

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

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM
SISTEMA DE ARMAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica embarcado: Um estudo sobre os sensores de Apoio à Guerra Eletrônica a bordo dos navios da Marinha do Brasil.



1º Ten Lucas Oliveira dos Santos

Rio de Janeiro
2021

1° Ten LUCAS OLIVEIRA DOS SANTOS

Medidas de Apoio a Guerra Eletrônica embarcado: Um estudo sobre os sensores de Apoio à Guerra Eletrônica a bordo dos navios da Marinha do Brasil.

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

Orientadores:
CT(QC-CA) Tiago Rocha Carvalho

CIAW
Rio de Janeiro
2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

1º Tenente Lucas Oliveira dos Santos

MEDIDAS DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA EMBARCADA: Um estudo sobre os sensores de Guerra Eletrônica a bordo dos navios da Marinha do Brasil.

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:

Prof. Alan Oliveira de Sá, DSc – CIAW

Prof. Helios Malebranche, DSc – PUC-Rio

CT(QC-CA) Tiago Rocha Carvalho

CIAW
Rio de Janeiro
2021

Dedico esse trabalho à minha querida família,
que jamais mediu esforços para me auxiliar no
caminho rumo ao meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Almiros e Valdine, por todo amor e carinho dedicados por toda a minha vida, assim como o esforço em investir em minha educação, formação pessoal e profissional.

A minha esposa Suelen e filha Maria Alice, por todo amor apoio e incentivo durante as etapas do curso.

Aos professores do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Guerra Eletrônica, que conseguiram com elevado conhecimento e força de vontade proporcionar conhecimento mesmo diante das adversidades impostas no ano corrente.

Ao meu orientador, Capitão-Tenente (QC-CA) Tiago Rocha, que com seu conhecimento na área de Guerra Eletrônica me orientou com empenho para a confecção deste trabalho com fornecimento de material de qualidade para estudar e pela disponibilidade para orientar, mesmo estando também em curso de carreira e em rotina a bordo de seu navio.

Ao Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha (CGAEM), com destaque ao Capitão de Corveta Silva Lopes e Capitão-Tenente Sampaio, pelo cordial recepção durante a visita e pelas orientações passadas para confecção desta monografia.

“Na guerra moderna, quem tem as melhores informações, age primeiro e força o inimigo a reagir, impedindo que siga seu próprio plano. Aquele que detém a iniciativa escolhe onde e quando lutar, ditando os rumos do combate. Dominar o campo de batalha eletrônico é o cerne das ações de esclarecimento e a chave da vitória nos embates travados no moderno ambiente “high tech” imposto pela sofisticação tecnológica das forças de combate da atualidade”.

(OPERAÇÕES MILITARTES,2019)

Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica Embarcada: Um estudo sobre os sensores de Apoio à Guerra Eletrônica a bordo dos navios da Marinha do Brasil.

Resumo

O estudo em questão apresenta o conceito de Guerra Eletrônica, de acordo com as conceituações da Marinha do Brasil (MB) com enfoque nas Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica. O início do estudo apresenta o conceito de MAGE dentro da Guerra Eletrônica na Marinha do Brasil. É então abordado um sistema MAGE genérico, apresentando sua vantagem em relação ao radar convencional e seu princípio básico de funcionamento e aplicações do sistema. Após a conceituação de MAGE e funcionamento básico de um sistema, é apresentado o funcionamento dos principais sistemas de guerra eletrônica atualmente instalados nos navios da MB, com as suas características e Como visão de futuro será abordado o novo projeto de MAGE da MB, que será embarcado no novo projeto de construção de navios da MB e uma nova perspectiva de uso de MAGE embarcados: o uso de MAGE por veículo aéreo remotamente pilotado, e o projeto da MB neste assunto: o Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas – SARP-E. Por fim, é realizada uma breve conclusão sintetizando as informações de modo a apresentar a importância do conhecimento de GE para o desenvolvimento do combate no mar.

Palavras- chave: Marinha do Brasil, Guerra Eletrônica, MAGE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Onda Eletromagnética.....	11
Figura 1.2 – Empregos civis e militares no espectro eletromagnético.....	12
Figura 4.1 – Estrutura Básica da Guerra Eletrônica.....	19
Figura 4.2 – Atividades de Guerra Eletrônica.....	19
Figura 4.3 – Medidas de Guerra Eletrônica.....	20
Figura 4.4 – Localização de alvo por meio da técnica da triangulação.....	25
Figura 5.1 – Principais unidades do Sistema MAGE Defensor ET/SRL-1.....	30
Figura 5.2 – Interface com Operador (IOL).....	31
Figura 5.3 – Componentes do Sistema MAGE Defensor MK3.....	32
Figura 5.4 – Visualização da tela MAGE “Defensor” atual (direita) e o futuro MAGE “Defensor”	33
Figura 5.5 – Limitação da Curvatura da terra durante emissão radar.....	34
Figura 5.6 – Utilização de drone na detecção MAGE.....	35
Figura 5.7 – ScanEagle a bordo do Navio Patrulha “Apa”	36

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

MB	Marinha do Brasil
GE	Guerra Eletrônica
GHz	Giga-hertz
MAGE	Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica
EEM	Espectro Eletromagnético
CGE	Capacidade de Guerra Eletrônica
AGE	Ações de Guerra Eletrônica
MGE	Medidas de Guerra Eletrônica
MAE	Medidas de Ataque Eletrônico
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
RETRON	Reconhecimento Eletrônico
PRI	Intervalo de Repetição de Pulsos (<i>Pulse repetition interval</i>)
CGAEM	Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha
CONSTAT-2	Console Tático nº 2
PAU	Parameter Analysis Unit
IOL	Interface Operador Local
IPqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
ELINT	Inteligência Eletrônica (<i>Electronic Intelligence</i>)
SARP-E	Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas
ARP-E	Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas
DARPA	Agência de Desenvolvimento de Pesquisas e Projetos de Defesa (<i>Defense Advanced Research Projects Agency</i>)

LISTAS DE SÍMBOLOS

S_r	Densidade de Potência
P_t	Potência do Transmissor
G_t	Ganho da Antena
d	Distância
π	constante matemática com valor aproximado de 3,1415

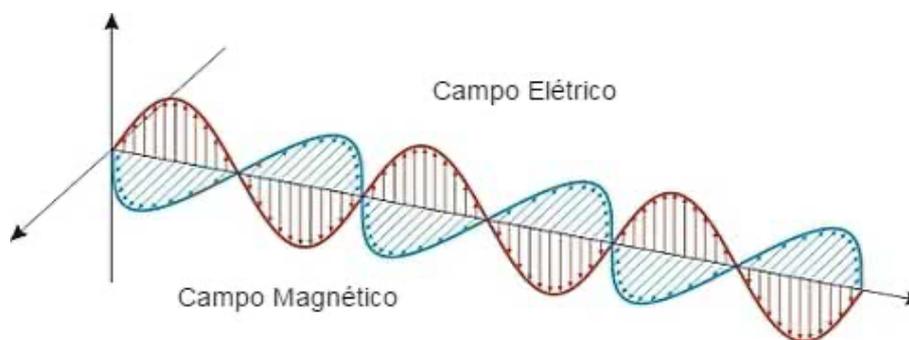
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Apresentação do Problema	12
1.2 Justificativa e Relevância	12
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 Etapas do Trabalho	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3 METODOLOGIA	17
3.1 Classificação da Pesquisa	17
3.1.1 Classificação Quanto aos Fins	17
3.1.2 Classificação Quanto aos Meios	17
3.2 Limitações do Método	17
3.3 Coleta e Tratamento de Dados	18
4 MEDIDAS DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA GUERRA ELETRÔNICA	19
4.1 A Guerra Eletrônica	19
4.1.1 MAGE x RETRON	21
4.2 O sistema MAGE	22
4.2.1 A vantagem do receptor MAGE.....	22
4.2.2 O sistema MAGE.....	23
4.2.3 Subsistemas do MAGE.....	24
4.3 Aplicações do MAGE	24
4.3.1 Busca de Interceptação.....	25
4.3.2 Triangulação.....	25
4.3.3 Monitoração de emissores do ambiente eletromagnético.....	27
4.3.4 Sistema de Informação de Guerra Eletrônica “Fênix”	29
5 EQUIPAMENTOS MAGE NA MARINHA DO BRASIL E VISÃO DE FUTURO DAS MAGE PARA O BRASIL E NO MUNDO	28
5.1 Sistema MAGE Cutlass BIBW	28
5.2 Sistema MAGE ET/SLR-1 “Defensor”	30
5.3 Sistema MAGE “Defensor” MK3	32
5.3.1 Detectar sensores com agilidade em frequência.....	33
5.4 Utilização de veículos não tripulados em apoio à Guerra Eletrônica	34
6 CONCLUSÃO	37
6.1 Considerações Finais	37
6.2 Sugestão para trabalhos futuros	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

