

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
GUERRA ELETRÔNICA

1ºTEN HIRAN RODRIGUES DOS SANTOS SOARES JUNIOR

EMPREGO TÁTICO DOS RECURSOS DE GUERRA ELETRÔNICA DAS FRAGATAS
CLASSE NITERÓI E PERSPECTIVAS PARA AS PRÓXIMAS DÉCADAS

CIAW
Rio de Janeiro
2018

1ºTEN HIRAN RODRIGUES DOS SANTOS SOARES JUNIOR

EMPREGO TÁTICO DOS RECURSOS DE GUERRA ELETRÔNICA DAS FRAGATAS
CLASSE NITERÓI E PERSPECTIVAS PARA AS PRÓXIMAS DÉCADAS

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante
Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de
Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica

Orientadores:

Luiz Eugênio de Andrade Segadilha - MSc

Fernando da Rocha Pantoja - PhD

CIAW
Rio de Janeiro
2018

1ºTEN HIRAN RODRIGUES DOS SANTOS SOARES JUNIOR

EMPREGO TÁTICO DOS RECURSOS DE GUERRA ELETRÔNICA DAS FRAGATAS
CLASSE NITERÓI E PERSPECTIVAS PARA AS PRÓXIMAS DÉCADAS

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante
Wandenkolk como requisito parcial à conclusão do Curso de
Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica

Aprovada em _____

Banca Examinadora:

Gian Karlo Huback Macedo de Almeida, Me. - CIAW _____

Luiz Eugênio de Andrade Segadilha, Me. – IPqM _____

Fernando da Rocha Pantoja, PhD - CIAW _____

CIAW
Rio de Janeiro
2018

Dedico esse trabalho aos amigos do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica, que com espírito de camaradagem, fez com que o curso corresse de maneira exemplar e de grande aprendizado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu forças para a longa caminhada desse curso, fazendo com que o fogo sagrado diário não se apagasse.

À minha esposa, Mariana, que me incentivou e apoiou nesse período do curso e, principalmente, no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus orientadores, Fernando da Rocha Pantoja e Luiz Eugênio de Andrade Segadilha, pelo direcionamento na confecção desse trabalho.

Ao professor, Marco Grivet, pela coordenação exemplar por parte da PUC-Rio do referido curso.

À professora, Denise Dargam, que com suas aulas, contribuiu sobremaneira para a conclusão desse trabalho.

Aos amigos do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica, que com muita alegria ajudaram a prosseguir a minha caminhada na carreira naval.

*“Nenhum plano de batalha sobrevive
ao contato com o inimigo.”*

Colin Powell

EMPREGO TÁTICO DOS RECURSOS DE GUERRA ELETRÔNICA DAS FRAGATAS CLASSE NITERÓI

RESUMO

Esse trabalho fala sobre o uso dos recursos de Guerra Eletrônica das Fragatas Classe Niterói. No Capítulo 1, é apresentado o problema, justificando o porquê da escolha desse título e explicando a relevância desse tema para a Marinha do Brasil.

No Capítulo 2, é trazido um embasamento teórico, explicando a situação atual da Marinha do Brasil no que tange a meios disponíveis para a realização de ações de Guerra Eletrônica. Ademais, é introduzida a Classe Niterói, que nos dias atuais, são os principais meios navais no âmbito utilização do espectro eletromagnético; explica-se a divisão dos sistemas dentro do Sistema de Combate.

No Capítulo 3, é abordado a metodologia empregada no trabalho, dando ênfase que quanto aos meios, ela foi praticamente documental e bibliográfica e que quanto aos fins, foi praticamente descritiva.

No Capítulo 4, ocorre o desenvolvimento dos recursos utilizados atualmente por essa classe de navio, abordando o MAGE, o CME ET-SLQ-1A e o CHAFF, descrevendo a operação e em alguns casos, alguns detalhes a mais.

No Capítulo 5, são mostradas novas tecnologias que estão surgindo pelo mundo no ramo da Guerra Eletrônica e também, é abordado alguns projetos em andamento no Instituto de Pesquisas da Marinha.

No Capítulo 6, ocorre a conclusão do trabalho, que fecha praticamente sintetizando que talvez não seja o caminho certo o desenvolvimento tecnológico, mas sim o investimento nos recursos humanos.

Palavras-chave: Guerra Eletrônica. Fragata Classe Niterói. MAGE. MAE. CHAFF.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Divisões da Capacidade de Guerra Eletrônica.....	17
Figura 2 – Divisões da Medida de Guerra Eletrônica.....	18
Figura 3 – Fragata Liberal (F43), uma das seis FCN.....	19
Figura 4 – Exemplo de CONSTAT duplo.....	20
Figura 5 – Arquitetura do Sistema de Guerra Eletrônica.....	26
Figura 6 – Console de controle do equipamento MAGE.....	27
Figura 7 – Antena do CME ET-SLQ-1A.....	31
Figura 8 – Diagrama de componentes do CME e suas interações.....	32
Figura 9 - Fluxograma de Operação do CME.....	33
Figura 10 – Representação do ambiente com e sem bloqueio (eficaz e ineficaz).....	34
Figura 11 – Gráfico Distância do Alvo x Potência Recebida que mostra a distância de <i>Burn-Through</i>	35
Figura 12 – Exemplo de Bloqueio de Ponto.....	36
Figura 13 – Exemplo de Bloqueio de Barragem.....	37
Figura 14 – Exemplo de Bloqueio de Varredura.....	37
Figura 15 – Ilustração de vários períodos de <i>Look-Through</i>	38
Figura 16 – Foguete CHAFF.....	39
Figura 17 – EOS-400.....	41
Figura 18 – AN/SLQ-32.....	44

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AGE	Ações de Guerra Eletrônica
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
CCA	Console de Controle de Armas
CCI	Corveta Classe Inhaúma
CIEMA	Controle de Irradiações Eletromagnéticas e Acústicas
CGE	Capacidade de Guerra Eletrônica
CGEM	Centro de Guerra Eletrônica da Marinha
CME	Contramedidas Eletrônicas
COC	Centro de Operações e Combate
COMINT	<i>Communications Intelligence</i>
COMOPNAV	Comando de Operações Navais
CONSTAT	Console Tático
DBM	Doutrina Básica da Marinha
EEM	Espectro Eletromagnético
EMA	Estado Maior da Armada
END	Estratégia Nacional de Defesa
ERP	<i>Effective Power Transmitted</i>
ESM	<i>Electronic Support Measures</i>
FCG	Fragata Classe Greenhalgh
FCN	Fragata Classe Niterói
FFAA	Forças Armadas
FRP	Frequência de Repetição de Pulsos
GE	Guerra Eletrônica
GM	Guerra Mundial

IHM	Interface Homem-Máquina
INTCOM	Inteligência de Comunicações
IPqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
LP	Largura de Pulso
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
MAGE	Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica
MB	Marinha do Brasil
MGE	Medidas de Guerra Eletrônica
MD	Ministério da Defesa
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
OM	Organização Militar
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
QG	Quartel General
RETRON	Reconhecimento Eletrônico
SAADA	Sistema de Armas Acima D'água
SAAS	Sistema de Armas Antissubmarino
SAM	Serviço Ativo da Marinha
SAUX	Sistema Auxiliar
SCOM	Sistema de Comunicações
SGE	Sistema de Guerra Eletrônica
SHE	Sistema do Helicóptero
SiComFrag	Sistema de Combate das Fragatas Classe Niterói
SICONTA	Sistema de Controle Tático
SLDM	Sistema de Lançadores de Despistadores de Mísseis
SNAV	Sistema de Navegação

SRE	Sistema da Rede Ethernet
ST	Sistema Tático

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Apresentação do Problema	12
1.2 Justificativa e Relevância	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo Geral.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Breve Histórico	16
2.2 Conceitos sobre Guerra Eletrônica	17
2.3 Fragatas Classe Niterói	18
3 METODOLOGIA	23
3.1 Classificação da Pesquisa	23
3.1.1 Classificação Quanto aos Fins	23
3.1.2 Classificação Quanto aos Meios	23
3.2 Limitações do Método	24
3.3 Coleta e Tratamento dos Dados	24
4 O SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA	26
4.1 MAGE	26
4.2 MAE e CME ET-SLQ-1A	30
4.3 SLDM e CHAFF	38
4.4 Alça Optrônica EOS-400	41
5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS	43
5.1 AN/SLQ-32	43
5.2 NEWOSC	45
5.2 Projetos em andamento na MB	46
6 CONCLUSÃO	47
6.1 Considerações Finais	48
6.2 Sugestões para futuros trabalhos	48
REFERÊNCIAS	50
GLOSSÁRIO	53
ANEXO A – Arquitetura do Sistema de Combate das Fragatas Classe Niterói	55

1 INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta o problema em questão, justificando o porquê da abordagem e explicando a relevância desse tema para a Marinha do Brasil (MB). Além disso, explica o objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos, que serão os pilares para o prosseguimento do desenvolvimento do estudo.

1.1 Apresentação do Problema

A guerra vem se desenvolvendo com passar dos anos, por isso pode-se dizer que aquela que era realizada nas décadas passadas não reflete o que acontece na Guerra dos dias atuais. O aparecimento de novas tecnologias trouxe novos ambientes de guerra que não existiam, a partir daí que ocorreu o nascimento da Guerra Eletrônica.

Conceitua-se Guerra Eletrônica (GE) na Doutrina Básica da Marinha (DBM) como:

Conjunto de ações que visam a explorar as emissões do inimigo, em toda a faixa do espectro eletromagnético, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, intenções e capacidades e, também, utilizar medidas adequadas para negar, reduzir ou prevenir o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia os seus próprios sistemas (EMA, 2014, p. 3).

O aparecimento da Guerra Eletrônica se deu de fato no período da Segunda Guerra Mundial. Nesses anos, além do desenvolvimento de novas tecnologias como o primeiro radar empregado em 1939 por Watson Watt (ASCAMA, 2010, p. 28), houve um crescimento da preocupação com a Inteligência de Comunicações (INTCOM ou *Communications Intelligence* - COMINT) que é aquela que visa obter parâmetros técnicos e outros conhecimentos a partir da interceptação de sinais de sistemas de comunicações que utilizem o Espectro Eletromagnético (EEM) e sejam empregados por alvos de interesse (EMA, 2014, p. 9).

Percebe-se que esta é uma área de grande abrangência, porém este trabalho tem foco no emprego tático dos recursos de Guerra Eletrônica pela MB, principalmente dos meios da Esquadra Brasileira, analisando características, desempenhos e as dificuldades de operação, permitindo o estudo de novas tecnologias que possam vir a substituir as atuais nas próximas décadas.

1.2 Justificativa e Relevância

A justificativa para a escolha desse tema deve-se a, após a vivência e operação de diversos recursos de Guerra Eletrônica em um navio da Esquadra Brasileira, buscar conhecer e comparar diferentes métodos e equipamentos utilizados na MB como um todo e em outras Marinhas.

