

ESCOLA DE GUERRA NAVAL  
CURSO DE POLÍTICA E ESTRATÉGIA MARÍTIMAS

CMG ROBERTO HENRIQUE ASSAD DOS SANTOS

POLÍTICA DE MANUTENÇÃO DE MEIOS NAVAIS

Conceitos de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicados às Fragatas Classe Niterói

Rio de Janeiro

2017

## POLÍTICA DE MANUTENÇÃO DE MEIOS NAVAIS

Conceitos de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicados às Fragatas Classe Niterói

Tese apresentada à Escola de Guerra Naval,  
como requisito parcial para a conclusão do  
Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG (RM1) Marcos Luiz Portela

Rio de Janeiro

Escola de Guerra Naval

2017

## **AGRADECIMENTOS**

À minha companheira Andressa e aos meus filhos Daniel e Tiago, agradeço a compreensão, o amor e o carinho com que me incentivaram nessa jornada.

Ao Capitão de Mar e Guerra Marcos Luiz Portela, pela orientação, dedicação, paciência e amizade dispensadas ao longo da elaboração deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar os conceitos da manutenção centrada na confiabilidade e apresentar um modelo de gerenciamento da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) que possa ser aplicado na manutenção da Fragatas Classe Niterói (FCN), de forma a aumentar sua confiabilidade e disponibilidade. A escolha das FCN deve-se ao fato de serem uns dos principais navios do Poder Naval brasileiro. Seu SMP, já bem consolidado e baseado na manutenção preventiva, estabeleceu os parâmetros de manutenção na MB, a partir da década de 1970. A construção das FCN foi um marco divisório na política de manutenção dos meios navais da MB, com os dois grandes aprimoramentos na política de manutenção: Formação do SMP e emprego da manutenção preventiva com base no tempo de funcionamento. O SMP, empregado como método racional de planejamento, execução e controle da manutenção, tem como propósitos, entre outros, aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos meios, bem como conhecer os custos de manutenção. A política de manutenção das FCN não sofreu significativas evoluções ao longo do tempo. É intenção da MB revitalizar e estender a vida útil das FCN por mais 15 anos. Dessa forma, faz-se necessário estudar formas de aperfeiçoar a manutenção dos sistemas desses navios, mantendo sua confiabilidade e disponibilidade. Dentre as ferramentas passíveis de serem aplicadas na manutenção de forma a aumentar a disponibilidade e confiança, além de diminuir os custos envolvidos, apresenta-se a MCC, que é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Apesar da MCC ser um método caracterizado por sua aplicação no projeto do sistema ou equipamento, sua utilização em instalações já na fase de operação foi implementada na USN, inicialmente como um projeto piloto e posteriormente com a criação do MCC Backfit. Surge a oportunidade de implantação da manutenção baseada na condição como uma política de manutenção para a MB. Desta forma, é apresentada a sugestão de gerenciamento de um projeto piloto da MCC Backfit para utilização nas FCN, levando em consideração a atual estrutura administrativa de manutenção da MB. O gerenciamento da MCC Backfit pela DGePM, coordenando a atuação dos demais órgãos voltados à manutenção torna-se a indicada para um projeto piloto. A atual estrutura administrativa da manutenção da Marinha é suficiente para a coleta de dados; definição e análise de parâmetros; execução de tarefas de manutenção preditivas, preventivas ou corretivas; fornecimento de sobressalentes necessários; otimização das rotinas de SMP; e programação dos períodos de manutenção. A implementação de um projeto piloto utilizando a MCC Backfit na manutenção das FCN, utilizando um modelo de gerenciamento baseado na atual estrutura administrativa de manutenção da MB, contribuirá para a avaliação da utilização de rotinas de manutenção preditivas em meios navais. Tal fato contribuirá para uma mudança na política de manutenção da MB, visando obter uma maior disponibilidade e confiabilidade nos navios e reduzindo os custos de manutenção.

Palavras-chave: Frigate Class Niterói, maintenance, Reliability Centered Maintenance, RMCBackfit, Maintenance Based on condition.

## ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the concepts of reliability-based maintenance and present a management model of Reliability Centered Maintenance (RMC) that can be applied to the maintenance of the Niterói Class Frigates (FCN) in order to increase its reliability and availability. The choice of the FCN is due to the fact that they are one of the main ships of the Brazilian Naval Power. Its SMP, already well-established and based on preventive maintenance, established the maintenance parameters in MB, from the 1970s. The construction of the FCN was a divisive milestone in the maintenance policy of the MB marine media, with the two major improvements in the maintenance policy: Training of SMP and use of preventive maintenance based on operating time. The SMP, used as a rational method of planning, execution and control of maintenance, has, among others, to increase the reliability and availability of the maintenance costs. The FCN maintenance policy has not undergone significant changes over time. It is the intent of MB to revitalize and extend the life of FCN for another 15 years. In this way, it is necessary to study ways to improve the maintenance of the systems of these ships, maintaining their reliability and availability. Among the tools that can be applied in maintenance in order to increase availability and reliability, besides reducing the costs involved, the RMC is presented, which is the application of a structured method to establish the best maintenance strategy for a given system or equipment. Although the MCC is a method characterized by its application in the design of the system or equipment, its use in installations already in the operation phase was implemented in the USN, initially as a pilot project and later with the creation of the RMC Backfit. The opportunity to implement maintenance based on condition arises as a maintenance policy for MB. In this way, the management suggestion of a RMC Backfit pilot project for use in the FCN is presented, taking into account the current administrative structure of maintenance of MB. The management of RMC Backfit by DGePM, coordinating the performance of other maintenance organizations becomes the target for a pilot project. The current administrative structure of MB maintenance is sufficient for data collection; definition and analysis of parameters; performing predictive, preventive or corrective maintenance tasks; supply of necessary spare parts; optimization of SMP routines; and scheduling maintenance periods. The implementation of a pilot project using the RMC Backfit in the maintenance of the FCN, using a management model based on the current MB maintenance administrative structure, will contribute to the evaluation of the use of predictive maintenance routines in naval environments. This will contribute to a change in the maintenance policy of MB, aiming for greater availability and reliability in ships and reducing maintenance costs.

**Key words:** logistics, maintenance, Reliability-Centered Maintenance, Integrated Logistic Support, Performance-Based Logistic.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Evolução Temporal da Manutenção.....	18
Figura 2 –	Etapas do SMP.....	27
Figura 3 –	Intervalo P-F.....	40
Figura 4 –	Curva da Banheira.....	41
Figura 5 –	Padrões de Falhas.....	42
Figura 6 –	Fluxo de Decisão das Funções Significantes.....	46
Figura 7 –	Processo da MCC Backfit.....	51
Figura 8 –	Estrutura Administrativa da Marinha.....	55
Figura 9 –	Cadeia de Comando das FCN.....	57
Figura 10 –	Organograma da DGMM.....	58
Figura 11 –	Plano Esquemático de Gerência da MCC Backfit nas FCN.....	63

## **LISTA DE TABELAS**

1 – Distribuição das rotinas de SMP por tipos de manutenção.....	30
2 – Distribuição das rotinas de SMP na Indústria.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN	–	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
AMRJ	–	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
CA	–	Análise de Criticidade
CCIM	–	Centro de Controle de Inventário da Marinha
CGCFN	–	Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais
CMASM	–	Centro de Mísseis e Armas Submarinas da Marinha
CMS	–	Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha
ComemCh	–	Comando em Chefe da Esquadra
ComemCh	–	Comando em Chefe da Esquadra
ComEsqdE-1	–	Comando do 1º Esquadrão de Escolta
ComForSup	–	Comando da Força de Superfície
ComForSup	–	Comando da Força de Superfície
ComImSup	–	Comandante Imediatamente Superior
ComOpNav	–	Comando de Operações Navais
CPEM	–	Curso de Política e Estratégia Marítima
CPN	–	Centro de Projetos de Navios
CTIM	–	Centro Tecnologia da Informação da Marinha
DAbM	–	Diretoria de Abastecimento da Marinha
DAerM	–	Diretoria de Aeronáutica da Marinha
DCTIM	–	Diretoria de Comunicações e Tecnologia da Informação da Marinha
DE	–	Diretorias Especializadas
DEN	–	Diretoria de Engenharia Naval
DepCombRJ	–	Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro

DepSMRJ	–	Depósito de Sobressalentes da Marinha no Rio de Janeiro
DGDNTM	–	Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha
DGePM	–	Diretoria de Gestão de Programas da Marinha
DGMM	–	Diretoria-Geral do Material da Marinha
DGMM	–	Diretoria Geral do Material da Marinha
DGN	–	Diretoria Geral de Navegação
DGPM	–	Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha
DIM	–	Diretoria Industrial da Marinha
DIM	–	Diretoria Industrial da Marinha
DOCM	–	Diretoria de Obras Civis da Marinha
EGN	–	Escola de Guerra Naval
ELEsq	–	Escritório de Ligação do Abastecimento Junto à Esquadra
EMA	–	Estado-Maior da Armada
FCN	–	Fragatas Classe Niterói
FMEA	–	Failure Mode and Effects Analysis
FMECA	–	Failure Mode Effects and Critically Analysis
GRUMAN	–	Grupo de Apoio à Manutenção
IDSSMP	–	Índice das Divisões e Subdivisões do SMP
InspPrev	–	Inspeção Preventiva
LEM	–	Lista de Equipamentos do Meio
MAS	–	<i>American Management Systems</i>
MB	–	Marinha do Brasil
MCC	–	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MCC	–	Manutenção Centrada na Confiabilidade
MTBF	–	Tempo Médio entre Falhas

MTTR	–	Tempo Médio para Reparo
NAVSEA	–	<i>Naval Sea System Command</i>
OMPS	–	Organizações Militares Prestadoras de Serviços
OMPS-I	–	Organizações Militares Prestadoras de Serviços Industriais
PMG	–	Períodos de Manutenção Geral
PMM	–	Plano Mestre de Manutenção
PROGEM	–	Programa Geral de Manutenção
RCM	–	Reliability Centered Maintenance
RestPrev	–	Restauração Preventiva
SAVERA	–	Sistema de Medição e Análise de Vibração de Equipamentos Rotativos e Alternativos
SbtPrev	–	Substituição Preventiva
SGM	–	Secretaria-Geral da Marinha
SMP	–	Sistema de Manutenção Planejada
<i>SURFMER</i>	–	<i>Surface Ship Maintenance Effectiveness Review</i>
UNIFIL	–	Força Interina das Nações Unidas no Líbano
USN	–	<i>United States Navy</i> (Marinha dos Estados Unidos da América)
USS	–	<i>United States Ship</i> (Navio da Marinha dos EUA)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	Tema.....	12
1.2	Proposição.....	13
1.3	Relevância.....	14
1.4	Objetivos.....	14
1.5	Metodologia.....	14
1.6	Caracterização do Objeto de Estudo.....	15
<b>2</b>	<b>TIPOS DE MANUTENÇÃO.....</b>	<b>16</b>
2.1	A Classificação da Manutenção.....	19
2.1.1	Manutenção Corretiva.....	20
2.1.2	Manutenção Preventiva.....	21
2.1.3	Manutenção Preditiva.....	22
2.1.4	Manutenção Detectiva.....	23
2.1.5	Manutenção Modificadora.....	24
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO DAS FRAGATAS CLASSE NITERÓI.....</b>	<b>25</b>
3.1	Sistema de Manutenção Planejada (SMP).....	26
3.2	A Manutenção das Fragatas Classe Niterói.....	29
<b>4</b>	<b>MANUTENÇÃO BASEADA NA CONDIÇÃO.....</b>	<b>34</b>
4.1	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).....	35
4.1.1	Identificação das Funções do Sistema.....	38
4.1.2	Análise dos modos de falhas e efeitos.....	39

4.1.3	Seleção das Funções Significantes.....	45
4.1.4	Seleção das Atividades Aplicáveis.....	46
4.1.5	Avaliação da Efetividade das Atividades.....	47
4.1.6	Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas.....	47
4.1.7	Definição da Periodicidade das Atividades.....	47
4.2	Manutenção Centrada na Confiabilidade na Marinha dos EUA (USN).....	48
4.2.1	MCC Backfit.....	49
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA MCC NAS FCN.....</b>	<b>54</b>
5.1	A Estrutura administrativa da Manutenção da MB.....	55
5.1	Gerenciamento da MCC Backfit para as FCN.....	60
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>71</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Atualmente a Marinha do Brasil (MB) possui onze navios escolta para executar suas tarefas com os propósitos de, entre outros, contribuir para a defesa da Pátria e contribuir para o apoio à Política Externa. Esses dois propósitos estão intimamente ligados aos meios subordinados ao Comando em Chefe da Esquadra (ComemCh). Este número de escoltas é formado por navios com idade superior a 25 anos, excetuando-se apenas a Corveta Classe Barroso.

Desses onze escoltas, as seis Fragatas Classe Niterói (FCN) são utilizadas, juntamente com a Corveta Barroso, no revezamento de meios empregados na Força Interina das Nações Unidas no Líbano (UNIFIL – Líbano), comissão considerada de longa duração, acarretando num afastamento de cerca de oito meses da sede.

Não há previsão de aquisição de novos Escoltas, em curto prazo. Para mitigar esse problema, a MB está priorizando a construção das Corvetas Classe Tamandaré, cuja construção do primeiro navio deverá estar concluída a partir da próxima década.

### **1.1 Tema**

Este trabalho tem como tema:

“Política de manutenção de meios navais”

Título:

“Conceitos de Manutenção Centrada na Confiabilidade aplicados às Fragatas Classe Niterói”

## 1.2 Proposição

As FCN, apesar da idade, representam um dos principais navios do Poder Naval brasileiro. Seu Sistema de Manutenção Planejada (SMP), baseado na manutenção preventiva, estabeleceu os parâmetros de manutenção na MB, a partir da década de 1970. Porém, esse SMP não sofreu evolução nos últimos 40 anos, período que ultrapassa a vida útil de projeto da Classe.

Restrições orçamentárias, perda de capacidade de mão de obra especializada do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e escassez de sobressalentes são algumas das dificuldades para a manutenção da classe, ocasionando períodos de manutenção geral (PMG) cada vez mais longos e, considerando que as referidas restrições impossibilitam a realização do PMG de duas FCN simultaneamente, vêm ocorrendo extensões indesejáveis do ciclo de atividades dos navios da classe.

Os longos períodos de imobilização, decorrentes dos atrasos nos PMG das FCN prejudicam profundamente o adestramento das tripulações e, por conseguinte, o aprestamento dos navios, que compreende o estado material e o adestramento da tripulação.

Para mudar esse cenário, faz-se necessário propor uma reavaliação do sistema de manutenção das FCN, de modo a aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos principais navios do Poder Naval brasileiro. Dentre as ferramentas que podem auxiliar nessa reavaliação, apresenta-se a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).

Para tal, este estudo tem o propósito de analisar os conceitos da MCC que podem ser aplicados na manutenção das FCN, no período de 2018 a 2030, até que ocorra o reaparelhamento da Esquadra a nível apropriado.

### **1.3 Relevância**

O aumento da confiabilidade e da disponibilidade das FCN proporcionará ao Poder Naval a capacidade de manter-se em condições de contribuir para o cumprimento da missão da MB, em um momento de transição, até que as Corvetas Classe Tamandaré estejam disponíveis para o setor operativo.