As ondas eletromagnéticas são formadas pela combinação de campos elétricos e magnéticos, que oscilam em fase, transferindo energia ao longo de seu eixo de propagação. As ondas eletromagnéticas se propagam independentes de um meio e viajam na velocidade da luz. Ao se deslocarem, as ondas irradiam energia. O conjunto de todo o intervalo composto por estas faixas de radiação é denominado Espectro Eletromagnético (EEM).

Figura 1.1 – Onda Eletromagnética.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/>

O EEM abrange desde a maior onda de radiofrequência até o menor raio gama, incluindo as faixas do infravermelho, visível e ultravioleta. O seu uso é regulamentado, sendo atribuídas faixas do espectro para cada serviço, de cunho civil ou militar. A Figura 1.2 apresenta de forma branda as aplicações do uso do EEM por civis e militares.

Figura 1.2 – Empregos civis e militares no espectro eletromagnético.

Em operações, obter informações de forma passiva permite ao decisor obter dados evitando ser detectado pelo inimigo. Com sistemas de armas de alta letalidade, qualquer ação militar que possibilite a detecção antecipada de sensores inimigos será de grande valia para um meio naval, aéreo ou terrestre.

Desta forma, no âmbito da Guerra Eletrônica é de extrema importância que sejam despendidos esforços que possibilitem manter estimativas sobre a capacidade de outras forças, seja para contrapor um potencial oponente ou para apoiar aliados.

No âmbito da Marinha do Brasil, uma das medidas que mais apoiam estes aspectos são as Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE), pois são uma maneira eficiente de interceptar os sinais e desta forma apoiar a decisão, seja no âmbito estratégico ou no âmbito tático.

1.3 Objetivos

Nesta seção serão abordados os objetivos do estudo, na primeira seção abordará os objetivos gerais do trabalho, e em seguida os objetivos específicos do estudo

1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho busca apresentar a importância do estudo da Guerra Eletrônica para uma força naval, buscando apresentar as Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE), as técnicas e sistemas utilizados na Marinha do Brasil e atualizações e projetos de meios da com ênfase nas MAGE aplicadas ao meio naval e a bordo dos navios da Marinha do Brasil.

1.3.2 Objetivos Específicos

O trabalho busca realizar uma pesquisa sobre o funcionamento dos sistemas MAGE dos meios embarcados, apresentando o princípio de funcionamento e aplicações das MAGE na Marinha do Brasil. O trabalho também visa apresentar os principais equipamentos e sistemas MAGE utilizados na Marinha do Brasil, o Sistema MAGE CUTLASS B1BW, atualmente a bordo das Fragatas Classe Niterói e sistema MAGE ET/SLR-1 “Defensor”.

Tendo em vista as constantes evoluções tecnológicas na área para a Marinha do Brasil, trabalho apresentará informações sobre o MAGE Defensor MK3, um projeto de sistema

MAGE que será embarcado nas novas Fragatas Classe Tamandaré, com previsão de prontificação para esta década.

Ao término da leitura do estudo, é esperado que o leitor atinja os seguintes objetivos específicos:

- a) Ter conhecimento da vantagem de utilizar um sensor passivo de detecção em um combate moderno;
- b) Conhecer o funcionamento básico de um sistema MAGE;
- c) Conhecer os principais sistemas MAGE embarcados nos navios da Marinha do Brasil.
- d) Conhecer o novo MAGE projetado MB para ser instalado nas novas fragatas da MB; e
- e) Conhecer um novo sistema MAGE para meios de superfície em estudo na atualidade: o uso de sistema MAGE por veículos não tripulados.

1.4 Etapas do Trabalho

No estudo será apresentado primordialmente os conceitos de Guerra Eletrônica aplicados na Doutrina Básica da Marinha, apresentando suas ramificações de atividades e medidas de modo a definir o conceito das Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE) atualmente em vigor na Marinha do Brasil.

Em seguida, será apresentado a vantagem da utilização de sensores passivos na detecção radar a partir da perda da intensidade durante a propagação da onda eletromagnética no espaço. Em seguida será apresentado o funcionamento de equipamentos MAGE genéricos, apresentando as fases de processamento dos sinais obtidos e as técnicas utilizadas pelos sistemas.

Na seção Equipamentos MAGE na Marinha do Brasil e visão de futuro das MAGE para o Brasil e Mundo serão abordados os sistemas MAGE utilizados nos meios de superfície da Marinha do Brasil, a saber os sistemas MAGE CUTLASS B1BW e o MAGE Defensor ET/SRL-1, apresentado as suas capacidades, interfaces e possibilidades.

Como visão de futuro será abordado o projeto de apoio a guerra eletrônica em estudo pela agência de projetos de defesa dos Estados Unidos da América, que estudam a utilização de sensores MAGE a partir de veículos aéreos não tripulados. Para inserir a MB no contexto de atualizações e desenvolvimento serão apresentados dois projetos atuais da MB: sistema MAGE DEFENSOR MK3, um sistema de MAGE de tecnologia nacional que ainda está em projeto e será instalado a bordo das novas Fragatas da Classe Tamandaré e o projeto do Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas SARP-E, iniciado a partir da aquisição do sistema ScanEagle.

Por fim, será realizada uma breve conclusão sintetizando os conhecimentos obtidos de modo a apresentar a importância do estudo desta área da GE pela MB.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No livro de (POISEL,2002) é abordado o conceito de guerra eletrônica genérico, apresentando a suas ramificações e técnicas que utilizam o uso das emissões eletromagnéticas.

Em (BRASIL, 2016a), livro-texto do Curso de Aperfeiçoamento Avançado (CApA), são apresentadas as definições de GE utilizadas na MB, estruturas e definições e ramificações da GE na MB até o momento onde é definido o conceito de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica (MAGE) e seu emprego de diferentes formas.

Na obra (ADAMY,2002), o autor aborda a equação de propagação da densidade de potência, com suas perdas no espaço, que também é abordada em (BRASIL,2016c) apresentando a equação de propagação da onda emitida radar e sua perda de potência com o aumento da distância e a vantagem na recepção pelo sistema MAGE, em comparação com um radar convencional.

Da publicação (BRASIL, 2018) o autor aborda as atividades que utilizam os sistemas MAGE na Marinha do Brasil, bem como as maneiras de utilizar o sistema MAGE no ambiente tático.

Nos manuais de operação dos equipamentos (BRASIL,2007) e (BRASIL,2008) são abordadas as funcionalidades de operação dos sistemas atualmente em operação na MB, a saber o MAGE CutlassB1BW e o MAGE “Defensor.