Nos dias atuais, as Forças Armadas (FFAA) brasileiras sofrem uma restrição orçamentária devido à crise econômica do país o que dificulta em muito o desenvolvimento de novas tecnologias. Tem-se muitos projetos no papel, porém não evoluem por conta de problemas orçamentários. O reflexo disso é que a maioria dos equipamentos em uso por nossas forças são de tecnologia obsoleta e/ou desenvolvidos por empresas estrangeiras. E um dos objetivos da política de GE de defesa, de acordo com o Ministério da Defesa (2004, p. 13) é a “Redução do grau de dependência externa em relação a sistemas, equipamentos, dispositivos e serviços vinculados à Guerra Eletrônica, de interesse dos componentes da expressão militar do Poder Nacional”.

Então, esse trabalho mostra os principais equipamentos de Guerra Eletrônica utilizados nos meios da Esquadra, e traz opções de evolução, selecionando quais seriam de possível aquisição e uso pela Marinha do Brasil, baseado no que é utilizado hoje e no que melhoraria caso fossem utilizados estes novos recursos, comparando evolução tecnológica e custos para o Brasil.

É de suma importância para a MB e para a Estratégia Nacional de Defesa (END) que os militares conheçam os recursos de Guerra Eletrônica disponíveis nos meios que operam, bem como os de uma Força quando operando em conjunto. Por muitas vezes esse objetivo não é atingido devido à falta de interoperabilidade entre as FFAA, porém há uma batalha diária do Ministério da Defesa (MD) para que a capacitação dos recursos humanos necessários à condução da atividade de GE seja atingida (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2004, p. 13).

Além do mais, o ambiente de Guerra Eletrônica caminha junto com as inovações tecnológicas, então é importante o conhecimento de novos equipamentos que possam vir a ser utilizados pelo Brasil. Por isso, as Forças Armadas, por intermédio do MD, buscam diversos intercâmbios com instituições de ensino e Organizações Militares (OM) de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) com o objetivo de atingir evolução doutrinária e tecnológica nos âmbitos nacional e internacional.

Apesar desses ideais estarem inculcados nas mentes dos militares, é necessário também que a sociedade civil entenda a importância dessa solução para a segurança e soberania nacional. Uma guerra nuclear está distante do Brasil, contudo é de extrema importância o desenvolvimento de nossos recursos militares, pois nos dias atuais a guerra é irrestrita e sem regras, vide países do Oriente Médio como Iraque e Israel (MACEDO FILHO, 2006, p. 13).

1.3 Objetivos

Nesta seção são abordados os objetivos do trabalho. Cabe ressaltar que para atingir as metas será feito um estudo sobre os equipamentos utilizados atualmente nos navios da Esquadra e também nos utilizados em outras Marinhas mais desenvolvidas. Além disso, ainda será realizado o estudo de equipamentos de grandes empresas fornecedoras de recursos de GE no mundo.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é explicar os diferentes recursos de Guerra Eletrônica utilizados pelas Fragatas Classe Niterói (FCN) e estudar novas tecnologias nessa área que possam vir a ser adquiridas no futuro.

Após o estudo das características desses equipamentos de GE, no que tange a emprego tático desses recursos, verificou-se novas técnicas de emprego dos nossos aprestos, podendo-se amplificar a capacidade operativa dos meios.

Adicionalmente, com base na análise de dados de Forças Armadas de Primeiro Mundo, que hoje são referenciais de tecnologias de defesa para todas as nações, é possível comparar o sistema tático com o da MB, buscando novas tecnologias que possam servir de avanço para a Defesa Nacional.

A comparação entre o que a MB dispõe hoje e essas novas tecnologias permitirá definir quais as melhores a serem adquiridas ou desenvolvidas, buscando sempre o aumento da capacidade operativa dos nossos meios e melhor relação custo x benefício para o Brasil, para que se alcance um alto patamar, buscando não só a liderança bélica frente a América do Sul, mas também como uma potência mundial.

1.3.2 Objetivos Específicos

Constata-se, após levantamento da literatura sobre o assunto, que há pouca disponibilidade ostensiva de artigos, livros e trabalhos, o que dificultou em certa maneira o desenvolvimento do trabalho.

Com os conceitos básicos sobre Guerra Eletrônica, pode-se chegar a uma igualdade de conhecimento dos leitores, seguindo adiante para um melhor entendimento sobre o trabalho.

A introdução do potencial naval atual, no que tange a Guerra Eletrônica, oferece a oportunidade de observação da restrição que aflige a MB, tanto nas características qualitativas, quanto nas características quantitativas.

O conceito da formação de um sistema de combate e como os recursos de GE estão inseridos nele, transcreve sobre a importância de um hardware e/ou software para concluir a integração entre os equipamentos. Isto é refletido no emprego tático e operacional dos mesmos em um ambiente de guerra, o que ao final, conduz para melhor entendimento do trabalho como um todo.

Quando se fala em Guerra Eletrônica, há uma forte tendência de pensar no emprego tático dos seus equipamentos, porém existe toda uma “inteligência” por trás desse produto final. Aí que nasce a importância estratégica, com o trabalho dos centros de Guerra Eletrônica de cada Força, a aplicação do Reconhecimento Eletrônico (RETRON) que fornecem toda a base para que as operações reais sejam bem-sucedidas (MACEDO FILHO, 2006, p. 33).

Observa-se que a disparidade tecnológica, também chamada por Dias e Netto (2006, p. 1) de “Assimetria Tecnológica”, entre os países desenvolvidos e os demais cresceu deliberadamente, e que igualar já parece “carta fora do baralho”. Então há a necessidade de aumentar-se o conhecimento técnico dos recursos humanos para que essa assimetria tecnológica seja menos sentida (DIAS; NETTO, 2006, p. 2).

A afirmação sobre o material humano brasileiro ser melhor que de grandes potências surge nos discursos do Almirantado (reúne todos os Almirante-de-Esquadra, último posto da carreira, do Serviço Ativo da Marinha, ou SAM) provando que talvez essa seja a melhor saída para as Forças Armadas brasileiras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve Histórico

Apesar do crescimento tecnológico desmedido nas últimas décadas e desse conceito trazer termos ligados a novas tecnologias, a Guerra Eletrônica já era empregada há muitos anos atrás. A história dela é quase tão antiga quanto a invenção de comunicações de rádio sem fio de Marconi em 1896 (TUFFANNI, 2010), sendo o primeiro uso conhecido durante a guerra Russo-Japonesa de 1905. O cruzador auxiliar japonês SS Shinano Maru localizou a frota russa no Estreito de Tsushima e estava comunicando sua localização (por rádio sem fio) ao Quartel General (QG) da Frota Japonesa Imperial na Baía de Mesampo, Coreia (BARBOSA JUNIOR, 2009).

Durante a 2ª Guerra Mundial (GM), tanto os Aliados quanto o Eixo usaram amplamente o Espectro Eletromagnético. Isso fez com que Churchill chamasse a GE de "Batalha dos Feixes". Inicialmente, o foco do esforço de ambos os lados era o de derrotar os radares de navegação usados para bombardear aviões em alvos de longo alcance, mas depois acabou se tornando uma incrível arma, seja em terra, mar ou ar.

O primeiro uso do radar de que se tem notícia foi na Batalha de Taranto em 1940. A Royal Navy lançou a primeira batalha naval totalmente combatida por aviões da história, voando um pequeno número de aviões de um único porta-aviões no Mediterrâneo e atacando a frota Italiana em Taranto (CESAR, 2013).

Pode se dizer que a GE completou sua maioria na Guerra do Vietnã em 1968, depois da derrubada de um F-4 Phantom americano (BASTOS, 2005). Na verdade, ele não era o primeiro, era uma série de ataques de baterias antiaéreas que agora perturbava a Força Aérea Americana. Era necessário para a US Air Force a criação de um sistema de guerra eletrônica embarcado. Foi aí que nasceram os primeiros RWR (Radar Warning Receptor), equipamentos que fornecem dados das ameaças, como frequência e marcação.

Nos dias atuais, qualquer Força Militar moderna, quando disposta no terreno ou em operações nos diversos cenários táticos gera irradiações eletromagnéticas e quando duas Forças se defrontam os respectivos campos irradiados interagem. Isto é um resultado do fato de que a grande maioria, senão a totalidade, dos sistemas de armas e de Comando e Controle, depende de equipamentos eletrônicos para a execução de suas funções principais. Este fenômeno tem sido profundamente amplificado pela chamada Era da Informação que tem

privilegiado o acesso imediato ao conhecimento e que implicado no uso cada vez mais intensivo do espectro eletromagnético.

2.2 Conceitos sobre Guerra Eletrônica

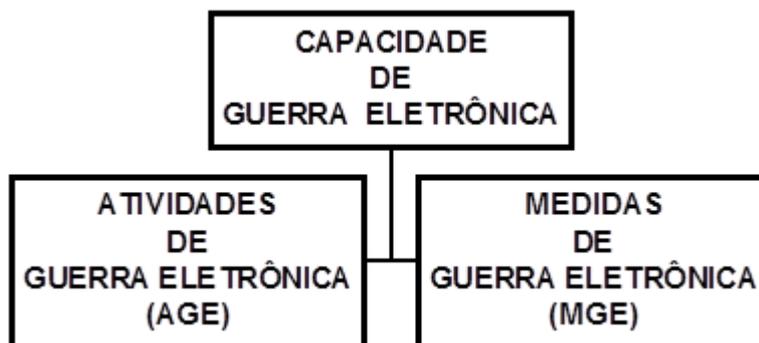
Antes de abordar qualquer recurso de Guerra Eletrônica, é preciso realizar a introdução de alguns conceitos essenciais para o entendimento da questão.

A Capacidade de Guerra Eletrônica (CGE) é definida como “o somatório de meios e recursos de toda ordem que permita ao Poder Naval empreender eficazmente ações de GE em proveito de suas operações” (COMPOPNAV, 2011). Ou seja, o aparato ligado a recursos de GE, seja de ordem estratégica, tática ou logística, está incluso nesse conceito.

As Atividades de Guerra Eletrônica (AGE) são “todas aquelas de caráter estratégico, tático ou logístico que visam ao estabelecimento, à reformulação ou verificação da capacidade de GE e do apoio ao planejamento do seu emprego em operações de guerra naval” (COMOPNAV, 2011).

As Medidas de Guerra Eletrônica (MGE) reúnem “as ações que caracterizam o emprego de uma capacidade de GE em apoio direto a uma operação de guerra naval” (COMOPNAV, 2011).

Figura 1 – Divisões da Capacidade de Guerra Eletrônica.



Fonte: COMOPNAV (2011).

Dentro das AGE, possuímos o Reconhecimento Eletrônico (RETRON) que seria a parte ligada a inteligência das informações. Quando for utilizado em proveito do planejamento de uma missão, o RETRON terá caráter estratégico, caso seja empregado em apoio ao planejamento de uma operação de guerra naval, terá caráter tático (COMOPNAV, 2011).

Já as MGE possuem três divisões: Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE), Medidas de Ataque Eletrônico (MAE) e Medidas de Proteção Eletrônica (MPE).

As MAGE são o “conjunto de ações visando à busca, interceptação, identificação e localização eletrônica das fontes de energia eletromagnética irradiada no ambiente eletrônico de uma Força ou unidade” (COMOPNAV, 2011).

