixa risco ao sistema, homem e meio ambiente, reparo abaixo de R\$ 5.000,00
5	Risco moderada ao sistema, homem e meio ambiente , reparo abaixo de R\$ 20.000,00
7	Alta risco ao sistema, homem e meio ambiente, reparo acima de R\$ 20.000,00

Fonte: Silveira (2018)

Quadro 2 - Ocorrência

Classificação	Critério
1	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5 anos
3	Pouco Frequente: 1 vez a cada 2 anos
5	Frequência ocasional: 1 vez por semestre
7	Frequente: 1 ou mais vezes por semana

Fonte: Silveira (2018)

Quadro 3 - Detecção

Classificação	Critério
1	Detecção quase certa por meio visual, auditivo ou outro senso humano
3	Alta probabilidade de detecção através de rotina de inspeção especializada registrada
5	Moderada probabilidade de detecção por instrumentos e medição
7	Probabilidade muito baixa de detecção do modo de falha

Fonte: Silveira (2018)

Quadro 4 - Numero Prioridade de Risco

NPR		
0 -20	Baixo	A
21 -150	Médio	B
151 -343	Alto	C

Fonte: Silveira (2018)

A partir da análise de cada modo de falha, foi possível focar nos dispositivos de maior risco (NPR), baseados nos critérios de maior criticidade/severidade; de maior ocorrência e maior detecção para o sistema, para criar um plano de manutenção baseado na MCC. Segue em apêndice o resultado da planilha FMEA preenchida e com a definição de risco para cada modo de falha.

Conforme o exposto no FMEA, que através de suas recomendações para ação de manutenção em cada modo de falha, foi possível criar procedimentos de manutenção preventiva planejada, manutenções preditivas, procedimentos de lubrificação e de inspeção direcionados para a manutenção autônoma. Assim, a partir da elaboração da FMEA foram propostos os seguintes procedimentos: Plano de Manutenção do sistema de propulsão de passo controlado, Procedimento Operacional Padrão para Regulagem do passo zero, Procedimento Operacional Padrão para Lubrificação por graxa, Ficha de Controle de Manutenção, Ficha de Histórico de Manutenção. Vale ressaltar que, os procedimentos estão detalhados no **APÊNDICE A**.

3.1.3 A Criação de Procedimentos

Os procedimentos além de padronizarem a forma como são realizadas as intervenções de manutenção dos equipamentos, servem de base para o treinamento e orientação do chefe de máquinas do navio e para o operador do sistema de propulsão de passo controlado, com o propósito de informar os detalhes e particularidades de manutenibilidade do sistema.

Com a realização do FMEA foi possível elaborar planilhas de controle; planilhas de relatórios de intervenções de manutenção e fichas para dados históricos.

As planilhas serviram de base para análise futuras dos indicadores de manutenção e para tomadas de decisões baseadas nos novos valores do MTBF, MTTR e Disponibilidade.

3.1.4 A Criação das Etiquetas

Além dos procedimentos e planilhas, também foram criadas etiquetas para a operação usa-las quando detectar anomalias, e identifica-las de acordo com a data, nome do operador e tipo de anomalia detectada. As etiquetas são duplicadas, sendo uma colocada no equipamento e a outra arquivada. As etiquetas são padronizadas nas cores azul e vermelhas. As etiquetas vermelhas são de anomalias que só a manutenção tem condições de resolver, pois necessitam de uma capacidade maior de quem vai fazer qualquer tipo de manutenção, já as azuis são para quando os próprios operadores podem resolver. As etiquetas são colocadas no equipamento que possui a anomalia, que vão de sujeiras, desconformidades e até pequenos e grandes reparos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi concebido com o propósito de analisar a utilização da Gestão da Manutenção na elaboração de um plano de manutenção, em que, o foco não é a conservação do equipamento, e sim, sua função primordial dentro do contexto a que ele foi destinado. Por isso, a metodologia serviu como alicerce na concepção da proposta para uma nova abordagem em relação a estratégia de manutenção do sistema de propulsão do navio. Pois este deve manter assegurado o maior tempo possível a sua função primordial, que é navegar.

