

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC ROGER PINESSO DA SILVA

REQUISITOS AO SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA

DA AERONAVE DE ALARME ANTECIPADO:

questão estratégica e tecnológica à Marinha do Brasil na atualidade.

Rio de Janeiro

2009

ROGER PINESSO DA SILVA

REQUISITOS AO SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA

DA AERONAVE DE ALARME ANTECIPADO:

questão estratégica e tecnológica à Marinha do Brasil na atualidade.

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval como requisito parcial para a conclusão do Curso de Estado Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CC Daniel Américo Rosa Menezes

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval  
2009

## RESUMO

Desde a Segunda Guerra Mundial, situações de engajamento das forças navais têm evidenciado a necessidade do alarme aéreo antecipado. O avião de alarme aéreo antecipado foi criado para ampliar a capacidade de vigilância no perímetro da defesa aérea. Em vários conflitos, como as intervenções de Israel no Líbano em 1982, dos EUA na Líbia em 1986 e na Guerra do Golfo de 1991, o sistema de Guerra Eletrônica daquele tipo de aeronave foi empregado não apenas para a defesa, mas também para a coordenação e as interceptações aéreas em ações ofensivas. No caso do Brasil, tal sistema reveste-se de especial valor para a vigilância e o controle de áreas marítimas de interesse estratégico como a Amazônia Azul e as proximidades das rotas dos navios mercantes do nosso comércio internacional. Além disso, nosso país dispõe de indústria aeroespacial que pode vir a contribuir para a montagem dos sistemas de vigilância numa possível aeronave de projeto nacional, que atenda às necessidades específicas da Marinha do Brasil. Os requisitos ao sistema de Guerra Eletrônica para a aeronave de alarme aéreo antecipado da nossa Marinha constituem questão relevante à capacidade de vigilância do poder naval. As soluções podem partir da análise das condicionantes estratégicas do Brasil e das características de sistemas de alarme aerotransportados tidos como referências internacionais, a exemplo dos existentes nos aviões E-2C *Hawkeye* da Marinha dos Estados Unidos e no R-99 *Guardião* da Força Aérea Brasileira. Entretanto, as especificações definitivas para um projeto nacional dependem do estudo das mais recentes inovações da Guerra Eletrônica. Afinal, vivemos em um mundo de constante atualização tecnológica.

**Palavras chave:** alarme antecipado. Vigilância. Guerra Eletrônica. Áreas marítimas. Poder naval. Atualização tecnológica.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEW	alarme antecipado aerotransportado.
ARM	míssil antirradiação.
CAM	controle de área marítima.
E-2C	avião de alarme aéreo antecipado <i>Hawkeye</i> .
F-14	avião de caça <i>Tom Cat</i> .
EMBRAER	Empresa Brasileira de Aviação.
GE	Guerra Eletrônica.
HF	alta frequência.
IFF	identificador de amigo ou inimigo.
IRST	equipamento de busca infravermelha.
JTIDS	sistema de distribuição conjunta de informações táticas.
MAE	medida de ataque eletrônico.
MAGE	medida de apoio à Guerra Eletrônica.
MB	Marinha do Brasil.
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul.
MPE	medida de proteção eletrônica.
MN	milhas náuticas.
MSA	míssil superfície-ar.
MSS	míssil superfície-superfície.
MTI	indicador de alvo em movimento.
MTD	indicador de alvo em movimento por processamento digital.
NAe	navio-aeródromo.
NaPaRa	navio-patrolha rápido.
PAC	patrolha aérea de combate.
PRF	frequência de repetição de pulsos.
RWR	alarme de recepção de radar.
R-99	avião de vigilância e controle <i>Guardião</i> .
S-2	avião antissubmarino <i>Tracker</i> .
UHF	frequência ultra alta.
VANT	veículo aéreo não tripulado.
VHF	frequência muito alta.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA DA AERONAVE DE ALARME AÉREO ANTECIPADO</b> .....	<b>9</b>
2.1	Surgimento do sistema.....	9
2.2	Consagração do sistema.....	10
<b>3</b>	<b>CONDICIONANTES ESTRATÉGICAS AOS REQUISITOS DE GUERRA ELETRÔNICA DA AERONAVE DE ALARME AÉREO ANTECIPADO DA MARINHA DO BRASIL</b> .....	<b>12</b>
3.1	Vizinhança.....	12
3.2	Referência global.....	13
3.3	Amazônia Azul.....	15
3.4	Indústria aeroespacial nacional.....	16
<b>4</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE GUERRA ELETRÔNICA</b> .....	<b>18</b>
4.1	Sensores e comunicações.....	18
4.2	Medidas de ataque eletrônico.....	20
4.3	Medidas antimísseis.....	22
4.4	Medidas de proteção eletrônica.....	22
4.5	Balanco entre tecnologia e custo: balizamento dos requisitos.....	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
	<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>29</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os recursos de Guerra Eletrônica (GE) da aeronave de alarme aéreo antecipado (AEW) são relevantes para a Marinha do Brasil (MB). O sucesso do emprego da força naval pode depender da eficácia do alarme antecipado em cenários onde a ameaça aérea, imposta por um eventual oponente, tenha o potencial de neutralizar os nossos navios de combate.

Sem AEW, os navios estão sob maior risco de serem subjugados por aeronaves ou mísseis inimigos [...]. Afinal, a superestrutura dos navios de guerra determina a instalação da antena do radar pouco acima da linha d'água, o suficiente apenas para apresentar um horizonte geométrico de dez a vinte milhas (BROWN, 1986, p. 198).

O alcance do radar do navio de guerra limita muito a capacidade da defesa aeroespacial. Alvos aéreos que explorem o horizonte geométrico, citado acima, podem negar valioso tempo para a reação do navio. Por exemplo, se um avião voar a 600 nós, velocidade menor que a do som, aquelas 20 milhas náuticas (MN) seriam vencidas em apenas dois minutos<sup>1</sup>. Intervalo esse em que o navio precisaria detectar, avaliar, identificar, resolver o problema de tiro e disparar o armamento defensivo. A situação é mais dramática sob o ataque de dois ou mais mísseis ou aviões, e ainda pior se forem supersônicos.

A questão pode ser solucionada com mais segurança a partir do emprego dos sensores do sistema de GE<sup>2</sup> da aeronave AEW. O radar de um avião a 30.000 pés de altitude estende o alcance teórico de detecção para distâncias da ordem de 200 MN (LONG, 1992, p. 2). Isso permite antecipar o alarme da ameaça e ganhar tempo suficiente para a completa e coordenada reação do sistema de defesa aeroespacial com caças de interceptação, mísseis e canhões. Desse modo, os navios podem ter maiores chances contra as ameaças aéreas.

O avião AEW aumenta a extensão do controle de área marítima (CAM), pois seu sistema de GE pode contar com sensores que permitam a realização da vigilância do tráfego marítimo além do horizonte geométrico de 20 MN. Esse tipo de aeronave ainda pode apoiar operações ofensivas. Segundo Long (1992), o avião AEW pode desempenhar vigilância de longa distância contra navios, aeronaves e mísseis oponentes, controlar interceptações aéreas e orientar ataques.

Portanto, a capacidade de detecção à longa distância do sistema de GE do avião AEW pode ser considerada o ponto de partida para o funcionamento completo da defesa aeroespacial, da vigilância de superfície e do ataque da força naval. Conseqüentemente, os sensores AEW são excelentes alvos para os sistemas inimigos de ataque eletrônico.

<sup>1</sup> Cálculo do tempo:  $T=D/V$ , logo:  $20MN/600 \text{ nós} = 1/30h. = 2 \text{ minutos}$ .

<sup>2</sup> Os sensores e os rádios foram considerados como partes integrantes do sistema de GE da aeronave AEW.

Isso remete ao enfrentamento entre dois sistemas de GE oponentes, antes dos engajamentos propriamente ditos. O eficaz emprego da GE pode abrir brechas importantes no sistema de vigilância do adversário. O contendor que dominar as ações de GE, antecedentes ao emprego do armamento, tem grande vantagem. Nesse sentido, o conhecimento das técnicas e tecnologias aplicadas à GE do AEW assume valor estratégico, a ponto de ser tratado como segredo.