As MAE são o conjunto de ações tomadas para evitar ou reduzir o uso efetivo do espectro eletromagnético pelo oponente.

Enquanto as MPE são o conjunto de ações tomadas para proteção de meios, sistemas, equipamentos, pessoal e instalações, a fim de assegurar o uso efetivo do espectro eletromagnético.

Figura 2 – Divisões das Medidas de Guerra Eletrônica.



Fonte: COMOPNAV (2011).

2.3 Fragatas Classe Niterói

Hoje, na Esquadra Brasileira, em termos de Capacidade de Guerra Eletrônica possuímos apenas os navios dos 1º e 2º Esquadrão de Escoltas, que englobam as Corvetas Classe Inhaúma (CCI), Corveta Barroso, Fragatas Classe Greenhalgh (FCG) e Fragatas Classe Niterói (FCN). Porém, nem todos esses meios estão em plenas condições de realizar Guerra Eletrônica devido às restrições orçamentárias. O objeto de estudo desse trabalho serão as Fragatas Classe Niterói e seus recursos, que são as mais bem preparadas quando se trata do ambiente citado e é também onde o autor possui experiência de operação real.

As Fragatas Classe Niterói entraram em serviço entre 1976 e 1980, sendo as quatro primeiras construídas no estaleiro Vosper Thornycroft na cidade de Portsmouth no Reino Unido (F40, F41, F42 e F43) e as duas últimas restantes (F44 e F45) no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ) (NEGRETE, 2016). Passaram por um extenso programa

de modernização iniciado em 1997, chamado ModFrag que trouxe novos equipamentos para os navios, inclusive recursos de Guerra Eletrônica que serão abordados nesse trabalho.

Figura 3 – Fragata Liberal (F43), uma das seis FCN.



Fonte: www.defesaaereanaval.com.br (2016)

O Sistema de Combate das Fragatas Classe Niterói (SiComFrag) é dividido em nove subsistemas: Sistema Tático (ST), Sistema de Armas Acima D'água (SAADA), Sistema de Armas Antissubmarino (SAAS), Sistema de Guerra Eletrônica (SGE), Sistema de Navegação (SNAV), Sistema Auxiliar (SAUX), Sistema de Comunicações (SCOM), Sistema do Helicóptero (SHE) e Sistema da Rede Ethernet (SRE). O SGE será fortemente abordado nesse trabalho, porém é importante o conhecimento de alguns outros visto que existe algumas interligações entre esses subsistemas.

O SiComFrag foi estruturado em sete funções que são: compilação do cenário tático, avaliação da situação tática, resposta tática, engajamento com armas acima d'água, engajamento com armas antissubmarino, apoio e testes. Cabe ressaltar que os recursos de Guerra Eletrônica estarão em muitas dessas funções, como por exemplo, quando for necessário se obter a marcação de um alvo, o equipamento MAGE será utilizado. A compilação do cenário tático está diretamente ligada a coleta de informações de todas as

fontes disponíveis para subsequente seleção de apresentação, avaliação e designação de alvos para os sistemas de armas, automaticamente ou por ordem do Comando.

Um dos principais subsistemas é o Sistema Tático, pois além de englobar os principais sensores do navio (radares de busca e sonar), também contém o Sistema de Controle Tático (SCT) que é empregado para a compilação e apresentação de dados de um cenário tático a vários operadores em suas estações de trabalho e é a principal interface homem-máquina (IHM) desse sistema. É constituído de quatro consoles duplos (com um processador para dois monitores) e de três consoles singelos (com um processador).

Figura 4 – Exemplo de CONSTAT duplo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os Consoles Táticos, comumente chamados CONSTAT, são os consoles que ficam guarnecidos pelos militares no Centro de Operações e Combate (COC) das FCN e é por onde é possível realizar a operação dos diversos equipamentos do navio. Além desses consoles, existem os Consoles de Controle de Armas (CCA) que é por onde é feito o controle dos armamentos acima d'água e antissubmarino. Ao conjunto de todos esses consoles se dá o nome de Sistema de Controle Tático (SICONTA) que no caso das FCN é o SICONTA Mk-2.

O SICONTA é o núcleo computacional do SiComFrag e emprega arquitetura distribuída (via rede ethernet dupla), com hardware, barramento VME (Versatile Module

European) comercial e bastidor robustecido, com software desenvolvido em linguagem modular de conhecimento público, de manutenção simples e com potencial para futuras atualizações (DGMM, 2007). Cabe ressaltar que esse sistema teve sua gênese no SICONTA Mk-1 desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) e que foi instalado no ex-NAeL Minas Gerais (SANTOS, 2009). O quadro 1 descreve quais as funções de cada um console do SICONTA.

Quadro 1 – Descrição do guarnecimento dos CONSTATS em Condição I.

Sistema de Controle Tático (SCT)		
Console	Tipo	Emprego
CONSTAT-1	Duplo	Direção de Armas
		Ajudante da Direção
CONSTAT-2	Duplo	Coordenação de GAA/GE
		Compilação guerra antiaérea / guerra eletrônica
CONSTAT-3	Duplo	Guerra antissubmarino
		Controle aéreo
CONSTAT-4	Duplo	Comando
		Avaliador
CONSTAT-5	Singelo	Comando de Força
CONSTAT-6	Singelo	Controle de superfície
CONSTAT-7	Singelo	Emprego geral

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após esse detalhamento do Sistema de Combate das FCN, pode se entender melhor o funcionamento dos equipamentos de Guerra Eletrônica a bordo dos navios e conhecer as integrações entre os diversos subsistemas. O destaque maior, devido ao enfoque do trabalho, ficará por conta do CONSTAT-2, que é por onde é feita a coordenação da Guerra Eletrônica bem como a compilação do uso dos equipamentos.

É um console duplo, guarnecido, normalmente, pelo Oficial de Guerra Antiaérea e por seu auxiliar. É empregado para a compilação do cenário tático no ambiente aéreo e para avaliação do cenário de guerra eletrônica. Como centro de coordenação da guerra eletrônica é utilizado para o controle e coordenação do Controle de Irradiações Eletromagnéticas e Acústicas (CIEMA) estabelecido e para avaliação do cenário de GE, cabendo-lhe, ainda, assessorar as demais estações na avaliação dos cenários em seus ambientes de vigilância, bem como assessorar o Comando quanto à decisão na utilização dos sensores do próprio navio.

3 METODOLOGIA

Esta seção aborda a metodologia empregada no trabalho. Em linhas gerais, era difícil o não emprego de uma metodologia documental e bibliográfica, devido aos muitos conceitos ligados à área correspondente.

3.1 Classificação da Pesquisa

É importante salientar a dificuldade de certos tipos de metodologia para o trabalho, visto que para uma pesquisa de campo, seria necessário um embarque em um navio em uma missão específica de GE para se obter resultados.

Outra coisa relevante é que era intenção do autor realizar uma enquete sobre conhecimentos de recursos de GE em diferentes níveis hierárquicos e uma entrevista com um oficial com grande conhecimento na área, coisas que não foram possíveis devido à escassez de tempo.

3.1.1 Quanto aos fins

Por se tratar de um problema concreto e atual para a Defesa Nacional, utilizou-se uma metodologia aplicada com a finalidade prática de resolução do problema discutido. Atingiu-se o objetivo geral mostrando possíveis linhas de ação para o futuro, seja no desenvolvimento pessoal ou no material.

Além do mais, foi aproveitada uma metodologia descritiva em grande parte trabalho, com a exposição das características dos recursos empregados, fortemente descritas em todo o desenvolvimento, realizando comparações com recursos de primeira qualidade e altamente tecnológicos.

Por fim, realizou-se uma metodologia explicativa, após a análise das características dos recursos utilizados e dificuldades encontradas quando em operação, novos equipamentos surgiram, justificando os porquês das escolhas, estabelecendo possíveis evoluções para os meios operativos da Marinha do Brasil.

3.1.2 Quanto aos meios

A metodologia, quanto aos meios, é basicamente bibliográfica e documental. Bibliográfica porque grande parte do referencial teórico deriva de artigos, teses e publicações relativos ao problema abordado. Trata-se de pesquisas na área de sistema estratégico e sistema

tático de GE, que trazem conceitos essenciais para o desenvolvimento desse trabalho. Quanto a parte metodológica documental são publicações, muitas da Marinha do Brasil, que mostram as características operativas dos diversos equipamentos utilizados nos meios empregados.

3.2 Limitações do Método

Quando se fala de Guerra Eletrônica, é muito difícil afirmar que dados expostos por outras forças armadas sejam realmente verdadeiros, pois uma das grandes vantagens quando em operação é o fato do inimigo não conhecer suas características de emissão (frequência, frequência de repetição de pulsos, entre outras características). Com base nisso, é possível que o resultado final do trabalho não tenha a precisão requerida ao afirmar uma síntese.

Para um melhor resultado, seria necessário o conhecimento exato das características dos equipamentos utilizados pelas Forças Armadas de referência, através de uma pesquisa de campo em um meio operativo, por exemplo.

Ainda assim, mesmo com dados documentais e pesquisa de campo nos meios operativos da MB, a afirmação sobre atributos de operação de um equipamento de Guerra Eletrônica utilizado em operação pelo Brasil é incerto, porque, devido a degradação dos mesmos (muitas tecnologias empregadas de décadas passadas), pode se perder a máxima operação do recurso.

Para que a veracidade aumentasse, deveria ser realizada uma média estatística de desempenho, aplicando diversas vezes pesquisas de campo, o que não é possível, devido ao tempo demandado para a finalização desse trabalho.

3.3 Coleta e Tratamento de Dados

Em princípio, foi realizado o levantamento da literatura sobre os assuntos a serem trabalhados. Verificou-se dificuldade na pesquisa, pois diversos materiais são de sigilo reservado ou secreto.

Após isso, a fim de estabelecer um limiar de conhecimento sobre assunto, foram introduzidos alguns conceitos básicos para que não prejudique o entendimento do trabalho mais adiante.