As técnicas e ferramentas estratégicas da manutenção utilizadas, como o FMEA, Planos de manutenções e Manutenção Autônoma serviram como base para a elaboração do plano de manutenção do sistema de passo controlável.

O plano de manutenção elaborado a partir das ações recomendados no FMEA, possibilitou que a equipe envolvida com o sistema de passo controlado, adotasse como estratégia, a manutenção autônoma, pois esta contribuiu com o desenvolvimento e capacitação do pessoal de operação e da equipe da Manutenção, isto, por meio da concepção dos procedimentos de inspeção, de limpeza, de lubrificação, de preventivas planejadas e de preditivas, que visam mitigar as possíveis falhas no sistema de propulsão.

A proposta do plano piloto para a gestão da manutenção do navio como um todo, deverá ser revisada periodicamente, com a finalidade de melhorar alguns pontos que por limitações deixaram de ser analisados, tais como, os indicadores de manutenção, que, devido à falta de históricos específicos aos dispositivos do sistema, não foi possível e confiável gerar os índices atuais, e estes, terão que serem lançados após a implantação do projeto, os quais vão servir para as análises futuras.

O estudo demonstra um grande potencial, pois, em sua concepção já foi possível elevar a motivação da equipe da Manutenção com a proposta, também se percebeu que o projeto piloto deu início a uma nova evolução referente a gestão da manutenção para os navios em busca da maior confiabilidade e disponibilidade. Entretanto, por ser um plano piloto, o mesmo ainda oferece oportunidade de melhorias em trabalhos futuros.

5 REFERÊNCIAS

CYRINO, Luís, **Confiabilidade**. Manutenção em Foco, 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/confiabilidade/>>. Acesso em: 04 de abr. de 2019.

FERREIRA, Marcelo de Santis, **Lição Ponto a Ponto (LPP) e Etiquetas: Manutenção Autônoma**. Sitisystems, 2019. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/licao-ponto-ponto-lpp-etiquetas-manutencao-autonoma/>> Acesso em: 30 de mar. de 2019.

GOMES, Leonardo, **G Manutenção Autônoma: o que é e como funciona?**. Qual a sua relação com a TPM? Voitto, 2018. Disponível em <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/manutencao-autonoma>>. Acesso em: 01 de abr. de 2019.

JESUS, Claudiana Guedes de; SILVA, Robson Dias da. **Trabalhadores a ver navios: reflexões sobre o mercado de trabalho na indústria naval na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Cad. Metrop., São Paulo, v.19, n. 38, p. 225-248, Abril. 2017. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962017000100225&lng=en&nrm=iso>. aceso em: 30 Ago. 2019.

KAWASAKI, **Hélice de passo Controlável**. 2019. Disponível em: <<https://global.kawasaki.com/br/mobility/marine/machinery/propeller.html>>. Acesso em: 23 de Ago. de 2019.

KARDEC, Alan, **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenabilidade e Disponibilidade**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

MARTINS, Márlon, **Gestão da manutenção: o que isso significa?**. Voitto, 2019. Disponível em <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/gestao-da-manutencao>>. Acesso em: 23 de abr. de 2019.

PIAZZA, Gilberto, **Introdução a Engenharia da Confiabilidade**. Caxias do Sul: Educ. Ed. 2000.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci, **FMEA – Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos**. Sitisystems, 2018. Disponível em: < <https://www.citisystems.com.br/fmea-processo-analise-modos-falhas-efeitos/>> Acesso em: 30 de mar. de 2019.

