

ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO NO NÍVEL LATO SENSU DE ESPECIALIZAÇÃO
EM OPERAÇÕES MILITARES

1º TEN BRUNO LEONARDO CARDOSO DOS SANTOS MENDONÇA

O EMPREGO DO RADAR SABER M60 NO PROJETO ESTRATÉGICO DO
EXÉRCITO SISFRON, SUAS POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES.

Rio de Janeiro

2015

BRUNO LEONARDO CARDOSO DOS SANTOS MENDONÇA

**O EMPREGO DO RADAR SABER M60 NO PROJETO ESTRATÉGICO DO
EXÉRCITO SISFRON, SUAS POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa de pós-graduação *latu sensu* como requisito parcial para a obtenção do certificado em Ciências Militares com ênfase na especialização em Artilharia Antiaérea. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Orientador: Cap André Oliveira Ferreira

Rio de Janeiro

2015



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DECE_x - DETM_{il}
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA**

DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COMUNICAÇÃO DO RESULTADO FINAL AO POSTULANTE (TCC)

MENDONÇA, Bruno Leonardo Cardoso dos Santos (1º Ten Art). O Emprego do Radar SABER M60 no Projeto Estratégico do Exército SISFRON, suas possibilidades e limitações. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa “*lato sensu*” como requisito à obtenção do certificado de especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Orientador: André de Oliveira Ferreira – Cap Art

Resultado do Exame do Trabalho de Conclusão de Curso: _____

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2015.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

RODRIGO GONÇALVES ROCHA - Cap Art
PRESIDENTE

ANDRÉ DE OLIVEIRA FERREIRA - Cap Art
ORIENTADOR

HUDSON PHILUPI RIBEIRO BELLO MEIJINHOS - 1º Ten Art
MEMBRO

À minha família, uma homenagem pelo
confiança em mim depositada.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador meus sinceros agradecimentos pela orientação precisa na realização deste trabalho.

Aos meus pais Claudio dos Santos Mendonça e Rosângela Cardoso Lima, pelo amor e empenho que destinaram para minha educação, pelas inúmeras horas que velaram meu sono e pelas palavras de incentivo para que eu pudesse galgar cada objetivo em minha vida.

É melhor tentar e falhar, que preocupar-se em ver
a vida passar.
É melhor tentar, ainda que em vão que sentar-se,
fazendo nada até o final.
Eu prefiro na chuva caminhar, que em dias frios
em casa me esconder.
Prefiro ser feliz embora louco, que em
conformidade viver.

(Martin Luther King)

RESUMO

O presente estudo pretende integrar os conceitos básicos e a informação científica relevante e atualizada, a fim de fornecer subsídios para a melhor compreensão de como se emprega o Radar SABER M60 no Projeto Estratégico do Exército (PEE) SISFRON, explorando suas possibilidades e limitações.

O PEE SISFRON tem como objetivo monitorar e combater qualquer tipo de ameaça que possa entrar em nosso território nacional, para isso há a necessidade de uma integração entre diversos subsistemas, dentre eles está o de detecção de aeronaves.

Apesar do Brasil contar com o SISDABRA (Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro) em uma fronteira terrestre de mais de 17000 Km, existe ainda uma vulnerabilidade na detecção de aeronaves em determinados pontos. Com a finalidade de diminuir tal deficiência exposta em tela será empregado o Radar SABER M60 para complementar esse sistema de vigilância do Espaço Aéreo.

Para que tais vulnerabilidades sejam suprimidas é importante explorar as possibilidades e limitações do RADAR SABER M60.

Durante esta pesquisa, será dada ênfase as possibilidades de emprego do RADAR SABER M60 que já são exploradas pelas diversas Organizações militares que o detém e também buscando verificar as desvantagens de seu uso no referido PEE.

Para atingir esse objetivo, serão analisados dados técnicos do Radar citado em tela, possíveis documentos gerados pelos quartéis dotados deste equipamento relatando falhas em operação, abordaremos quesitos como seu suporte para manutenção em longas distâncias e emprego tático atualmente. Serão tomados como base para essa pesquisa documentos e publicações que abranjam tal assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Radar SABER M60; Projeto Estratégico do Exército; Fronteira.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo integrar los conceptos básicos y la información científica pertinente y actualizada, a fin de proporcionar información para una mejor comprensión de cómo emplear el radar SABER M60 en el Proyecto Estratégico del Ejército (PEE) SISFRON, explorando sus posibilidades y limitaciones.