O escopo do trabalho, basicamente será de comparações entre diversas características a serem levantadas sobre o emprego tático dos meios operativos da Marinha,

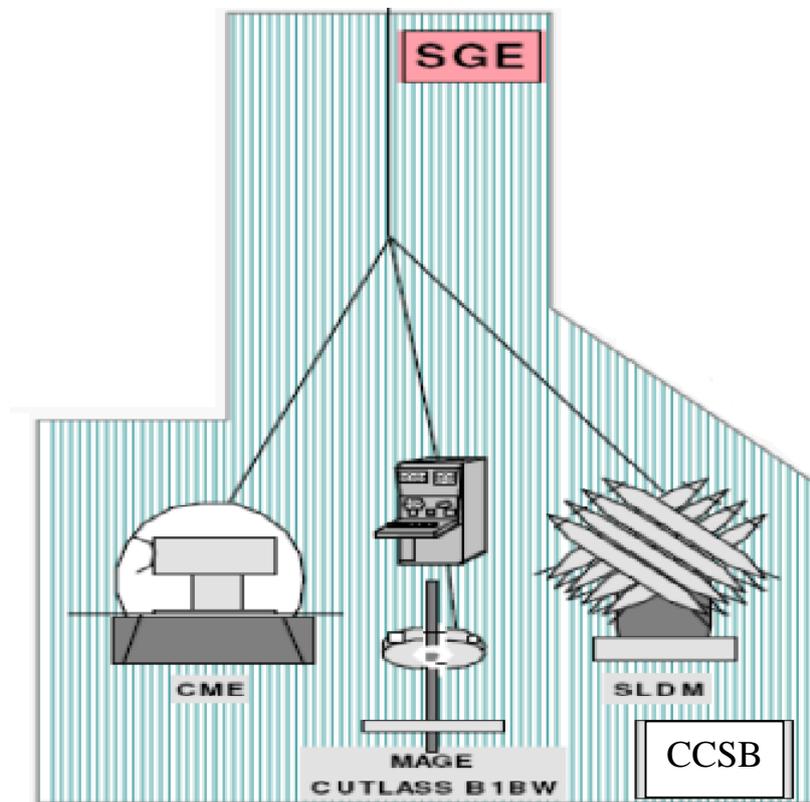
logo esse levantamento será feito através de publicações e manuais, em grande parte, para que após uma “peneira”, seja exposto no desenvolvimento do trabalho.

Além disso, alguns desses recursos serão levados para comparação com outros empregados pelas FFAA referências. Estes recursos, assim como aqueles, também serão obtidos através de publicações e manuais. Essa comparação tem como objetivo verificar o quanto de atraso que existe entre os comparados e também, buscar o que pode vir a ser uma evolução para a Marinha do Brasil no futuro.

4 O SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA

Neste capítulo será abordado o Sistema de Guerra Eletrônica, seus componentes, o processamento dentro de cada um, a operação deles e as técnicas e principais funções dentro do navio. O Sistema de Guerra Eletrônica (SGE) é composto pelo MAGE Cutlass B1BW, o sistema de CME ativa (ET/SLQ-1A), o sistema de CME passiva (SLDM) e a CCSB que é a Caixa de Conversão de Sinais de Blanking, responsável por compatibilizar os sinais de pulso de transmissão (Trigger) fornecido pelos radares do navio aos requisitos dos sinais de apagamento (Blanking) do Equipamento MAGE Cutlass B1BW.

Figura 5 – Arquitetura do Sistema de Guerra Eletrônica.



Fonte: Notas de aula.

4.1 MAGE

Um dos principais equipamentos de GE utilizados a bordo dos navios da Esquadra Brasileira é o MAGE. Na Marinha do Brasil (MB), em suma, a classificação desse equipamento pode ser dividida em: MAGE de comunicações (MAGE-Com) que visa interceptar sinais de rádio ou como o próprio nome diz, sinais de comunicações, esse que é

mais utilizado pelos Fuzileiros Navais (FN) e a outra vertente seria o MAGE-Radar, que é a parte que será abordada. No Exército Brasileiro (EB), cabe a mesma divisão, porém eles utilizam as definições Comunicações e Não-comunicações como os dois campos distintos de atuação da Guerra Eletrônica (EME, 2009).

Figura 6 – Console de controle do equipamento MAGE.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As etapas de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE) são “busca, interceptação, identificação e localização eletrônica das fontes de energia eletromagnética irradiada no ambiente eletrônico de uma Força ou unidade” (EMA, 2014), a fim de permitir a análise, o imediato reconhecimento de uma ameaça ou sua posterior exploração, porém, não se deve confundir as MAGE com o equipamento MAGE. As MAGE consistem em todo o caminho a ser percorrido para chegar ao resultado final que é a identificação da ameaça, enquanto o equipamento MAGE é por onde ou através de onde serão realizadas tais medidas.

O equipamento MAGE detém uma grande complexidade em seu processamento. Existem três grandes etapas até a associação daquele emissor que foi detectado no “front-end” (antena) com um radar conhecido pela plataforma passiva. Essas etapas são: o Desembaralhamento, a Classificação e a Identificação.

O Desembaralhamento é a fase em que os parâmetros do radar são separados. A cada pulso com determinadas características recebido pela antena, o MAGE separa em “caixas”, determinadas células, agrupando os pulsos de parâmetros de mesmo valor. Os parâmetros mais confiáveis e acurados, também ditos parâmetros principais, para determinação do emissor ao qual aqueles pulsos estão relacionados são a frequência e o ângulo de chegada (marcação do emissor), pois a probabilidade de termos dois emissores na mesma marcação e mesma frequência é muito difícil. Porém, existe uma probabilidade baixa de ambiguidade nessa medida, o que pode ser resolvido com o uso de mais um parâmetro para a classificação, transformando essa classificação de bidimensional para tridimensional (três parâmetros). Cada “caixa” dessa, contendo diversos pulsos com as mesmas características, será associada a um determinado emissor, passando assim para a próxima fase que é a classificação.

Na segunda fase, esses pulsos que estão agrupados associados a um determinado emissor serão classificados em tipos de radar de acordo com os valores dos seus parâmetros. Será dito se este emissor possui modulação, se possui algum tipo de agilidade de frequência e até mesmo classificado de acordo com o tipo de varredura que ele possui.

Após a classificação, com os parâmetros que passaram pelo Desembaralhamento e com outros parâmetros, também chamados de parâmetros derivados, por exemplo, Frequência de Repetição de Pulsos (FRP) e varredura, esse emissor é comparado a emissores que estão na biblioteca de emissão (BME) para a sua identificação. Apesar do equipamento detectar emissões na faixa de 0,6 GHz até 18 GHz, esta análise só será feita na faixa que abrange emissões que vão de 2 GHz até 18 GHz.

Nessa etapa, pode se ter dois problemas: o primeiro é caso exista mais de um emissor associado na BME e o outro é a possibilidade de que não exista emissor associado. Para o primeiro caso, o MAGE verifica os emissores do ambiente e busca fazer uma ligação entre emissores que pertençam a uma mesma plataforma, se não localizar, assume-se que o emissor é o de maior letalidade da biblioteca. Para o segundo caso, o MAGE classifica o emissor interceptado como desconhecido letal ou ameaça não letal. Portanto, é fundamental para o funcionamento pleno da Vigilância MAGE, a existência de bibliotecas que permitam a

identificação das emissões interceptadas, efetuada por meio da comparação de suas características elétricas com as características de emissores armazenadas nestas referências.

As bibliotecas disponíveis para comparação são a da missão, recebida de Centro de Guerra Eletrônica da Marinha (CGEM) e a do operador, gerada a bordo do próprio navio pelo responsável do equipamento, com base nas emissões interceptadas e/ou na biblioteca de missão.

Ao final do processamento, é exposta para o operador do equipamento MAGE, uma tabela que contém o número de acompanhamento do emissor, marcação, frequência, FRP, largura de pulso (LP) e varredura, essa é a tabela de acompanhamento. Caso esse emissor esteja identificado com algum emissor da BME, o nome do emissor também é mostrado nessa tabela.

Esses dados serão transmitidos para o CONSTAT-2 juntamente com a identidade do emissor, fase da fonte radar (busca ou acompanhamento), grau de confiança do equipamento MAGE na identificação da fonte emissora, prioridade da ameaça MAGE, grau de hostilidade da fonte emissora e sugestões de respostas softkill a serem implementadas, somente nas seguintes situações:

- Quando forem classificados, na análise, como ameaças MAGE;
- Quando forem identificados, na análise, como acompanhamentos a terem seus dados automaticamente enviados ao SCT;
- Quando forem classificadas como alarme MAGE, em decorrência do tipo de varredura da antena e/ou amplitude do sinal; e
- Quando o operador do equipamento MAGE solicitar o envio de seus dados ao SCT (DGMM, 2007).

O SCT inicia, automaticamente, até sessenta acompanhamentos do tipo linha de marcação com base em dados de ruídos a ele enviados pelo Equipamento MAGE. Quando se fala de ruído está se associando a um determinado emissor que é apresentado para o operador, enquanto tecnicamente falando, ruído é tudo aquilo que não se quer para o equipamento, ou seja, tudo que possa atrapalhar o processamento do sinal (eco). Os acompanhamentos (ruídos) assim iniciados só podem ser cancelados no próprio equipamento MAGE ou, se estiverem desatualizados, também no SCT.

O operador MAGE normalmente é um cabo especializado em operador radar (OR) ou eletrônica (ET) ou um sargento aperfeiçoado nas mesmas especialidades. Esse militar fica sempre em comunicação com o oficial coordenador, que está guarnecendo o CONSTAT-

2 do SCT. A funcionalidade mantida entre o SCT e os sensores e armas da Guerra Eletrônica só é possível ser feita por intermédio do CONSTAT 2 que mantém interfaces exclusivas com o MAGE, o CME e o SLDM. O CONSTAT 2 por esse motivo é chamado de console da Guerra Eletrônica e é o único capacitado a exercer a monitoração do MAGE e, conseqüentemente, estabelecer e manter comunicações com o recurso.

Abordando a plataforma como um todo, o MAGE tem função primordial no estabelecimento do fixo ou também chamado de fixo MAGE. Os navios que possuem esse equipamento, enquanto em operações de GE, ficam monitorando o ambiente e funcionam como navios-gônios, explicando sucintamente, são as plataformas que a partir das marcações obtidas de um mesmo emissor do ambiente, conclui com a posição do inimigo. Matematicamente falando, são necessários pelo menos três navios para se obter um fixo e saber a localização da ameaça, porém mesmo nessa formação, ainda pode se encontrar um triângulo de incerteza, pois existe um erro de acurácia do MAGE e também erros do operador.

Por ter uma função intrinsecamente passiva, o alcance do equipamento MAGE é maior do que o alcance radar. Na prática, estatisticamente, aquele alcance é uma vez e meia maior que esse e, a partir desse dado, está o maior motivo da importância desse equipamento, porque o inimigo normalmente é detectado primeiramente no MAGE, ou seja, é detectado sua emissão para posteriormente ser efetivamente detectado pelo radar, seja o de busca de superfície ou de busca aérea. Isso é explicado pela equação radar¹, enquanto na forma passiva, o sinal RF percorre apenas uma vez o caminho navio-alvo, na forma ativa, a onda eletromagnética percorre o caminho de ida e volta, além de depender de outras características do alvo, como a seção reta radar (RCS).

4.2 MAE e CME ET-SLQ-1A

O CME ET-SLQ-1A tem por finalidade impedir que radares inimigos, que operam na faixa de 8 a 16 GHz, obtenham informações radar sobre o navio utilizando técnicas como: saturação dos receptores radar do inimigo, indução ao acompanhamento de alvos falsos ou “mascaramento” de parâmetros essenciais a detecção, identificação e acompanhamento do

¹ Equação radar $> R_{\max}^4 = \frac{P_{av} T_{ot} G_T G_R \sigma \lambda^2}{(4\pi)^3 KTF(S/N)_{Pdfa} L_m L_x L_{Tx} L_{Rx} L_b}$

navio. O equipamento possibilita a utilização de contramedidas eletrônicas dos tipos bloqueio e despistamento.

Figura 7 – Antena do CME ET-SLQ-1A.