APÊNDICE A

Planilha – Elaboração da FMEA

FMEA do Sistema de Propulsão de Passo Controlado											
FMEA Análise do modos de falhas e efeitos	DATA: 20/04/2019	20/04/2019									
	REVISÃO	Revisão 0									
	COORDENADOR	Arley Farias da Silva									
	EQUIPE	Multidisciplinar									
Ponto de Falha		Análise de Falha			Avaliação de Risco				Intervenção Manutentiva		
NOME DO COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	(A) MODO DE FALHA (como a falha é observada)	(B) EFEITO consequência dessa Falha para o sistema	(C) CAUSA (o que levou a falha do componente)	(B) CRITICIDADE (Severidade)	(C) FREQUÊNCIA (ocorrência)	(A) Detecção	NPR	TIPO DE AÇÃO (Recomendada para evitar a falha)		AÇÃO (DESCRIÇÃO DA TAREFA A SER EXECUTADA)
									Prevenção / Detecção	Tipo de Ação / Período	
Válvula pneumática controladora de passo. passadiço e ECM HPC-PAS-007 HPC-ECM-023	Controlar a pressão de ar para pilotar a válvula hidráulica controladora de passo	Vazamento de ar de comando	Perda de pressão de ar de controle	Porcas das conexões de ar folgadas	1	3	3	9	Detecção	Reaperto / anual	Reaperta as porcas das conexões de ar até sanar o vazamento
				Ressecamento do diafragma da válvula	1	1	3	3	Prevenção	Substituição (Troca) / 5 anos	Troca do diafragma da válvula
		controle incorreto da pressão de ar	Perda total de controle do passo	descalibragem da pressão de ar	3	1	5	15	Detecção	Calibração / Aferição / Ajuste a cada 2 anos	Ajustar o parafuso de regulagem até recalibrar a pressão de ar para o máximo de 6 kg . (testar)
Bomba de óleo do sistema hidráulico HPC-B02-014	Bombear óleo com pressão e vazão para comandar e lubrificar o HPC	Vazamento externo de óleo	Perda de Pressão	Parafusos folgados + junta danificada	3	1	5	15	Detecção	reaperto a cada 3 anos	reapertar o parafuso e trocar a junta se necessário
				Mangote furado	3	1	3	9	Detecção	inspeção a cada 5 anos	inspecionar e substituir o mangote, se necessário
		contaminação / perda de lubrificação	falha na montagem da junta	3	1	5	15	Detecção	Treinamento/ instrução	Treinamento/ instrução da equipe de manutenção para o sistema do HPC	
Sistema de regulagem mecânica do passo zero HPC-B02-015	Ajustar o passo da hélice em zero, para que o navio fique parado mesmo com a hélice girando	articulações travadas	perda de ajuste do passo zero	falta de lubrificação dos rolamentos e articulações	5	3	5	75	Prevenção	Lubrificação a cada 2 anos / procedimento	Lubrificar rolamento e pinos das articulações com graxa para rolamentos Molykote
				porcas folgadas ou fora de ajuste	3	5	5	75	Detecção	Reaperto/ ajuste/ procedimento	Reapertar as porcas ajustando o passo zero e aperta as contra porcas de trava
Válvula pneumática de ar de manobra HPC-B02-018	fornece indicação ao mostradores de passo através da pressão de ar	Vazamento de ar na válvula	falta de controle na navegação	Porcas das conexões de ar folgadas	1	3	3	9	Detecção	Reaperto	Reapertar as porcas das conexões de ar até sanar o vazamento
				articulação de pilotagem travada	Falta de lubrificação	1	3	3	9	Prevenção	Lubrificação a cada 2 anos / procedimento
Válvula direcional de comando hidráulico do passo HPC-B02-020	comanda o sentido de óleo para à agulha de comando do passo	Vazamento de óleo pelas conexões	Descontrole do passo	folga das porcas dos mangotes	1	3	3	9	Detecção	reaperta a cada 2 anos	Reapertar as porcas de conexões até sanar o vazamento
				mangotes furados	3	1	3	9	Detecção	inspeção a cada 5 anos	inspecionar e substituir o mangote se necessário
				contaminação	montagem incorreta	3	1	3	9	Detecção	instrução / procedimento
Válvula reguladora de pressão de óleo HPC-B02-021	regula a pressão de óleo em 6 kg para o sistema	Pressão de óleo desregulada para o sistema	Descontrole do passo	ajuste fora da especificação	3	1	5	15	Detecção	Calibração / Aferição / Ajuste a cada 2 anos	aferir/ajustar a válvula com manômetro para 6 kg
				elevação da temperatura do HPC	agulha de válvula travada	5	3	5	75	Detecção	limpeza a cada 3 anos
Sistema de resfriamento de óleo (Trocador de calor) HPC-B02-022	Resfriar o óleo do sistema	aquecimento excessiva do óleo	Danificar anéis de desgaste do HPC	conexões folgadas / juntas danificadas	5	1	5	25	Detecção	inspeção anual	reapertar porcas e substituir junta se necessário
				vazamento interno	5	1	5	25	Prevenção	inspeção instrumentada a cada 2 anos	Fazer teste hidrostático
				Parado total do sistema por alta temperatura	tubos internos do trocador entupidos	5	1	5	25	Detecção	limpeza a cada 3 anos
Hélice HEL-CUP-002	Transmitir propulsão ao navio	Vibração excessiva	Danificar buchas de desgaste	desbalanceamento do hélice	3	1	5	15	Prevenção	Balanceamento / Alinhamento	Balancear hélices em cada desmontagem
				eixo empenado	3	1	5	15	Detecção	Desempeno	verificar empeno / desempenar se necessário
				Danificar o selo mecânico	folga nas buchas de desgaste e apoio	5	1	5	25	Detecção	medir folgas da buchas