Do artigo de (GALANTE,2018) e (IPQM,2015) revista o autor apresentou as inovações do novo sistema de MAGE Defensor Mk3 que está em projeto na Marinha, apresentando suas inovações comparadas ao atual MAGE Defensor ET/SLR-1.

Nos artigos de (RIBEIRO,2015) na Revista Marítima Brasileira, (VIEIRA, 2018) da revista Passadiço e do artigo de (CAIAFA,2014) são abordados a nova vertente da guerra eletrônica a partir do uso de equipamentos não tripulados na detecção a partir de meios de superfície, de modo a minimizar a limitação do receptor MAGE, e também o projeto SARP-E com as suas novas capacidades e perspectivas.

3 METODOLOGIA

Nesta seção será abordada a metodologia da pesquisa, quanto a seus fins, a seus meios e limitações do método da pesquisa durante o estudo.

3.1 Classificação da Pesquisa

3.1.1 Quanto aos fins

Inicialmente foi realizado uma pesquisa exploratória de modo a realizar o levantamento de informações sobre o tema de modo a ter o maior número de informações sobre o assunto abordado. Após a análise do material recolhido, foi utilizada a pesquisa descritiva para registrar e ordenar as informações.

O trabalho em questão possui uma metodologia com a finalidade aplicada aos militares embarcados da Marinha do Brasil, com o objetivo de apresentar os conceitos da Guerra Eletrônica, e como eles são aplicados aos navios da Marinha do Brasil e a visão de futuro na área de GE pelo mundo e na MB, para desta forma modernizar seus militares quanto a ambiente militar da Guerra Eletrônica. Deste modo a pesquisa é classificada como descritiva pois como objetivo descrever o funcionamento das técnicas e sistemas do estudo.

3.1.2 Quanto aos meios

É feita uma pesquisa da bibliografia disponível sobre esse assunto, visando apresentar as técnicas e princípios de funcionamento dos equipamentos MAGE e suas aplicações no âmbito naval. O objetivo inicial é obter conhecimento sobre a área em questão de modo a gerar uma proposta sobre o assunto. Em seguida é descrito de forma explicativa e sintetizada os conhecimentos obtidos.

3.2 Limitações do Método

A pesquisa sobre este assunto apresenta certa dificuldade devido à escassez de fontes sobre o assunto, pelo assunto ser classificado pela Marinha do Brasil como reservado. Em função disto foi escolhida a pesquisa sobre a bibliografia existente e encontrada sobre o

assunto. Outra limitação ocorreu em função de não haver tempo hábil durante o curso para outros tipos de pesquisa.

3.3 Coleta e Tratamento de Dados

As informações foram coletadas na pesquisa bibliográfica em documentos, de livros, periódicos, trabalhos de conclusão de curso e artigos científicos. A pesquisa visava documentos que envolvessem aplicações de Medidas de Apoio à Guerra Eletrônica e seus respectivos sistemas utilizados na Guerra Eletrônica, com suas aplicações em meios de superfície e também os sistemas utilizados pela Marinha do Brasil.

4 AS MEDIDAS DE APOIO À GUERRA ELETRÔNICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA GUERRA ELETRÔNICA

4.1 A Guerra Eletrônica

Doutrina Básica da Marinha define a Guerra Eletrônica como o conjunto de todas as ações de Guerra eletrônica (GE), ações que envolvem o uso do EEM para impedir ou dificultar o seu uso pelo oponente, bem como assegurar seu uso por forças amigas. A Capacidade de Guerra Eletrônica é o conjunto das Atividades de Guerra Eletrônica (AGE) e Medidas de Guerra Eletrônica (MGE).

Figura 4.1 - Estrutura Básica da Guerra Eletrônica.



Fonte: BRASIL, 2016a, p. 2-4

- 1) Atividades de Guerra Eletrônica (AGE): que são ações de cunho estratégico e tático com o objetivo de contribuir para o estabelecimento, aprestamento e verificação da GE. É Subdivida em Reconhecimento Eletrônico e Aprestamento Eletrônico.

Figura 4.2 - Atividades de Guerra Eletrônica.



Fonte: BRASIL, 2016a, p.2-5

Reconhecimento Eletrônico (RETRON): Atividades de guerra eletrônica com o objetivo de obter de forma oportuna informações sobre os emissores do inimigo.

No âmbito estratégico, a informação é analisada permitindo mensurar as capacidades das outras forças, deste modo a proteger nossos meios e realizar reformulação de doutrinas quando necessário. No âmbito tático, o RETRON pode ser empregado em apoio a planejamento de missões, como por exemplo a utilização da Biblioteca de Emissores dos sistemas de MAGE.

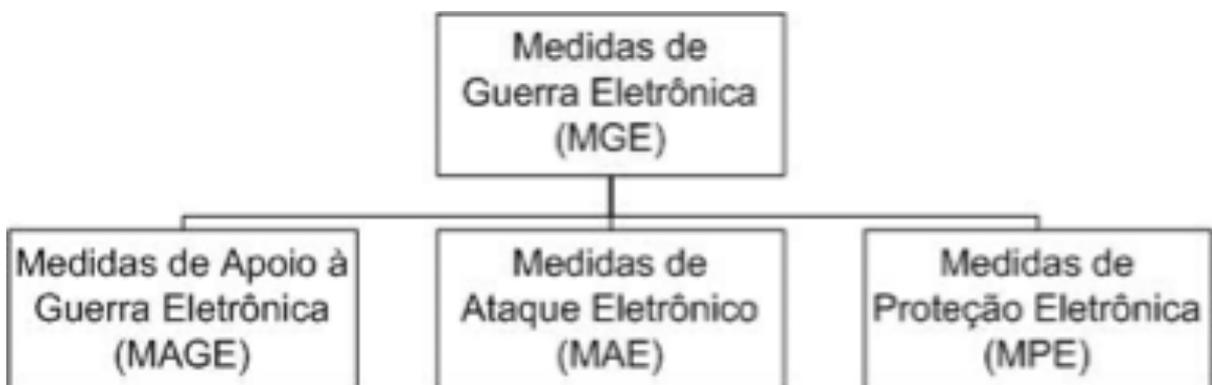
2) As Medidas de Guerra Eletrônica (MGE) são (BRASIL, 2016a) ações que envolvem o uso da energia eletromagnética durante o decorrer de uma operação militar. Elas são divididas em:

- Medidas de Ataque Eletrônica (MAE): visando impedir ou bloquear o uso o espectro eletromagnético pelo inimigo,

- Medidas de Proteção Eletrônica (MPE): ações tomadas para a proteção dos equipamentos e meios de ataques inimigos, de modo a assegurar o uso pela própria força; e

- Medida de Apoio a Guerra Eletrônica (MAGE): ações que visam busca, interceptação e localização de fontes de energia eletromagnética para reconhecimento imediato ou para fins de inteligência.

Figura 4.3 - Medidas de Guerra Eletrônica



Fonte: BRASIL, 2016a, p.2-6

4.1.1 MAGE x RETRON

As ações de MAGE e RETRON atuam a partir da interceptação do sinal emitido pelo oponente. Apesar de semelhantes na forma de obtenção dos subsídios para as suas ações, suas finalidades são o que as diferem uma da outra.

Existem dois propósitos fundamentais para os quais as informações obtidas a partir de sinais são aplicados. A forma de utilização da informação interceptada definirá se o sinal interceptado será uma interceptação de MAGE ou um subsídio de RETRON. Se os sinais são analisados por um longo período de tempo, então a inteligência é gerada, logo é classificada como RETRON. Se a informação for colocada em uso imediato, geralmente não exigindo análise extensa para colocá-lo em contexto, não é considerado inteligência.