Fonte: Elaborada pelo autor

Ele opera com um arco cego situado no setor compreendido entre as marcações 140° e 220° relativos, ou seja, no setor de ré do navio.

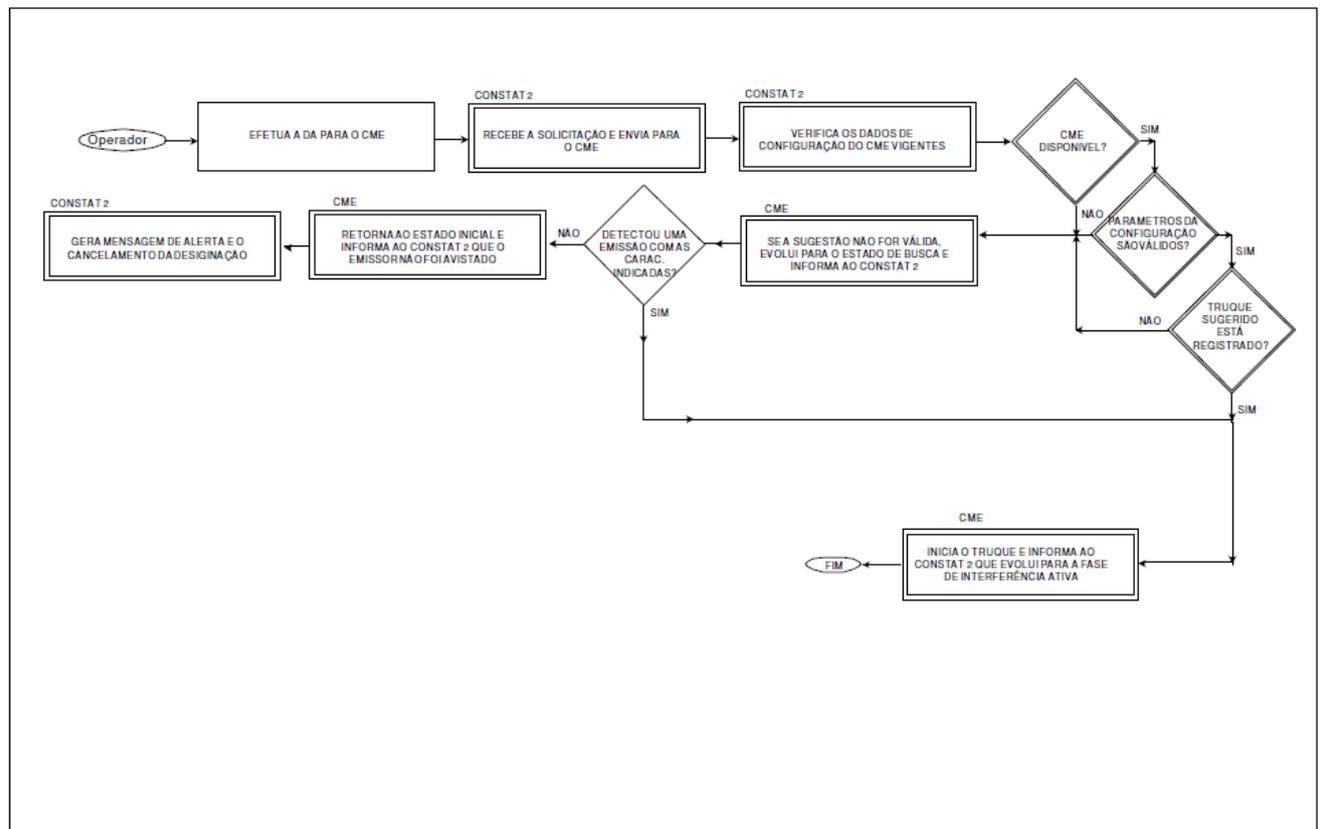
A operação de contramedidas é iniciada a partir da designação e do recebimento dos dados relativos à emissão que é desejado bloquear ou despistar. Os dados da ameaça a ser engajada e a técnica a ser utilizada são fornecidos ao SICONTA pelo equipamento MAGE, via CONSTAT-2, ou podem ser introduzidos pelo operador. O controle do CME é executado a partir de uma unidade nomeada Unidade 2000.

Acompanhamento. Caso contrário, haverá uma indicação na IHM de que a ameaça não foi encontrada e ele retorna ao Estado Inicial.

- Estado de Acompanhamento - aqui, o CME mantém o tracking³ na ameaça, estando pronto para iniciar a interferência.; e
- Estado de Interferência Ativa - estágio final da operação, quando o CME está efetivamente irradiando um sinal de RF, tentando bloquear ou despistar o radar alvo (DGMM, 2007).

A interferência pode se iniciar automaticamente ou manualmente, de acordo com o que for selecionado no CONSTAT-2, no caso de operação em modo integrado ou no painel de comando, no caso de operação em modo autônomo. Existe uma biblioteca de truques no próprio CME que será acessada assim que houver a iniciativa de uma tentativa de interferência e o truque sugerido tem que estar nessa biblioteca para que o CME evolua para o último estado da sua operação.

Figura 9 - Fluxograma de Operação do CME.



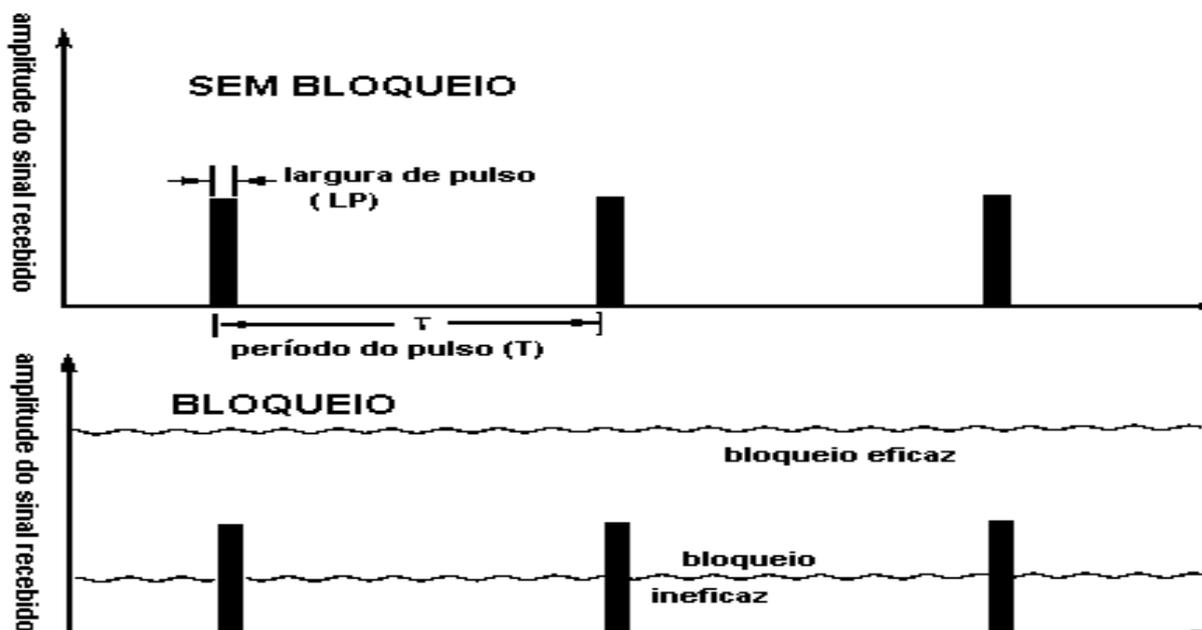
Fonte: DGMM (2007).

³ Manter o acompanhamento do alvo.

Partindo para o lado técnico, quando pensamos na potência a ser irradiada, é preciso saber que essa deverá variar de acordo com as capacidades dos sistemas a serem interferidos. Os transmissores de MAE não necessitam produzir a potência que é necessária para um transmissor radar, porque a MAE constitui-se numa irradiação em um único sentido. Um transmissor de MAE com apenas algumas centenas de Watts (W) de potência, poderá ser capaz de interferir num sistema, cuja potência de pico do seu transmissor esteja na ordem de centenas de KW.

Para se efetuar um bloqueio eficiente, o sinal recebido pelo radar alvo do bloqueador (jammer) deverá ser maior do que o sinal recebido do sinal transmitido (eco). Isto é mostrado pela equação⁴ que tem como um de seus termos a relação J/S. O termo jamming se refere originalmente ao processo de aplicar energia suficiente para mascarar o sinal refletivo do alvo do radar ou de transmissores de comunicações com o objetivo de quebrar a coerência de sinais e assim o desempenho do equipamento.

Figura 10 – Representação do ambiente com e sem bloqueio (eficaz e ineficaz).



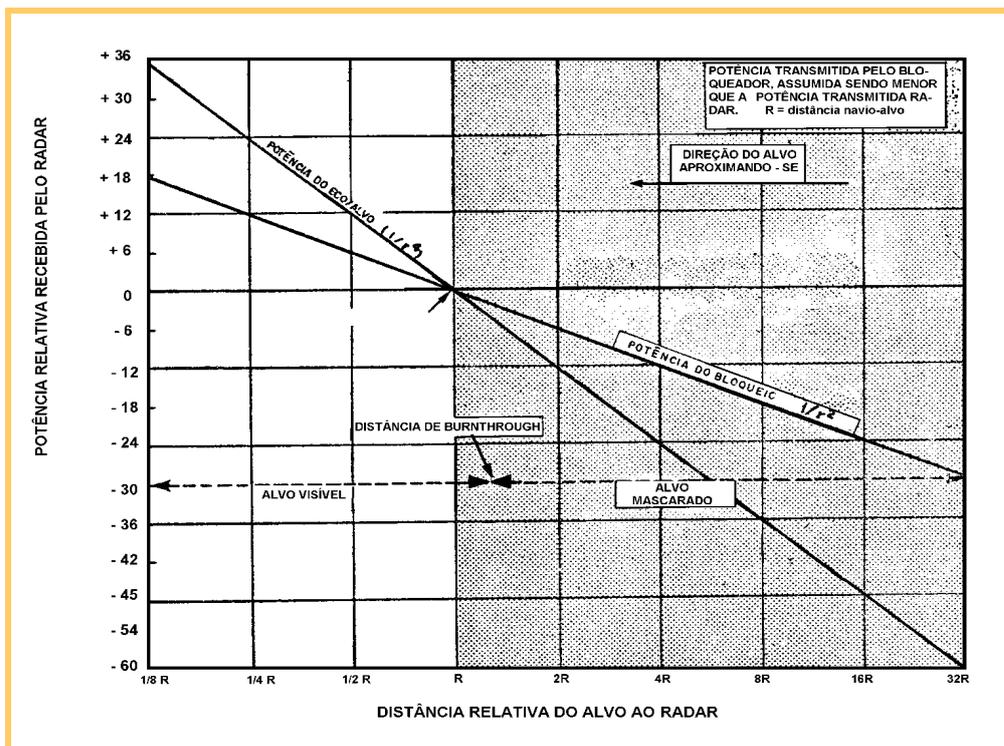
Fonte: CAAML (2011).