### **1.4 Objetivos**

O objetivo deste trabalho é analisar os conceitos e apresentar um modelo de gerenciamento da MCC que possa ser aplicado na manutenção da FCN, de forma a aumentar sua confiabilidade e disponibilidade. Para tal, os seguintes objetivos intermediários deverão se alcançados:

- Descrever os tipos de manutenção;
- Descrever o atual modelo de manutenção das FCN;
- Descrever a metodologia da MCC; e
- Apresentar um modelo gerencial da MCC para aplicação nas FCN dentro da atual estrutura administrativa da manutenção na MB.

### **1.5 Metodologia**

A tese será fundamentada na pesquisa bibliográfica da literatura especializada sobre manutenção e nas normas da MB, além de consultas às publicações do Comando da Força de Superfície (ComForSup), da Diretoria Industrial da Marinha (DIM), do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) e da Diretoria de Engenharia Naval (DEN).

A pesquisa está estruturada nos seguintes capítulos:

- a) Introdução;
- b) Tipos de manutenção;
- c) Manutenção das FCN;
- d) Manutenção Baseada na Condição;
- e) Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade nas FCN;
- f) Conclusão.

### **1.6 Caracterização do Objeto de Estudo**

Este trabalho abordará o período de 2018 até o ano de 2030, tendo em vista o tempo estimado para desincorporação das FCN.

Serão estudados os principais sistemas ligados à movimentação do navio, ou seja, propulsão, geração de energia, principais acessórios e governo do navio. Desta forma, o estudo pretende contribuir para elevar a disponibilidade de uma plataforma confiável para manter um nível adequado de adestramento das tripulações e para cumprir as tarefas que forem atribuídas.

## 2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Para entender o atual modelo de manutenção das FCN e as evoluções que podem ser aplicadas, faz-se necessário apresentar alguns fundamentos teóricos sobre manutenção. Este capítulo tem por objetivo apresentar, de modo sucinto, a evolução da manutenção desde a década de 1930, bem como descrever os principais tipos de manutenção empregados na MB e, também, na indústria em geral.

A Marinha do Brasil define manutenção, conforme normatizado pela publicação EMA-400 – Manual de Logística da Marinha, da seguinte forma:

“É o conjunto de atividades que são executadas visando a manter o material (meios e sistemas) e o software utilizados pela MB na melhor condição para emprego e, quando houver defeitos ou avarias, reconduzi-lo àquela condição” (Brasil, 2003a, p. 4-4).

Kardek e Nascif (2009) defendem que fundamentar a definição de manutenção no restabelecimento das condições originais dos equipamentos ou sistema é um conceito ultrapassado. Para os autores, o propósito da manutenção é atender a um processo de produção, com a garantia da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos e instalações, tendo como meta a segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

Podemos notar que a definição utilizada pela MB, ao empregar o termo “na melhor condição para o emprego”, vai ao encontro das metas defendidas por Kardek e Nascif, dando a flexibilidade necessária para adequar os processos de manutenção aos requisitos vigentes de segurança, custo e preservação do meio ambiente.

Tanto na obra de Kardek e Nascif (2009) quanto na de Moubray (2000) consta que a evolução manutenção, a partir de 1930, é historicamente dividida em três gerações:

a) Primeira Geração – diz respeito ao período até a II Guerra Mundial (1939-1945) Caracteriza-se por ações de manutenção em equipamentos relativamente simples, numa indústria que não era plenamente mecanizada e a prevenção contra falhas de equipamento não

era tão importante. Os equipamentos eram superdimensionados estruturalmente para as tarefas que desempenhavam e sua manutenção consistia na limpeza, lubrificação e reparo após a ocorrência das avarias. A mão de obra não necessitava ser altamente especializada.

b) Segunda Geração – compreende o período após a II Guerra Mundial até o final da década de 1960. Houve um aumento da complexidade dos parques industriais e a produção passou a depender mais das máquinas. A inoperância do equipamento representava uma perda de produtividade alta. Com isso desenvolveu-se a ideia de que as falhas poderiam e deveriam ser evitadas. Na década de 1960 surge então o conceito de manutenção preventiva, cujas características serão apresentadas mais adiante, que consistia na intervenção no equipamento em períodos fixos. Os custos da manutenção se elevaram em comparação com os custos operacionais, fazendo aumentar os sistemas de planejamento e controle da manutenção.

c) Terceira Geração – A partir da década de 1970, o aumento da automação e mecanização da indústria fez com que a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos passassem a ter uma importância fundamental na produção. As falhas nos equipamentos, cada vez mais automatizados, interferem no padrão de qualidade do produto, gerando sérias consequências na segurança e no meio ambiente, cuja legislação passa apresentar padrões de exigências cada vez mais elevados. O conceito de estoques reduzidos para a produção, fez com que a interrupção no fornecimento em função de falhas nos equipamentos poderia paralisar todo um processo produtivo, gerando graves consequências econômicas. Uma falha em um equipamento de fabricação de uma peça poderia interferir no seu prazo de entrega e comprometer toda a cadeia produtiva do equipamento final. Com isso, nessa geração, reforçam-se os conceitos de manutenção preditiva, que será apresentada mais a frente, utilizando os avanços da informática no planejamento e controle dos serviços de manutenção. O conceito de confiabilidade ganha peso na manutenção, porém “a falta de interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação, impedia que os resultados fossem melhores e,

em consequência, as taxas de falhas prematuras (mortalidade infantil) eram elevadas” (Kardec e Nacif, p. 4).

A figura 1 apresenta os enfoques de cada geração de manutenção.

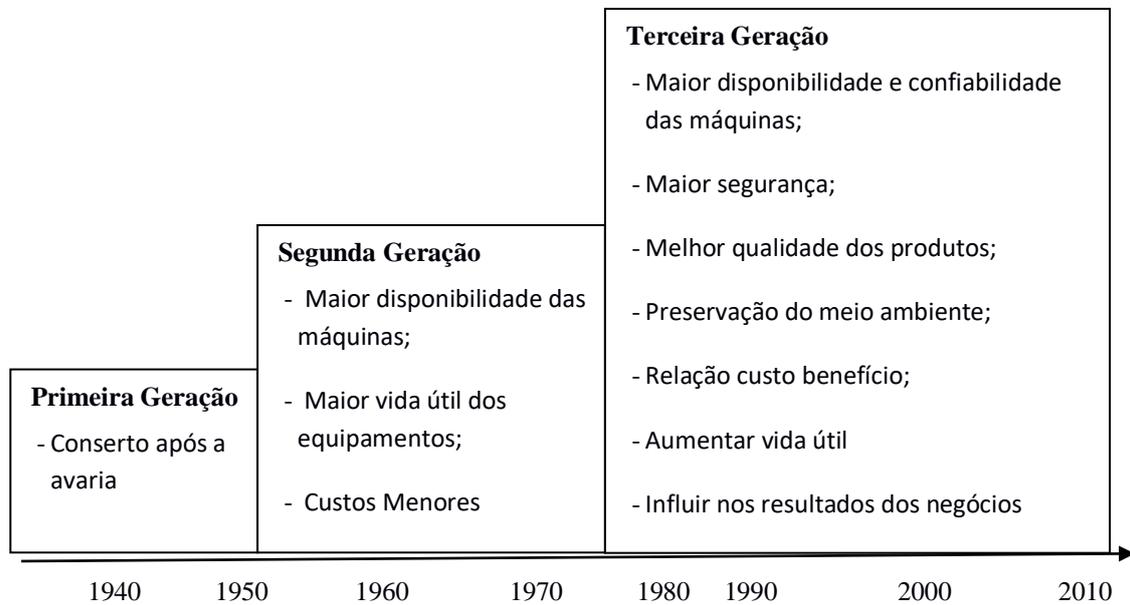


Figura 1: Evolução Temporal da Manutenção (Moubray, 1997, p.5)

Observa-se que a medida que a complexidade de fabricação, operação e manutenção dos equipamentos vêm aumentando, maior tem sido a demanda por confiabilidade e disponibilidade; Ou seja, o custo do ciclo de vida do sistema tem que justificar sua produtividade. Grandes períodos de indisponibilidade resultam na perda de produtividade e são injustificadas paralisações para correções não planejadas ou preventivas.

Kardec e Nascif (2009) ainda apresentam uma chamanda “Quarta Geração”, como sendo aquela em que a interação entre disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, cujos conceitos serão definidos no capítulo 4 desse trabalho, faz-se presente através da Engenharia de Manutenção. O objetivo é intervir o mínimo possível no equipamento, contando com a prática de análise de falhas, monitorando o desempenho e aplicando a manutenção preditiva, com a redução da manutenção preventiva e corretiva não planejada.

## 2.1 A Classificação da Manutenção

O processo de manutenção dos meios navais da MB está normatizado pela publicação do Estado-Maior da Armada intitulada NORMAS PARA LOGISTICA DE MATERIAL (EMA-420).

Nesta publicação são listados alguns conceitos importantes para o correto entendimento do processo de manutenção. Dentre eles se destacam:

a) Avaria como sendo uma alteração indesejável do seu projeto original, que ocasiona uma redução na eficiência da sua operação;

b) Manutenção emprega um conjunto de atividades e técnicas administrativas visando manter o material em sua melhor condição para emprego, incluindo a confiabilidade, segurança e custo adequado, ou retorná-lo a esta melhor condição em caso de avaria.

c) Sistema de Manutenção, conceito que integra o pessoal, documentação, ferramental, instalações e sobressalentes, organizados por métodos e procedimentos, para manter o material pronto para utilização, dentro das suas características de projeto e com o menos custo.

Os tipos de manutenção na MB, constantes nos EMA-420, são a preventiva, preditiva, corretiva e modificadora.

Kardek e Nascif (2009) explicitam que existem diversas denominações para classificar a atuação da manutenção, todas elas encaixadas nos seguintes tipos: Manutenção corretiva não planejada; Manutenção corretiva Planejada; Manutenção Preventiva; Manutenção Detectiva.

Os tipos de manutenção preconizados pela MB coadunam-se aos apresentados por Kardec e Nascif, diferenciando-se nos tipos modificadora e detectiva. Conforme será abordado mais adiante, tais tipos de manutenção em pouco influenciarão o escopo deste

trabalho.

### 2.1.1 Manutenção Corretiva

O EMA-400 conceitua esse tipo de manutenção como aquele que “se destina a reparar o material danificado para repô-lo em condições de uso”. (Brasil 2003a, p. 3.3).

Kardec e Nascif (2009) dividem a manutenção corretiva em duas classes, sendo uma planejada e outra não planejada. A manutenção corretiva não planejada é feita em caráter emergencial, ou seja, em fato já ocorrido. Implica em altos custos e perda da produção, já que não há tempo para a preparação do serviço. A manutenção corretiva planejada visa corrigir a falha ou perda de desempenho por uma decisão gerencial. Normalmente esta perda de desempenho se observa por meio da manutenção preditiva. Esse tipo de manutenção possibilitará programar o momento adequado do reparo, a disponibilidade dos sobressalentes e a capacitação da mão de obra, diminuindo os custos e o tempo de indisponibilidade do equipamento.

Como ressalta Souza (2004), é fundamental, na manutenção corretiva, identificar as causas da falha para evitar novas avarias.

Cabe ressaltar que este tipo de manutenção aplicada aos navios, além de prejudicial, pode se tornar perigosa, visto que um navio de guerra se caracteriza pela sua capacidade de afastamento de sua base e permanência em locais distantes por grandes períodos. Um sistema de propulsão avariado, por exemplo, pode acarretar em sérios riscos materiais e pessoais, além de causar grandes custos com o deslocamento do navio até o porto mais próximo e reparo da avaria em locais distantes dos principais centros de manutenção e estaleiros.

### 2.1.2 Manutenção Preventiva

Caracteriza-se por obedecer a um plano previamente elaborado, com intervalo de tempo definido. Visa evitar falhas e possibilidade de avarias por ações de manutenção periódica no item.

Como esclarece Baran (2011), a manutenção preventiva tem por objetivo evitar a degradação dos sistemas, mantendo um bom estado de funcionamento. Utiliza tarefas, como inspeções, calibrações, alinhamentos, testes, reparos e substituições de itens, realizados de forma periódica e programados.

Segundo o EMA-420 (2002), esse tipo de manutenção leva em consideração intervalos definidos de tempo, com um plano previamente elaborado, para que as intervenções e/ou substituições de itens do equipamento sejam realizadas de modo a reduzir a possibilidade de avarias.

O conceito também é compartilhado por Kardec e Nascif (2009), que observam que este tipo de manutenção procura “obstinadamente” (Kardec e Nascif, 2009, p.42) evitar ocorrência de falhas. Quando o fator segurança é fundamental, como no caso de equipamentos de aviação, esse tipo de manutenção é imperativa.

Apesar de a manutenção preventiva estar baseada no princípio que “observa uma estreita relação entre a taxa de falha e a idade do componente” (Santos, 2007, p. 9), também ressalta que diversos estudos demonstram que em diversos equipamentos não pode ser comprovada esta relação entre idade e taxa de falha.

As atividades de manutenção preventiva normalmente estão baseadas em dados fornecidos pelos fabricantes. Não se pode descartar a ideia que a substituição de itens em intervalos regulares, tomando como base apenas o tempo de utilização mesmo que não tenham atingido o máximo de sua vida útil, pode ser comercialmente rentável na reposição de

sobressalentes. Favorece a reputação do fabricante ao fazer com que o equipamento apresente uma ótima confiabilidade, mesmo que haja uma elevação de custos para o utilizador.

Kardek e Nascif (2009) destacam como vantagens da manutenção preventiva a facilidade no gerenciamento das atividades, pois há um conhecimento prévio das ações e podem-se prever os recursos e sobressalentes necessários. Porém, apontam como pontos negativos a possível introdução de defeitos devido à falha humana, falha dos sobressalentes, danos durante as paradas e falhas dos procedimentos de manutenção.

### 2.1.3 Manutenção Preditiva

O EMA-420 conceitua manutenção preditiva como aquela que possibilita a operação do equipamento pelo maior tempo possível. É um conjunto de medidas com o objetivo de “caracterizar, acompanhar, diagnosticar e analisar a evolução do estado de equipamentos e sistemas” (Brasil 2002, p.3-3), e assim possibilitar o planejamento da manutenção quando forem realmente necessárias.

Esse tipo de manutenção, conforme nos diz Kardek e Nascif (2009), também é conhecida como Manutenção sob Condição ou Manutenção com Base no Estado do Equipamento. O monitoramento da condição do aparelho é fundamental. A correção, quando necessária, se dá por meio de uma manutenção corretiva planejada. Vários parâmetros são acompanhados de modo a subsidiar a tomada de decisão de intervir no equipamento quando a degradação se aproxima ou atinge certo limite. Isso faz com que o tempo de utilização do equipamento seja o máximo possível, mantendo sua confiabilidade e disponibilidade. Os autores definem as seguintes condições básicas para se adotar a manutenção preditiva:

- deve haver algum tipo de monitoramento/ medição;
- os custos envolvidos devem justificar esse tipo de manutenção;

- As causas de falhas devem possibilitar seu monitoramento e sua progressão deve poder ser acompanhada;
- Há necessidade de um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico sistematizado.

Santos (2007) lista alguns métodos que podem ser utilizados para monitorar a condição do equipamento, como:

- ultrassonografia;
- análise de vibrações;
- análise de temperaturas;
- termografia;
- ensaios não destrutivos;
- monitoramento das condições elétricas; e
- análise de óleos lubrificantes.

O treinamento da mão de obra é fundamental. Kardec e Nascif (2009) relembram que o diagnóstico não é apenas um processo de medição. Envolve análise dos dados colhidos e diagnosticar possíveis falhas. Assim, o resultado esperado é que se faça o mínimo de intervenções no equipamento.