Depois que o sinal interceptado for analisado, essa informação também será utilizada em operações, bem como as informações obtidas em operações serão subsídios para RETRON. O principal fator que diferencia é o tempo que leva para extrair informações úteis dos dados interceptados (POISEN, 2002, p.176).

4.2 O Sistema MAGE

O sistema de Medidas de Apoio a Guerra eletrônica, ou sistema MAGE, ou em alguns locais definido apenas como MAGE é um detector passivo de sinais, ou seja, uma antena que não depende retorno do sinal refletido pelo transmissor para o processamento dos dados de interesse.

4.2.1 A vantagem do receptor MAGE

Devido a perda de densidade de potência de um radar, quanto mais longe for a emissão eletromagnética, menor será a energia disponível para ser captada pelo receptor da antena, e as antenas receptores transformam os sinais eletromagnéticos em tensão elétrica para serem processados e apresentados para os operadores MAGE/Radar. (BRASIL,2016b, p.20).

No vácuo, em um ambiente ideal para. A transmissão de uma potência de saída P_T com o ganho da antena G_T densidade de potência é calculada por (BRASIL, 2016b, p. 20):

$$S_r = \frac{P_t * G_t}{4 * \pi * d^2}$$

Onde:

S_r = densidade de potência, em watts por metro ao quadrado ($\frac{W}{m^2}$);

P_t = potência do transmissor, em watts (w); e

G_t = ganho da antena transmissora, adimensional;

d = distância da região considerada até a antena transmissora, em metros (m)

A variação da densidade de potência é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Para um radar convencional esse sinal seria refletido e retornado para o receptor do radar, o que geraria ainda mais perdas na densidade de potência.

O sistema de MAGE, portanto, apresenta uma grande vantagem quanto à capacidade de detecção, pois para um mesmo sinal, a capacidade de processamento de um sistema MAGE será maior devido a maior intensidade de sinal disponível para processamento. A consequência disto é que em condições normais o alcance de detecção do sistema MAGE é maior em relação ao radar.

4.2.2 O Sistema MAGE

A função básica de um sistema de MAGE é interceptar e identificar fontes de emissão eletromagnética, e fornecer as informações para o sistema de comando e controle do navio. A partir das características das emissões interceptadas, o sistema poderá definir a emissão como emissão amiga ou ameaça, e poderá também retransmitir esta informação para os outros sistemas do navio de forma automática, no caso de ameaça, ou de forma manual pelo operador do console.

Para cumprir suas funções, o Sistema MAGE procura e intercepta as radiações do meio, buscando os seguintes parâmetros de cada emissão: frequência, largura de pulso, frequência de repetição de pulsos (PRI), amplitude, ângulo e tempo de chegada. (BRASIL, 2016a, p.1-1).

As emissões são armazenadas e comparadas com o banco de dados do sistema, chamado de biblioteca de emissores. O processo é dividido nas seguintes fases:

1) Deinterleaving:

Quando o sinal é interceptado pelas antenas do MAGE, cada pulso é analisado e verificado se pertencem ao mesmo emissor, a partir dos parâmetros citados anteriormente.

Existem diversos algoritmos de deinterleaving, de acordo com o número de etapas e conjunto de parâmetros utilizados. Os principais métodos de deinterleaving são:

- Pigeon Hole: ocorre a separação de pulsos em células, definidas por subconjunto de parâmetros. Este método é eficiente por não depender de parâmetros secundários (intervalo de repetição de pulsos e tipo de varredura) mas não é eficaz com radares capazes de variar parâmetros durante um período de emissão, pois desta forma um mesmo emissor teria suas emissões em várias células diferentes.

- Pigeon Hole + PRI: realiza o deinterleaving em duas etapas: primeiro separa os pulsos em com parâmetros similares em células e em seguida é feito uma comparação do tempo de chegada dos pulsos

- Análise intrapulso: A análise intrapulso tem a vantagem de fazer a distinção de um emissor mesmo dentre outros do mesmo tipo. A dificuldade é a necessidade de uma biblioteca com as características das emissões que se espera detectar, bem como seu emissor.

2) Correlação e Definição de Grau de ameaça.

Após a interceptação e separação dos dados por parâmetros, é realizada a comparação desses parâmetros com o arquivo de emissões salvas no MAGE, chamada de biblioteca eletrônica, de modo a identificar o possível emissor. Caso não haja nenhum emissor compatível, as informações serão armazenadas na biblioteca e futuramente analisadas com maior detalhamento pela equipe responsável pela inteligência eletrônica.

Caso seja correlacionado, ou seja, com parâmetros compatíveis a emissores da biblioteca, será informado também o grau de ameaça e prioridade para o contato interceptado de acordo com o que foi previamente estabelecido na biblioteca.

4.2.3 Subsistemas de um Sistema MAGE.

Um sistema MAGE é normalmente composto por 4 subsistemas (BRASIL, 2016a, p. 1-3):

- RECEPTOR: responsável pela detecção dos pulsos e por medir os parâmetros do sinal recebido.

- PROCESSADOR: circuito responsável pela redução da alta taxa de dados provenientes do receptor para uma taxa de dados compatível com o processador de uso geral. Para que esta redução seja realizada, parâmetros semelhantes de pulsos são agrupados.

- PROCESSADOR PRINCIPAL: classifica os parâmetros dos sinais buscando identificar a cadeia de emissores e tentando recombinar cadeias erroneamente divididas. Com

um grupo similar de pulsos, é possível classificar o tipo de radar emissor, pois radares de diferentes funções possuem características de pulsos.

- INTERFACE HOMEM-MÁQUINA: Apresenta as informações processadas em um display para o operador. Quando os emissores são correlacionados com algum registro da biblioteca, é informado por esta interface.

4.3 Aplicações do MAGE

A principal função de um Sistema MAGE é a detecção e de sinais de ameaça. Como afirmado por (ADAMY, 2006, p.35) os sistemas de apoio à guerra eletrônica mais importantes são os receptores de alerta radar (RWR), sistemas de MAGE embarcados, e vigilância em campo de batalha.

Dentre suas aplicações, por meio de MAGE aerotransportados ou de superfície, destacam-se três atividades principais de um sistema MAGE: a Busca e Intercepção, o Monitoramento de Emissores e a Triangulação de fontes de emissão.

4.3.1 Busca de Intercepção

A Busca de Intercepção (BI) é definida como a varredura ordenada e sistemática do EEM com a finalidade de interceptar e identificar frequências julgadas de interesse, não atuando apenas como alarme antecipado da presença inimiga, mas também na verificação das emissões da própria Força. (BRASIL, 2018).

Os sistemas MAGE aerotransportados, sejam por veículos remotamente pilotados ou aeronaves, possuem maior capacidade de busca e intercepção por área devido a sua velocidade e altitude. Então, para controle de grandes áreas a utilização de aeronaves é uma atividade eficaz, principalmente para situações de alarme antecipado de ameaças.

Já os meios de superfície, apesar de possuírem menos capacidade em área, possuem maior capacidade de transportar pessoal qualificado e é capaz de transportar sistemas mais robustos e eficazes. A consequência disto é o fato de os navios serem as unidades mais indicadas para a atividade de busca e intercepção, pois possibilitam uma intercepção mais precisa e eficaz para uma melhor análise dos dados detectados.

Em operações militares, uma das formas de impedir que o inimigo intercepte suas emissões é emitindo com os radares mais relevantes somente quando estritamente necessário. Essa medida é uma forma de contrapor a MAGE do inimigo, que por consequência também dificulta a interceptação, se utilizado pelo inimigo.