O papel da GE talvez seja pouco entendido, embora o termo seja familiar e sua importância nas operações navais tenha atingido agora maiores proporções. [...] Apenas recentemente, alguns aspectos do assunto tornaram-se matéria para a discussão pública e debate (KIELY, 1988, p. 1).

Felizmente, documentos ostensivos apresentam evidências históricas e técnicas, dos últimos 70 anos, que trazem ao conhecimento público a importância do domínio das tecnologias de GE necessárias à operação dos meios aéreos de maior poder de vigilância, caso da aeronave AEW no âmbito da força naval.

O presente trabalho tem por propósito analisar brevemente as condicionantes históricas, estratégicas e tecnológicas ostensivas aplicáveis à concepção das linhas gerais dos requisitos do sistema de GE da aeronave AEW. A abordagem não se estendeu à pilotagem e à estrutura da aeronave, mas considerou o radar, os demais sensores eletrônicos, os rádios, as medidas de ataque eletrônico (MAE) e as medidas de proteção eletrônica (MPE) como partes integrantes do sistema de GE da aeronave AEW. Após a presente introdução, a segunda seção trata da evolução do emprego da aeronave AEW, a fim de facilitar o entendimento das expectativas de desempenho do seu sistema de GE. A terceira seção parte para as condicionantes aos requisitos de GE do avião AEW dos cenários da Amazônia Azul, do Atlântico Sul e do globo, com a posterior abordagem das possibilidades da indústria aeroespacial nacional. A quarta seção tratou dos atuais recursos e equipamentos de GE a serem considerados na concepção do projeto do avião AEW da MB.

A relevância da pesquisa realizada decorre do potencial de contribuição dos resultados do presente trabalho aos estudos conduzidos pela MB, voltados para a manutenção da atualização dos conhecimentos de GE aplicáveis à eficácia da aeronave AEW, meio chave para a ampliação da capacidade da força naval em realizar vigilância. Com efeito, a pesquisa encontrou justificativa na Estratégia Nacional de Defesa, a qual estabelece como diretrizes: “Desenvolver as capacidades de monitorar e controlar o espaço aéreo, o território e as águas jurisdicionais brasileiras” e “preparar as Forças Armadas para desempenharem responsabilidades crescentes em operações de manutenção da paz.” (BRASIL, 2008, p. 5-6).

## 2 EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE GUERRA ELETRÔNICA DA AERONAVE DE ALARME AÉREO ANTECIPADO

A busca pela resolução das necessidades de alarme aéreo antecipado revelou o surgimento dos recursos de GE da aeronave AEW, muitos deles passíveis de emprego até os dias de hoje. A distância de combate entre as forças navais aumentou paulatinamente com o desenvolvimento dos armamentos e o emprego da aviação. Consequentemente, passou a ser cada vez mais necessária a detecção das ameaças a longas distâncias.

O crescente alcance dos sistemas de armas marítimas significa que as batalhas navais serão conduzidas entre forças navais cada vez mais afastadas [...] na Batalha do Mar de Coral de 1942, quando porta-aviões japoneses e norte-americanos engajaram-se no combate sem contato, segundo as palavras do Almirante Gorshkov, isso aumentou o problema de localizar o inimigo e manter o controle do fluxo de informações (TILL, 1987, p. 88).

### 2.1 Surgimento do sistema

Os aviões de combate proporcionaram o efetivo engajamento entre esquadras em distâncias muito superiores aos alcances dos canhões dos navios. Tal fato provocou a necessidade de ampliar a capacidade da vigilância naval. De acordo com Long (1992, p. 2), em 1943, o projeto Cadillac I<sup>3</sup> resultou na instalação do radar no avião *Avenger*, que fazia parte da ala aérea dos navios-aeródromos (NAe) estadunidenses. Tratava-se do surgimento da primeira aeronave AEW embarcada.

Naquele conflito mundial, houve o emprego de outros equipamentos que mais tarde influenciariam o desenvolvimento do sistema de GE da aeronave AEW. Os Aliados e as potências do Eixo aplicaram as MAE, que tinham por finalidade anular o emprego dos sistemas de radar e de comunicações inimigos. As MPE foram criadas para evitar as MAE do adversário. Os equipamentos MAE e MPE eram simples, mas já naquela época ondas eletromagnéticas espúrias foram lançadas sobre os sistemas inimigos (LAB-VOLT, 2007, p. 1-1). Evidentemente, a incorporação das MAE e das MPE à aeronave AEW incrementaria o combate naval à distância.

Com o passar do tempo, surgiram novas ameaças que levaram a força naval a demandar a evolução dos sistemas de GE das aeronaves AEW. Alguns eventos dos conflitos

---

<sup>3</sup> O projeto Cadillac I foi elaborado pelo MIT Radiation Laboratory a pedido e financiamento da Marinha dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial e teve como produto o avião *Avenger*, modificado para a versão AEW com um radar de vigilância instalado em seu dorso (LONG, 1992, p. 2).



da segunda metade do século XX possuem exemplos claros da evolução dos sistemas de GE aplicáveis às aeronaves AEW.

Na Guerra do Vietnã (1959-1975), os Estados Unidos se viram forçados a desenvolver sensores passivos para evitar que seus aviões fossem destruídos pelos mísseis superfície-ar (MSA) de origem soviética. No início de 1966, a indústria eletrônica norte-americana criou o receptor de alarme radar (RWR), capaz de alertar o piloto da aeronave de alarme sobre o acionamento do radar que guiava o MSA na ocasião (ARCANGELIS, 1983, p. 215). O RWR funcionava como um detector e identificador passivo de ameaça.

Em 1967, o míssil consagrou-se definitivamente como ameaça à força naval. O Contratorpedeiro Israelense *Eliat* foi neutralizado por mísseis superfície-superfície (MSS) soviéticos *Styx*, lançados por navios patrulha rápidos (NaPaRa) que operavam dentro das águas seguras do porto de Alexandria. Os navios passaram a ser alvos de grande variedade de velozes mísseis que podem ser lançados de distantes navios, aeronaves ou mesmo submarinos. (TILL, 1987, p. 25-26). Então, o MSS e suas plataformas lançadoras passaram a demandar vigilância de superfície à grande distância na guerra naval.

Das lições dos eventos acima mencionados, ocorridos entre 1943 e 1967, pode-se concluir que as forças navais passaram a demandar o alarme antecipado, proporcionado pela aeronave AEW, devido às ameaças constituídas pelos aviões, MAE, MSA e MSS dos inimigos.

## **2.2 Consagração do sistema**

A partir da década de 1970, a aeronave AEW claramente assumiu papel fundamental para a força naval. Segundo Friedman (2000, p. 237-238), naquela época, um novo pensamento surgiu nos EUA: os sensores fora da zona de batalha proveriam o levantamento das informações necessárias aos meios que efetivamente realizariam os engajamentos; no caso das forças navais, haveria um anel de posições de patrulha aérea a 150 MN do NAe, ocupadas por aviões de interceptação que seriam orientados pelo avião AEW E-2C *Hawkeye*, posicionado no interior da cobertura. Reflexos dessa maneira de pensar puderam ser encontrados em relatos de eventos dos conflitos abaixo.

Em 1982, por ocasião da Guerra da Malvinas, o Reino Unido empregou navios de escolta e helicópteros para prover o primeiro alarme aéreo. Entretanto, a inexistência de aeronaves AEW de asa fixa embarcadas, com maior alcance de detecção, prejudicou a

atuação da força naval britânica contra a aviação argentina. (FERNANDES; LYNCH, 2006, p. 181-182). Esse conflito, ocorrido em nossas vizinhanças, aponta a necessidade do avião AEW para a vigilância no mar.