#### 2.1.4 Manutenção Detectiva

Esse tipo de manutenção é definido como “a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal” (Kardec e Nascif, 2009, p. 47). É importante para garantir a confiabilidade dos sistemas, principalmente os de proteção. Tem como exemplo simples o botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme de um painel ou pesquisas em sistemas de circuitos de segurança como

*shut down e trip* .

### 2.1.5 Manutenção Modificadora

O EMA-400 ainda especifica a manutenção modificadora como sendo o tipo de manutenção destinada a adequar o equipamento às novas exigências operacionais. Devido a sua especificidade, não será abordada neste trabalho.

Neste capítulo foram apresentados os conceitos teóricos ligados à definição de manutenção normatizada pela MB, constatando que essa se coaduna com as citadas na literatura especializada. Foram descritos os conceitos teóricos da manutenção, narrando sua evolução histórica desde os anos 1930 e os principais tipos de manutenção empregados na MB e listados na literatura do ramo.

Pode-se observar que na Primeira Geração da manutenção, iniciada na década de 1930, destacava-se a tipo corretiva, tendo em vista a simplicidade dos equipamentos. A Segunda Geração surge após a II Grande Guerra, com o aumento da complexidade dos equipamentos em geral. Na década de 1960, surge o conceito de manutenção preventiva e os sistemas de planejamento e controle da manutenção. A Terceira Geração, que surgiu a partir de 1970, caracteriza-se pela importância da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Os avanços da informática no controle e planejamento reforçaram os conceitos da manutenção preventiva. Surge a Quarta Geração, em que prevalece ideia de intervir o mínimo possível no equipamento, utilizando a análise de falhas, monitoração do desempenho e aplicação prioritária das técnicas de manutenção preditiva.

Os conceitos descritos não esgotam as atividades de manutenção existentes, porém servem de base para o entendimento da atual sistema de manutenção dos meios navais da MB e, conseqüentemente das FCN, que será apresentado no próximo capítulo.

### 3. MANUTENÇÃO DAS FRAGATAS CLASSE NITERÓI

Este capítulo tem o propósito de apresentar o sistema de manutenção adotado pela MB, fazendo um breve histórico da manutenção dos navios após a II Guerra Mundial (1939-1945), realçando os dois principais aprimoramentos nesse sistema com a chegada das FCN, descrevendo os principais métodos e tipos de manutenção utilizados, suas características principais e o atual cenário da manutenção dessa classe de navios.

As Normas para a Logística do Material (EMA-420) conceituam Sistema de Manutenção como:

“Conjunto integrado de pessoal, instalações, equipamentos, instrumental, sobressalentes, documentos e ferramental, dinamizados segundo métodos e procedimentos estabelecidos por normas baseadas em princípios e técnicas, visando manter o material pronto para utilização, no local apropriado, no momento oportuno, dentro de suas características de projeto e da maneira mais econômica.” (Brasil, 2002. p. 3.1).

Conforme observado por Cambra (2006), tal conceito surgiu com a construção das FCN, fruto do Programa Decenal de Renovação dos Meios Flutuantes aprovado em 1967, que trouxe um grande desenvolvimento da manutenção nos meios navais na MB. Antes da chegada desses navios, a grande disponibilidade de sobressalentes que foram fornecidos com os navios cedidos pela Marinha dos Estados Unidos da América (USN), oriundos do acordo de Assistência Brasil-EUA (1952), estimulou uma manutenção caracterizada como corretiva não planejada, ou seja, não havia nenhuma política de manutenção sistematizada dos meios navais. O mesmo autor salienta ainda que houve, à época, dois grandes aprimoramentos na política de manutenção com a chegada das FCN:

- a) Formação do Sistema de Manutenção Planejada (SMP); e
- b) Emprego da manutenção preventiva, com base no tempo de funcionamento dos equipamentos, com o objetivo de prevenir falhas.

### 3.1 Sistema de Manutenção Planejada (SMP)

O SMP foi introduzido na MB na década de 1970, com a chegada das FCN construídas na Inglaterra.

Mulder (2011) observa que o SMP é uma ferramenta de condução da manutenção definida como “um conjunto integrado de pessoal, instalações, equipamentos, instrumental, sobressalentes, documentos e ferramental, dinamizados segundo métodos e procedimentos estabelecidos por normas baseadas em princípios e técnicas, visando manter o material.” (Mulder, 2011, p.17). O SMP integra os equipamentos ou sistemas agrupados por função ou serviço e não como equipamentos isolados. São definidos os sobressalentes, ferramentas, instrumentos de teste e a infraestrutura para realização de cada etapa.

A publicação EMA 420 – Normas para Logística de Material (2002) diz que o SMP “é constituído pela reunião das ações de manutenção planejada preventiva e preditiva, em uma coletânea de rotinas programadas, que obedece a um método racional de planejamento, execução e controle.” (Brasil, 2002, p.3-6).

De acordo com essa publicação, o cumprimento do SMP tem os seguintes propósitos:

- a) definir a atividade de manutenção necessária, por intermédio de tipos, métodos, procedimentos e critérios padronizados, de fácil identificação e administração;
- b) detectar possíveis deficiências do material, de modo a permitir o aperfeiçoamento de futuras especificações técnicas;
- c) avaliar a eficácia das atividades de manutenção;
- d) identificar as necessidades de aperfeiçoamento das técnicas de manutenção;
- e) conhecer o custo da manutenção; e

f) aumentar a confiabilidade e a disponibilidade dos meios.

Na MB, o SMP é regulado pela instrução da Diretoria de Engenharia Naval (DEN), ENGENALMARINST N° 85-18, que tem por finalidade normalizar, padronizar e organizar as informações e recomendações dos fabricantes, apresentando um método racional de planejamento, execução e controle da manutenção, facilitando sua forma de ser utilizada.

As quatro as etapas do SMP, compostas de atividades e ações distintas, são apresentados no quadro da figura 2:

<b>Etapas do SMP:</b>	<b>Atividades:</b>	<b>Ações:</b>
Obtenção	Produção de documentos relacionados	Inicia-se com o projeto preliminar e termina, necessariamente, antes da incorporação do meio.
Execução	Programação	Programação das atividades a partir de um Plano Mestre de Manutenção
	Execução	Realização das tarefas previstas nas rotinas de Manutenção
	Registro	Preenchimento dos seguintes documentos: - Cartões-Registro de Manutenção; - Cartões-Registro Histórico; e - Cartões de Avaria e Reparo.
Controle	Verificação	Auditoria técnica baseada nos documentos de registro.
	Análise e avaliação	Análise das informações e dados colhidos na verificação, e na consequente avaliação das falhas, inadequações e insuficiências do SMP.
Atualização	reciclagem do SMP	Alterações na sua documentação.

Figura 2: Etapas do SMP  
(ENGENALMARINST N° 85-18, 2003b)

A documentação do SMP é controlada pelo Software SisSMP, disponível na página da DEN na INTRANET, onde é possível acessar a seguinte documentação: Plano

Mestre de Manutenção; Índice das Divisões e Subdivisões do SMP (IDSSMP); Lista de Equipamentos do Meio (LEM); Índice das Rotinas de Manutenção; Índice das Rotinas de Condução; Índice dos Cartões de Defeitos, Causas e Correções; Cartões de Manutenção; Cartões de Condução; e Cartões de Defeitos, Causas e Correções (“troubleshooting”). Cabe destacar que o Cartão de Manutenção define e descreve pormenorizadamente a atividade de manutenção a ser executada (individualmente ou em conjunto), aplicando tanto as atividades de manutenção preventiva, preditiva ou corretiva, a sua periodicidade, a condição do meio (no porto, em viagem ou docado) e o tempo a ser gasto em sua aplicação. Também são descritos, dentre outros parâmetros, a condição de disponibilidade do equipamento, ou de seus subsistemas, durante a sua aplicação da tarefa de manutenção e os itens de substituição obrigatória e eventual.

No SMP, as rotinas de manutenção são separadas em escalões, de acordo com a complexidade da ação a ser executada, a capacitação da mão de obra utilizada e o tipo de manutenção. As Normas para Logística de Material – EMA 420 (Brasil, 2002, p.3-4) definem os seguintes escalões de manutenção:

- a) 1º Escalão: Compreende as ações realizadas pelo usuário, com ou sem o concurso da organização militar responsável pelo material, com os meios orgânicos disponíveis
- b) 2º Escalão: Compreende as ações realizadas em organizações de manutenção e que ultrapassam a capacidade dos meios orgânicos da organização militar responsável pelo material.
- c) 3º Escalão: Compreende as ações de manutenção que exigem recursos superiores aos escalões anteriores, em função do grau de complexidade.
- d) 4º Escalão: Compreende as ações de manutenção cujos recursos necessários, normalmente, transcendem a capacidade da MB em função do alto grau de

complexidade sendo, na maioria das situações, executadas pelo fabricante ou representante autorizado ou ainda em instalações industriais especializadas.

Conforme observa Mulder (2011), o SMP aplicado na manutenção dos equipamentos da MB apresenta sérias dissonâncias, cujas principais são:

- Postergação inopinada da periodicidade da manutenção pelo usuário;
- Deficiência na qualificação do pessoal responsável pela manutenção;
- Falta de capacitação das Organizações Militares Prestadoras de Serviços Industriais (OMPS-I) para realização da manutenção.

Diversos são os motivos de tais deficiências:

- Cortes orçamentários destinados à MB, acarretando em comprometimentos na obtenção de sobressalentes e/ou contratação de serviços;
- Rotatividade do pessoal de bordo faz com que a qualificação do pessoal responsável pelas rotinas de 1º Escalão seja deficiente, acarretando na redução da confiabilidade do equipamento; e
- Dificuldade em manter o pessoal qualificado nas Organizações Militares Prestadoras de Serviços (OMPS), principalmente no AMRJ, faz com que sua capacidade se torne deficiente, necessitando terceirizar grande parte dos serviços, com os acréscimos de custos.

### **3.2 A Manutenção das Fragatas Classe Niterói**

As incorporações das FCN, a partir da década de 1970, iniciaram uma nova fase na política de manutenção dos meios navais da MB. Conforme ressalta Barboza (2004), a aplicação do conceito de manutenção planejada veio substituir um sistema altamente improvisado, baseado em pedidos de serviços feitos de maneira subjetiva, sem critérios

técnicos bem definidos e sem compromisso com custos. A aquisição das FCN disponibilizou uma grande e vasta documentação técnica e rotinas de manutenção que serviram de modelo para as publicações da MB relacionadas à manutenção.

Em recente pesquisa conduzida por Cambra (2016), foi realizada uma consulta ao SisSMP visando a classificação e quantificação das manutenções preventivas, as preditivas e as detectivas realizadas em alguns meios navais, incluindo as FCN, conforme apresentado na tabela 1.

TABELA 1

Distribuição das rotinas de SMP por tipos de manutenção - Brasil - 2016

Classe	Total de Rotinas	Manutenção Preventiva			Manutenção Detectiva	Manutenção Preditiva
		InspPrev	RestPrev	SbtPrev		
FCN	3.847	<b>2.646</b> (68,8 %)			<b>969</b> (25,2%)	<b>232</b> (6%)
		1.096 (28,5%)	1.301 (33,8%)	249 (6,5%)		

Fonte: Banco de dados SisSMP da Diretoria de Engenharia Naval, 2016. (Cambra, 2016, p.37)

A lista de manutenções preditivas incluiu aquelas que têm ações de medição e acompanhamento da condição. Nas manutenções detectivas foram incluídos os testes de descoberta de falhas ocultas aos operadores, relacionados aos dispositivos de controle e proteção de equipamentos e sistemas. Dentro das manutenções preventivas, as rotinas foram classificadas nas seguintes categorias (Cambra, 2016, p.36):

a) inspeção preventiva (InspPrev): verificações conduzidas sem a medição de parâmetros de monitoramento da condição;

b) restauração preventiva (RestPrev): revisões programadas que pressupõem gastos de material, mão de obra especializada ou contratação de serviços;

c) substituição preventiva (SbtPrev): substituição completa do item com base no

tempo de funcionamento.

Cabe observar que cerca de 70% da manutenção das FCN é do tipo preventiva. Como observa Barboza (2004), até hoje a manutenção das FCN é preventiva calendária, ou seja, executada em períodos de tempo definidos pelas rotinas de manutenção, independente do estado do equipamento. Isso a coloca dentro dos conceitos da segunda geração na evolução histórica da manutenção.

A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) lança, a cada dois anos, o Documento Nacional, medindo a situação da manutenção no Brasil, a partir de ampla pesquisa realizada entre empresas representantes dos principais setores da economia de todo o país. É uma pesquisa importante, pois permite uma visão sobre como se encontra a manutenção no país e suas tendências, conforme apresentado na tabela 2

TABELA 2

Distribuição das rotinas de SMP na indústria

Aplicação de Recursos na Manutenção (%)				
Local	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
Empresas Brasileiras	30,86	36,55	18,82	13,77
Empresas competitivas mundiais	10	31	52	N/A
	Hh (Serviços de Manutenção) / Hh (total de trabalho)			

Fonte: ABRAMAN (2013)

Embora a estatística da manutenção apresentada para as unidades industriais esteja vinculada ao número de horas gastas na manutenção e os dados referentes às FCN, apresentados na tabela 1, estejam em quantidade de rotinas, podemos observar que o número de procedimentos preventivos nos equipamentos dessa classe de navios é muito elevado.

Barboza (2004) salienta que o tipo de manutenção utilizada pelas FCN é caracterizado por uma precaução excessiva. Embora aumente a confiabilidade e

disponibilidade dos sistemas, há necessidade de excessiva mão de obra e grande consumo de sobressalentes, acarretando no aumento de custo. A manutenção é baseada em dados fornecidos pelos fabricantes, com períodos mais curtos do que os são necessários para os intervalos entre manutenções, o que ocasiona vantagens aos fabricantes, tanto na garantia dos produtos e serviços, como também vantagens econômicas no fornecimento de sobressalentes.

Conforme relata Cambra (2016), a manutenção das FCN, bem como a da maioria de meios da MB, tem passado por diversas dificuldades. Com a perda da capacidade da mão de obra das organizações técnicas e as restrições orçamentárias impostas à MB, o tempo necessário para a realização do PMG das FCN aumentou em 360% desde a década de 1980. Com os navios ultrapassando os 40 anos de idade, a utilização dos equipamentos além da vida útil de projeto aumenta o custo de manutenção. As dificuldades no correto cumprimento da manutenção planejada, baseada principalmente no tempo de funcionamento e a baixa taxa de utilização da manutenção preditiva faz com que aumente a necessidade de intervenções corretivas, com a consequente perda de confiabilidade e disponibilidade dos navios.

Vimos ao longo deste capítulo que a construção das FCN foi um marco divisório na política de manutenção dos meios navais da MB. Este projeto introduziu o conceito de sistema de manutenção, dinamizando métodos e procedimentos, aliados à mão de obra, documentação e instalações necessárias para manter os sistemas dentro das suas características de projeto. Foram apresentados os dois grandes aprimoramentos na política de manutenção: Formação do SMP e emprego da manutenção preventiva com base no tempo de funcionamento.

O sistema de manutenção das FCN não sofreu significativas evoluções ao longo do tempo. Não se pode subestimar o sucesso desta política, tendo em vista que os navios estão com 40 anos de atividade, e devem ter sua vida útil prolongada. Em palestra realizada em 24 de julho de 2017 na Escola de Guerra Naval (EGN) para o Curso de Política e Estratégia

Marítimas (CPEM), o Diretor-Geral do Material da Marinha apresentou a intenção de revitalizar e estender a vida útil de pelo menos das FCN por mais 15 anos. Dessa forma, essa apresenta-se uma oportunidade de utilização dessa classe de navios estudos na sistemática de manutenção adotada na MB.