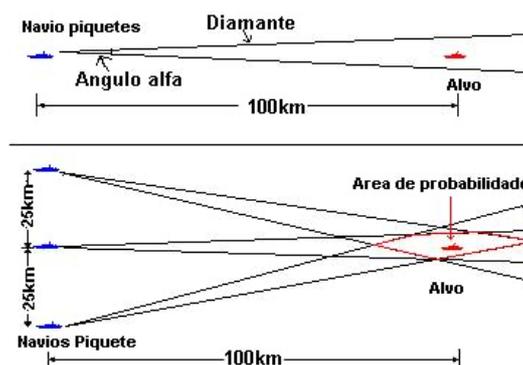
Em meios aéreos e de superfície, o sistema MAGE, por ser um sistema passivo, possui uma função chave nesta contramedida: além de interceptar emissões inimigas é possível controlar as emissões de suas próprias forças, tal medida evita a emissão indesejada de emissores, contribuindo para a redução da probabilidade de interceptação pelo inimigo.

4.3.2 Triangulação

Os sistemas MAGE são mais atuais são capazes de identificar a classe do emissor. Alguns tipos de emissão são específicos para um único meio, ou finalidade, como por exemplo os radares de direção de tiro, que possuem um diferente padrão de funcionamento, quando comparado a um radar de navegação. Com base nestas informações, um comandante poderá ser capaz de definir o contato como ameaça ou prioridade. Como os meios bélicos possuem vários emissores, convém-se que se assuma o pior caso possível dentre as alternativas. Entretanto, apesar de ser possível defini-lo como ameaça, ainda não seria possível estimar a localização do contato.

Para resolver esta pendência utiliza-se a técnica da Triangulação Passiva, que consiste em utilizar os sistemas MAGE das unidades de uma força, que estima a localização do contato a partir da interseção linhas de direção da fonte emissora. Quanto mais separados estiverem os receptores MAGE, maior será a capacidade e precisão da localização do emissor, conforme a figura a seguir.

Figura 4.4 – Localização de alvo por meio da técnica da triangulação.



Fonte: < <http://sistemasdearmas.com.br/ggn/ggn03guerraeletronica1.html> >

Esta técnica é bastante eficiente em operações pois permite que a força consiga realizar um alarme antecipado, tendo em vista que o MAGE tem um alcance de detecção maior que os radares comuns. Outra observação positiva em relação a técnica é o fato do sistema MAGE permitir o alarme antecipado de forma passiva, ou seja, haverá uma detecção sem que haja a necessidade de emitir com os próprios radares, protegendo assim a força contra os próprios sistemas de MAGE do inimigo.

Quando a interceptação é feita por sistemas MAGE aerotransportados, uma vantagem significativa é observada: é necessário apenas um meio para realizar a localização da fonte emissora. Devido a sua grande velocidade em relação ao alvo, as linhas de direção da fonte podem ser obtidas através da mesma aeronave, contrapondo com a necessidade de dois ou mais meios, quando a técnica é utilizada por meios de superfície.

Entretanto, para que essa técnica seja efetiva, o inimigo deverá emitir com os seus radares. Se o inimigo também conseguir evitar o uso dos emissores, a detecção terá menor dificuldade de ser efetiva.

4.3.3 Monitoração de emissores do ambiente eletromagnético

A monitoragem é a deliberada sintonia de uma frequência de interesse por um determinado período de tempo, a fim de obter conhecimentos. (BRASIL, 2018). Os receptores MAGE são capazes de monitorar emissões de interesse para servir de materiais e subsídios necessários para as atividades de inteligência ou reconhecimento eletrônico (RETRON). A atividade de monitoragem é uma das ações que implicam na coleta de dados de emissores.

A coleta de dados possibilita o conhecimento da estrutura dos radares. Este material é analisado por órgãos competentes de cada força, como por exemplo na MB esta análise é realizada pelo Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha (CGAEM). Os dados fornecidos e analisados servirão para a programação de bibliotecas e em apoio ao planejamento tático de uma operação no futuro.

4.3.4 Sistema de Informação de Guerra Eletrônica “Fênix”

O Sistema de Informações de Guerra Eletrônica “Fênix” é um sistema gerenciado pelo Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha (CGAEM) que realiza a síntese de todo o conhecimento da Marinha do Brasil no que diz a informações de emissões eletromagnéticas. Esta estrutura centraliza todo o conhecimento adquirido em meios de superfície, submarinos,

aeronaves, fuzileiros navais e meios distritais e de outras forças brasileiras. Tais informações são essenciais pois servem de subsídios para o planejamento de missões realizadas pela MB.

As informações analisadas retornam aos sistemas MAGE por meio das bibliotecas de emissões que possibilitam o sistema a tomar decisões automatizadas, se configurado ou apoiar as decisões do operador.

5 EQUIPAMENTOS MAGE NA MARINHA DO BRASIL E VISÃO DE FUTURO DAS MAGE PARA O BRASIL E NO MUNDO

A Marinha do Brasil constantemente e na medida do possível mantém seus meios atualizados no que tange à Guerra Eletrônica.

Para cumprir esta missão no ambiente eletrônico, os principais sistemas de MAGE atualmente embarcados nos navios são Sistema MAGE CUTLASS B1BW, a bordo das Fragatas Classe "Niterói", o sistema MAGE Defensor ET/SLR-1 "Defensor", a bordo da fragata Defensor, Corveta "Barroso" e Navio Escola "Brasil". Estes serão abordados por tópicos abordando suas principais funcionalidades e como contribuem na Guerra Eletrônica a bordo dos navios que estão instalados.

Em seguida será apresentada a visão de futuro dos sistemas MAGE nos navios, o Projeto do MAGE DEFENSOR MK3, o projeto de sistema MAGE de tecnologia brasileira que está em andamento, com previsão de ser instalado a bordo das novas corvetas da classe Tamandaré.

Por fim, será abordado uma nova perspectiva na Guerra Eletrônica embarcada: o uso do sistema MAGE a partir do uso de veículos não tripulados, apresentando suas facilidades na operação e dificuldades do novo projeto e como a MB tem atuado a respeito de sistemas de vigilância não tripulados, abordando o projeto de sistemas de aeronaves remotamente pilotadas embarcadas (SARP-E) iniciado pela aquisição do sistema ScanEagle.

5.1 Sistema MAGE Cutlass B1BW

O Sistema CUTLASS B1BW é o equipamento de Medida de Apoio à Guerra Eletrônica instalado nas Fragatas Classe Niterói. Dentro do Sistema de Combate das Fragatas Classe "Niterói", o equipamento encontra-se no Sistema de Guerra Eletrônica. O sistema é responsável por interceptar e processar as emissões de rádio, em uma faixa de 600MHz a 16GHz (BRASIL,2007, p.2-1).

Este sistema possui uma biblioteca, onde é possível armazenar 2000 emissões e tem uma alta capacidade de reconhecimento dos pulsos já salvos. A emissão salva pode ser enviada para o sistema de combate SICONTA MKII por intermédio do Console Tático nº2 (CONSTAT-2). O sistema opera a partir dos seguintes parâmetros: Marcação, Frequência,

Data, Classificação e Identificação). Além disso o Sistema envia dados para o funcionamento dos CME ativos e passivos do navio.

Para seu funcionamento, seus principais componentes são:

- **Antenna Assembly:** É um sistema de seis antenas, divididas por bordo do navio. Cada bordo é disposto de três cabeças, e para cada cabeça há duas antenas: uma responsável por emissões de baixa frequência (0,6 a 7,5GHz) e outra responsável por emissões de alta frequência.

- **Parameter Analysis Unit (PAU):** A PAU é responsável por receber e processar os sinais vindos das antenas, enviando para a Estação do Operador MAGE como um conjunto de dados recebidos por cada pulso. Os sinais então são processados e enviados ao Console do Operador.