Naquele mesmo ano, Israel atacou as forças Sírias, estacionadas no sul do Líbano, com o emprego do alarme aéreo antecipado. Aviões AEW E-2C *Hawkeye*, adquiridos dos EUA, permaneceram sobre o mar, ao largo do litoral libanês, de onde detectaram a decolagem dos aviões sírios e controlaram a subsequente interceptação realizada pelos caças israelenses. Além disso, Israel contou com um Boeing 707 convertido em um centro móvel de coordenação aérea e de GE, capaz de perturbar os radares e as comunicações inimigas. Por sua vez, os aviões sírios não dispunham de quaisquer equipamentos de GE. Como resultado, a aviação israelense perdeu apenas um caça e destruiu 19 baterias de MSA e 62 aviões sírios. Assim, Israel conquistou a supremacia aérea e definiu o destino dos combates a seu favor naquele evento (ARCANGELIS, 1983, p. 363-365).

Os EUA empregaram seu modelo de organização da defesa aérea da força naval nos ataques contra alvos terroristas na Líbia em 1986. Na ocasião, os aviões AEW E-2C *Hawkeye* orientaram a patrulha aérea de combate (PAC) composta por caças F-14 em proteção a duas forças navais nucleadas em NAe. A superioridade aérea sobre aquela frota foi total. Em nenhum momento, as aeronaves líbias atingiram posição de disparo antes que fossem apanhadas pela vigilância das aeronaves e navios norte-americanos (FAS, 2009).

A Guerra do Golfo de 1991 confirmou o relevante papel da aeronave AEW naval. De acordo com o Almirante Vidigal (1992, p. 33), cada ala aérea embarcada dos seis NAe estadunidenses, posicionados na região do conflito, continha um esquadrão AEW de aviões E-2C que contribuíram para a coordenação de todas as ações aéreas de GE e de bombardeio. Os esforços dos EUA e seus aliados requisitaram intensos serviços de coordenação aérea prestados pela aeronave AEW. Apesar das pequenas perdas, foi enorme o número de missões aéreas realizadas na Guerra do Golfo de 1991: “em 109.876 sortidas, utilizando-se de 2790 aeronaves de asa fixa e milhares de helicópteros, somente 42 aeronaves aliadas foram abatidas durante a guerra”. (LIMA, 1992, p. 78).

Conclusão: as aeronaves AEW ofereceram grandes capacidades de vigilância, alarme antecipado, orientação de interceptação e de coordenação aéreas, que se mostram decisivas em vários eventos de conflitos ocorridos desde os anos 1970.

### **3 CONDICIONANTES ESTRATÉGICAS AOS REQUISITOS DE GUERRA ELETRÔNICA DA AERONAVE DE ALARME AÉREO ANTECIPADO DA MARINHA DO BRASIL**

A área oceânica de interesse para o Brasil abrange, pelo menos, todo o Atlântico Sul e seus acessos. Além dos recursos das nossas águas jurisdicionais, as seguintes rotas marítimas têm importância estratégica para nosso país:

Rota 1 – do oceano Índico para o Mediterrâneo e portos ocidentais da Europa. Por esta rota passam de 50% a 60% de todo o petróleo e 70% de todos os materiais estratégicos importados pela Europa.

Rota 2 – mesma origem que a Rota 1, dirigindo-se para o Caribe, portos do Golfo do México e portos da costa leste dos EUA. Nesta passam 26% de todo o petróleo importado pelos EUA.

Rota 3 – dos portos do Brasil para portos do Mediterrâneo; portos ocidentais da Europa; e do MERCOSUL. Por esta rota passam 53% de todas as exportações brasileiras.

Rota 4 – esta rota liga portos da América do Sul a portos do Caribe e do Golfo do México. Por esta rota passam 11,5% de todas as exportações brasileiras e 13,0% das importações brasileiras de petróleo.

Rota 5 – do Oceano Índico para o Brasil e vice-versa. Por esta rota passam 68% das importações brasileiras de petróleo (do Golfo Pérsico) e 33% de todas as exportações brasileiras (minério de ferro para o Extremo Oriente, principalmente).

Rota 6 – do Brasil para o Golfo da Guiné. Por esta rota passam 15% das importações brasileiras de petróleo (VIDIGAL, 1997, p. 106).

Essa enorme área sugere grande capacidade de vigilância. O sistema de GE da aeronave AEW pode contribuir decisivamente para a garantia do controle da superfície e do espaço aéreo de áreas de interesse estratégico, especialmente em situações de conflito. Afinal, “quando a GE é usada como um elemento de estratégia militar, a capacidade da força inimiga é neutralizada ou pelo menos diminuída, incrementando o poder das forças amigas.” (LAB-VOLT, 2007, p. 1-1).

#### **3.1 Vizinhança**

A especificação do sistema de GE a ser empregado pela aeronave AEW da MB pode assumir caráter estratégico. A Estratégia Nacional de Defesa traz respaldo para o presente entendimento ao estabelecer que:

Convém organizar as Forças Armadas em torno de capacidades, não em torno de inimigos específicos. O Brasil não tem inimigos no presente. Para não tê-los no futuro, é preciso preservar a paz e preparar-se para a guerra (BRASIL, 2008, p. 6).

Nesse sentido, a breve verificação das capacidades das aeronaves e mísseis dos países amigos, que compartilham as margens do Atlântico Sul, pode servir de referência para

o estabelecimento dos requisitos do sistema de GE da aeronave AEW da MB. A partir dos seguintes dados, revelados ostensivamente pela publicação *Jane's Fighting Ships* (2007), foi possível analisar os desempenhos de vetores aéreos de interesse no cenário estratégico da nossa vizinhança marítima. A Argentina possui a aeronave de ataque e de interceptação *Super Étendart*, capaz de operar em NAe, que pode atingir a velocidade de *Mach* 1 e ser armada com bombas convencionais, mísseis ar-superfície (MAS) *Exocet* AM 39, e mísseis ar-ar (MAA). Navios da Argentina e da África do Sul podem lançar os mísseis antinavios *Exocet* MM 40 que atingem *Mach* 0.9 e o alcance de 40 milhas náuticas (MN). Os navios venezuelanos são equipados com o MSS *Otomat* que alcança alvos a 43 MN e voa a *Mach* 0.9. Argentina, África do Sul e Venezuela possuem MSA, lançados por navios, capazes de voar a *Mach* 2.4 e atingir aeronaves a 7 MN.

A simples verificação dos alcances dos mísseis aponta que os alcances de detecção AEW devem ser superiores a 43 MN, a fim de localizar e evitar a ameaça das plataformas lançadoras acima mencionadas. No caso de um exercício que incluísse todos os meios acima, as aeronaves de ataque poderiam atingir a velocidade de 600 nós, ou seja, *Mach* 0.9. Isso significa que, se a detecção AEW fosse realizada a 100 MN, haveria 10 minutos para que o sistema de defesa aérea da força naval reagisse. Durante essa reação, a aeronave AEW teria que alertar a força naval atacada, calcular a interceptação do alvo, coordenar, e orientar o posicionamento dos caças de defesa contra os aviões oponentes e ainda manter a vigilância de superfície contra plataformas lançadoras de MSS. Tudo isso antes que os aviões e navios oponentes atingissem as distâncias de lançamento de seus mísseis contra a força.

Conclusões: embora o Brasil não tenha inimigos, o radar da aeronave AEW da MB deve detectar ameaças a mais de 43 MN, alcance máximo dos mísseis mencionados acima. Além disso, quanto maior o alcance desse radar, melhores são as chances de sucesso da proteção dos interesses brasileiros no mar.

### **3.2 Referência global**

De acordo com a evolução do cenário estratégico e político, a MB pode vir a operar com meios pertencentes às marinhas que possuem capacidade de desdobramento global, caso da marinha dos EUA e da França. Fato relevante para a preparação e a defesa contra eventuais ameaças do mundo atual. Till (2006, p. 21) afirma que as marinhas de menor porte podem fazer parte de exercícios e coalizões internacionais, em contribuição à

coesão e à vigilância do sistema marítimo mundial. Evidentemente, a adjudicação de meios, como aeronaves AEW, sua aquisição, ou mesmo o maior detalhamento dos seus sistemas para estudo dependem da concessão estrangeira.

A aeronave embarcada AEW E-2C *Hawkeye* é empregada mundo afora. Segundo a Federação Americana de Cientistas (FAS, 2009), esse avião compõe a ala aérea embarcada dos NAe dos EUA e foi adquirido pelas forças armadas de Israel, França, Japão, Egito, Singapura e de Taiwan.