#### **4. MANUTENÇÃO BASEADA NA CONDIÇÃO**

A partir da década de 1970, a condição do equipamento passou a priorizar as políticas e estratégias de manutenção. Com a monitoração de um sistema, avaliando a degradação dos seus parâmetros operacionais, realizada por meio de medições ou inspeções, pode-se verificar o estado de operação de um equipamento, determinando uma necessidade de manutenção antes da ocorrência da falha. Baran (2011) evidencia que essa política se fundamenta na manutenção preditiva, que através de ações no presente, baseadas na leitura das degradações do equipamento, possibilita programar ações para evitar falhas futuras. A ação de manutenção será feita somente se a monitoração mostrar tal necessidade.

Para melhor entendimento da condição de um sistema ou equipamento, faz-se necessário apresentar alguns conceitos sobre parâmetros para o controle da manutenção. São os conceitos de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade.

Entende-se por confiabilidade a probabilidade de um item atender as necessidades do utilizador, para a qual ele foi projetado, por um intervalo de tempo e operando em condições de emprego previamente definidas. Conforme relembra Cambra (2016), tal conceito é definido de forma similar na NBR 5462 e na publicação da MB MATERIALMARINST 33-01.

A disponibilidade está definida na norma NBR 5462 (ABNT, 1994) como o instante ou intervalo de tempo que um item está em condições de exercer sua função, levando-se em conta sua confiabilidade e manutenibilidade. O parâmetro disponibilidade está diretamente relacionado com os parâmetros de confiabilidade e manutenibilidade. Cambra (2016) observa que a disponibilidade de um equipamento após a iniciada sua vida útil é fruto da gerência na variável de confiabilidade. Quanto maior for a confiabilidade, maior será a disponibilidade. Capetti (2005, p. 57) considera que a confiabilidade de um item é a razão

entre o tempo de funcionamento ( $t$ ) e o tempo médio entre falhas (MTBF). Para uma confiabilidade de 100%, essa relação ( $t/MTBF$ ) deve ser igual a zero. Para que isso aconteça, ou  $t$  é zero, o que significa que o equipamento não funcionou, logo não desempenha a função para a qual foi projetado, ou o MTBF tende a infinito, ou seja, uma situação improvável em que o equipamento não apresentará falhas ao longo da sua vida útil. Dessa forma, aquele autor conclui que não há como atingir uma confiabilidade plena do equipamento e, dessa forma, nunca será atingida a disponibilidade de 100%, pois haverá necessidade de interrupções para sanar eventuais falhas. Assim, apresenta-se a importância da manutenibilidade.

Manutenibilidade, de acordo com a MATERIALMARINST 33-01, é a probabilidade de um item ser reparado, após ocorrência de uma avaria, num período específico de tempo. Está relacionada com o Tempo Médio para Reparo (MTTR) e é influenciada por variáveis logísticas como sobressalentes, capacidade de mão de obra, documentação técnica, ferramentas e equipamentos de testes.

Segundo Capetti (2005), as atividades necessárias para assegurar a manutenibilidade são conhecidas como ações de manutenção ou simplesmente manutenção. Tem por finalidade aumentar a disponibilidade e confiança do equipamento, além de diminuir os custos envolvidos.

Dentre as diversas ferramentas utilizadas na manutenibilidade, apresenta-se a Manutenção Centrada na Confiabilidade, que será detalhada neste capítulo.

#### **4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)**

Este estudo não abordará as origens históricas do MCC, porém, conforme destaca BARAN (2011), é uma abordagem que surgiu no final da década de 1960, voltada para a indústria aeronáutica, com o principal objetivo de garantir o desempenho, a segurança e a

preservação do ambiente dentro de uma melhor relação de custo-benefício.

A Manutenção Centrada na Confiabilidade, do inglês Reliability Centered Maintenance (RCM), é definida na MATERIALMARINST 33-01 como

“Abordagem metódica de análise de um projeto de sistema, de modo a identificar a manutenção que deve ser feita numa base programada, a qual possa preservar, potencialmente, a confiabilidade do sistema, evitando-se avarias. Portanto, está diretamente ligada ao planejamento da manutenção preventiva.” (Brasil, 2010, p. 2 e 3)

Segundo Capetti (2005), a MCC tem foco nos custos e na disponibilidade, objetivando que o equipamento sofra o menor número de intervenções de manutenção no seu ciclo de vida. É uma ferramenta de suporte gerencial, empregando técnicas preventivas, preditivas, monitoramento em tempo real, entre outras. O citado autor ressalta ainda que, apesar de ser um método caracterizado por sua aplicação desde a fase de projeto do sistema ou equipamento, sua utilização em instalações já na fase de operação vem apresentando promissor sucesso. Baran (2011) destaca o objetivo da MCC como sendo o de aumentar as expectativas com relação ao programa de manutenção através da sua otimização, com uma estratégia planejada de modo a adequar a disponibilidade do sistema com a sua segurança, sem, contudo, elevar custos.

Conforme apresenta Souza (2004, p.43), são quatro as características que definem a MCC:

- preservar a função do sistema;
- definir as falhas funcionais e especificar os modos de falhas;
- priorizar por importância cada modo de falha; e
- escolher a manutenção com maior eficácia para os modos de falhas

prioritários.

Ao utilizar a MCC, a gerência de manutenção espera que haja uma melhora na segurança; maior proteção ambiental; que a qualidade do produto melhore em função de um

melhor desempenho operacional; que sejam observados reflexos positivos no custo de manutenção; um aumento na vida útil de componentes; que haja um confiável banco de dados sobre a manutenção; e contribua para a melhoria no trabalho da equipe de manutenção e de operação.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a MCC é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Ela identifica a funcionalidade ou desempenho esperado do equipamento, identifica os modos e causas prováveis de falha, para então detalhar os efeitos e consequências dessa falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e identificar consequências que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados. Dessa forma, os tipos de manutenção são utilizados de forma integrada e não independentemente, otimizando suas vantagens e diminuindo custos.

O Processo de Implantação da MCC requer um correto enquadramento de um item. Kardec e Nascif (2009, p.141) recomendam a aplicação de sete perguntas básicas:

- 1 – Quais as funções e padrões de desempenho de um item?
- 2 – De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- 3 – O que causa cada falha operacional?
- 4 – O que acontece quando ocorre cada falha?
- 5 – De que forma cada falha tem importância?
- 6 – O que pode ser feito para prevenir cada falha?
- 7 – O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Baran (2011) observa ainda uma oitava pergunta sugerida por Siqueira, que diz respeito à frequência das atividades: 8- Qual a frequência ideal para as tarefas?

Assim, Baran (2011) apresenta que a implantação da MCC para um item é feita

respondendo estas perguntas, efetuando um trabalho em uma sequência estruturada de sete etapas:

Etapa 1 : Identificação das Funções do Sistema;

Etapa 2 : Análise dos Modos de Falhas e Efeitos;

Etapa 3 : Seleção das Funções Significantes;

Etapa 4 : Seleção das Atividades Aplicáveis;

Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades;

Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas; e

Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

Para o correto entendimento de cada fase é necessária a apresentação resumida de alguns conceitos e definições envolvidas na MCC.

#### 4.1.1 Identificação das Funções do Sistema

Função é aquilo que o operador deseja que o item ou sistema faça dentro de um padrão de desempenho específico, ou seja, conforme explica Souza (2004), é a finalidade para qual o item ou sistema foi projetado.

O mesmo autor explica que as funções podem ser primárias ou secundárias. As funções primárias são aquelas para qual o equipamento foi concebido ou adquirido. A manutenção tem por objetivo assegurar essas funções principais. Na maioria das vezes, o equipamento realiza outras funções além das principais, que são denominadas de secundárias, podendo ser divididas nas seguintes categorias: integridade ambiental; segurança; integridade estrutural; conforto; aparência; economia; eficiência; e supérfluas.

Segundo Baran (2011), o cuidado na identificação das funções de um sistema é fundamental. Os equipamentos podem possuir funções que não se apresentam de maneira

óbvia, porém sua falta pode resultar em um forte impacto no funcionamento do sistema. O autor ressalta, ainda, que a prioridade da função deve ser feita em relação ao seu impacto na segurança, meio ambiente, fatores econômicos e operação da instalação.

#### 4.1.2 Análise dos modos de falhas e efeitos

A falha é a alteração ou interrupção da capacidade de um item desempenhar um padrão requerido, o que, segundo Kardec e Nascif (2009), seria a perda da sua função pelo sistema. Baran (2011) ressalta que a falha está na perda da função e não na perda do equipamento, classificando-a por aspectos como origem, extensão, velocidade, manifestação criticidade e idade, conforme apresentado abaixo:

- 1– Origem: Primárias – deficiência própria do componente.  
Secundárias – derivam de operação fora dos limites normais.
- 2 – Extensão: Parciais – não há perda total de sua funcionalidade.  
Completas – perda total da função.
- 3 – Velocidade: Graduais – podem ser percebidas ou previstas por inspeção.  
Repentinas – não podem ser percebidas ou previstas.
- 4 – Manifestação: Por degradação – ocorre simultaneamente de forma gradual ou parcial.  
Catastrófica – ocorre simultaneamente de forma repentina e completa.  
Intermitente – persiste por tempo limitado.
- 5 – Criticidade: Críticas – produzem condições perigosas ou inseguras.  
Não críticas.
- 6 – Idade: Prematura – ocorre durante o período inicial de vida do equipamento.  
Aleatória – Ocorre de maneira imprevisível, durante toda vida útil.  
Progressiva – ocorre por desgaste, envelhecimento e deterioração.

As falhas também são classificadas pelo efeito que provocam na função do Sistema, podendo ser uma Falha Funcional ou Falha Potencial.

Souza (2004) e Baran (2011) definem Falha Funcional como a incapacidade de um item desempenhar uma função específica dentro dos limites desejados de desempenho. Esse tipo de falha pode ser evidente, quando detectada durante o trabalho normal da equipe; oculta, quando não detectada durante o trabalho normal da equipe; e múltiplas, quando uma falha oculta combinada com uma segunda falha a torna evidente.

Os mesmos autores definem Falha Potencial como uma condição identificável e mensurável da iminência de uma falha funcional ou em processo de ocorrência. Seu início ocorre no momento que o sistema começa a apresentar uma alteração de desempenho de sua função, podendo culminar numa falha funcional, conforme apresentado na figura 3.

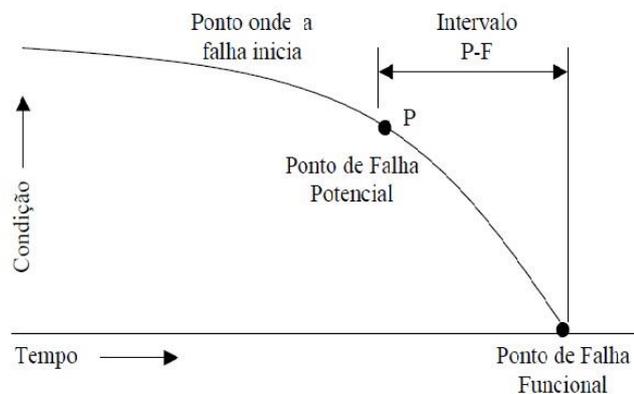


Figura 3: Intervalo P-F  
(Souza, 2004)

A manutenção sob condição deverá ocorrer no entre o ponto de falha potencial P e o ponto de falha funcional F, denominado como intervalo P-F. Tal intervalo será fundamental para a definição do tipo de manutenção que será empregado, tendo em vista que a ação deverá ser executada em um tempo suficiente para que o ponto F não seja alcançado.

Estudos estatísticos determinaram um padrão de taxa de falha, definida por Kardec e Nascif (2009) como o número de falhas por unidade de tempo, válida para uma série

de equipamentos mecânicos, elétricos e sistemas. A taxa de falha é representada graficamente por meio de uma curva a vida de um equipamento ou sistema, curva esta conhecida como curva da banheira, conforme mostrado na figura 4.

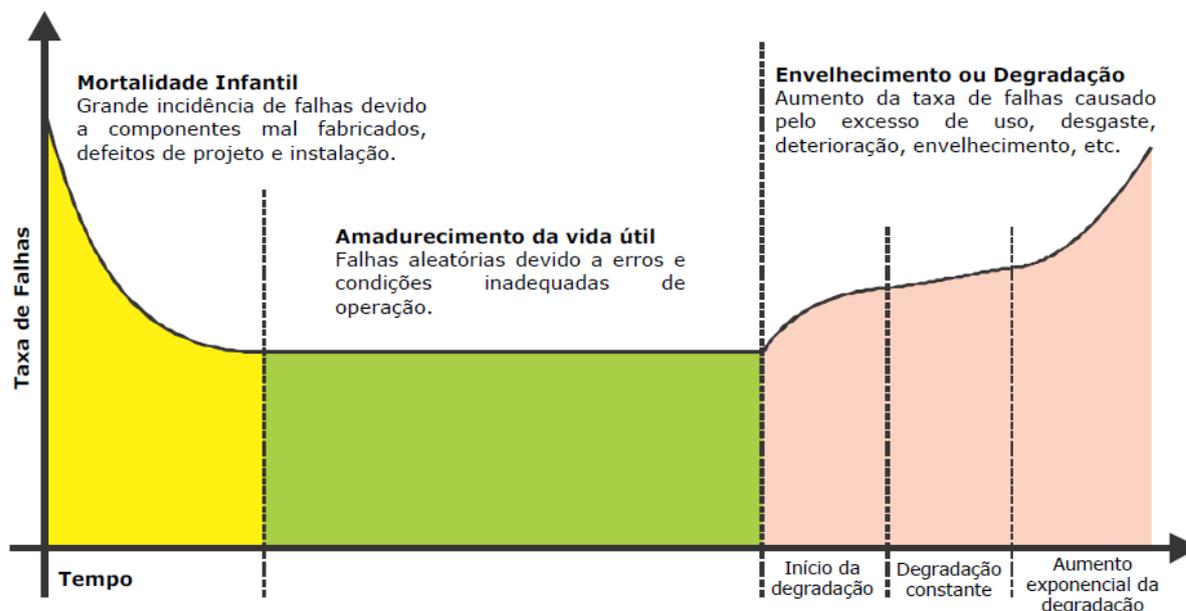


Figura 4: Curva da Banheira  
Baran (2011)

Kardec e Nascif (2009) ressaltam que essa curva foi considerada por muito tempo como o padrão para o comportamento de equipamentos e sistemas. A partir de um estudo executado pelo setor de manutenção da United Airlines, conforme apresentado por Cambra (2017), foi possível levantar seis tipos de curvas de taxa de falha dos equipamentos ao longo de sua vida útil, conforme ilustrado na figura 5.

De acordo com Souza (2004), Kardec e Nascif (2009), Baran (2011) e Cambra (2016), os padrões são caracterizados da seguinte forma:

- Padrão A: Típica curva da Banheira, com elevada probabilidade de mortalidade infantil, seguido por um período de estabilidade e um acréscimo significativo de falhas ao final da vida útil devido à degradação ou desgaste. Característico de peças estruturais,

equipamentos mecânicos, motores elétricos e peças de máquinas individuais e simples;

- Padrão B: Probabilidade constante de falhas com acréscimo ao final da vida útil.