- **Operator's Workstation:** Na estação do operador, o MAGE é controlado pelo CONSTAT-2. É a unidade que compila e identifica todos os sinais interceptados vindo da PAU, compara com os da biblioteca de sinais e o sinal registrado mais semelhante é transmitido na tela do console. Esta estação recebe informações do giroscópio, o que permite mostrar a marcação verdadeira da emissão interceptada.

Desta unidade, toda as informações obtidas pelo CUTLASS B1BW são transferidas ao SICONTA MKII, por intermédio do CONSTAT-2. Este console é o único que possui interfaces com o MAGE B1BW e é responsável pelo envio das informações aos demais consoles do sistema.

- **Power Distribution Unit:** Responsável por fornecer a energia necessária para o funcionamento às outras unidades do MAGE e envia os sinais da agulha giroscópica para a estação do operador no CONSTAT-2, disponibilizando a marcação verdadeira do ruído interceptado.

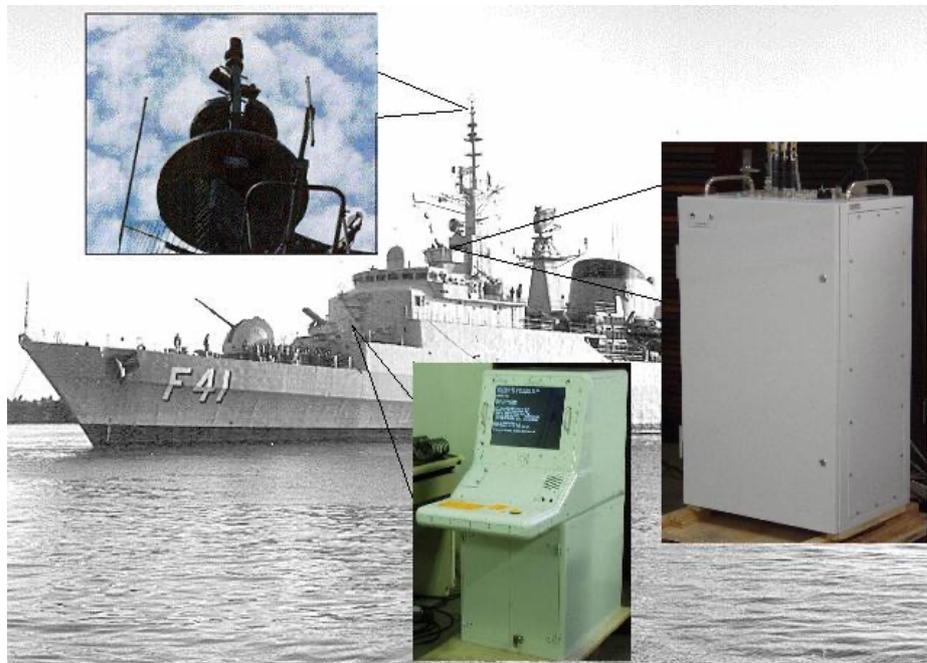
- **Printer:** A impressora possibilita imprimir dados interceptados em uma operação para futuras análises de inteligência.

5.2 Sistema MAGE ET/SLR-1 “Defensor”

O Sistema de Medida de Apoio à Guerra Eletrônica “DEFENSOR” é um sistema MAGE utilizado na Marinha do Brasil na Fragata “Defensora” e na Corveta “Barroso”. Foi desenvolvido para executar as funções de detecção, identificação e classificação de sinais de radar quanto ao tipo de emissor, sua marcação e plataforma provável de origem.

Suas principais unidades são a antena, Interface do Operador e a Unidade de Processamento.

Figura 5.1 - Principais unidades do Sistema MAGE Defensor ET/SRL-1.



Fonte: < https://www.marinha.mil.br/ipqm/grupo_guerra_eletronica >

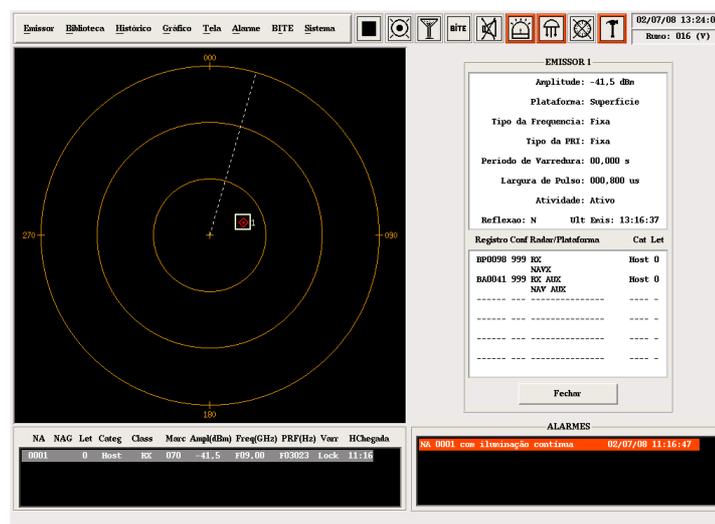
Para seu funcionamento, seus principais componentes são:

- Unidade da Antena: No interior do radome estão montados quatro módulos DF, uma antena omnidirecional de 2 a 18 GHz, circuitos eletrônicos do canal omni e dispositivos de controle.
- Unidade de Processamento: Na unidade de processamento é o sistema realiza a medida do ângulo de chegada de cada pulso recebido, através de informações da agulha giroscópica. Quanto aos parâmetros interceptados, nesta unidade é feita a

montagem da PWD (Pulse Word Descriptor), ou seja, a descrição dos parâmetros característicos de cada sinal que são a base para a identificação do emissor.

- Interface com o operador: O sistema possui uma interface com o operador que possibilita visualizar o cenário tático ou inserir dados. Além disso, o operador pode configurar alarmes e ter acesso as bibliotecas de MAGE e históricos.

Figura 5.2 – Interface Operador Local (IOL).



Fonte: BRASIL,2008, p. 8

As principais características deste sistema são (BRASIL,2008, p.4):

- ⇒ é um sistema de tecnologia e desenvolvimento feito pelo IpQM.
- ⇒ o MAGE DEFENSOR possui 100% de probabilidade de interceptação, operando na faixa de frequência de 2-18GHz em 360 graus e podendo acompanhar até 110 emissores.
- ⇒ É um sistema com alta sensibilidade no processamento, ou seja, é capaz de processar sinais com potências de chegada muito baixos.
- ⇒ Sua aplicação é em navios de superfície e submarinos sendo de fácil instalação e manutenção.

5.3 Sistema MAGE “Defensor” Mk3

O Sistema MAGE Defensor MK3 é um projeto do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) de criação de um novo sistema MAGE para compor os sistemas de defesa eletrônica das Fragatas Classe Tamandaré. Ao término do projeto, O sistema também será instalado na Navio Doca Multipropósito Bahia. (GALANTE, 2018)

“Dentre as tecnologias e funcionalidades que o MAGE Defensor Mk3 incorporará do Veicular destacam-se o aumento da faixa de frequência instantânea de detecção dos sinais radar, aumento da sensibilidade da antena, capacidade de detecção de sinais com agilidade em frequência, capacidade de acompanhamento do dobro de emissores em relação ao Defensor, recursos para realizar geolocalização, um “Front-end” totalmente nacional, e o emprego de arquitetura híbrida (receptor tradicional + receptor digital), entre outros mais.” (IPQM,2015, p.309)

Figura 5.3 - Componentes do Sistema MAGE Defensor MK3.