O desempenho do E-2C pode explicar o seu emprego por tais Estados. Segundo Prézelin (1993), esse avião dispõe de alcance teórico radar que atinge 250 MN, tem as capacidades de operar embarcado nos porta-aviões da marinha norte-americana, desenvolver a velocidade de cruzeiro de 270 nós, voar por 6 horas, detectar e acompanhar simultaneamente mais de 600 alvos aéreos e de superfície e orientar mais de vinte e cinco caças em ações de interceptação. Logo, a aeronave pode permanecer operando por mais de 4 horas a 175MN de seu NAe, o que permite a patrulha do perímetro da força naval.

Muito embora vários detalhes dos sistemas do E-2C não sejam divulgados, algumas de suas características foram disponibilizadas pela internet (FAS, 2009): O sistema de GE do E-2C é constituído por três sensores principais: o radar de antena giratória, o equipamento de medida de apoio à GE (MAGE) e o identificador de alvos amigos e hostis (IFF). Esses sensores são integrados por um computador que habilita o E-2C a prover alarme antecipado, análise da ameaça, e controle das ações contra alvos de superfície e aéreos. O radar desse avião alivia a saturação de sinais espúrios, a sobrecarga de acompanhamento e permite acompanhar automaticamente alvos em voo sobre terra. O sistema de distribuição conjunta de informações táticas (JTIDS) permite manter comunicações em voz e dados necessárias à interoperabilidade e incorpora recursos contra eventual bloqueio eletrônico. Portanto, o E-2C tem condições de operar em complexos ambientes de guerra no mar e seus sistemas podem servir de referência para um projeto nacional.

Conclusões: embora o apoio do E-2C e o maior conhecimento dos detalhes dos seus sistemas passam necessariamente por aprovação estrangeira, o estudo dos requisitos do sistema de GE da aeronave da MB pode considerar as características do E-2C, divulgadas publicamente, como: o alcance de 250 MN do seu radar, o emprego do MAGE e do IFF, a capacidade de operar a partir de porta-aviões e de acompanhar mais de 600 alvos aéreos e de superfície, a possibilidade de detectar alvos em voo sobre terra, a interoperabilidade e os recursos contra o bloqueio eletrônico das comunicações.

### 3.3 Amazônia Azul

A Força Aérea Brasileira (FAB) dispõe do R-99<sup>4</sup>, desenvolvido e fabricado pela EMBRAER para a vigilância da Amazônia. O alcance dos seus sensores é superior a 188 MN. Sua velocidade atinge 450 nós, seu raio de ação é de 1330 MN, e exige de 1720 m de pista para a decolagem (FAS, 2009). Evidentemente, o R-99 não pode operar em porta-aviões. Contudo, seu raio de ação e seus sensores permitem o esclarecimento de círculos com mais de 200 MN de raio, dimensão compatível com a menor largura da Amazônia Azul contada a partir do litoral. O que revela a potencialidade de apoio à MB, mesmo a partir de bases aéreas em terra.

A capacidade da indústria nacional em produzir o R-99 aumenta sua confiabilidade em relação às aeronaves e sistemas estrangeiros. Para Till (2006, p. 14), a aquisição de meios prontos no exterior traz as desvantagens do crescente custo de manutenção e da incerteza de obtenção de sobressalentes em quaisquer ocasiões. Consequentemente, a produção do R-99 pela EMBRAER é interessante à MB.

A EMBRAER tem a capacidade de montar a aeronave AEW, com sistema de GE atualizado, ao menor custo do mercado. A FAB divulgou pela internet que o R-99 possui o sistema mais avançado e de menor custo em produção na atualidade para emprego em missões AEW. Capaz de fornecer dados de inteligência precisos, em tempo real, sobre aeronaves voando à baixa altitude, o R-99 pode ainda desempenhar missões de comando e controle, inteligência de sinais e comunicações, controle e vigilância de fronteiras, vigilância marítima, coordenação de operações de busca e salvamento e gerenciamento de espaço aéreo. (FAB, 2009).

Portanto, as características do R-99 passam a ser interessantes não só pelo que representam em termos de apoio à MB, mas também por servirem de referência para a especificação de requisitos plausíveis para a aeronave AEW da MB. De acordo com a FAS, a aeronave usa o radar sueco ERIEYE capaz de detectar e acompanhar alvos aéreos e navios. O alcance teórico é de 240 MN e normalmente a detecção de alvos do tamanho de aviões de caça excede os 190 MN. O radar tem reduzidos custos de aquisição e de operação e sua

---

<sup>4</sup> Também conhecido internacionalmente como EMB 145 SA (FAS, 2009).

antena fixa tipo *phased array*<sup>5</sup> permite melhor desempenho, maior confiabilidade e menor demanda de tamanho da plataforma. (FAS, 2009).

Conclusão: A MB pode efetivamente ampliar sua capacidade com o apoio do R-99 na Amazônia Azul. Entretanto, o R-99, por não poder ser embarcado, não é capaz de operar em áreas oceânicas além dos limites da Amazônia Azul. Seu radar sueco ERIEYE, tem alcance comparável ao radar do E-2C, com vantagem de ter reduzido custo de aquisição e empregar a antena fixa tipo *phased array*. A capacidade da EMBRAER pode ser usada para o projeto e montagem do sistema de GE da aeronave AEW da MB.

### 3.4 Indústria aeroespacial nacional

Em futuro próximo, a Marinha pode vir a dispor de sua própria aeronave AEW. A capacidade da EMBRAER, apresentada até aqui, indica a opção de montar no Brasil a aeronave AEW naval e seu sistema de GE. Isso é coerente com a seguinte diretriz da Estratégia Nacional de Defesa:

Capacitar a indústria nacional de material de defesa para que conquiste autonomia em tecnologias indispensáveis à defesa. Serão buscadas parcerias com outros países, com o propósito de desenvolver a capacitação tecnológica e a fabricação de produtos de defesa nacionais, de modo a eliminar, progressivamente, a compra de serviços e produtos importados. Sempre que possível, as parcerias serão construídas como expressões de associação estratégica mais abrangente entre o Brasil e o país parceiro (BRASIL, 2008, p. 6).

A MB pode decidir pela transformação do S-2 *Tracker* em avião AEW, o que evidencia a importância do estabelecimento dos requisitos do sistema de GE da aeronave. De acordo com Jacobs (2009, p. 105), a MB entrou em contato com a empresa Marsh Aviation para a conversão de seis aeronaves S-2F *Tracker*. As aeronaves receberiam motores novos e três delas seriam convertidas em plataformas AEW.

O S-2 *Tracker* AEW pode ser lançado e recolhido por NAe, portanto seria uma solução superior ao R-99 para o caso da MB. Segundo Prézelin (1993), o porta-aviões Minas Gerais operava com seis daquelas aeronaves e o NAe São Paulo é maior e possui catapultas mais poderosas. Logo, o S-2 *Tracker* pode, a priori, vir a operar no nosso atual porta-aviões.

Existe a possibilidade de empregar a indústria nacional para a montagem do avião AEW da MB a partir da estrutura do S-2 *Tracker*. A EMBRAER projeta e fabrica

---

<sup>5</sup> A antena *phased array* apresenta melhor desempenho que as antenas rotativas e demandam menor dimensão da aeronave que a transporta. (FAS, 2009).

aeronaves há mais de 39 anos e figura entre as maiores empresas aeroespaciais do mundo, em virtude da permanente busca pela satisfação de seus clientes (EMBRAER, 2009). Logicamente, seria necessário definir as especificações dos requisitos do sistema de GE da aeronave para que a EMBRAER pudesse elaborar o projeto do avião AEW capaz de operar a partir do NAe.

Entretanto, mesmo a solução nacional representaria custos elevados. Hill (1990, p. 182) estima que um único avião de vigilância possa custar mais de US\$ 40 milhões. A aceitabilidade do projeto depende da relação custo e benefício, o que aguça a necessidade de requisitos que garantam a eficácia da aeronave AEW.