⁴ Equação do Jammer >
$$\frac{J}{S} = \frac{(ERP)_j}{n(ERP)_R \sigma B_j} \frac{B L_i L_m L_x 4\pi R^2}{N_i L_p}$$

Em relação a frequência da ameaça, para ser eficaz, qualquer sinal de MAE deve ser sintonizado na frequência irradiada do transmissor vítima. As informações obtidas nas MAGE, somadas às obtidas na biblioteca da missão, simplificam o trabalho de precisar saber a frequência, pois o sinal de MAE necessita apenas ser superposto ao sinal recebido. Além disso, é necessário o conhecimento da largura de faixa empregado pelo radar alvo, pois caso seja necessário a realização do jamming em uma faixa mais larga, deve-se realizar este com uma potência maior do que se fosse em uma faixa mais estreita.

Dois conceitos importantes de serem explanados quando se fala de MAE é a distância de *Burn-Through* que é a distância na qual os alvos se tornarão visíveis na tela do radar apesar da presença do bloqueio (a tela permanece borrada porém certos alvos se mantêm constantes; em comunicações equivale à mensagem entendida mesmo com ruído de fundo) e, a distância de *Crossover* que é a distância na qual o retorno do eco radar iguala o seu nível de potência com o nível do transmissor de bloqueio, ou seja, quando a relação J/S é igual a 1. A distância de *Crossover* não será igual a distância de *Burn-Through*. Assim, não sabemos se nessa distância o alvo será detectado. Por isso, utilizamos a distância de segurança, onde o sinal de bloqueio seja algumas vezes maior que o sinal do eco.

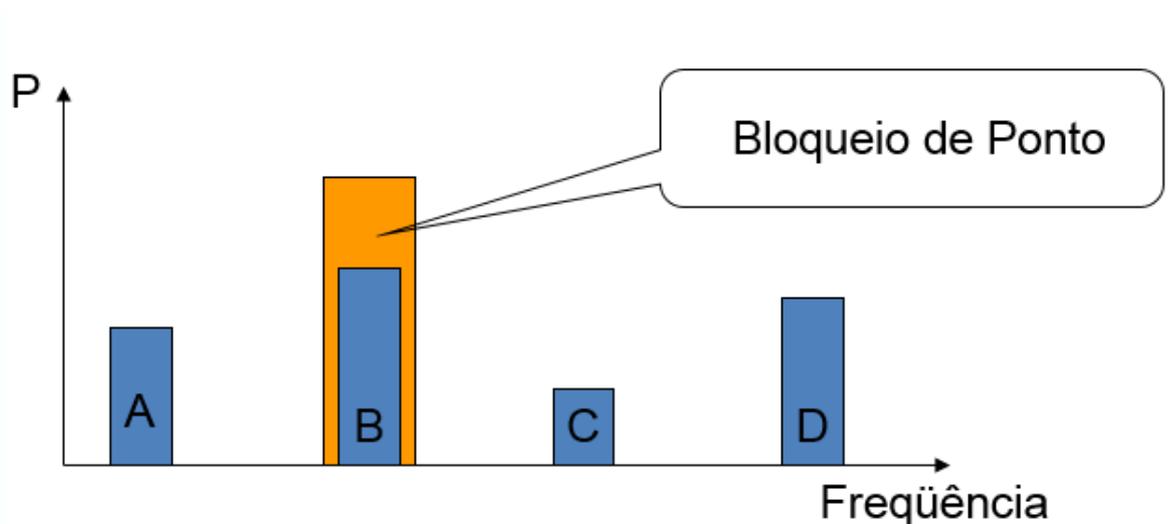
Figura 11 – Gráfico Distância do Alvo x Potência Recebida que mostra a distância de *Burn-Through*.



Fonte: CAAML (2011).

Sobre as técnicas a serem empregadas temos três que serão utilizados de acordo com o conhecimento da frequência de emissão da ameaça. Quando essa frequência for conhecida, a técnica sugerida é o bloqueio de ponto ou de banda estreita que é a transmissão em uma faixa de frequência igual (ou mais próxima possível) à banda de passagem do equipamento visado, cobrindo, um pequeno espaço do espectro.

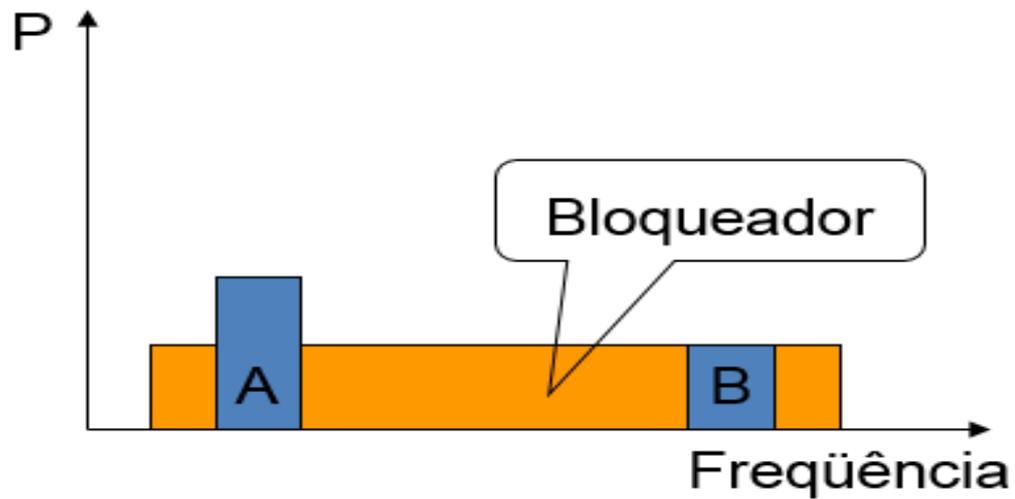
Figura 12 – Exemplo de Bloqueio de Ponto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda técnica possível é o bloqueio de barragem que tem a largura de banda várias vezes maior do que a banda de passagem do receptor alvo. Ela é empregada quando não se sabe a frequência exata do radar alvo, quando o radar alvo pode operar com agilidade ou diversidade de frequência ou para bloquear simultaneamente vários equipamentos que operem dentro de uma determinada banda.

Figura 13 – Exemplo de Bloqueio de Barragem.

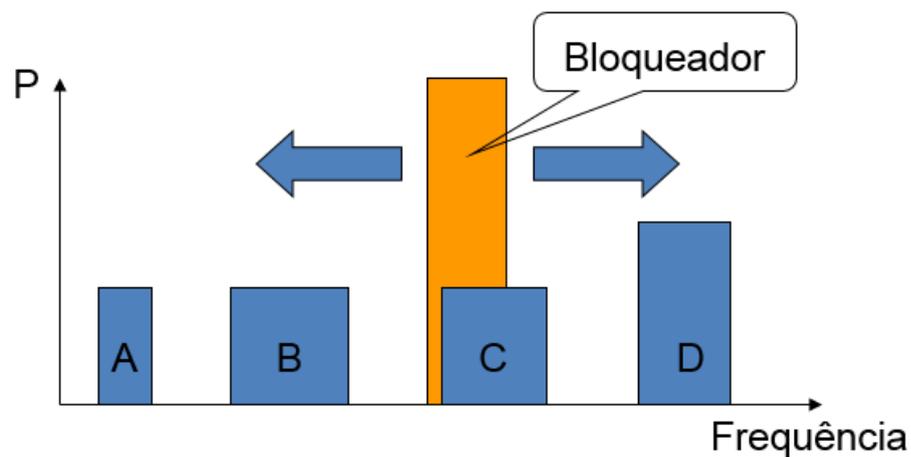


Fonte: Elaborada pelo autor.

A terceira, mas não menos importante, é o bloqueio de varredura que é um bloqueio de banda estreita que é varrida ao largo de uma faixa relativamente ampla de frequências, percorrendo-a a uma certa velocidade. A vantagem desta técnica é que ao mesmo tempo em que concentra toda a potência do bloqueio em uma faixa estreita de frequências, cobre uma ampla banda que pode conter vários equipamentos.

Alguns equipamentos conseguem realizar simultaneamente algumas combinações entre os bloqueios de ponto, barragem e varredura sendo chamados de “Multifunção”.

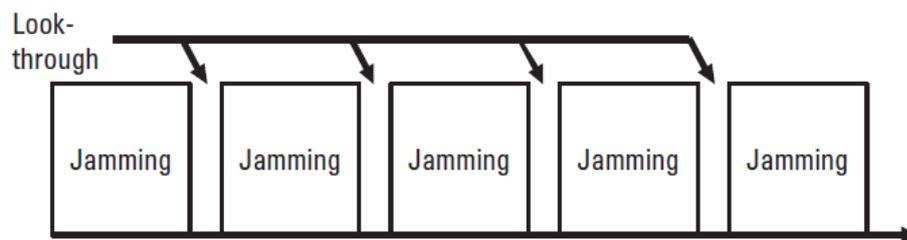
Figura 14 – Exemplo de Bloqueio de Varredura.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando se está sendo realizado um bloqueio, é importante saber se aquele emissor ainda está ativo. Porém, os sensores do navio estão “blanqueados”, ou seja, desligados quando a interferência é realizada. Para que ocorra essa varredura é necessário que a interferência seja interrompida por alguns instantes e os sensores sejam postos em ação novamente, a esse período é dado o nome de *Look-Through*. Nesse curto período, é possível para o equipamento MAE efetuar nova sintonia (se necessário) e voltar a efetuar o bloqueio ou despistamento, automaticamente.

Figura 15 – Ilustração de vários períodos de *Look-Through*.



Fonte: NERI (2006).

Os equipamentos de MAE que não possuem sistema passivo, a ajustagem precisa dos indicadores de frequência é fundamental para seu emprego eficaz, este é o caso do CME SLQ-1A. A versão SLQ-2 já possui esse sistema passivo, o que diminui esse tempo de resposta entre o recebimento do sinal emissor do alvo, processamento e posterior interferência.

Cabe ressaltar que das missões de MAE previstas, esse trabalho só aborda a missão de autoproteção. Outro ponto importante de ser citado, é que o CME SLQ-1A só foi instalado em dois navios da Classe Niterói que foram as Fragatas Defensora e Liberal e que o mesmo nunca foi utilizado em missões no mar, segundo o CASOP. Além disso, os recursos não se encontram mais a bordo dos navios, sendo retirados para homologação no IPqM.

4.3 SLDM e CHAFF

O Sistema de Lançadores de Despistadores de Mísseis (SLDM) está ligado ao foguete CHAFF, que é uma MAE do tipo passiva. Esse sistema, fabricado pelo IPqM, possui quatro lançadores com doze tubos cada um e possuem as seguintes conteiras: 45°, 135°, 225° e 315° relativos a proa do navio. O SLDM gera soluções de tiro que traduzem na definição da

manobra do navio, dos lançadores a serem utilizados, da quantidade de foguetes a serem lançados e da temporização do dispositivo de liberação da carga de CHAFF.

Esse sistema é bem complexo e caso o objetivo do trabalho fosse descrever sistema de armas, a explanação dele seria de grande valia. Porém, como o foco do trabalho é na descrição dos recursos de GE, a abordagem será apenas do foguete CHAFF.