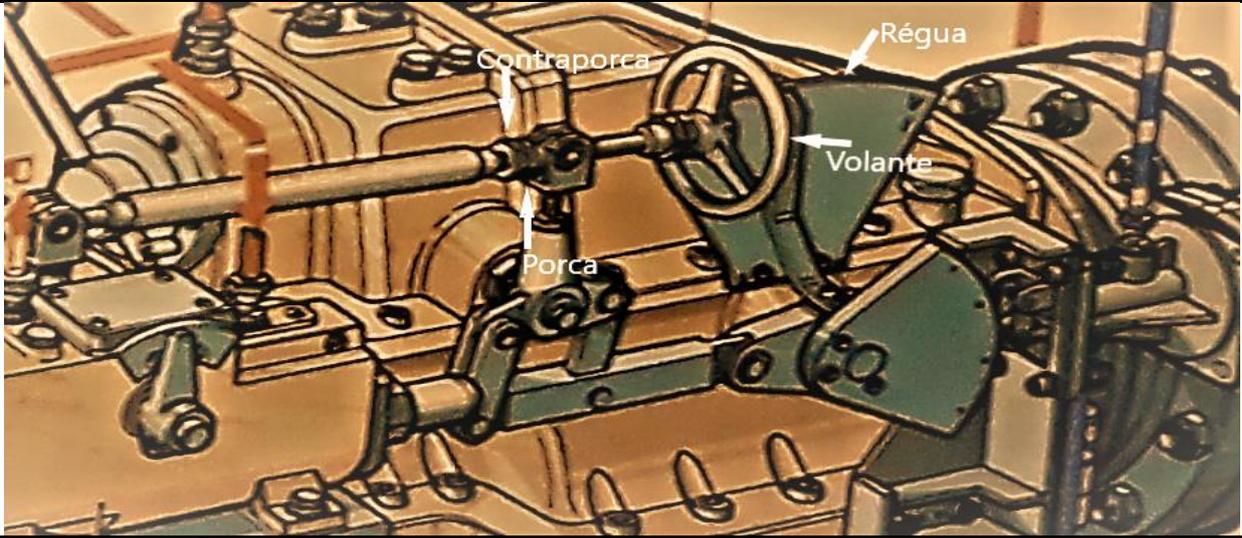
Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Planilha – Elaboração do Plano de Manutenção