Conclusão: observados os recursos autorizados ao projeto, as melhores características dos sistemas de GE do R-99 e E-2C podem servir de referência para o sistema de GE do avião AEW que venha a ser montado no país.



## **4 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SISTEMA DE GE**

As linhas gerais dos requisitos apresentados até aqui precisam ser mais bem detalhadas a partir das publicações técnicas específicas sobre os equipamentos e dispositivos empregados na GE. Nesse sentido, o professor Rego (2009), ensina que requisitos pouco claros concorrem para o aumento do risco do escopo do projeto como um todo.

A pesquisa para o presente trabalho revelou que relevantes informações tecnológicas sobre o assunto vêm sendo publicadas ostensivamente. Evidentemente, nem todos os segredos foram revelados, mas o material recentemente divulgado constitui interessante oportunidade para elaborar o conhecimento básico necessário ao delineamento atualizado dos requisitos para os futuros projetos de sistemas de GE aplicáveis à aeronave AEW da MB.

O largo alcance das mudanças tecnológicas que têm afetado as marinhas desde 1945, significa que os planejadores navais têm que estar habilitados a reagir sensivelmente a uma enorme gama de problemas, e a gerência de tal mudança é mais difícil agora do que costumava ser. Isso não só requer o exato entendimento da presente tecnologia, mas também envolve fazer julgamentos sobre o futuro tecnológico (TILL, 1987, p. 47).

No campo da GE, as potenciais ameaças decorrentes do surgimento de novas técnicas provocaram a pesquisa e o desenvolvimento de contramedidas, que, por sua vez, levaram os possíveis adversários a criarem outras inovações para anulá-las. Então, a necessidade de atualização dos conhecimentos passou a ser cada vez mais frequente. Nesse sentido, “a tecnologia tem evoluído em passo acelerado. Ameaças têm sido identificadas, contramedidas têm sido desenvolvidas e empregadas, novas ameaças têm emergido no lugar de outras.” (FORREST, 1999, p. IX). Desse modo, novidades aplicadas aos sensores e às MAE geram uma resposta dos projetistas de MPE. Há uma corrida pela vantagem da surpresa proporcionada pelos novos recursos tecnológicos. Portanto, a especificação dos requisitos para o sistema de GE da aeronave AEW da MB passa necessariamente pela análise das inovações passíveis de aplicação na concepção do respectivo projeto.

### **4.1 Sensores e comunicações**

A aeronave AEW deve ser capaz de detectar alvos a longa distância e disseminá-los para o restante da força naval. Os equipamentos indispensáveis à aeronave AEW têm sido o radar, o rádio e o identificador de inimigo ou amigo (IFF). Hoje, outros

instrumentos também são reconhecidos como recursos de primeira importância: o MAGE, os sensores de infravermelho (IR) e os dispositivos de autodefesa (LONG, 1992, p. 6). Porém, mesmo esses equipamentos mais básicos da aeronave AEW são suscetíveis às inovações tecnológicas, o que remete ao estudo dos novos parâmetros para todo o sistema de GE da aeronave AEW.

A missão AEW de hoje demanda radares aerotransportados com características específicas. O escopo do projeto do radar AEW deve ter por objetivo o máximo alcance de detecção de alvos aéreos, que gira em torno de 350 MN para alvos grandes, 250 MN para pequenos aviões de caça e 200 MN para mísseis convencionais de cruzeiro. Os navios e pequenas embarcações devem ser detectados além do horizonte geométrico com o emprego do radar aerotransportado. A capacidade de detectar periscópio de submarinos ou mastros de MAGE também é desejável. As frequências de UHF são consideradas vantajosas quanto ao custo e a detecção de alvos pequenos como os mísseis. A antena tipo *phased array* e o computador para acompanhamento dos alvos permitem o acompanhamento de centenas de alvos simultaneamente. O radar deve incorporar a abertura de acompanhamento automático de alvos aéreos e de superfície e calcular com precisão o rumo, a velocidade e a altitude de todos os alvos. A determinação da altitude das aeronaves necessita ter a precisão de 300 m para a orientação das interceptações aéreas (LONG, 1992, p. 7-25). Tais características podem ser usadas na formulação dos requisitos do radar da aeronave AEW. Quanto aos alvos de superfície, é desejável que esse radar possa detectar navios além do alcance dos respectivos sistemas de armas, afinal o avião AEW também deve ser capaz de alertar a presença de navios capazes de lançar mísseis contra a força naval.

O equipamento MAGE pode ser considerado indispensável ao sistema de GE da aeronave AEW, pois segundo Kiely (1988, p. 17) tal sensor provê alcances de detecção superiores ao radar. Além disso, o MAGE é em essência um receptor de ondas eletromagnéticas usado para coletar dados, identificar ameaça e estabelecer sua posição. É fundamental à GE, tanto no nível estratégico quanto tático.

A primeira tarefa no ambiente de GE é a identificação, localização e a classificação dos inimigos a partir da ordem de batalha eletrônica (OBE). Isso é conduzido tanto no nível estratégico quanto no tático. As medidas de apoio eletrônico podem ser definidas como: a obtenção de inteligência eletrônica (ELINT) antes e durante qualquer conflito, a fim de levantar uma base de dados a partir da qual as bibliotecas de ameaças podem ser elaboradas para uso em uma área de operações particular. O MAGE tático pode ser definido como o conjunto de receptores de alerta e dispositivos para alertar os operadores da presença de ameaças conhecidas e para obter informação sobre novas ameaças (FORREST, 1999, p. 1-1).

Outros equipamentos também são considerados básicos para o devido funcionamento do avião AEW. Segundo Long (1992, p. 26-33), a plataforma AEW deve atender os seguintes requisitos: IFF de longo alcance; sensor infravermelho do tipo *infrared search and task* (IRST), para detectar o calor irradiado pelos mísseis; sistema de comunicações versátil com equipamentos de voz e de dados que operem em nas faixas de UHF, VHF e HF.

Uma vez que o avião AEW destina-se ao alarme antecipado contra ameaças aéreas e de superfície, é possível afirmar que os radares e os rádios são indispensáveis. Contudo, fica claro que o sistema de GE AEW deve ser capaz de detectar aviões e mísseis a mais de 200 MN, localizar navios muito além do horizonte geométrico dos navios de superfície, com a antecipação suficiente para que as defesas da força naval possam reagir. Portanto, o MAGE e o IRST também são imprescindíveis, pois são capazes de ampliar respectivamente o alcance e a discriminação de detecção das ameaças a partir das irradiações eletromagnéticas e térmicas dos diversos tipos de alvos.

Conclusão: o projeto do sistema de GE da aeronave AEW deve ter por objetivo incorporar radar UHF, com antena *phased array*, processamento automático de precisão de 300 m; rádios de UHF, VHF e HF, IFF de longo alcance; MAGE e IRST.

## **4.2 Medidas de ataque eletrônico**

Além dos sensores e dos rádios indispensáveis, as MAE devem ser consideradas na definição das especificações do sistema de GE da aeronave AEW. Esse entendimento é válido, pois “a GE é essencialmente um conflito entre dispositivos que atacam e despistam sensores eletromagnéticos”. (KIELY, 1988, p. 78).

A aeronave AEW ao projetar sua capacidade de detecção, pode se expor à ameaça inimiga. Existem recursos para sanar esse problema. Segundo Long (1992, p. 77), a plataforma AEW é frequentemente objetivo principal para o oponente, por isso pode carregar dispositivos de autodefesa como bloqueadores e despistadores.

Os equipamentos bloqueadores eletrônicos produzem interferência eletromagnética capaz de literalmente cegar o radar oponente. Esse sinal de interferência deve ser sintonizado na frequência do equipamento vítima e então gerar elevado nível de ruído de fundo para degradar a detecção radar (LAB-VOLT, 2007, p. 1-25). O bloqueio eletrônico pode impossibilitar que o inimigo venha a empregar seus radares, o que é útil tanto

para a defesa da nossa força naval, quanto para o apoio às operações ofensivas. Sem o funcionamento dos radares, torna-se mais difícil localizar ameaças e alvos. Desse modo o inimigo terá maiores dificuldades para se defender ou mesmo para realizar ataques.