O CHAFF consiste em um conjunto de diminutos dipolos metálicos de meio comprimento de onda ($\lambda/2$), fabricados a partir de folhas de alumínio, fibra de vidro aluminizada, nylon revestido com prata ou outros materiais. Esses dipolos permanecem suspensos no ar, produzindo uma nuvem que reflete os sinais radar, nuvem essa de alta refletividade, que mascara a presença de alvos a serem protegidos.

Figura 16 – Foguete CHAFF.



Fonte: WIKIPEDIA (2018).

O CHAFF deve ser capaz de cumprir algumas das seguintes funções:

- Fornecer camuflagem radar e mascarar as atividades militares sendo conduzidas na área;
- Confundir sistemas de aquisição e controle de radares inimigos com clutter eletromagnético e alvos falsos;

- Criar a aparência de alvos militares ou atividades que iludam as forças inimigas; e
- Prover autoproteção através da quebra do acompanhamento, transferindo o tracking do radar para a nuvem de CHAFF (CAAML, 2011a).

Existem três modos táticos de uso do CHAFF que são Confusão, Distração e Sedução. Na Confusão, o objetivo é gerar alvos falsos a fim de confundir o radar inimigo, dificultando a designação de alvos reais, ou seja, utilizado antes do míssil ser lançado pela ameaça.

Na Distração, o objetivo é gerar alvos falsos para um míssil durante a sua fase de voo inercial e antes da sua fase de acompanhamento. O CHAFF de distração é lançado a distâncias de até 2 km da embarcação, e adota-se um padrão pré-determinado de vários foguetes disparados em diferentes direções para fornecer alvos alternativos aos mísseis, enquanto estes estiverem ainda a uma certa distância do navio. Estes alvos de distração podem durar por vários minutos, e, se a ameaça ainda estiver presente outros alvos ainda podem ser lançados.

Na Sedução, o objetivo é gerar alvos falsos para um míssil na sua fase de busca ou acompanhamento, a fim de transferir este acompanhamento para um alvo falso. Neste modo, o CHAFF é disparado por foguete a uma distância mais próxima à embarcação (cerca de 1 km) e o CME é empregado inicialmente para negar a informação de distância ao radar inimigo, usualmente radar de míssil. Para tal o CME tem que ter sido capaz de saturar o receptor radar (e capturar/deslocar a porta de acompanhamento do radar). Isto feito, o CME inibe a transmissão, quando então o radar já terá retornado à fase de requisição do alvo e eventualmente poderá “adquirir” a nuvem de CHAFF. É importante frisar que alguns desses modos são utilizados dois equipamentos em conjunto, SLDM e CME; não obstante, a MB só utiliza os modos Sedução ou Distração.

Desde os primórdios do uso do CHAFF, o seu emprego tem sido questionado como sendo uma tática que logo perderia sua eficácia. Isto porque, à primeira vista, imagina-se que a sofisticação dos sistemas de radar tornaria a tarefa de discriminação entre o alvo verdadeiro e a nuvem de CHAFF cada vez mais fácil. No entanto, o aperfeiçoamento nos lançadores do foguete está caminhando muito mais rápido do que o desenvolvimento de técnicas que evitem esse truque. Além disso, o baixo custo do equipamento frente a outras MAE é uma vantagem quando se pensa em aquisição de recursos desse tipo (CAAML, 2011A).

4.4 Alça Optrônica EOS-400

Outro equipamento de Guerra Eletrônica utilizado nas FCN é a Alça Optrônica EOS-400. Apesar de estar fora da região do espectro das micro-ondas (faixa do infravermelho e visível) e do SGE, também é utilizado para identificação de alvos. Em adicional, é um sistema semiautônomo de direção de tiro a curta distância com o seu próprio rastreador.

O rastreador optrônico se constitui de câmera de TV (SAAB-TKA-220), câmera receptora de imagem térmica, sensível a raios infravermelhos (Ericsson UBM 11123/1 IR) e um telêmetro laser (Ericsson UAL 11681). A alça pode rastrear por ângulos usando tanto a imagem de TV quanto a imagem térmica, e em distância utilizando o retorno da emissão laser. Em situações especiais, o conjunto de câmeras e telêmetro laser pode ser apontado manualmente.

A EOS-400 possui capacidade de engajar alvos rápidos, tais como mísseis, aeronaves e drones, bem como navios e embarcações de superfície, permitindo, neste último caso, a realização de espotagem de tiro.

Figura 17 – EOS-400.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Atualmente, a MB não possui MAE nem Medidas de Proteção Eletrônica (MPE) para equipamentos nessa faixa do EEM. Por ser um equipamento que utiliza a faixa do visível, também é pouco encontrado nas outras Marinhas qualquer tipo de recurso que possa vir a bloquear ou despistar a EOS.

5 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

Neste capítulo serão abordadas novas tecnologias na área de GE empregadas em meios navais. Devido à restrição de informações desse cunho, será dado enfoque nas características gerais desses equipamentos, em detrimento das características técnicas e táticas. Ademais, serão abordados alguns projetos em andamento pela MB, mostrando o que pode vir a ser um futuro palpável para os meios da Esquadra.

5.1 AN/SLQ-32

O AN/SLQ-32 é um sistema de GE utilizado em navios da Marinha Americana (principalmente) e consegue combinar MAGE, MAE e MPE em um único equipamento. Ele é o principal sistema desse tipo transportado pelos principais navios de superfície da Marinha dos EUA, inclusive as Classes Arleigh Burke e Ticonderoga, com mais de 450 sistemas produzidos até hoje (RAYTHEON, 2018).

As suítes 1 e 2 são passivas, oferecendo capacidade de alerta antecipado, identificação e localização de direção para múltiplas ameaças simultâneas. A suíte 3 fornece uma resposta ativa adicional para interferência simultânea de várias ameaças. A 4, uma versão expandida da 3, é usado em porta-aviões. A 5, usado em destróier e fragatas, integra um passivo 2 com um jammer ativo chamado "Sidekick" (RAYTHEON, 2018).

O sistema SLQ-32 está em operação em todo o mundo desde os anos 80, e os esforços contínuos para restaurar e atualizar sistemas mais antigos tentarão estender a vida útil do SLQ-32 até o século XXI, de acordo com a companhia Raytheon.

Figura 18 – AN/SLQ-32



Fonte: LAPORTA (2017)

O sistema alcança os objetivos, fornecendo cobertura de frequência de banda de ameaça completa, cobertura de azimute instantâneo, 100% de probabilidade de interceptação e resposta simultânea a várias ameaças. Ele pode detectar a busca de aeronaves e os radares das ameaças bem antes de detectarem o navio. O tempo de resposta rápido do sistema garante que a proteção contra interferência seja ativada para impedir a segmentação de longo alcance do navio e para enganar mísseis lançados contra o navio. O sistema possui uma biblioteca on-line de tipos de emissor para identificação rápida.

A Raytheon recentemente uniu-se à Lockheed Martin para competir pelo Surface Electronic Warfare Improvement Program (SEWIP). O Programa de Melhorias de Guerra de Eletrônica de Superfície da Marinha dos EUA Block 3 irá atualizar a capacidade da frota de atacar eletronicamente mísseis anti-navio com o sistema de guerra eletrônica AN/SLQ-32 (V).

5.2 NEWOSC

O Naval Electronic Warfare Operational Support Centre (NEWOSC) ou Centro de Suporte Operacional de Guerra Eletrônica Naval é um ativo desenvolvido pela companhia Thales que pode ser instalado na costa do país adquiridor que inclui:

- Um banco de dados de inteligência contendo detalhes dos sistemas de armas inimigas;
- Um meio de validar e gerenciar os dados de ameaças coletados em um banco de dados de referência da Marinha;
- Um meio de emitir e divulgar dados de missão crítica para ativos no teatro de operações (THALES, 2018).

Portanto, a partir desse Centro, é capaz de se realizar RETRON, obtendo informações de emissões advindas dos meios da Marinha que adquiriu o sistema, bem como fornecendo esses dados para os navios quando em operações de guerra.

A operação efetiva do RETRON enquanto os meios estiverem no mar e do NEWOSC requer um investimento permanente em pessoal treinado. Assim, para qualquer marinha moderna, pode-se ver que o NEWOSC é fundamental para preparar a estratégia e reforçar a eficácia no mar ou em apoio a outras forças.

Existem ferramentas de treinamento e simulação do sistema para fornecer aos operadores de equipamentos de Guerra Eletrônica as habilidades necessárias para operar os sistemas implantados e o NEWOSC. Essa ferramenta gera um cenário realista, que utiliza dados reais de GE. Este simulador é acoplado ao sistema interessado para permitir que os operadores aprendam por si mesmos as funções de radares e sistemas interligados.

Quando ainda em produção, para melhorar a eficiência, a linha de teste e calibração realiza testes de identificação de plataformas emissoras antes da partida da missão. Ele gera sinais de radar emitidos a partir do banco de dados de referência; estes devem ser identificados adequadamente pelo equipamento a bordo da plataforma sob teste. Também poderia ser considerado como um meio alternativo para a formação de operadores (THALES, 2018).

5.3 Projetos em andamento na MB

O Instituto de Pesquisas da Marinha, em parceria com empresas privadas, como a Omnisys, desenvolveu alguns outros equipamentos de GE.

Um desses projetos é o MAGE Defensor que inclusive já está instalado em alguns meios navais, como por exemplo, as CCI e a Corveta Barroso. Sua acurácia é melhor do que a do MAGE Cutlass B1BW, pois utiliza mais antenas para recepção dos sinais radar⁵. Além disso, o IPqM agora trabalha em um projeto de um MAGE veicular a ser empregado pelos meios do Exército Brasileiro e do Corpo de Fuzileiros Navais, MAGE este baseado no Defensor.

Outro projeto já encerrado é do CME-ET-SLQ2. É um melhoramento do CME empregado nas FCN e, como já dito nesse trabalho, ele utiliza de sistemas passivos para diminuição do tempo de reação para a realização de uma interferência. Seria um bom equipamento para no futuro se equipar os meios da Esquadra Brasileira.

Ademais, existe um desejo do IPqM em realizar o desenvolvimento do SLDM 2. Além da problemática da falta de foguetes CHAFF na MB, esse projeto traria melhoramentos em relação ao SLDM emplacado a bordo, como por exemplo, o uso de plataformas giro-estabilizadas, fazendo com que o lançador pudesse realizar conteira e elevação, fazendo com que o navio não tivesse de manobrar para a realização do lançamento do referido foguete.

⁵ Se um equipamento MAGE possuisse uma única antena, a sua acurácia seria de 36°, que seriam 360/10. Conforme a adição de antenas, a sua acurácia melhora, por exemplo, um MAGE composto por 6 antenas possui a acurácia de 360/60, ou seja, 6°.

6 CONCLUSÃO

A primeira conclusão do trabalho é que os meios navais da Marinha do Brasil possuem equipamentos retrógrados, até quando comparados as últimas décadas, porque, mesmo após a ModFrag que se iniciou em 1997, os novos recursos que foram implementados na época já não eram de tecnologia de ponta e o tempo despendido para a realização da modernização completa das seis fragatas da Classe Niterói demorou por volta de 10 anos.