Observada em motores alternativos e mais simples tecnologicamente;

- Padrão C: aumento gradual da taxa de falha ao longo da vida útil. Típica de turbinas, engrenagens e rolamentos;

- Padrão D: taxa de falha reduzida no início da vida útil, seguida de aumento e estabilização. Característico de itens mais complexos;

- Padrão E: Taxa de falha constante para qualquer idade. Visto em eletrônicos e lâmpadas;

- Padrão F: Elevada mortalidade infantil, com posterior estabilização ou pequeno aumento da taxa de falha. Observado em eletrônicos e Softwares.

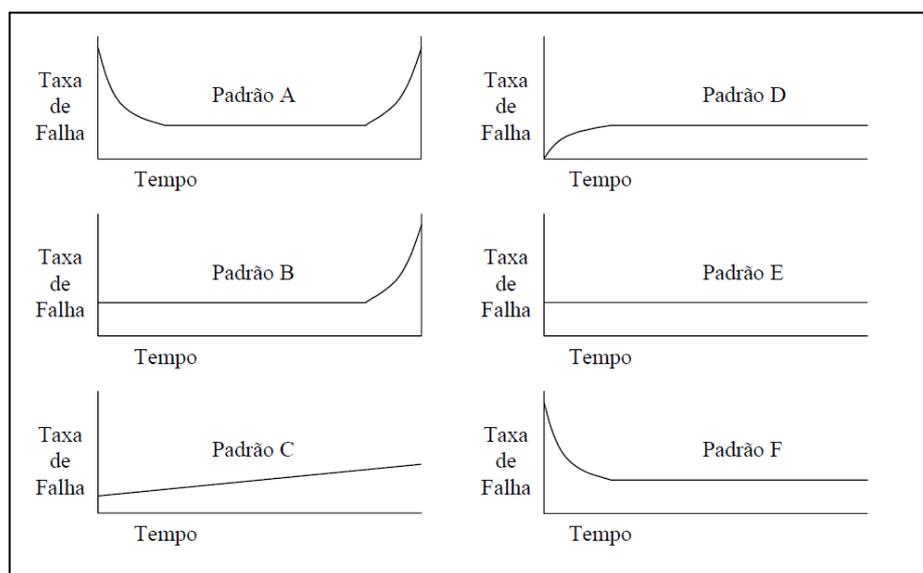


Figura 5: Padrões de Falhas  
SOUZA (2004)

Os padrões A, B e C são geralmente típicos de componentes ou equipamentos simples, enquanto os padrões D, E e F são observados em itens mais complexos.

“A diferenciação entre padrões de falhas de itens simples e complexos tem importância significativa na manutenção. Peças e itens simples frequentemente apresentam relação direta entre confiabilidade e idade, particularmente quando fatores como a fadiga e o desgaste mecânico estão presentes ou quando os itens são descartáveis.” (Souza, 2004, p.50).

Tendo sido a falha funcional identificada, devemos identificar os prováveis eventos que foram os causadores dessas falhas. Conforme destaca Moubray (2000), esses eventos são conhecidos como Modos de Falhas. Ou seja, um modo de falha pode ser qualquer evento que causa uma falha funcional. A sua identificação possibilita verificar seu impacto e tomar ações para prevenir ou corrigir a falha.

Cabe ressaltar a diferença entre modo de falha e causa de falha. Baran (2011) observa que o modo descreve o que está errado na função do sistema. Já a causa são os fenômenos que levam ao surgimento dos modos de causas, incluindo as originadas pelo operador. Por exemplo, em um equipamento pode-se observar um desbalanceamento ou desalinhamento (modo de falha) causado por uma montagem incorreta ou defeito no material (causa da falha).

De acordo com Moubray (2000), os efeitos da falha descrevem o que acontece quando um modo de falha ocorre, ou seja, como os modos de falha afetam as funções do sistema. Baran (2011) observa que um modo de falha de um componente pode ter um efeito no nível de um sistema inteiro.

Uma vez observados os efeitos da falha, será possível definir as consequências da falha, que segundo Baran (2011), é o impacto que a ocorrência da falha ocasiona. Pode afetar a produção, qualidade, segurança, ambiente e o custo. A análise das consequências dos modos de falha será feita em função de sua natureza e sua gravidade. Quanto mais grave, maiores deverão ser os esforços para evitar ou reduzir as falhas. Falhas que provocam pequenas consequências podem inclusive ser corrigidas somente após sua ocorrência.

Assim, Kardec e Nascif (2009) apresentam o conceito de gravidade da falha, também denominado por Baran (2011) como severidade, que indica como a falha afeta o usuário ou o cliente. Este último autor ainda classifica a severidade como (Baran, 2011, p.47):

- Catastrófica: ocasiona perda da função principal, com potencial para causar morte ou grandes danos ao meio ambiente e ao sistema de produção;
- Crítica: prejudica por completo o sistema, além de poder causar ferimentos graves e danos severos ao meio ambiente;
- Marginal: Danos que não resultam em falhas funcionais, pequenos danos ao meio ambiente e podem causar ferimentos leves;
- Mínimas: Resultam em danos aceitáveis ao meio ambiente. Ocasionalmente ocasionam pequenos problemas de segurança e no sistema; e
- Insignificantes: Seu efeito é insuficiente para gerar danos à segurança, ao ambiente e ao sistema.

Desse modo, percebemos que severidade quantifica a gravidade da falha potencial, sua consequência e seu impacto no sistema.

Kardec e Nascif (2009) e Baran (2011) apresentam ainda os conceitos de “frequência”, que é probabilidade de ocorrer a falha, a “detectabilidade” que indica o grau de facilidade de detecção da falha. Com a quantificação destes parâmetros obtém-se a “criticidade” ou “índice de risco”, que é o resultado do produto dos valores quantificados de gravidade da falha e da detectabilidade pela sua frequência. Esse valor será fundamental para a avaliação da aceitabilidade do risco, utilizando ferramentas apropriadas e dentro da política organizacional da empresa, que será objeto de análise e decisão de seleção das atividades de manutenção que serão realizadas.

Podemos observar que dentro desta etapa da MCC - Análise dos modos de falhas e efeitos – são identificadas as funções e seus modos de falha, seus efeitos associados com suas causas e consequências. Também é definida sua criticidade em função da gravidade, frequência e detectabilidade, proporcionando elementos para a aceitabilidade do risco e decisão da ação a ser tomada.

A MCC utiliza ferramentas para a análise do modo e efeito das falhas. Baran (2011), Souza (2004) e Kardec e Nascif (2009) apresentam a FMEA, da sigla em inglês “Failure Mode and Effects Analysis”. Trata-se um procedimento sistemático para identificar e documentar os modos de falha potenciais e verificar o seu efeito nos vários níveis do sistema. Hierarquiza as falhas potenciais e fornece recomendações para ações de manutenção. Visa acentuar a confiabilidade do equipamento ou sistema, indicando os procedimentos de manutenção para atenuar o efeito de uma falha.

Já o FMECA – “Failure Mode Effects and Critically Analysis”, ou seja, Análise do Modo, Efeito e Criticidade de Falhas – acrescenta uma Análise de Criticidade (CA) ao FMEA, que prioriza o nível de falha e seus efeitos de acordo com o seu nível de importância tomando como base a taxa de falha e a gravidade do efeito da falha (Baran, 2011). Kardec e Nascif (2009) acrescentam que a FMEA está ligada ao aspecto qualitativo, enquanto a CA é um “método quantitativo que é utilizado para classificar os modos de falhas levando em consideração suas probabilidades de ocorrência”. (Kardec e Nascif, 2009, p.128). Não serão apresentados maiores detalhes sobre tais ferramentas tendo em vista não ser o escopo deste trabalho.

#### 4.1.3 Seleção das Funções Significantes

Nesta etapa é utilizado um processo estruturado para analisar as funções identificadas na Análise dos modos de falhas e efeitos e determinar se uma falha tem efeito significativo. Baran (2011) ressalta que a priorização das funções significantes é realizada por um fluxo de decisão, onde a função é avaliada pela natureza do impacto no processo, podendo afetar nos aspectos considerados pilares da MCC: segurança, meio ambiente, operação e custos. A figura 6 ilustra o fluxo de decisão das funções significantes.

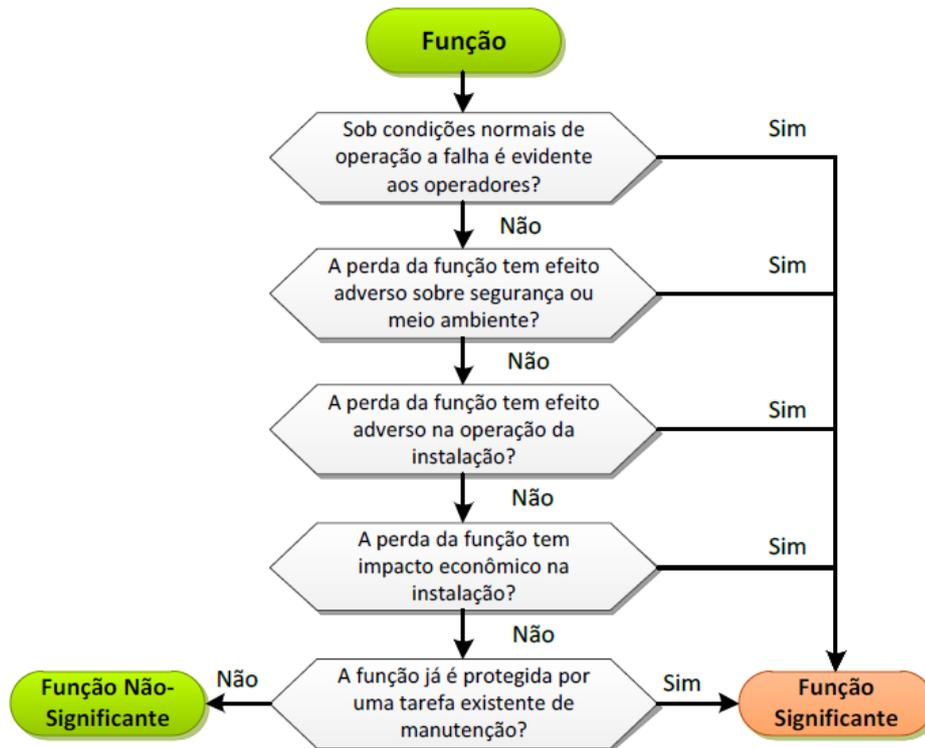


Figura 6: Fluxo de Decisão das Funções Significantes  
Baran (2011)

#### 4.1.4 Seleção das Atividades Aplicáveis

Serão estabelecidos requisitos para determinar as ações e métodos de manutenção a serem utilizados, que sejam tecnicamente aplicáveis, visando prevenir ou corrigir cada modo de falha, utilizando um diagrama de decisão. Moubrey (2000), Souza (2004) e Baran (2011) apresentam o Diagrama de Decisão do MCC, que servirá de base para definir que rotina de manutenção será adotada. Pelo do diagrama, serão respondidas perguntas e, de acordo com as respostas dos analistas, será especificada uma tarefa ou uma nova pergunta até a definição da rotina a ser adotada.

#### 4.1.5 Avaliação da Efetividade das Atividades

Essa etapa determina se uma tarefa de manutenção é efetiva para reduzir ou evitar as consequências previstas para uma falha. Baran (2011) observa os seguintes critérios para avaliar o resultado e a viabilidade da aplicação da ação de manutenção, considerando os aspectos econômicos disponíveis e necessários:

- Aplicabilidade técnica e viabilidade da tarefa;
- O uso e custos dos recursos físicos necessários;
- Indisponibilidade da operação durante aplicação da tarefa;
- Eficácia do resultado; e
- Intervalo de execução.

#### 4.1.6 Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas

Em continuidade às duas últimas fases, determinar-se-á qual a melhor ação de manutenção. Conforme comenta Cambra (2016), nessa etapa são selecionadas as tarefas aplicáveis e efetivas para cada modo de falha.

#### 4.1.7 Definição da Periodicidade das Atividades

Serão estabelecidos os métodos e critérios para a periodicidade ou frequência das atividades selecionadas. Conforme salienta Baran (2011), é recomendada uma combinação de informações de banco de dados, experiência de especialistas e métodos estatísticos para definição da frequência da ação de manutenção.

Apresentada as fases e conceitos empregados na MCC, será abordado um exemplo de utilização prática na Marinha dos EUA.

#### **4.2 Manutenção Centrada na Confiabilidade na Marinha dos EUA (USN)**

Conforme estudo efetuado por Cambra (2016), a USN implantou em 1978 um projeto piloto que tinha como propósito reavaliar o programa de manutenção realizado na Fragata USS Roak, programa que era fundamentado na manutenção preventiva baseada no tempo de funcionamento. O sucesso alcançado com a utilização do MCC, reduzindo o emprego de mão de obra e material fez com que aquela Marinha estendesse a utilização desta ferramenta para mais quatro fragatas da classe Knox. A partir de 1980, a MCC passou a ser utilizada por todos os navios da USN, priorizando a manutenção preditiva.

Segundo Baseman (2000) e Cambra (2016), em 1996 a USN implementou o programa *Surface Ship Maintenance Effectiveness Review (SURFMER)*. Esse programa reduziu, no período de 1996 a 2000, a carga de trabalho na manutenção planejada em 35%.

O SURFMER iniciou como um programa piloto a bordo do cruzador USS Yorktown, com o objetivo de reduzir custos e mão de obra, melhorando a qualidade de vida do pessoal embarcado. Conforme ressalta Baseman (2000), o *Naval Sea System Command (NAVSEA)* – Organização da USN similar à DEN na MB (Cambra 2016, p.64) – observou que era uma excelente oportunidade para reavaliar os conceitos da MCC nas rotinas de manutenção desta classe de cruzadores. A NAVSEA encarregou a *American Management Systems (MAS)*, uma empresa de parceria pública-privada com 20 anos de experiência, para desenvolver um processo baseado na MCC que verificasse as rotinas de manutenção a bordo e avaliasse uma possível redução, o que levou à criação do MCC Backfit, implementado como projeto piloto no USS Yorktown.

#### 4.2.1 MCC Backfit

De acordo com Cambra (2016), a MCC Backfit é uma versão reduzida da MCC que prioriza a utilização de dados históricos de operação e manutenção para definição de parâmetros relacionados aos modos de falha. Baseman (2000) acrescenta que a MCC Backfit é um processo de engenharia, lógico e repetitivo, aplicado à sistemas já em serviço, abordando a degradação pela idade do sistema em análise, a aplicabilidade das ações de manutenção prescritas e a eficácia de tais ações.

De acordo com a publicação da USN – *Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook* (2007) – o objetivo de se aplicar o MCC Backfit em um sistema, subsistema ou equipamento visa determinar a manutenção correta, no sistema ou equipamento correto, no intervalo de tempo correto.

“A metodologia MCC "Backfit" fornece um meio de implementar a melhoria contínua no programa de manutenção. Usando a experiência adquirida através da operação, manutenção e monitoração do equipamento, os procedimentos de manutenção existentes são revisados para determinar:

1. Se os modos de falha que estão sendo abordados pelo procedimento de manutenção são aqueles que realmente ocorrem na operação e impactam sobre a funcionalidade necessária do sistema.
2. Se a tarefa é implementada é o procedimento “aplicável” para o modo de falha sendo o suficiente para impedir ou prevenir a falha.
3. Se tarefa é uma apresenta uma relação custo x benefício aceitável em relação às consequências da falha ou se são necessárias melhorias.

Além disso, um exame detalhado das etapas do procedimento é realizado para efetuar melhorias no processo ou técnica e para validar os requisitos de mão de obra e materiais (especialmente materiais perigosos).