Além dos bloqueadores eletrônicos, os despistadores, como o *chaff*, são de particular interesse para o projeto dos sistemas de GE. Kiely (1988, p. 84) afirma que os despistadores constituem certamente o menos custoso método de defesa da força naval contra mísseis táticos.

Os sistemas lançadores de *chaff*<sup>6</sup> são empregados como dispositivos de despistamento. O *chaff* pode ser espalhado em nuvens para criar alvos falsos ou em corredores para ocultar aeronaves amigas (LAB-VOLT, 2007, p. 4-1 a 4-17). Portanto, o *chaff* pode confundir o inimigo, ao ser usado para gerar alvos falsos, o que claramente pode favorecer a defesa da nossa força naval. Além disso, os corredores de *chaff* podem ocultar aeronaves amigas atacantes em prol de operações de ataque.

Há ainda outros despistadores de melhor desempenho, mas onerosos. Friedman (2009, p. 88) citou novidades mais caras que o *chaff*, como os despistadores eletrônicos ativos *Nulca* e *Siren*, que fazem aparecer um grande alvo falso longe do verdadeiro alvo. O mesmo autor também apresentou despistadores passivos como o americano *Rubber Duck*, um grande refletor flutuante, e o israelense *Wizard* que lança no ar pequenos refletores radar que, diferentemente do *chaff*, podem destruir mísseis que venham a impactá-los.

A tecnologia *stealth*, também conhecida como furtividade, é outro tipo de MAE passível de aplicação na concepção da aeronave AEW. De acordo com Kiely (1988, p. 83-84), materiais absorventes de energia eletromagnética e geometria especial podem ser empregados em aeronaves para a redução do eco radar, tanto para a redução da distância em que a plataforma pode ser detectada, quanto para facilitar o emprego de despistadores. Isso tudo permite à aeronave AEW aproximar-se mais de alvos inimigos sem ser detectada.

Conclusões: embora os sensores e os equipamentos de comunicações sejam essenciais, é desejável que o avião AEW da MB conte com as MAE. O bloqueador eletrônico, o *chaff*, os despistadores e a tecnologia de furtividade podem contribuir para a capacidade de autodefesa da aeronave AEW. Além disso, tais MAE podem completar o sistema AEW da força naval com a possibilidade de apoiar tanto as ações de defesa aeroespacial da força naval, quanto as operações de ataque.

---

<sup>6</sup> O *chaff* é constituído por pequenas tiras de metal ou fibras que são espalhadas no ar para formar uma nuvem capaz de refletir a irradiação eletromagnética. e confundir o radar inimigo (LAB-VOLT, 2007, p. 4-1).

No caso de limitação de recursos orçamentários, o *chaff* é indicado pelo seu baixo custo relativo.

### 4.3 Medidas antimísseis

Os mísseis podem ser enganados pelo emprego das MAE antimísseis. Friedman (2009, p. 85) afirma que os bloqueadores eletrônicos, os despistadores e o *chaff* podem ser usados contra mísseis equipados com radar de guiagem.

Quanto aos mísseis antirradiação<sup>7</sup> (ARM), também há contramedidas. Kiely (1988, p. 80) propõe o emprego do despistador eletrônico ativo que seja capaz de emitir um sinal mais forte que o radar de bordo.

Conclusão: as possibilidades de emprego dos dispositivos de GE contra os dois tipos de mísseis citados, ratificam os benefícios das MAE para a autodefesa da aeronave AEW e para a defesa aérea da força naval como um todo.

### 4.4 Medidas de proteção eletrônica

Assim como nós, o oponente também pode vir a dispor de equipamentos de MAE e, então, empregá-los contra o radar da aeronave AEW. Forrest (1999, p. 7-1) afirma que o propósito das MPE é reduzir a eficácia das MAE. Portanto, as MPE podem ser integradas às especificações do sistema de GE da aeronave AEW da MB.

As MAE inimigas podem ser evitadas pelo emprego dos sensores, mobilidade e velocidade da aeronave AEW. Uma vez detectada uma MAE, como o bloqueio eletrônico ou uma nuvem de *chaff*, pode-se simplesmente manter distância da mesma, atitude essa que por si só pode ser considerada uma MPE. Entretanto, pode ser desejável que a aeronave AEW seja capaz de operar dentro do ambiente de GE sujeito às MAE. Além disso, o conhecimento dos circuitos de MPE existentes permite a melhor especificação das nossas próprias MAE. Forrest e Kiely divulgaram ostensivamente os circuitos e dispositivos, aplicáveis ao radar AEW, que geram recursos MPE contra as MAE. Um exemplo é o circuito *PRF Jitter* que oscila aleatoriamente a frequência de repetição de pulso (FRP) do radar, a fim de reduzir a consistência da apresentação dos alvos falsos (FORREST, 1999, p. 7-1).

---

<sup>7</sup> Os mísseis antirradiação orientam-se pela irradiação dos radares alvejados para destruí-los ou forçar a interrupção do seu funcionamento (FORREST, 1999, p. 6-5).

Para evitar o bloqueio eletrônico inimigo contra o radar existe o recurso da agilidade de frequência. Segundo Kiely (1988, p. 78), a agilidade de frequência provoca automaticamente o salto da frequência de operação do radar e assim evita a sintonia pré-estabelecida no equipamento do bloqueador. Existem ainda outras técnicas contra o bloqueio eletrônico. Forrest (1999, p. 7-2 a 7-3) apresenta a agilidade de polarização e a compressão de pulso. A primeira torna a polarização do sinal do radar ortogonal ao sinal do bloqueador. A segunda atenua e codifica o sinal do radar.

Quanto aos efeitos prejudiciais do *chaff* inimigo, os circuitos indicadores de alvos em movimento (MTI) podem cancelá-los. Friedman (2009, p. 87) afirma que o MTI é um eficaz circuito que distingue o movimento de mísseis e aeronaves separando-os do *chaff*, que permanece praticamente estático.

Outros recursos, como o circuito de adaptação de limiar (AGC) e os programas de acompanhamento de alvos também são passíveis de aplicação ao projeto do radar AEW. Ambos contribuem para sobrepujar os efeitos dos despistadores passivos, como o *chaff*. Segundo Forrest (1999, p. 7-2 a 7-3), o AGC revela alvos atrás de grandes volumes de *chaff* e os programas de acompanhamento de alvos discriminam o movimento de ameaças reais.

O processador digital de alvos em movimento (MTD) é mais um dispositivo que pode ser incorporado ao radar e empregado contra os efeitos do *chaff*. Segundo os pesquisadores da Lab-Volt (2007, p. 1-44), o MTD filtra os retornos do sinal do radar como o MTI, mas com maior eficiência proporcionada pelo processamento digital, embora não permita o emprego simultâneo da agilidade de frequência no mesmo sistema radar.

Quanto às MPE contra a tecnologia de furtividade, ainda há muitos segredos a desvendar. Os pesquisadores da LAB-VOLT (2007, p. 2-37) afirmam que embora não haja dados divulgados sobre as contramedidas eficazes às técnicas de furtividade, algumas propostas de MPE específicas estão em estudo: o balão radar, o satélite radar, o radar OTH, o radar de banda ultralarga e o detector de distúrbio magnético.

Conclusões: é desejável que os circuitos de MPE sejam integrados ao sistema de GE, a fim de aumentar a autodefesa da aeronave AEW contra as MAE inimigas. Um radar equipado com pelo menos *PRF Jitter*, agilidade de frequência, MTI e programa de acompanhamento de alvos poderia ter maiores chances de continuar funcionando satisfatoriamente mesmo quando posicionado em local sob a ação das MAE como o bloqueio eletrônico e o *chaff*. Fica claro que o emprego das MPE limita-se à autodefesa, enquanto que

as MAE podem apoiar tanto operações ofensivas, quanto ações de defesa aeroespaciais defensivas da força naval.