Fonte: < <https://www.naval.com.br/blog/2015/02/21/incorporacao-da-corveta-tamandare-pela-esquadra-ficou-para-2021/> >

As principais características do novo sistema são:

- ⇒ O sistema é capaz de interceptar sinais de 2-18GHz podendo medir os seguintes parâmetros: modulação intrapulso, frequência, FRP, e direção do sinal.
- ⇒ O projeto prevê interfaces entre o equipamento e os outros sistemas de combate do navio, o sistema de contramedidas eletrônicas, agulha giroscópica.
- ⇒ Quanto à coleta de dados, o projeto prevê capacidade de coleta de dados de inteligência eletrônica (ELINT), com gravação em disco rígido para análise pós-missão ou treinamento

5.3.1 Detecção de Sensores com Agilidade em Frequência

O projeto MAGE Defensor Mk3 será capaz de interceptar radares que possuem agilidade em frequência, ou seja, sensores que são capazes de alterar seus parâmetros (frequência, FRP, etc.) a cada emissão. O novo software instalado terá melhor desempenho na detecção, que apresentará o radar ágil como apenas uma única emissão. (Galante, 2018)

Na tecnologia atual, os emissores com agilidade em frequência geram na tela do sistema MAGE atual diversas emissões em um mesmo ponto, desta forma gerando emissões indesejadas, também chamada de “*clutter*”. No novo algoritmo, o sistema conseguirá distinguir quais emissões com parâmetros de frequência distintos são oriundas de um mesmo emissor, apresentando na tela um número menor de sinais indesejados, denominado *clutter*.

Na figura abaixo é apresentada a tela dos dois sistemas submetidos a mesma quantidade de emissores, sendo um deles (marcação 090°) um emissor com agilidade em frequência. O novo algoritmo resulta em uma visualização com menos *clutter*, quando comparada ao anterior, facilitando a detecção dos ruídos e por consequência uma melhor visualização do quadro tático do ambiente eletrônico.

Figura 5.4 – Visualização da tela MAGE “Defensor” atual (direita) e o futuro MAGE “Defensor”.



Fonte: <<https://www.naval.com.br/blog/2015/02/21/incorporacao-da-corveta-tamandare-pela-esquadra-ficou-para-2021/>>

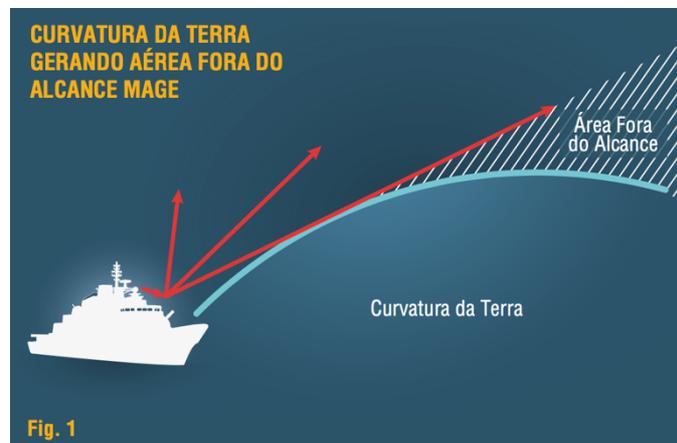
5.4 Utilização de veículos não tripulados em apoio à Guerra Eletrônica

Conforme os avanços tecnológicos em todos os âmbitos da Guerra Eletrônica, o avanço dos MAGE também têm acompanhado o desenvolvimento. Uma das evoluções neste aspecto é o desenvolvimento de equipamentos MAGE sendo utilizados por veículos não tripulados, comumente chamados de drones. Os estudos de pesquisa da Agência de Desenvolvimentos de Pesquisas e Projetos de Defesa (*DARPA*), dos Estados Unidos da América, já analisam a possibilidade de construir este sistema radar por paraquedas.

Estudos da DARPA visam construir um sistema radar paraquedas. O advento deste equipamento poderá gerar uma vantagem significativa quando utilizado contra navios, pois será uma forma de aumentar o alcance radar.

Este projeto visa minimizar uma das limitações do MAGE, que é a curvatura da terra que afeta a recepção do radar como na figura abaixo.

Figura 5.5 – Limitação da Curvatura da terra durante emissão radar.



Fonte: (VIEIRA, 2018).

O equipamento, que foi desenvolvido para utilização contra navios, busca elevar a altura do receptor. Desta forma, o equipamento será capaz de receber sinais em uma distância maior do que convencionalmente era obtido com receptores na superfície. Tal advento será uma grande vantagem na guerra naval, possibilitando a detecção a distâncias maiores pelo detentor da nova tecnologia.

Figura 5.6 – Utilização de drone na detecção MAGE.



Fonte: (VIEIRA, 2018)

Uma das dificuldades da nova tecnologia está na separação física do equipamento MAGE e o navio, e para que o equipamento seja eficaz, será necessária uma antena, com feixe direcional, poucos lóbulos secundários e com tamanho e peso reduzidos para impedir a captação da sua irradiação pela força inimiga. (VIEIRA,2018). Além da dificuldade de construção da antena com material que seja leve para planar o maior tempo possível. Para isso, o projeto está investindo na produção por impressoras 3D e com o material de microfita, que diminuiria o peso da antena.

5.4.1 O Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas

Seguindo a tendência mundial de utilização de veículos não tripulados por diversas marinhas pelo mundo, a MB deu início em 2019 ao projeto SARP-E (Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas). Após um período de testes e requisitos para o sistema, o modelo escolhido foi o ScanEagle, pertencente à Intsu/Boeing.

O objetivo da aquisição era ter um veículo aéreo não tripulado que visando auxiliar o patrulhamento do litoral brasileiro de forma mais eficiente. Dentre os modelos, o ScanEagle foi o modelo vencedor devido a alguns motivos que foram decisivos como a longa resistência de missão, o fato de o sistema não tomar espaço no convés destinado ao helicóptero, podendo operar em conjunto com a aviação naval sem maiores problemas, e a facilidade de manutenção/suporte. foram fatores decisivos da escolha. (CAIAFA,2019).

Figura 5.7 – ScanEagle a bordo do Navio Patrulha “Apa”.



Fonte: MOTTA, 2014

O ScanEagle foi adquirido pela MB para atividades de patrulha naval, coleta de dados, esclarecimento e designação de alvos de interesse. Para cumprir sua missão o sistema é dotado de câmera eletro-óptica e uma câmera infravermelha. Quanto à autonomia, o sistema é capaz de operar por mais de 24h ininterruptas, por uma distância de até 100km a partir da estação de controle. (WILTGEN, 2019).

As vantagens na utilização das ARP-E comparadas às aeronaves pilotadas são inúmeras, como destaca (RIBEIRO,2015, pp. 209-215):

- ⇒ O emprego de ARP-E em missões de esclarecimento eliminaria o risco à vida dos pilotos;
- ⇒ As ARP-E possuem grande capacidade de permanecer longos períodos em vôo;
- ⇒ Possuem baixo custo de aquisição e manutenção, ao comparar com os custos da aeronave tripulada;
- ⇒ A qualificação dos pilotos sofreria redução pois a maioria do treinamento poderia ser feito a partir de simuladores de vôo; e
- ⇒ Devido a sua assinatura radar reduzida, a ARP-E teria maior dificuldade em ser interceptada.

6 CONCLUSÃO

6.1 Considerações Finais

A vantagem estratégica que o MAGE proporciona é incontestável, mesmo com avanços na comunicação e detecção nos últimos anos, a interceptação dos sinais emitidos por sensores passivos desde os primórdios

Os sistemas MAGE fornecem à decisão duas informações vitais. No âmbito tático e de uso imediato, a visualização do ambiente eletromagnético por meio da busca de interceptação, triangulação permite ao comandante no mar a iniciativa do ataque ou um tempo de reação maior. Tal fato pode ser a chave da vitória de uma batalha.