O agendamento de cada tarefa também é revisado para determinar se são necessárias alterações ou se a tarefa poderia ser um alterada em função da idade.” (NAVSEA, 2007 p.7-8, tradução nossa)

O Backfit RCM é uma metodologia desenvolvida para validar os requisitos de manutenção existentes. A metodologia primeiro procura ver se o sistema realmente sofre influência da degradação por idade, isto é, se há degradação da confiabilidade de um item em função do tempo de funcionamento, e se os modos de falha assumidos de fato ocorrem. Caso haja um histórico de degradação por idade, as tarefas atuais são analisadas verificando sua

aplicabilidade e eficácia. Se os modos de falha assumidos não ocorrerem, as tarefas programadas existentes não têm de propósito útil e podem ser eliminadas.

De maneira similar à MCC clássica, a MCC Backfit é realizada em sete etapas:

Etapa 1: Identificação do Modo de Falha, usando a experiência operacional e histórico de falhas;

Etapa 2: Verificar se há degradação por idade e se o modo de falha realmente ocorre durante a vida útil;

Etapa 3: Determinar e classificar o tipo de manutenção para o modo de falha;

Etapa 4: Verificar se a tarefa de manutenção existente é aplicável (relevante);

Etapa 5: Identificar as consequências das falhas;

Etapa 6: Verificar se a tarefa de manutenção é efetiva; e

Etapa 7: Verificar se tarefa de manutenção pode ser melhorada.

A primeira etapa da RCM clássica, Identificação das Funções do Sistema, não é abordada pela MCC Backfit, tendo em vista que já foi realizada para as rotinas de manutenção existentes.

A MCC Backfit é composta de três fases: Degradação por idade; Aplicabilidade; e Eficácia.

A primeira fase, denominada Degradação por Idade, utiliza as etapas 1, 2 e 3 para validar as decisões do FMEA da etapa 2 da MCC clássica. Será observado, utilizando o histórico operacional do equipamento, se a seleção original do modo de falha e estava correta. Caso seja observada uma degradação da confiabilidade, será procedida a etapa 2 da MCC Backfit, caso contrário, será recomendada a eliminação da tarefa de manutenção.

A segunda fase (Aplicabilidade), composta pela etapa 4, e a terceira fase (Eficácia), composta pelas etapas 5, 6 e 7, serão utilizadas para verificar como as tarefas de manutenção impactam no controle dos modos de falha, analisando os custos de manutenção

em relação às consequências das falhas. Ao final dessa etapa, poderá ser sugerida uma mudança na tarefa de manutenção, a sua exclusão, adicionar novas tarefas, manter a tarefa atual ou até mesmo a “exploração de idade”, que consiste em um processo sistemático de aumentar o intervalo da tarefa de manutenção preventiva e monitorar os resultados até alcançar o melhor resultado. A Figura 7 ilustra o formato do modelo do diagrama de processo da MCC Backfit.

A MCC Backfit é uma ferramenta que fornece um meio direto de validar as tarefas de manutenção aplicadas ao sistema após ser adquirida uma maior experiência com o equipamento.

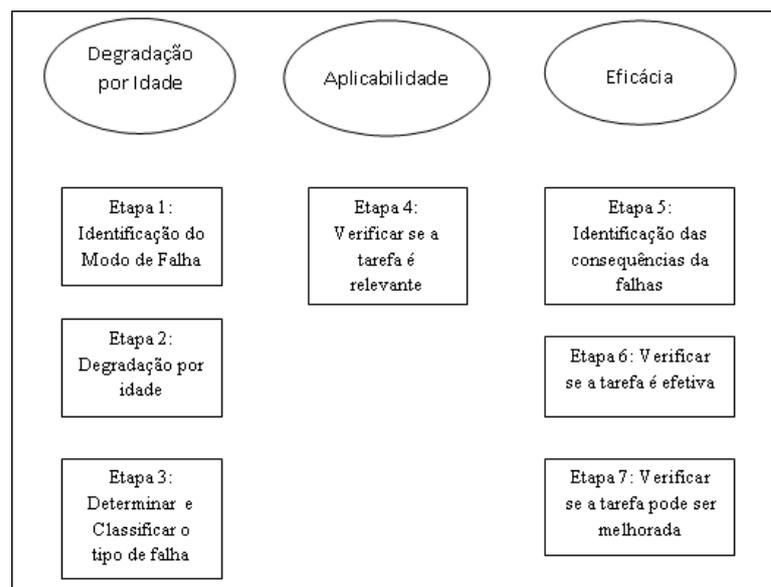


Figura 7: Processo da MCC Backfit  
(Fonte: EUA, 2007)

Neste capítulo foi apresentado que a partir da década de 1970 as políticas de manutenção passaram a priorizar a condição do equipamento, com a avaliação da degradação dos seus parâmetros operacionais por intermédio de medições e inspeções, determinando a necessidade de manutenção antes da ocorrência da falha. A ação de manutenção será feita somente se a monitoração mostrar tal necessidade.

Foram apresentados os conceitos de confiabilidade, disponibilidade e

manutenibilidade. Foi destacada a relação entre esses três fatores, verificando que a disponibilidade está diretamente relacionada com os parâmetros de confiabilidade e manutenibilidade. A confiabilidade é representada pela relação entre disponibilidade e o tempo médio entre falhas ( $t/MTBF$ ). Dessa forma, é impossível uma confiabilidade de 100% de um equipamento, pois seria utópico um equipamento não apresentar falhas durante sua vida útil e o MTBF tender ao infinito. Daí observa-se a importância da manutenibilidade, que deverá aplicar técnicas e métodos de forma a tornar o Tempo Médio para Reparo (MTTR) o menor e menos dispendioso possível.

Dentre as ferramentas passíveis de serem aplicadas na manutenção de forma a aumentar a disponibilidade e confiança, além de diminuir os custos envolvidos, foi apresentada a MCC, que é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Tem o objetivo de aumentar as expectativas com relação ao programa de manutenção pela sua otimização, com uma estratégia planejada de modo a adequar a disponibilidade do sistema com a sua segurança, sem, contudo, elevar custos.

A MCC identifica a funcionalidade ou desempenho esperado do equipamento, seus modos e causas prováveis de falha e detalha os efeitos e consequências desta falha. É analisada a criticidade e identificadas consequências que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. Então são selecionadas as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falhas identificados. Assim, os tipos de manutenção são utilizados de forma integrada e não independentemente, otimizando suas vantagens e diminuindo custos. Isso é realizado por meio de um trabalho estruturado de sete etapas.

Apesar da MCC de ser um método caracterizado por sua aplicação no projeto do sistema ou equipamento, sua utilização em instalações já na fase de operação vem

apresentando promissor sucesso. Um exemplo é a implementação da MCC na USN, inicialmente como um projeto piloto e posteriormente com a criação do MCC Backfit.

A MCC Backfit é um processo de engenharia, lógico e repetitivo, aplicado a sistemas já em serviço, abordando a degradação pela idade do sistema em análise, a aplicabilidade das ações de manutenção prescritas e a eficácia de tais ações. Ou seja, é uma metodologia desenvolvida para validar os requisitos de manutenção existentes. Tem por objetivo determinar a manutenção correta, no sistema ou equipamento correto, no intervalo de tempo correto.

Assim como a MCC clássica, a MCC Backfit também é desenvolvida em sete etapas, divididas em 3 fases: Degradação por idade; Aplicabilidade; e Eficácia. Na primeira fase, que compreende as 3 primeiras etapas, será observado, utilizando o histórico operacional do equipamento, se a seleção original do modo de falha e estava correta, determinando o tipo de manutenção aplicável ou a eliminação da tarefa de manutenção. As demais fases serão utilizadas para verificar como as tarefas de manutenção impactam no controle dos modos de falha, analisando os custos de manutenção em relação às consequências das falhas. Ao final será sugerida a tarefa de manutenção que alcançará o melhor resultado.

O próximo capítulo abordará como a experiência da USN com a MCC Backfit pode ser utilizada na MB, utilizando as FCN como projeto piloto para sua implementação.

## **5. APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE NAS FCN**

O propósito deste capítulo é apresentar uma sugestão de gerenciamento da aplicação da MCC Backfit para utilização nas FCN, levando em consideração a atual estrutura administrativa de manutenção da MB.

Conforme apresentado no capítulo 2, de acordo com palestra do Diretor-Geral do Material da Marinha, em 24 de julho de 2017 na EGN, foi apresentada a proposta de extensão da vida útil das FCN, por meio de um projeto de revitalização. No citado capítulo também foi ressaltado que, dentro dos 40 anos de atividade, a política de manutenção das FCN não sofreu significativas evoluções ao longo do tempo.

Cambra (2016), ao ressaltar a relevância do seu trabalho dentro da política de manutenção da MB, apresenta propostas de para a implantação da MCC na MB, dentre as quais destacamos:

- a) Desenvolver e implantar um sistema de gerenciamento de manutenção que permita o acompanhamento e controle da atividade, a partir do registro e análise das ações de manutenção e das ocorrências de falhas e que disponibilize as informações de confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e custos;
- b) Estruturar o processo de revisão contínua e periódica do SMP dos navios; e
- c) Iniciar a implantação da MCC, utilizando projetos piloto e a abordagem seletiva, em navios, sistemas e equipamentos críticos que estejam apresentando resultados indesejados de confiabilidade, disponibilidade e custo.

Nesse sentido, faz-se necessário conhecer a estrutura de manutenção da MB, de modo a propor a gerência da implantação de um projeto piloto para a implantação da MCC Backfit nas FCN utilizando a estrutura já existente.

## 5.1 A Estrutura administrativa da Manutenção da MB

De um modo amplo, a estrutura administrativa da MB é dividida em sete Órgãos de Direção Setorial (ODS), subordinados ao Comandante da Marinha e tendo como órgão de Direção Geral o Estado-Maior da Armada (EMA)<sup>1</sup>:

- ComOpNav – Comando de Operações Navais;
- SGM – Secretaria-Geral da Marinha.
- DGMM – Diretoria-Geral do Material da Marinha;
- DGPM – Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha;
- DGN – Diretoria Geral de Navegação;
- DGDNTM – Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da

Marinha; e

- CGCFN – Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais;

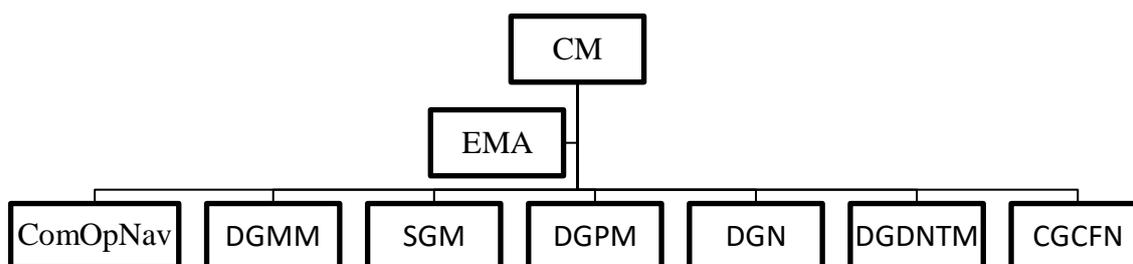


Figura 8: Estrutura Administrativa da Marinha

Dentro dessa estrutura, estão diretamente envolvidos com a manutenção de navios o ComOpNav, a DGMM e a SGM.

De acordo com seu Regulamento (2015), o ComOpNav tem o propósito de prestar as Forças Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais do Setor Operativo para o

<sup>1</sup> Disponível em < <https://www.marinha.mil.br/content/estrutura-organizacional>>. Acesso em: 20 jul.2017

adequado emprego do Poder Naval. O Glossário das Forças Armadas (2007) define aprestamento como sendo o “conjunto de medidas de prontificação ou preparo de uma força ou parte dela, especialmente as relativas à instrução, ao adestramento, ao pessoal, ao material ou à logística...” (MD, 2007, p. 28). Logo, a prontificação do material, em que se inclui a manutenção, está dentro das tarefas do ComOpNav. Cabendo a esse Comando a elaboração do Programa Geral de Manutenção (PROGEM). O PROGEM é um documento de planejamento, para um período de quatro anos, e que tem como propósito propiciar aos meios navais a plena capacidade operativa. Cabe ressaltar que as Bases Navais, que possuem capacitação para determinadas tarefas de manutenção das FCN, estão subordinadas ao ComOpNav.

As FCN também estão subordinadas ao ComOpNav, através do Comando em Chefe da Esquadra (ComemCh), Comando da Força de Superfície (ComForSup) e, como seu Comandante Imediatamente Superior (ComImSup), o Comando do 1º Esquadrão de Escolta (ComEsqdE-1).

O ComForSup criou em 2014, por meio da Portaria nº 17/2014, o Grupo de Apoio à Manutenção (GRUMAN), que tem o propósito de inspecionar e assessorar os meios subordinados, no que tange à manutenção planejada. Compete ao GRUMAN:

- a) verificar o cumprimento do SMP de 1º escalão;
- b) orientar a organização e o planejamento das rotinas de manutenção dos sistemas e equipamentos de bordo;
- c) revisar as rotinas de manutenção existentes, interagindo com os Navios, Esquadrões, OMPS, Diretorias Especializadas e Centros de Manutenção e Apoio a fim de propor atualizações e homologações de SMP às Diretorias Especializadas (DE) e aprimorar as condições materiais dos meios;

- d) assessorar na elaboração de rotinas de manutenção planejada (SMP) para aqueles sistemas e equipamentos ainda não amparados pelas DE;
- e) verificar a capacidade técnica para realização da SMP; e
- f) verificar a existência dos pacotes de sobressalentes necessários para o cumprimento das rotinas de manutenção. Na falta dele, assessorar o Navio na catalogação dos itens junto à DAbM.

A figura 9 ilustra a cadeia de comando das FCN com a assessoria do GRUMAN.

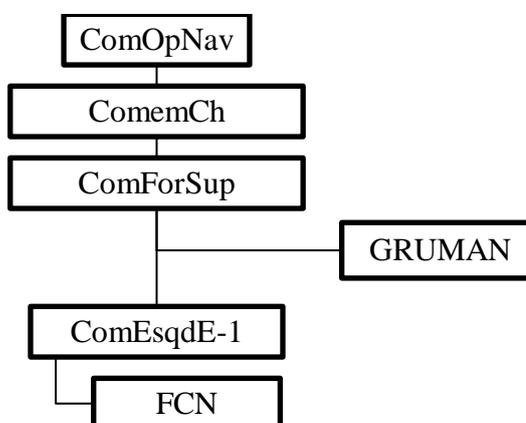


Figura 9: Cadeia de Comando das FCN

A SGM, segundo seu Regulamento (2012), tem o propósito de contribuir para o preparo e a aplicação do Poder Naval, no tocante às atividades relacionadas, entre outras, com logística e mobilização. Tem a tarefa de superintender o Sistema de Abastecimento da Marinha, utilizando a Diretoria de Abastecimento da Marinha (DAbM) para prever e prover os sobressalentes e materiais necessários para a manutenção dos navios. A DAbM tem como OM subordinadas, especificamente afetas à aquisição e distribuição de sobressalentes para a manutenção de navios, o Centro de Controle de Inventário da Marinha (CCIM) e o Depósito de Sobressalentes da Marinha no Rio de Janeiro (DepSMRJ). Funcionalmente estão subordinados à DAbM os sete Centros de Intendência da Marinha localizados nos Distritos Navais.