Esses mesmos equipamentos citados já perderam sua operacionalidade completa, com muitos deles com falta de sobressalentes para manutenção corretiva e outros já nem sendo mais utilizados nos navios, o que é o caso do CME.

Outra observação é que a própria MB já possui equipamentos melhores, mas para a alteração deles, seria necessário também um novo sistema que conseguisse integrar os demais sensores e armamentos do navio. Essa dificuldade se deve por conta da maioria dos equipamentos serem fabricados no exterior.

A Marinha do Brasil também possui diversos projetos no IPqM, porém, devido às restrições orçamentárias da Força, a maioria deles não consegue ser executada no prazo estipulado, o que pode acarretar também que quando chegar o fim do projeto, essa tecnologia já poderá ser considerada ultrapassada.

Com base no que foi citado acima, hoje, a melhor saída para a MB seria investimento nos recursos humanos, para diminuir essa assimetria tecnológica existente entre o Brasil e os países desenvolvidos. Pelo pouco abordado no trabalho sobre as inovações tecnológicas internacionais, já se sabe a verdadeira dificuldade que pode ser encontrada quando em uma operação real de combate, o que já é visto em pequenas proporções na UNIFIL⁶.

Esse investimento parece já ter sido iniciado com a volta do Curso de Aperfeiçoamento Avançado no seu novo molde, dando mais conhecimento técnico e científico aos oficiais da Armada. A nova versão, baseada em parte na Naval Postgraduate School em Monterrey, parece ser parte da solução para esse problema. Além disso, é necessidade também alterações nos demais cursos, tanto de carreira até os cursos expeditos, visando a reposição da parte do Curso de Aperfeiçoamento retirada para a entrada desse curso.

⁶ United Nations Interim Forces In Lebanon: Missão de Paz no Líbano

6.1 Considerações Finais

Cabe ressaltar que grande parte do conteúdo desse trabalho foi construído em pouco tempo em virtude de ser o primeiro curso nos novos moldes e ainda o tempo necessário para a realização do trabalho não ser o ideal.

Ademais, as disciplinas ministradas no final do curso foram as mais utilizadas para a confecção do trabalho, visto que o início do curso apenas traz um embasamento teórico para o início das outras matérias.

6.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Uma das intenções iniciais desse trabalho era fazer uma abordagem geral sobre todos os recursos de GE empregados nas FFAA, então uma sugestão de trabalho futuro seria o emprego dos equipamentos de GE nas outras Forças (Aeronáutica e Exército). Também seria possível realizar uma abordagem de meios de outras Forças Internacionais.

Outra visão seria de explanar especificamente de um recurso, falando sobre o processamento, utilizando alguns conhecimentos de processamento de sinal, sensoriamento remoto, e outras disciplinas ministradas nesse curso.

Quando se busca as respostas sobre o desenvolvimento tardio das Forças Armadas brasileiras, lembra-se que isso não ocorre apenas nas FFAA, mas em todo o país. O Brasil, por não estar inserido em contexto de guerras, por ser um país pacífico, não atrai grande apoio da população para investimentos em Defesa. Com base nisso, uma sugestão para trabalhos futuros, seria a abordagem de quanto prejudicial pode ser o “não apoio” da sociedade no desenvolvimento de novas tecnologias de Defesa.

Uma das conclusões do trabalho é o quão importante é investir nos recursos humanos, quando não se pode enfrentar as grandes potências no que diz respeito a recursos financeiros. Então, uma outra sugestão seria de que modo pode se investir em recursos humanos em compensação ao atraso tecnológico vivido pelo Brasil.

O equipamento MAGE (Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica) utilizado nos navios da esquadra é considerado um dos equipamentos de combate mais importante, pois além de possuir um alcance maior que o alcance radar, ele ainda fornece informações muito mais precisas em relação ao inimigo do que outros equipamentos. Contudo, ele não depende só do navio, ele possui uma biblioteca de emissão (BME) fornecida pelo Centro de Guerra

Eletrônica da Marinha (CGEM), que tem extrema importância quando o navio está em operação. Um estudo que pode ser realizado é um modo de aproximar o meio operativo (navio) do CGEM de modo que essa BME fornecida, seja a que realmente é de necessidade para o navio.

REFERÊNCIAS

ASCAMA, Héctor Dave Orrillo. **Radar UWB: antena e mecanismo para detecção de pessoas**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)– Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BARBOSA JUNIOR, Ilques. Oceanopolítica: uma pesquisa preliminar. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, n. 4,5 e 6, p. 55-68, abr./jun. 2009. Trimestral.

BASTOS, Expedito Carlos Stephani. **Vietnã: a maioria da Guerra Eletrônica**. 2005. Disponível em: <http://www.ecsbdefesa.com.br/fts/Vietn%C3%A3.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2018.

CENTRO DE ADESTRAMENTO ALMIRANTE MARQUES DE LEÃO (CAAML). **Folha de Informação de Guerra Eletrônica C-007: medidas de Ataque Eletrônico**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **Folha de Informação de Guerra Eletrônica D-001: defesa Anti-mísseis – CHAFF**. Rio de Janeiro, RJ, 2011.

CESAR, William Carmo. **Uma História das Guerras Navais: o desenvolvimento tecnológico das belonaves e o emprego do Poder Naval ao longo dos tempos**. Rio de Janeiro: FEMAR, 2013.

COMANDO DE OPERAÇÕES NAVAIS (ComOpNav). ComOpNav-521 **Manual de Guerra Eletrônica**. Brasília, DF, 2011.

DIAS, Pedro Eduardo de Sousa; NETTO, Flávio Oliveira da Silva. **O ensino de Guerra Eletrônica no CIGE: perspectivas para o futuro**. Disponível em: <http://www.ccomgex.eb.mil.br/cige/sent_colina/3_edicao_ago_06/Artigos/Art_EnsinoGE_CapSDiasCapNetto.PDF>. Acesso em: 7 nov. 2017.

DIRETORIA GERAL DO MATERIAL DA MARINHA (DGMM). DGMM 7401 **Descrição Operacional do Sistema – SOD SICONTA MKII**. 2007.

ESTADO MAIOR DA ARMADA (EMA). EMA-305 **Doutrina Básica da Marinha**. Brasília, DF, 2014.

ESTADO MAIOR DO EXÉRCITO (EME). **Emprego da Guerra Eletrônica**. Brasília, DF, 2009.

LAPORTA, James. **Two years, \$2M wasted on warfare system after Navy skips development step**. Disponível em: <https://www.upi.com/Report-Two-years-2M-wasted-on-warfare-system-after-Navy-skips-development-step/1771513023668/>. Acesso em: 19 maio 2018.

MACEDO FILHO, Antonio Dias de. **Guerra Eletrônica na MB: desafios e perspectivas para a próxima década**. 2006. 91 f. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas)– Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2006.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Portaria Normativa nº 333/MD, de 24 de março de 2004. Dispõe sobre Política de Guerra Eletrônica de Defesa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 mar. 2004.

NEGRETE, Ana Carolina Aguilera. Plataforma Naval Militar. In: ABDI/IPEA (Org.). **Mapeamento da Base Industrial de Defesa**. 1 ed. Brasília: ABDI, 2016, p. 1-742.

NERI, Filippo. **Introduction to Electronic Defense Systems**. 2.ed. Londres: Artech House, 2006.

RAYTHEON COMPANY (RAYTHEON). **Powerful Shipboard Protection**. Disponível em: <https://www.raytheon.com/capabilities/products/slq32/>. Acesso em: 18 maio 2018.

SANTOS, Fabio Borges dos. **Soluções para a manutenção dos sistemas de armas dos navios escolta da Marinha do Brasil**. 2009. 78 f. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas)– Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2009.

SAUNDERS, Stephen. **IHS Jane's Fighting Ships**. Londres: Tom Philpott, 2016.

THALES GROUP (THALES). **Naval Electronic Warfare Operational Support (NEWOS)**. Disponível em: <https://www.thalesgroup.com/fr/worldwide/defense/naval-electronic-warfare-operational-support-newos>. Acesso em: 18 maio 2018.

TUFFANI, Maurício. **O verdadeiro inventor do rádio**. 2010. Disponível em: <https://www.unesp.br/aci/revista/ed14/ponto-critico>. Acesso em: 05 maio 2018.

GLOSSÁRIO

BLOQUEIO - contramedida eletrônica que consiste na deliberada irradiação, reirradiação, ou reflexão de energia eletromagnética, com o propósito de restringir ou anular o desempenho de equipamentos ou sistemas eletrônicos em uso pelo inimigo. É usado para impedir, ou pelo menos dificultar, a recepção de sinais nos equipamentos inimigos de detecção, de comunicações-rádio, de navegação eletrônica, bem como nos sistemas de direção e controle de armas e de identificação eletrônica.

BUSCA DE INTERCEPTAÇÃO (BI) – ação que visa detectar as emissões eletromagnéticas, através dos equipamentos de MAGE, dentro das respectivas faixas do espectro alocadas.

CIEMA (CONTROLE DAS IRRADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS E ACÚSTICAS) - é uma técnica de CCME que consiste no controle deliberado emissões de nossos próprios equipamentos, com o propósito de impedir a detecção, pelo inimigo, dos sinais eletromagnéticos ou eletroacústicos emitidos e a interferência mútua entre emissores da força.

CONDIÇÕES DE SILÊNCIO ELETRÔNICO (CONSET) – condições de operação dos equipamentos da Força, que se utilizam de energia eletromagnética ou acústica, estabelecidas no plano CIEMA.

CONTRAMEDIDAS ELETRÔNICAS DESTRUTIVAS – ações que visam a destruição física (“Hard Kill”) da plataforma emissora através do uso de armas que incorporam o grau de letalidade necessário para atingir o propósito de seu emprego.

CONTRAMEDIDAS ELETRÔNICAS NÃO-DESTRUTIVAS - também conhecidas como “Soft Kill”, são aquelas que se valem do uso ativo ou passivo do espectro eletromagnético para atingir os propósitos das contramedidas eletrônicas sem, no entanto, causar nenhum tipo de destruição física ao oponente. São divididas em: Supressão Eletromagnética, Despistamento Eletromagnético e Armas de Energia Direcionada.

DESPISTAMENTO - é uma CME que consiste na irradiação, reirradiação, alteração, absorção ou reflexão de energia eletromagnética, com o propósito de induzir o inimigo a erro na interpretação ou no uso das informações recebidas pelos seus sistemas eletrônicos. O que diferencia o despistamento do bloqueio é justamente o seu propósito, uma vez que os meios empregados podem ser, basicamente, os mesmos.

GUARDAS DE INTERCEPTAÇÃO – unidades responsáveis pela guarda de suas respectivas faixas de frequência do espectro eletromagnético a fim de realizar a busca de interceptação.

NAVIO CONTROLADOR DA GUERRA ELETRÔNICA - é aquele no qual está embarcado o Oficial Coordenador da GE (COGE).

NAVIOS GÔNIO – navios designados, pelo Coordenador de Guerra Eletrônica, para obter a marcação da origem de um sinal detectado a fim de determinar a posição da plataforma emissora.