#### **4.5 Balanço entre tecnologia e custo: balizamento dos requisitos**

A Marinha dos EUA divulgou que o preço unitário da aeronave AEW E-2C *Hawkeye* era de US\$ 80 milhões em fevereiro de 2009 (USNAVY, 2009). Esse valor sugere a necessidade de balancear as vantagens dos recursos tecnológicos da aeronave AEW e os custos do projeto ou compra.

Embora as evidentes limitações de espaço, carga e geradores das aeronaves estejam fora da abordagem do presente trabalho, pode-se afirmar que os custos envolvidos restringem a gama e a atualização dos equipamentos, dispositivos e circuitos que podem ser integrados ao sistema de GE da aeronave AEW. Segundo Till (1987, p. 40), “as respostas à questão do balanço entre tecnologia e custo dependem muito das considerações estratégicas e políticas sobre quais as funções da marinha estão em primeiro plano.” Portanto, aqueles recursos técnicos passíveis de incorporação ao sistema de GE da aeronave AEW devem ser classificados em ordem de prioridade quanto ao grau de contribuição para o exercício do poder naval.

Conclusão: a relação dos requisitos de equipamentos e componentes do sistema de GE da aeronave AEW da MB deve ser estabelecida e atualizada em ordem de prioridade a partir da análise dos custos, tecnologia, e utilidade para o desempenho do poder naval. Nos escalões político e estratégico, isso tudo serve de referência aos estudos voltados para a destinação dos recursos orçamentários suficientes ao projeto que valha a pena investir.

As conclusões obtidas ao longo de toda a presente seção do trabalho permitem afirmar que os requisitos gerais do sistema de GE do avião AEW da MB podem ser delineados e priorizados a partir dos seguintes grupos de itens, identificados e classificados funcionalmente:

- a) Equipamentos indispensáveis ao alarme aéreo antecipado: radar de vigilância de longo alcance; rádios de UHF, VHF e HF; IFF; MAGE e IRST.
- b) Recursos desejáveis à autodefesa da aeronave AEW, à defesa aeroespacial da força naval e ao apoio às operações de ataque:

equipamentos de MAE.

- c) Recursos desejáveis unicamente à autodefesa da aeronave AEW:  
circuitos de MPE.



## 5 CONCLUSÃO

Desde o seu surgimento, em 1943, o avião AEW tem apresentado capacidades decisivas ao eficaz emprego do poder naval em diversos conflitos armados. A documentação histórica é fonte de fortes evidências da necessidade do sistema de GE da aeronave AEW para o melhor desempenho da força naval. Essa afirmação pôde ser comprovada a partir dos relatos de eventos ocorridos durante a Segunda Guerra Mundial, a Guerra do Vietnã, os conflitos entre Israel e os países do mundo Árabe, a intervenção dos EUA na Líbia, a Guerra da Malvinas e a Guerra do Golfo de 1991.

Ao longo do tempo, o avião AEW demonstrou ser uma plataforma de sistemas de GE que permite ampliar os horizontes da vigilância, do alarme antecipado, do controle e da coordenação aérea e de superfície, de modo a possibilitar a atuação bem sucedida da força naval em ambientes sob modernas ameaças de aeronaves de combate e navios de guerra dotados de mísseis e MAE.

O Brasil tem uma enorme área marítima de interesse que vai desde a Amazônia Azul até as rotas de comércio oceânico internacional. Embora o país não tenha inimigos externos, as capacidades dos meios das marinhas de Estados vizinhos indicam que nossa força naval necessita dos grandes alcances de vigilância e de controle de extensas áreas, o que pode ser proporcionado pelos sistemas de GE do avião AEW. Quanto maior o alcance dos sensores, melhores são as chances de sucesso da proteção dos nossos interesses no mar no caso de eventuais conflitos.

O avião E-2C *Hawkeye* é globalmente empregado por ser considerado a aeronave AEW padrão da Marinha dos EUA, e por compor as forças armadas da França, Japão, Israel, Egito, Singapura e Taiwan. O delineamento dos requisitos do sistema de GE da aeronave da MB pode partir das principais características do E-2C: radar com 250 MN de alcance, complementado por MAGE, IFF e processadores capazes de acompanhar mais de 600 alvos aéreos e de superfície, resistência para operar em porta-aviões, e recursos de comunicações contra interferências. Entretanto, o maior detalhamento dos sistemas de GE do E-2C, assim como o apoio direto desse avião à MB, depende da boa vontade estrangeira. Portanto, é necessário pensar em soluções nacionais.

No âmbito da Amazônia Azul, destaca-se o R-99 da FAB, cujo sistema de GE conta com o radar sueco *Erieye*, que tem alcance comparável ao radar do E-2C, com a vantagem de empregar a eficiente antena *phased array* e oferecer melhor relação custo e

benefício. Embora tenha aplicação naval limitada por não operar embarcado, o R-99 é um sucesso da indústria nacional.

No mundo de hoje, existe uma franca corrida pela liderança tecnológica. Nesse sentido, as melhores características conhecidas dos sistemas de GE do R-99 e do E-2C podem ser combinadas com as últimas inovações técnicas num eventual projeto, conduzido pela EMBRAER, de uma aeronave AEW com capacidade de operar em porta-aviões e equipada com modernos recursos técnicos de GE.

Os equipamentos necessários e os recursos técnicos passíveis de aplicação na concepção do sistema de GE do avião AEW da MB podem ser agrupados em termos de utilidade para a força naval, a fim de assessorar os escalões estratégico e político na decisão das prioridades do escopo do projeto e das quantias a serem despendidas. Em síntese, a partir dos recentes documentos ostensivos estudados no presente trabalho, foi possível estabelecer os seguintes requisitos gerais ao sistema de GE da aeronave AEW da MB: equipamentos indispensáveis ao alarme aéreo antecipado; recursos desejáveis à autodefesa do avião AEW, à defesa aeroespacial da força naval e ao apoio às operações de ataque; e recursos desejáveis apenas para a autodefesa do avião AEW.

Equipamentos indispensáveis ao alarme aéreo antecipado: radar UHF com antena *phased array*, alcance teórico de 250 MN para caças e 200 MN para mísseis de cruzeiro e processamento automático de até 600 alvos aéreos e de superfície com precisão de 300 m; rádios de UHF, VHF e HF com recursos contra interferências; IFF de longo alcance; MAGE e IRST.

Recursos desejáveis à autodefesa do avião AEW, à defesa aeroespacial da força naval e ao apoio às operações de ataque: as MAE como o *chaff*, o bloqueador eletrônico, os despistadores e a tecnologia de furtividade. O *chaff* é especialmente indicado em virtude de seu baixo custo relativo.

Recursos desejáveis apenas para a autodefesa do avião AEW: as MPE como o *PRF Jitter*, a agilidade de frequência, o MTI e o programa de identificação de ameaças.

Além disso, as demais informações, analisadas ao longo deste trabalho, podem contribuir para a atualização dos estudos ostensivos sobre os sistemas de GE aplicáveis à plataforma AEW. Afinal, vivemos em um mundo de constante atualização tecnológica.

## REFERÊNCIAS

ARCANGELIS, Mario. **Historia de la Guerra Electronica**. 1.ed. Madrid: Mursia Editore, 1983.

BRASIL. Presidência da República. Decreto 6703 de 18 de dezembro de 2008: dispõe sobre a Estratégia Nacional de Defesa. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 dez. 2008. Seção 1, p. 4. Disponível em: <<http://www.in.gov.br>>. Acesso em: 7 abr. 2009.

BROWN, Neville. **The Future of Air Power**. 1. ed. New York: Holmes & Meier Publishers, 1986.

EMBRAER. Empresa Brasileira de Aeronáutica SA. **Empresa Perfil**. Disponível em: <[www.embraer.com.br/portugues/content/empresa/profile.asp](http://www.embraer.com.br/portugues/content/empresa/profile.asp)>. Acesso em: 17 ago. 2009.

FAB. Força Aérea Brasileira. **R-99 Guardiã**. Disponível em: <[www.fab.mil.br/portal/aeronaves/index.html](http://www.fab.mil.br/portal/aeronaves/index.html)>. Acesso em: 17 ago. 2009.