Cabe destacar a atuação do Escritório de Ligação do Abastecimento Junto à Esquadra (ELESq), que estabelece uma ligação direta entre o Setor Operativo e o Setor de Abastecimento. Localizado no prédio da ComForSup, é braço operacional do CCIM, com o intuito de maximizar o atendimento das necessidades dos meios subordinados ao ComForSup e outras Forças Operativas. Dentre suas tarefas, destacamos a de assessorar no planejamento e manter os meios incluídos no PROGEM informados sobre a situação da disponibilização do material que será utilizado durante o Período de Manutenção.

A DGMM, cujo processo de reestruturação ocorrido nos anos de 2016 e 2017 está representado pelo organograma da figura 10, tem o propósito de contribuir para o preparo e aplicação do Poder Naval, no tocante às atividades relacionadas ao material e à tecnologia da informação da MB.

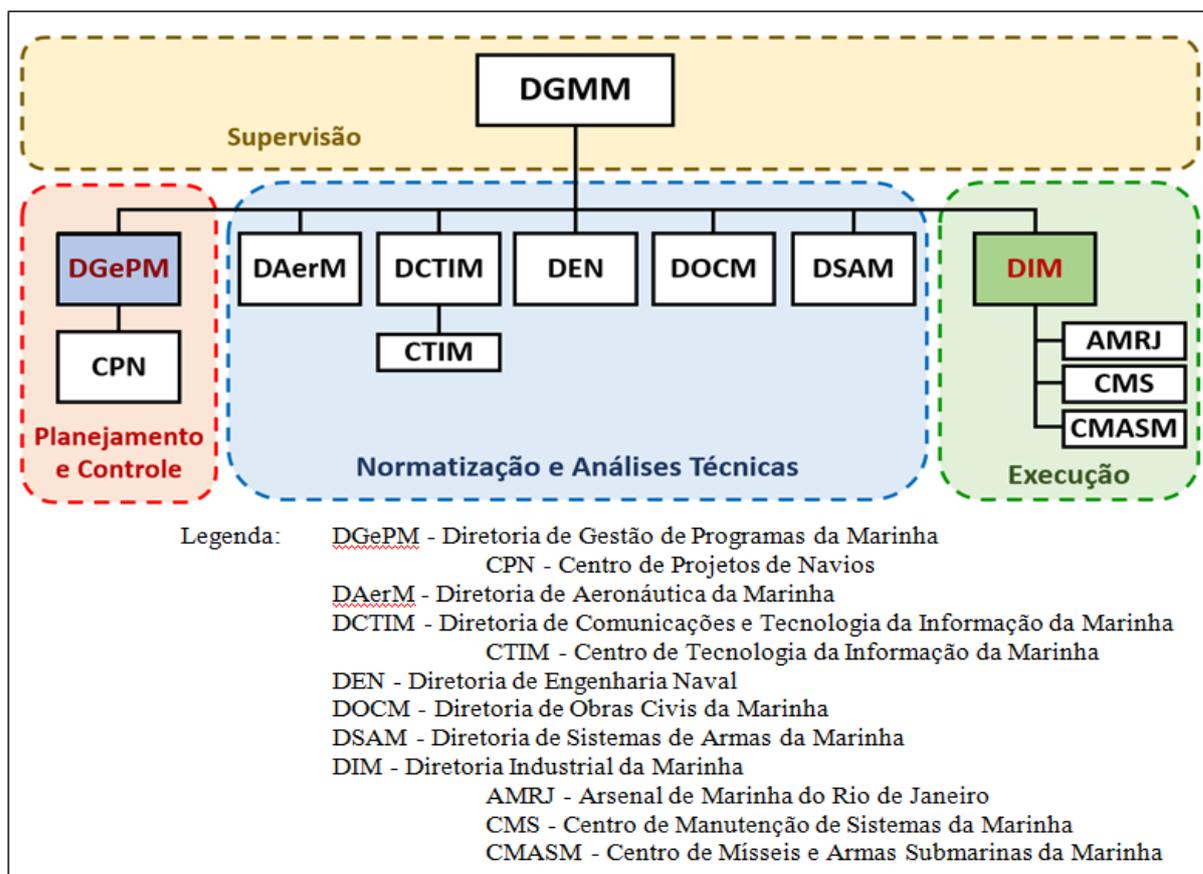


Figura 10: Organograma da DGMM

A DGMM possui as seguintes tarefas:

- a) supervisionar os estudos para a formulação de diretrizes concernentes à produção, manutenção, desenvolvimento e pesquisas do material que lhe está afeto;
- b) supervisionar os projetos, a construção, a aquisição, a modernização, a manutenção e os reparos de navios, aeronaves e equipamentos em geral;
- c) exercer a supervisão técnica do Sistema de Abastecimento da Marinha; e
- d) supervisionar as atividades relativas à Governança de Tecnologia da Informação na Marinha.

Para o escopo deste trabalho, serão apresentadas as seguintes OM: DGePM, DEN e DIM.

A DGePM integra o apoio logístico, concentrando as tarefas de obtenção e gestão de programas, gestão do ciclo de vida, manutenção e negociação e offset. Conforme apresentado em seu Regulamento (2017), tem o propósito de

“atuar como órgão de planejamento/coordenação central da gestão dos programas e projetos de obtenção e manutenção dos sistemas e meios navais definidos pela Alta Administração Naval; gerenciar todo o ciclo de vida desses meios, desde sua concepção até o descarte, em coordenação com as demais Diretorias Especializadas (DE) e Organizações Militares (OM) envolvidas; e servir como repositório do conhecimento institucional adquirido nesse novo tipo de gestão.” (Brasil, 2017, p.1).

Tem, entre as suas tarefas, a de gerir e coordenar a execução dos projetos de manutenção geral, de modernização e de revitalização dos meios navais. Sob sua subordinação hierárquica está o CPN, que realiza atividades técnicas de análises e avaliações de engenharia em apoio aos navios de superfície, incluindo as FCN.

O propósito da DEN é de realizar atividades normativas, técnicas e de supervisão de Engenharia Naval relacionadas com sua área de atribuição, que compreende: Estrutura Naval, Sistemas de Propulsão, Sistemas de Governo, Sistemas Auxiliares, Sistemas de Geração de Energia, entre outros. Dentre suas tarefas estão a de elaborar normas,

procedimentos, especificações e instruções técnicas; planejar e orientar as atividades de estruturação da manutenção, as atividades gerenciais e técnicas de abastecimento e as atividades da formação especializada e aperfeiçoamento de pessoal técnico; e supervisionar a execução do Sistema de Manutenção Planejada (SMP) nos meios navais;

A DIM reúne as OM de execução de reparos, tendo dentre eles o AMRJ, OMPS-I responsável pelos principais períodos de manutenção das FCN. Tem com tarefa efetuar a coordenação executiva dos serviços industriais e de manutenção preventiva e corretiva realizadas pelas OMPS subordinadas.

O entendimento da estrutura administrativa da manutenção da MB é fundamental para que possamos apresentar uma proposta de gerenciamento de um projeto piloto para a implementação da MCC Backfit nas FCN.

Conforme citado pelo Diretor Geral do Material da Marinha em sua palestra ao CPEM em 2017, a reestruturação do setor do material permitirá a evolução da política de manutenção dos nossos meios, adotadas na década de 80, intensivas na aplicação de recursos humanos e materiais, e financeiramente onerosas.

## **5.2 Gerenciamento da MCC Backfit para as FCN**

O projeto de revitalização das FCN, que não será abordado em detalhes nesse trabalho em função do seu grau de sigilo, foi apresentado pelo Diretor Geral do Material da Marinha em palestra ao CPEM em 2017. Essa revitalização apresenta-se como uma oportunidade para uma revisão na política de manutenção da MB.

As FCN possuem um SMP organizado e consolidado, daí a escolha da MCC Backfit como ferramenta de utilização da manutenção baseada na condição para essa classe de navios. Tal escolha se dá pelo fato, conforme já visto no capítulo 4, dessa ferramenta poder

aplicada a sistemas já em serviço, abordando a degradação pela idade do sistema em análise, a aplicabilidade das ações de manutenção prescritas e a eficácia de tais ações.

De acordo com a palestra do DGMM, o projeto de revitalização é de responsabilidade da DGePM. Observa-se que a Diretoria tem a tarefa de atuar como órgão de planejamento/coordenação central da gestão dos programas e projetos de obtenção e manutenção dos sistemas e meios navais. Logo, essa diretoria é a indicada para coordenar um projeto piloto para implantação da MCC Backfit nas FCN, sendo responsável pela gerência das etapas desta ferramenta juntos às demais OM. De modo a simplificar a implantação do projeto piloto e adequando-o ao projeto de revitalização das FCN, além das características dos equipamentos e sistemas, recomenda-se que o escopo da MCC seja direcionado para os sistemas e equipamentos de máquinas, incluindo bombas, compressores e equipamentos elétricos. Tal escolha se coaduna com a análise de equipamentos já efetuados pelo CPN.

Em palestra no ComForSup, em 17 de outubro de 2016, o representante do CPN apresentou o serviço de análise de vibração, uma das técnicas da manutenção preditiva apresentada no capítulo 2. Foi mostrado o Sistema de Medição e Análise de Vibração de Equipamentos Rotativos e Alternativos (SAVERA), através do qual são analisadas as medições realizadas na linha de propulsão dos navios, incluindo linha de eixo, caixas reductoras, Motores de combustão principais e auxiliares, bombas de esgoto e incêndio, entre outros. Somente no ano de 2016, o CPN efetuou medições e análise de em 899 equipamentos de 28 navios. Porém, este serviço não é efetuado de maneira sistemática, dependendo exclusivamente da iniciativa do navio em efetuar o pedido diretamente ao CPN. Na mesma palestra foram apresentadas outras técnicas de manutenção preventiva, como a termografia, nível de ruído e análise de óleo. Cambra (2016) aborda a análise químico/metálico de óleo lubrificante de motores diesel, que permite o acompanhamento da condição dos motores pela análise espectrométrica do óleo lubrificante, viabilizando a identificação das partes do motor

que apresentam desgaste acima do normal. Tal análise pode ser realizada pelo laboratório de análises químicas do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepComBRJ), conforme palestra de seu representante ao ComForSup no dia 17 de outubro de 2016.

Conforme apresentado no capítulo 3, as rotinas de manutenção são separadas em escalões. O 1º Escalão compreende as tarefas realizadas pelo usuário, com os meios orgânicos disponíveis, ou seja, pelo pessoal de bordo nas FCN. O GRUMAN, conforme suas tarefas descritas anteriormente, é o grupo indicado para a coleta de informações de operações e histórica dos equipamentos, bem como a supervisão do correto preenchimento dos dados necessários para a implementação do MCC Backfit. Também poderá atuar como elemento responsável pelo treinamento e qualificação do pessoal de bordo para as atividades da manutenção baseada na condição.

Os demais escalões transcendem a capacidade orgânica de bordo. Logo, faz necessária a atuação da DIM, sob a coordenação da DGePM, para o treinamento, qualificação e capacitação das OM executoras da manutenção nos diversos escalões para a implantação da MCC Backfit.

A DEN, como órgão de normatização, procederá a análise dos dados obtidos em função da rotina de manutenção em vigor e proporá as alterações, caso sejam necessárias para a otimização do SMP.

Em função dos resultados obtidos, a DGePM coordenará com o ComOpNav a confecção do PROGEM de modo a aumentar a confiabilidade e disponibilidade de cada FCN, dentro da melhor relação de custo possível.

As necessidades de material serão enviadas ao ELsq, que atuará para disponibilizar os sobressalentes necessários para as rotinas de manutenção.

A figura 11 ilustra a sugestão deste autor, com as interações já apresentadas entre os diversos órgãos da estrutura administrativa da MB, visando à implementação do projeto piloto da MCC Backfit nas FCN.

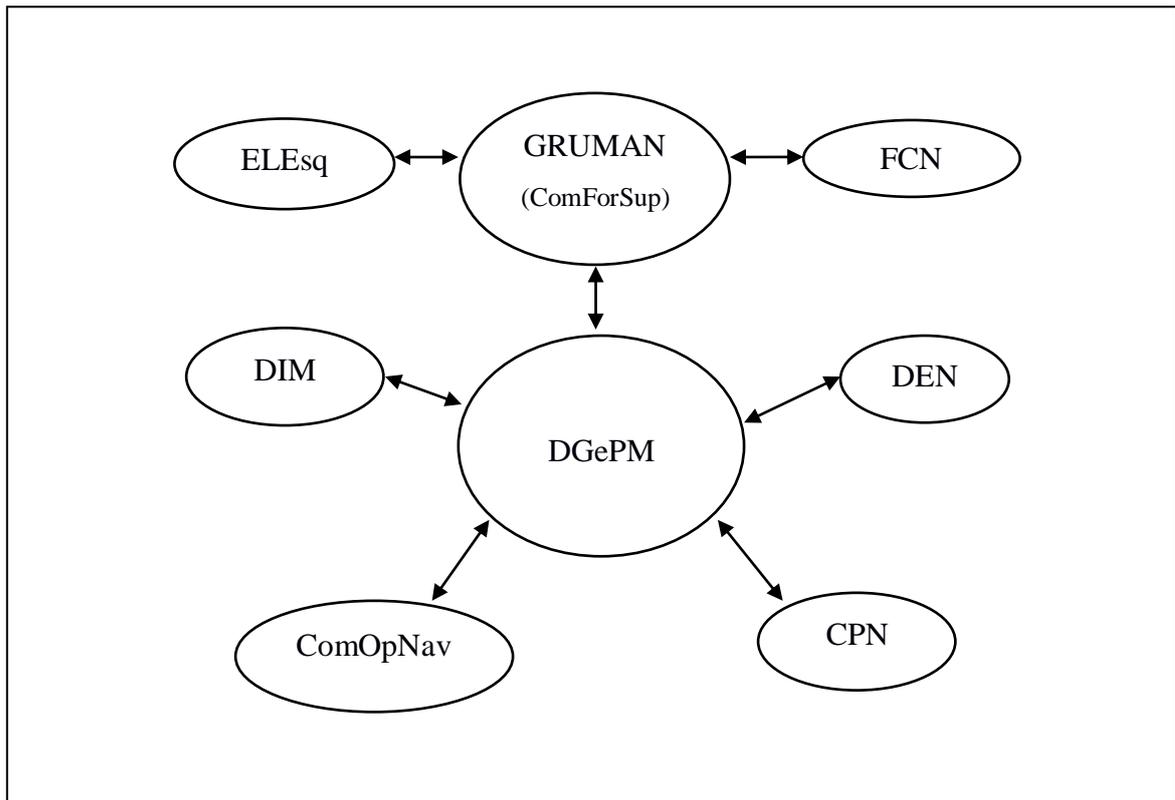


Figura 11: Plano Esquemático de Gerência da MCC Backfit nas FCN

Neste capítulo foram apresentadas as propostas formuladas por Cambra (2016) para implementação da MCC na MB. Tais propostas corroboram a ideia de modificação da política de manutenção na MB. Desta forma, surge a oportunidade de aplicação da MCC Backfit nas FCN, sem contudo alterar a estrutura administrativa de manutenção da MB.

Apresentada esta estrutura, destacou-se os três ODS diretamente envolvidos com a manutenção de navios, com suas principais tarefas. São o ComOpNav, a DGMM e a SGM. Dentro das tarefas desempenhadas por estes ODS, juntamente com suas respectivas OM subordinadas, podemos observar atividades diretamente ligadas à manutenção dos meios

navais e, conseqüentemente, das FCN. Assim, as OM do ComOpNav, a quem cabe o aprestamento dos meios navais e a elaboração do PROGEM, tem suas atividades diretamente ligadas ao SMP dos navios. O ELÉsq, que estabelece uma ligação direta entre o Setor Operativo e o Setor de Abastecimento, é vinculado à tarefa da SGM de prever e prover os sobressalentes e materiais necessários para a manutenção.