O outro tipo de informação é a atividade de inteligência. Por meio da monitoração dos emissores de interesse, a Marinha do Brasil mantém e analisa os dados obtidos e estes dados são agregados ao SiGE Fenix, contribuindo assim para o banco de dados da MB, possibilitando uma correlação de parâmetros em operações futuras.

Os sistemas MAGE utilizados na Marinha mantém o adestramento do pessoal no que tange a GE, além de ser importante fonte de dados de inteligência. O desenvolvimento do sistema MAGE Defensor ET/SRL-1 e o novo projeto do MAGE “Defensor” MK3 mostra que a MB busca ao longo do tempo busca a atualização dos meios com tecnologia nacional, buscando desta forma reduzir a dependência externa quando o assunto é tecnologia estratégica. O desenvolvimento destas tecnologias garantirá no futuro que novas tecnologias estejam ao alcance do país, disponibilidade que talvez não seja disponível caso houvesse uma real necessidade de ser adquirido por uma empresa estrangeira.

A utilização de para aos veículos não tripulados na Guerra Eletrônica é uma realidade, e sua utilização na GE apresentarão uma nova perspectiva do combate com o aumento do raio de detecção.

O estudo e operação de veículos não tripulados pela Marinha do Brasil mostra o esforço da MB em atualizar e otimizar os meios e modos de operação em consonância com as tendências mundiais. A nascente da mentalidade de utilização de veículos não tripulados será a base para estudos mais aprofundados, proporcionando ao Brasil o acesso à tecnologia do “estado da arte”, de modo que em breve se possa alcançar tecnologias cada vez mais

avançados na GE como operar receptores MAGE não tripulados como o apresentado neste estudo.

De diversas formas, o espectro eletromagnético está cada vez mais em pauta nas Forças Armadas, então o desenvolvimento constante e aprimoramento tecnológico na Guerra Eletrônica e a disseminação da importância deste conhecimento para os militares da MB é essencial para mantermos o poder de dissuasão, a capacidade operativa e a soberania nacional.

6.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

O trabalho buscou sintetizar os conhecimentos de apoio à Guerra Eletrônica, apresentando seus fundamentos básicos e sistemas em vigor e suas aplicações nos. Entretanto, o ambiente da guerra eletrônica é muito volátil e dinâmico e acompanhando o avanço das ações de guerra eletrônica vigentes no mundo, recomenda-se os seguintes estudos futuros:

- a) Sistemas MAGE a partir de meios não tripulados.
- b) Aplicação de veículo aéreo não tripulados a partir de navios da MB.
- c) O Sistema de Defesa Eletrônica da Fragata Tamandaré.
- d) Utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas Embarcadas em atividades de RETRON e MAGE.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS, Bernardo Maia Guimarães. 2019. 72f. **Veículos aéreos não tripulados em atividades de Reconhecimento Eletrônico**. Trabalho de conclusão de curso (pós-graduação) - Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, Rio de Janeiro RJ. 2019.

BARROS, Graan; NDM Bahia atualiza radares de navegação e guerra eletrônica. **Estratégia Global**, 19 dezembro 2018. Disponível em: <https://estrategiaglobal.blog.br/2018/12/ndm-bahia-brasil-atualiza-radares-de-navegacao-e-guerra-eletronica-2.html>. Acesso em 10 abr. 2019.

BRASIL, Centro de Guerra Eletrônica da Marinha. **GE-101 Introdução ao Contexto da Guerra Eletrônica**, Rio de Janeiro, RJ. 2016a

_____, _____. **GE-106 Perspectivas e Planejamento da Guerra Eletrônica**, Rio de Janeiro, RJ. 2016b

_____, _____. **GE-102 Propagação e Antenas**, Rio de Janeiro, RJ. 2016c

_____, Comando de Operações Navais. **Comopnav-220**. Rio de Janeiro, RJ. 2018.

_____, Estado Maior da Armada. **EMA 305 - Doutrina Militar Naval**. Brasília, DF, 2017.

_____, Diretoria Geral de Material da Marinha. **Acordo de Interfaces do MAGE CUTLB1BW**. Rio de Janeiro, RJ. 2007.

_____, Instituto de Pesquisas da Marinha. **Manual de Operação MAGE ET/SLR-1**. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

CAIAFA, Roberto. UAS SCAN EAGLE para a MARINHA do BRASIL. **Tecnologia e Defesa**, 15 dez. 2019. Disponível em: <https://tecnodefesa.com.br/uas-scan-eagle-para-a-marinha-do-brasil>. Acesso em 10 abr. 2019.

CASTRO, Fábio Morais; GUERRA ELETRÔNICA(GE). **SISTEMAS DE ARMAS**. Disponível em: <http://sistemasdearmas.com.br/ggn/ggn03guerraeletronica1.html>. Acesso em 01 abr. 2021.

GALANTE, Alexandre; Jane's: NDM Bahia receberá MAGE Defensor Mk3. **Poder Naval**, 19 dezembro 2018. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2018/12/19/janes-ndm-bahia-recebera-mage-defensor-mk3/>. Acesso em 10 abr. 2021.

Guerra Eletrônica – Generalidades. **OPERAÇÕES MILITARES**, 26 abril 2019. Disponível em: <https://operacoesmilitaresguia.blogspot.com/2012/09/guerra-eletronica-introducao.html>. Acesso em: 26 mar. 2021.

IPqM DESENVOLVE MAGE DEFENSOR MK3. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 135, n.01/03, p. 309, jan. /mar. 2015.

O Aperfeiçoamento Contínuo do MAGE Nacional “Defensor”. **Revista Pesquisa Naval**. Edição Quadrimestral a.1, n.2, p. 8, jul. 2010

MENEZES, Jorge Marques. **Folha de Informação do Sistema de Combate das Fragatas Classe Niterói Modernizadas**. Centro de Instrução Almirante Wandenkolk, Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, 2011.

MARTINI, Fernando Nunão de. Marinha testa drone para patrulhar a Amazônia Azul. **Poder Naval**, 19 fev. 2014. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2014/02/19/marinha-testa-drone-para-patrulhar-a-amazonia-azul/>. Acesso em 17 abr. 2021.

NOHRA, Luis Felipe de Moura; **HISTÓRIA DA GUERRA ELETRÔNICA.NA HORA DA GUERRA**, 06 out. 2019. Disponível em: <https://guerraeletronica.com/aula-3-historia-da-guerra-eletronica/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

POISEL, Richard A. **Introduction to Communication Electronic Warfare Systems**. Artech House Information Warfare Library, Londres. 2002.

RIBEIRO, Davi Manoel Gomes. ARP-E: Uma nova realidade na Marinha do Brasil. **Revista Marítima Brasileira**. Rio de Janeiro, v. 135, n.01/03, pp. 209-215, jan. /mar. 2015.

SIMÕES, E.C.M.C.; LIMA, G.R.; CURITYBA, A.G.S.; ROCHA, F.B.M. As vantagens da utilização do sistema de aeronave remotamente pilotada nas medidas de apoio à guerra eletrônica. **Revista do CIAAR**, Lagoa Santa, v. 1, n. 1, p. 41-57, out. 2020.

VIEIRA, Antonio Jose Ferreira; Emprego de Drones na Guerra Eletrônica. **Revista Passadiço**, Rio de Janeiro, edição 38, ano 31, pp 16-23, 2018.

WILTGEN, Guilherme. Marinha do Brasil seleciona o ScanEagle no programa ARP-E (ATUALIZADO). **Defesa Aérea e Naval**, 14 dez. 2019. Disponível em: <https://www.defesaareanaval.com.br/aviacao/marinha-do-brasil-seleciona-o-scaneagle-no-programa-arp-e>. Acesso em 15 abr. 2019.