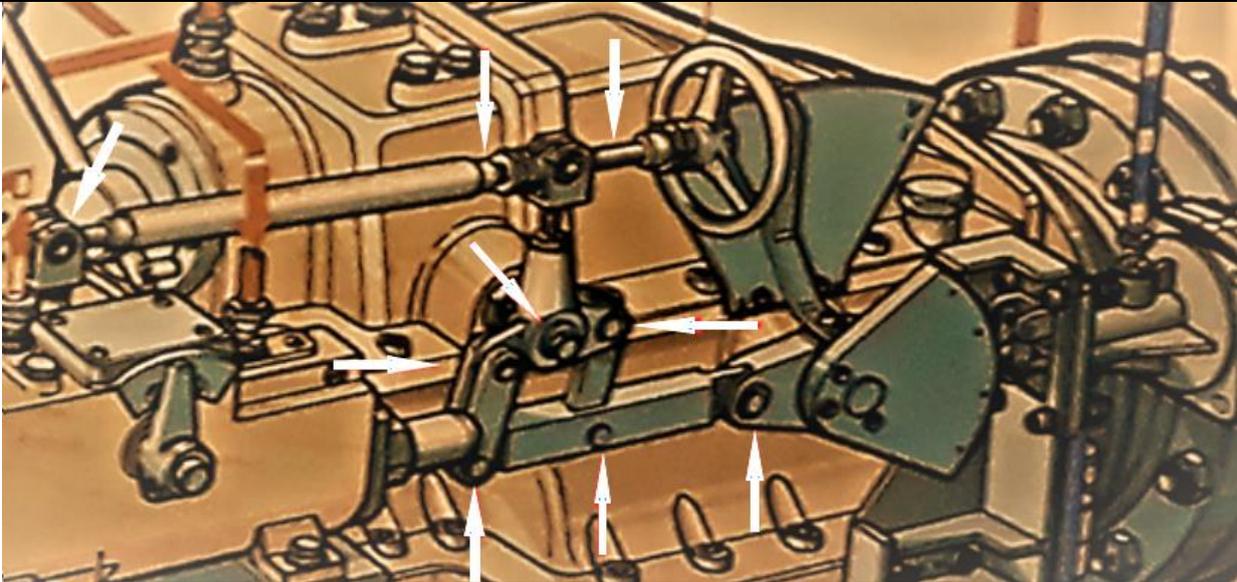
PM Plano de Manutenção	Plano de manutenção do sistema de propulsão de passo controlado		Ano	
	Lista de atividades de manutenção preventivas e de inspeção	Responsável		Prioridade
		Equipe da Manutenção 2019		
Equipamento	Ações a serem tomadas	Período	Setor	
Válvula pneumática controladora de passo. passadiço e ECM-HPC-PAS- 007 HPC-ECM-	> Verificar as conexões de ar da válvula quanto a vazamentos.	Inspeção anual	Operação	A
	> Desmontar e Inspeccionar o diafragma da válvula (trocar se necessário)	5 anos	Mecânica	A
	> Verificar calibragem da valvula (pressão de ar máxima de 6 kg. (testar e documentar)	2 anos	operação	B
Bomba de óleo do sistema hidráulico HPC-B02-014	> Inspeccionar parafusos, justas e conexões quanto ao estado, fixação e vazamentos.	3 anos	mecânica	B
	> verificar as conexões de mangotes da bomba	2 anos	Mecânica	B
	> instruir a equipe de manutenção quanto a forma específica de montagem da bomba	8 anos	Mecânica	A
Sistema de regulagem mecânica do passo zero HPC-B02-015	> inspeção rolamentos das articulações e pinos quanto ao estado de conservação / lubrificar	3 anos	Mecânica	B
	> Verificar fixações dos contrapinos das articulações, lubrificar	3 anos	Mecânica	B
	> verificar condições e ajuste das porcas e contraposcas de ajuste da passo zero	3 anos	Mecânica	B
Válvula pneumática indicadora de ar de manobra HPC-B02-018	> inspeção das conexões quanto a condições e vazamentos	2 anos	Mecânica	A
	> inspeção das articulações de pilotagem / lubrificar	2 anos	Mecânica	A
Válvula direcional de comando/ indicação hidráulico do passo HPC-B02-020	> Verificar as conexões de ar da válvula quanto a vazamento.	2 anos	Mecânica	A
	> inspeção dos mangotes quanto as condições, substituir se necessário.	3 anos	Mecânica	A
	> instrução de montagem para os novos membros da equipe.	8 anos	Mecânica	A
Válvula regulador de pressão de óleo HPC-B02-021	> verificar o ajuste de pressão da válvula / aferir se necessário	3 anos	instrumentação	A
	> Desmontar, inspeccionar e limpar agulha e sede da válvula	3 anos	Mecânica	B
Sistema de resfriamento de óleo (Trocador de calor) HPC-B02-022	> inspeccionar e fazer teste hidrostático	3 anos	Motores	A
	> inspeccionar conexões e substituir juntas se necessário	3 anos	Motores	A
	> fazer limpeza química do feixe tubular	3 anos	Motores	A
Hélice HEL-CUP-002	> Balancear hélice se necessário (subcontratar firma terceirizada)	3 anos	terceirizada	A
	verificar empeno do eixo, desempenar se necessário	3 anos	Tornearia	A
	Verificar folga da buchas, substituir se necessário	3 anos	Mecânica	

Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Procedimentos

Procedimento Operacional Padrão		
Equipamento	Sistema de regulagem mecânica do passo zero	
TAG	HPC – B02 - 015	
Local	HPC - Bravo 2 - Classe NV	
ATIVIDADE		
Regulagem do passo zero		
Ferramentas/Material	EPI	
02 - Chaves combinadas de 24mm 01 - Martelo de bola 500g 01 - Chave de fenda	Capacete Protetor Auricular Óculos de proteção Luvas de proteção	
		
OBSERVAÇÕES:		
<ul style="list-style-type: none"> • Procedimento deverá ser executado somente pela operação ou mecânica • O procedimento deve ser feito com o sistema funcionando e o navio atracado e com amarração dobrada. 		
<p>1º - Retirar os chapas do estrado localizados acima do HPC para ter acesso ao sistema</p> <p>2º - utilizar os EPIs para executar o procedimento</p>		
PASSO À PASSO		
<p>1º - Utilizar as chaves 24 mm para folgar as porcas e contraporcas indicadas na figura acima.</p> <p>2º - Afastar as porcas 1" do mancal de roscas.</p> <p>3º - Girar o volante (03) em 1/8" de volta por vez e verificar a tendência (deslocamento) do navio, até que o mesmo fique parado em relação ao cais.</p> <p>4º - após zerado o passo, apertar as porcas e contraporcas</p> <p>5º - Sincronizar/aferir os indicadores da ECM e Passadiço com a régua de indicação do HPC.</p>		

Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

Procedimento Operacional Padrão		
Equipamento	Sistema de regulagem mecânica do passo zero	
TAG	HPC – B02 - 015	
Local	HPC - Bravo 2 - Classe NV	
ATIVIDADE		
Lubrificação por graxa		
Ferramentas/Material	EPIs	
01 – Bomba manual de graxa 01 – Graxa molecote 01 – estopa/trapo de pano	Capacete Protetor Auricular Óculos de proteção Luvas de proteção	
		
OBS: <ul style="list-style-type: none"> • Procedimento deverá ser executado somente pela operação ou mecânica • O procedimento deve ser feito com o sistema parado 		
1º - Retirar os chapas do estrado localizados acima do HPC para ter acesso ao sistema 2º - utilizar os EPIs para executar o procedimento		
PASSO A PASSO		
1º - Utilizar graxa molykote antigripante, lubrificante Cu-7439 2º - bombear o molykote por três vezes em cada ponto indicado na figura 3º - Limpar o Excedente de graxa com trapo de pano 4º - lubrificar todo o eixo roscado com graxa Molykote utilizando um pincel.		

Fonte: Elaborado pelo autor(2019)

APÊNDICE B

Etiqueta Azul – utilizada para identificar problemas ou anomalias que o próprio operador possa resolver.

Etiquetas Vermelhas – utilizadas para identificar problemas ou anomalias que necessite de conhecimentos técnicos para a solução.

The image displays two templates for anomaly tags, one blue and one red. Both are shaped like a house with a circular hole at the top for hanging. The blue tag is titled 'ETIQUETA DE ANOMALIA' and 'OPERAÇÃO'. It features a field for 'n°', a section for 'Anomalia encontrada' with a date field 'Data: ___ / ___ / ___' and a field for 'Encontrado por: _____', a large rounded rectangular area for 'Descrição da anomalia', and a bottom section with two small boxes for 'CONTROLE' and 'EQUIPAMENTO' next to a blue hexagonal icon. The red tag is titled 'ETIQUETA DE ANOMALIA' and 'MANUTENÇÃO'. It has the same layout as the blue tag but with red text and a red hexagonal icon at the bottom right.

Fonte: Ferreira (2019)