A DGMM é a responsável por formular diretrizes e supervisionar a manutenção dos meios navais. Dentro da recente reestruturação administrativa do setor do material, destacou-se para escopo deste trabalho, as tarefas atribuídas ao DGePM e sua OM subordinada o CPN, a DEN e a DIM. A reestruturação do setor de material aparece como uma oportunidade para permitir a evolução da política de manutenção de MB. Nesse contexto, a utilização da MCC Backfit nas FCN é uma forma de testar a implantação da manutenção centrada na confiabilidade na MB.

O gerenciamento da MCC Backfit pela DGePM, coordenando a atuação dos demais órgãos voltados à manutenção torna-se a indicada para um projeto piloto. A atual estrutura administrativa da manutenção da Marinha é suficiente para a coleta de dados; definição e análise de parâmetros; execução de tarefas de manutenção preditivas, preventivas ou corretivas; fornecimento de sobressalentes necessários; otimização das rotinas de SMP; e programação dos períodos de manutenção; tudo isso visando uma maior disponibilidade e reduzindo os custos.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho tem como objetivo analisar os conceitos da manutenção centrada na confiabilidade e apresentar um modelo de gerenciamento da MCC que possa ser aplicado na manutenção da FCN, de forma a aumentar sua confiabilidade e disponibilidade.

A escolha das FCN deve-se ao fato de serem alguns dos principais navios do Poder Naval brasileiro. Seu SMP, já bem consolidado e baseado na manutenção preventiva, estabeleceu os parâmetros de manutenção na MB, a partir da década de 1970. Porém, esse SMP não sofreu evolução nos últimos 40 anos, período que ultrapassa a vida útil de projeto dessa classe de navios. O período abordado é de 2018 até o ano de 2030, tendo em vista o tempo estimado para desincorporação das FCN.

Inicialmente foram apresentados os conceitos teóricos de tipos manutenção, constatando que os normatizados pela MB se coadunam com a literatura especializada da área de manutenção. A narrativa evolução histórica da manutenção, desde os anos 1930, contribui para posicionar em que fase se situa o modelo de manutenção das FCN.

A Primeira Geração da manutenção, iniciada na década de 1930, destacava-se a tipo corretiva, tendo em vista a simplicidade dos equipamentos. A Segunda Geração surge após a II Grande Guerra, com o aumento da complexidade dos equipamentos em geral. Na década de 1960, surge o conceito de manutenção preventiva e os sistemas de planejamento e controle da manutenção. A Terceira Geração, que surgiu a partir de 1970, caracteriza-se pela importância da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Os avanços da informática no controle e planejamento reforçaram os conceitos da manutenção preventiva. Surge a Quarta Geração, em que prevalece ideia de intervir o mínimo possível no equipamento, através da análise de falhas, monitoração do desempenho e aplicação prioritária das técnicas de manutenção preditiva.

A construção das FCN foi um marco divisório na política de manutenção dos meios navais da MB. Esse projeto introduziu o conceito de sistema de manutenção, dinamizando métodos e procedimentos, aliados à mão de obra, documentação e instalações necessárias para manter os sistemas dentro das suas características de projeto. Foram apresentados os dois grandes aprimoramentos na política de manutenção: Formação do SMP e emprego da manutenção preventiva com base no tempo de funcionamento.

O SMP, empregado como método racional de planejamento, execução e controle da manutenção, tem como propósitos, entre outros, de aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos meios, bem como conhecer os custos de manutenção. É composto de quatro etapas, cada uma com suas respectivas atividades e ações. A MB controla o SMP por meio do software SisSMP, que condensa toda documentação necessária para a execução e registro das intervenções nos sistemas e equipamentos, formando um excelente banco de dados. As rotinas de execução são separadas em escalões de acordo com a complexidade da ação, a capacitação da mão de obra utilizada e tipo de manutenção. Os principais óbices para o correto cumprimento do SMP são a postergação no tempo de execução das rotinas, a deficiência na qualificação de pessoal e os problemas na capacitação das OMPS-I. Como causas de tais óbices foram observados os cortes orçamentários, dificuldades de manutenção de pessoal qualificado nas OMPS-I, com consequente terceirização de serviços e acréscimo de custos, e grande rotatividade de pessoal responsável pela manutenção de bordo.

Observar-se que o SMP das FCN tem mais de 70% das suas rotinas baseadas na manutenção preventiva executada em função do tempo de funcionamento, o que a insere na segunda geração na evolução histórica da manutenção, ou seja, uma manutenção da década de 1960. A média nacional é de 37% do H/h empregado na manutenção preventiva e as empresas competitivas mundiais estão com 31% do seu H/h empregados nesse tipo de manutenção. É um tipo de manutenção que se caracteriza pela precaução excessiva, com grande necessidade

de mão de obra e sobressalentes, além de custos excessivos.

A política de manutenção das FCN não sofreu significativas evoluções ao longo do tempo. Não se pode subestimar o sucesso desta política, tendo em vista que os navios estão com 40 anos de atividade, e devem ter sua vida útil prolongada. É intenção da MB revitalizar e estender a vida útil das FCN por mais 15 anos. Dessa forma, surge a oportunidade de estudar formas de aperfeiçoar a manutenção dos sistemas desses navios, visando manter sua confiabilidade e disponibilidade dentro de parâmetros a serem definidos ideais, para navios que já ultrapassaram sua vida útil de projeto, pelo setor de manutenção.

A partir da década de 1970 as políticas de manutenção passaram a priorizar a condição do equipamento, com a avaliação da degradação dos seus parâmetros operacionais por intermédio de medições e inspeções, determinando a necessidade de manutenção antes da ocorrência da falha. A ação de manutenção será feita somente se a monitoração mostrar tal necessidade.

Ao apresentar os conceitos de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade, destacou-se a relação entre estes três fatores, verificando que a disponibilidade está diretamente relacionada aos parâmetros de confiabilidade e manutenibilidade. A confiabilidade é representada pela relação entre disponibilidade e o tempo médio entre falhas ( $t/MTBF$ ). Dessa forma, é impossível uma confiabilidade de 100% de um equipamento, pois seria utópico um equipamento não apresentar falhas durante sua vida útil e o MTBF tender ao infinito. Daí observa-se a importância da manutenibilidade, que deverá aplicar técnicas e métodos de forma a tornar o Tempo Médio para Reparo (MTTR) o menor e menos dispendioso possível.

Dentre as ferramentas passíveis de serem aplicadas na manutenção de forma a aumentar a disponibilidade e confiança, além de diminuir os custos envolvidos, foi apresentada a MCC, que é a aplicação de um método estruturado para estabelecer o melhor

tipo de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Tem o objetivo de aumentar as expectativas com relação ao programa de manutenção por meio da sua otimização, com uma estratégia planejada de modo a adequar a disponibilidade do sistema com a sua segurança, sem, contudo, elevar custos.

A MCC identifica a funcionalidade ou desempenho esperado do equipamento, seus modos e causas prováveis de falha e detalha os efeitos e consequências dessa falha. É analisada a criticidade e identificadas consequências que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. Então são selecionadas as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falhas identificados. Assim, os tipos de manutenção são utilizados de forma integrada e não independentemente, otimizando suas vantagens e diminuindo custos. Isto é realizado por meio de um trabalho estruturado de sete etapas.

Apesar da MCC ser um método caracterizado por sua aplicação no projeto do sistema ou equipamento, sua utilização em instalações já na fase de operação vem apresentando promissor sucesso. Um exemplo é a implementação da MCC na USN, inicialmente como um projeto piloto e posteriormente com a criação do MCC Backfit.

A MCC Backfit é um processo de engenharia, lógico e repetitivo, aplicado a sistemas já em serviço, abordando a degradação pela idade do sistema em análise, a aplicabilidade das ações de manutenção prescritas e a eficácia de tais ações. Ou seja, é uma metodologia desenvolvida para validar os requisitos de manutenção existentes. Tem por objetivo determinar a manutenção correta, no sistema ou equipamento correto, no intervalo de tempo correto.

Apresentados os conceitos teóricos de tipos de manutenção, o SMP empregado atualmente nas FCN, os conceitos da MCC e a utilização da MCC Backfit na USN, surge a oportunidade de implantação da manutenção baseada na condição como uma política de manutenção para a MB. Dessa forma, é apresentada a sugestão de gerenciamento de um

projeto piloto da MCC Backfit para utilização nas FCN, levando em consideração a atual estrutura administrativa de manutenção da MB.

Ao apresentar a estrutura administrativa da MB, foram destacados os três ODS diretamente envolvidos com a manutenção de navios, com suas principais tarefas. São o ComOpNav, a DGMM e a SGM. Dentro das tarefas desempenhadas por esses ODS, juntamente com suas respectivas OM subordinadas, podemos observar atividades diretamente ligadas à manutenção dos meios navais e, conseqüentemente, das FCN. Assim, as OM do ComOpNav, a quem cabe o aprestamento dos meios navais e a elaboração do PROGEM, tem suas atividades diretamente ligadas ao SMP dos navios. O ELEsq, que estabelece uma ligação direta entre o Setor Operativo e o Setor de Abastecimento, é vinculado à tarefa da SGM de prever e prover os sobressalentes e materiais necessários para a manutenção.

A DGMM é a responsável por formular diretrizes e supervisionar a manutenção dos meios navais. Dentro da recente reestruturação administrativa do setor do material, destacou-se, para escopo deste trabalho, as tarefas atribuídas ao DGePM e sua OM subordinada o CPN, a DEN e a DIM. A reestruturação do setor de material aparece como uma oportunidade para permitir a evolução da política de manutenção de MB. Nesse contexto, a utilização da MCC Backfit nas FCN é uma forma de testar a implantação da manutenção centrada na confiabilidade na MB.

O gerenciamento da MCC Backfit pela DGePM, coordenando a atuação dos demais órgãos voltados à manutenção torna-se a indicada para um projeto piloto. A atual estrutura administrativa da manutenção da Marinha é suficiente para a coleta de dados; definição e análise de parâmetros; execução de tarefas de manutenção preditivas, preventivas ou corretivas; fornecimento de sobressalentes necessários; otimização das rotinas de SMP; e programação dos períodos de manutenção.

A implementação de um projeto piloto utilizando a MCC Backfit na manutenção

das FCN, utilizando um modelo de gerenciamento baseado na atual estrutura administrativa de manutenção da MB, contribuirá para a avaliação da utilização de rotinas de manutenção preditivas em meios navais. Tal fato contribuirá para uma mudança na política de manutenção da MB, visando obter uma maior disponibilidade e confiabilidade nos navios e reduzindo os custos de manutenção.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: confiabilidade e mantabilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. Trabalho de Monografia apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa: UTFP, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1450/3/PG\\_CEGIPM\\_VII\\_2011\\_12.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1450/3/PG_CEGIPM_VII_2011_12.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2017.

BARBOZA, T. L. **A logística de manutenção na MB e a influência da filosofia de manutenção de outras marinhas no seu desenvolvimento**. Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 124, n. 4/6, p. 107-131, abr./jun. 2004.

BASEMAN, Ariana. **The U.S. Navy - Reducing Shipboard Planned Maintenance**. Disponível em <<http://magazines.marinelink.com/Magazines/MaritimeReporter/200003/content/reducing-shipboard-maintenance-207221>> Acesso em 16 jul. 2017

BRASIL, Comando da Força de Superfície. **Portaria Nº 17/ComForSup: Criação do Grupo de Apoio à Manutenção ( GRUMAN )**. Rio de Janeiro, RJ, 2014.

BRASIL. Estado-Maior da Armada. **EMA-420: Normas para Logística do Material**. Brasília, DF, 2002. rev. 2. mod. 1.

\_\_\_\_\_. **EMA-400: Manual de Logística da Marinha**. Brasília, DF, 2003a. rev. 2. mod. 1.

\_\_\_\_\_. **Portaria Nº 241/EMA: Regulamento da Secretaria-Geral da Marinha**. Brasília, DF, 2012

\_\_\_\_\_. **Portaria Nº 152/EMA: Regulamento do Comando de Operações Navais**. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Diretoria-Geral do Material da Marinha. **ENGENALMARINST 85-18: Sistema de Manutenção Planejada**. Rio de Janeiro, RJ, 2003b.

\_\_\_\_\_. **MATERIALMARINST 33-01: Apoio Logístico Integrado**. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **Portaria Nº 312/DGMM: Regulamento da Diretoria de Engenharia Naval**. Rio de Janeiro, RJ, 2013b.

\_\_\_\_\_. **Portaria Nº 75/DGMM: Regulamento da DGePM**. Rio de Janeiro, RJ, 2017.

BRASIL, Ministério da Defesa. **MD-35-G-01 - Glossário das Forças Armadas**. Brasília, DF, 2007. 4ª Edição.

CAMBRA, Antonio Carlos. **MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE:**

**Uma proposta de aprimoramento da manutenção dos meios navais da Marinha do Brasil.** Tese apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

CAPETTI, R. B. **Aprimoramento da gerência de manutenção na marinha brasileira.** Revista Marítima Brasileira, Rio de Janeiro, v. 125, n.07/09, p. 49-83, jul./set. 2005.

CAROLI, Luiz Henrique. **Diretoria-Geral do Material da Marinha.** Palestra proferida para o C-PEM, Escola de Guerra Naval, 24 jul. 2017.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS, 28., 2013, Salvador. **Documento Nacional 2013:** a situação da manutenção no Brasil. Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos - ABRAMAN, 2013. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional/resultado-2013>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Department of the Navy. **NAVSEA Manual S9081-AB-GIB-010:** Reliability-Centered Maintenance (RCM) handbook. Washington, D.C., 2007. 105 p. rev. 1. Disponível em: <[http://personal.its.ac.id/files/material/1753-ketutbuda-NAVSEA+RCM+HANDBOOK+\(4-18-2007\)\[1\].pdf](http://personal.its.ac.id/files/material/1753-ketutbuda-NAVSEA+RCM+HANDBOOK+(4-18-2007)[1].pdf)>. Acesso em: 16 jul. 2017.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas.** 8.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 255p. (Aprender).

KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção:** função estratégica. 3 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009. 361 p.

MOUBRAY, John. **RCM II, manutenção centrada em confiabilidade.** Edição brasileira. Rio de Janeiro: Aladon 2000. 426 p.

MULDER, Enio. **A importância da manutenção adequada dos motores diesel instalados nos navios da Marinha do Brasil.** complementação didático-pedagógica da disciplina de metodologia da pesquisa e a produção e desenvolvimento de monografia para obtenção do grau de especialista em Engenharia da Produção. Rio de Janeiro: Universidade Cândido Mendes, 2011. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K218119.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K218119.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2017.

SANTOS, Antonio Carlos Rodrigues dos. **Aplicação da Engenharia de Confiabilidade no Aprimoramento da Manutenção de Meios Militares: Um Estudo de Caso.** Dissertação submetida ao Copo Docente do Programa de Pós-Graduação em Tecnológica como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2007. Disponível em: <[http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=718&tmpl=component&format=raw&Itemid=168](http://dippg.cefet-rj.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=718&tmpl=component&format=raw&Itemid=168)>. Acesso em: 09 mai. 2017.

SOUZA, Fábio Januário. **Otimização do pilar “manutenção planejada” da TPM através da utilização do RMC para nortear as estratégias de manutenção .** Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado em Engenharia. Porto Alegre: UFRS, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4752/000459527.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 mai. 2017.