FAS. Federation of American Scientists. **EMB-145 SA**. Disponível em: <[www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/row/emb-145.htm](http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/row/emb-145.htm)>. Acesso em: 18 ago. 2009.

FAS. Federation of American Scientists. **E-2C Hawkeye**. Disponível em: <[www.fas.org/programs/ssp/man/uswpns/air/special/e2c.html](http://www.fas.org/programs/ssp/man/uswpns/air/special/e2c.html)>. Acesso em: 18 ago. 2009.

FERNANDES, Antônio Pereira; LYNCH, Pedro Augusto Bittencourt. Aeronave de Alarme Aéreo Antecipado (AEW): uma necessidade para o NAe São Paulo. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 126, p. 24-30, jan./mar. 2006.

FORREST, Peter. **Electronic Warfare**. 1. ed. Quebec: Lab-Volt Ltd., 1999.

FRIEDMAN, Norman. **Sea Power and Space**. 1. ed. Annapolis: Naval Institute Press, 2000.

FRIEDMAN, Norman. Soft Kill versus Anti-Ship Missiles. **Naval Forces**. Bonn: v. 30, n 1/2009, p. 85-89, 2009.

HILL, Richard. **Estrategia para Potencias Medianas**. 1.ed. Buenos Aires: Instituto de Publicaciones Navales, 1990.

JACOBS, Keith. Dossier. **Naval Forces**. Bonn, v. 30, n. 1/2009, p. 105, 2009.

KIELY, David. **Naval Electronic Warfare**. 1. ed. Londres: Brassey's Defense Publishers, 1988.

LAB-VOLT. **Radar in an Active Target Environment**. 1. ed. Laval: Lab-Volt Ltd., 2007.

LIMA, Roberto Luiz Fontenelle. As Novas Armas na Guerra do Golfo. **Revista Marítima Brasileira**. Rio de Janeiro: v. 112, p. 63-91, 1992.

LONG, Maurice. **Airborne Early Warning System Concepts**. 1. ed. Norwood: Artech House Inc., 1992.

MB. Marinha do Brasil. **A nossa última fronteira**. Disponível em: <[www.mar.mil.br/menu\\_v/amazonia\\_azul/nossa\\_ultima\\_fronteira.htm](http://www.mar.mil.br/menu_v/amazonia_azul/nossa_ultima_fronteira.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2009.

PRÉZELIN, Bernard. **Combat Fleets of The World: Their Ships, Aircrafts, and Armaments**. 1. ed. Shrewsbury, England. Airline Publishing Ltd. 1993.

REGO, Marcos. **Gestão de Projetos**. Rio de Janeiro: COPPEAD UFRJ, 2009.

ROSE, Lisle. **Power at Sea. Volume III**. 1. ed. Columbia: University of Missouri press, 2007.

JANE'S FIGHTING SHIPS. **Jane's Fighting Ships 2007-2008**. 110. ed. Coulsdon, Surrey: Jane's Information Group, 2007.

TILL, Geoffrey. **Modern Sea Power**. 1. ed. Londres: Brassey's Defense Publishers, 1987.

TILL, Geoffrey. Poder Marítimo: questões relevantes e desafios. **Revista da Escola de Guerra Naval**. Rio de Janeiro, n. 7, p. 8-31. 2006. Disponível em: <[www.egn.mar.mil.br/revistaEgn/junho2006/04-poderMaritimo.pdf](http://www.egn.mar.mil.br/revistaEgn/junho2006/04-poderMaritimo.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2009.

USNAVY. United States Navy. **E-2C Hawkeye early warning and control aircraft**. Disponível em: <[www.navy.mil/navydata/fact\\_display.asp?cid=1100&tid=700&ct=>](http://www.navy.mil/navydata/fact_display.asp?cid=1100&tid=700&ct=>)>. Acesso em: 17 ago. 2009.

VIDIGAL, Armando Amorim Ferreira. Atlântico Sul: uma visão brasileira. **Revista da Escola Superior de Guerra**, Rio de Janeiro, n. 34, p. 103-113, dez. 1997. Disponível em: <<http://www.esg.br/publicacoes/revistas/1997/revista%20de%201997.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2009.

VIDIGAL, Armando A. Ferreira. A Guerra do Golfo – Uma Análise Político-Estratégica e Militar. Rio de Janeiro: **Revista Marítima Brasileira**, v. 112, p. 15 a 62, 1992.

## GLOSSÁRIO

**Agilidade de frequência** – capacidade de certos radares em mudar a frequência de transmissão de sinais com o propósito de prejudicar o resultado do bloqueio eletrônico conduzido pelo inimigo (LAB-VOLT, 2007, p. E-2).

**Amazônia Azul** – área marítima estratégica, que compreende a plataforma continental e a faixa de 200MN (370 Km), contada a partir de toda a costa brasileira, onde são produzidos 88% do petróleo nacional e trafegam 95% do comércio exterior do Brasil. (MB, 2009).

**Antena *phased array*** – antena de radar fixa, que apresenta melhor desempenho que as antenas rotativas e demandam menor dimensão da aeronave que a transporta. (FAS, 2009).

**Bloqueio eletrônico** – emprego de sinais de ruído eletromagnético com a intenção de interferir, obscurecer ou distorcer sinais de radar ou de rádio (LAB-VOLT, 2007, p. 1-4).

**Chaff** – medida de ataque eletrônico simples e antiga, usada por aeronaves e navios para a autodefesa contra sistemas inimigos orientados por radar, consiste em tiras de metal ou fibras dispersas no ar que formam uma nuvem capaz de refletir a irradiação eletromagnética. e confundir o inimigo (LAB-VOLT, 2007, p. 4-1).

**Despistamento eletrônico** – deliberada irradiação, reirradiação, alteração, supressão, absorção, engodo, amplificação ou reflexão com o propósito de gerar informações enganosas ao inimigo (LAB-VOLT, 2007, p. 2-1).

**Equipamento de medida de apoio à guerra eletrônica (MAGE)** – dispositivo passivo de vigilância, destinado a detectar e identificar as características da irradiação eletromagnética dos radares inimigos (LAB-VOLT, 2007, p. 1-4).

**Guerra Eletrônica** – atividade militar que envolve o emprego da energia eletromagnética para determinar, explorar, reduzir, ou prevenir o uso hostil do espectro eletromagnético e garantir seu efetivo uso por forças amigas (LAB-VOLT, 2007, p. E-2).

**Medidas de ataque eletrônico** – divisão da Guerra Eletrônica que envolve o uso de energia eletromagnética, ou armamento antirradiação para neutralizar ou destruir a capacidade de combate inimiga (LAB-VOLT, 2007, p. 1-4).

**Medidas de proteção eletrônica** – divisão da Guerra Eletrônica que abrange as ações tomadas para proteger o pessoal, meios e equipamentos dos efeitos da Guerra Eletrônica inimiga ou amiga (LAB-VOLT, 2007, p. 1-4).

**Míssil antirradiação** - míssil guiado pela irradiação de um radar inimigo, com a finalidade de destruí-lo ou forçar a interrupção do seu funcionamento (FORREST, 1999, p. 6-5).

**PRF *Jitter*** – circuito que proporciona a oscilação aleatória da frequência de repetição dos pulsos eletromagnéticos transmitidos pelo radar, de modo a evitar o ataque por intermédio dos equipamentos inimigos de bloqueio eletrônico (FORREST, 1999, p. 7-1).

**Radar** – equipamento que irradia pulsos de ondas eletromagnéticas que são refletidos por alvos e, em seguida recebidos de volta pelo radar como eco. As informações de distância, posição e velocidade dos objetos no campo de visão do radar podem ser obtidas a partir daquele tipo de eco (LAB-VOLT, 2007, p. 1-1).

**Rádio** – equipamento que injeta informações de voz ou dados em ondas eletromagnéticas, as quais são transmitidas para um receptor distante (LAB-VOLT, 2007, p. 1-1).

**Tecnologia *Stealth*** – princípios técnicos de emprego de materiais e geometrias especiais no projeto de meios como aviões e navios, com o propósito de atrasar a detecção por forças hostis (LAB-VOLT, 2007, p. 2-33).