El PEE SISFRON tiene como objetivo controlar y combatir cualquier tipo de amenaza que ingrese a nuestro país, para eso existe la necesidad de una integración entre los distintos subsistemas, entre ellas se encuentra la de detección de aeronaves.

Aunque Brasil cuente con el SISDABRA (Sistema de Defensa Aeroespacial Brasileño) en una frontera terrestre de más de 17.000 km, todavía hay una vulnerabilidad en la detección de aeronaves en ciertos puntos. Para reducir esta deficiencia será empleado el radar SABER M60, para complementar el sistema de vigilancia del espacio aéreo.

Para eliminar tales vulnerabilidades es importante explorar las capacidades y limitaciones del radar SABER M60.

Durante esta investigación, será dado mayor énfasis a las capacidades de empleo del RADAR SABER M60, que ya están siendo comprobados por diversas organizaciones militares que posee dicho material y también tratan de verificar las desventajas de su uso en el PEE.

Para lograr este objetivo, serán analizados los datos técnicos de dicho radar, los posibles documentos generados por los cuarteles que tienen provisto este equipo con las fallas obtenidas en su operación. Abordar los tópicos para mantenimiento en distancias largas y su empleo táctico actual. Serán tomadas como base para esta pesquisa documentos y publicaciones que engloben mencionado tema.

PALABRAS CLAVE: Radar SABER M60; Proyecto Estratégico del Ejército; Frontera.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concepção sistêmica do sistema operacional de Artilharia Antiaérea.....	15
Figura 2 – Monitoramento da faixa de fronteira pelo SISFRON	20
Figura 3 – Interação do SISFRON com sistemas congêneres	22
Figura 4 – Primeiro radar construído.....	31
Figura 5 – Componentes de uma Estação Radar	32
Figura 6 – Radar SABER M60.....	36
Figura 7 – Visão geral do sistema radar SABER M60	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro resumo das principais características técnicas do Radar SABER M60	42
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

AAe	Antiaéreo(a)
AAAe	Artilharia Antiaérea
ACR	Analizador de Cobertura Radar
AEW	<i>Airborne Early Warning</i> . Sigla em inglês que refere-se a aeronaves que possuem radar de detecção.
Anv	Aeronave
AWACS	<i>Airborne Warning And Control Systems</i> . Sigla em inglês que refere-se a aeronaves que possuem radar de detecção com capacidade de controle.
C ²	Comando e Controle
CME	Contra-Medidas Eletrônicas
COAAe	Centro de Operações Antiaéreas
COAAe P	Centro de Operações Antiaéreas Principal
COAAe S	Centro de Operações Antiaéreas Subordinado
D AAe	Defesa Antiaérea
EA	Espaço Aéreo
EB	Exército Brasileiro
EME	Estado Maior do Exército
END	Estratégia Nacional de Defesa
GPS	<i>Global position system</i> (sistema de posicionamento global)
Gu	Guarnição
IFF	<i>Identification Friend or Foe</i> . Sigla em inglês para um sistema do radar que identifica se a aeronave detectada é amiga ou inimiga.
Ini Ae	Inimigo Aéreo
LPI	<i>Low probability of interception</i> – baixa probabilidade de interceptação
LWR	<i>Laser Warning Receiver</i> . Sigla em inglês que refere-se a um aviso de detecção por laser.
MEA	Medidas Eletrônicas de Apoio
MPE	Medidas de Proteção Eletrônica
MPF	Ministério Público Federal
PEE	Projeto Estratégico do Exército

P Vig	Posto de Vigilância
RB	Radar de Busca
Rdr	Radar
ROB	Requisitos Operacionais Básicos
RWR	<i>Radar Warning Receiver</i> . Sigla em inglês que refere-se a um aviso de detecção por radar.
Seç AAAe	Seção de Artilharia Antiaérea
SIC	Sistema de informação e Comunicações
SISDABRA	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
SISFRON	Sistema de Monitoramento de Fronteiras
Sist A	Sistema de Armas
Sist Com	Sistema de Comunicações
Sist Ct Alr	Sistema de Controle e Alerta
Sist Log	Sistema Logístico
Sns	Sensores
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicações
U Tir	Unidade de Tiro
UV	Unidade de Visualização
UV Rdr	Unidade de Visualização do Radar
UV U Tir/P Vig	Unidade de Visualização da Unidade de Tiro/Posto de Vigilância

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	PROJETO ESTRATÉGICO DO EXÉRCITO SISTEMA INTEGRADO DAS FRONTEIRAS	19
3	O VETOR AÉREO	23
3.1	AMEAÇA AÉREA	23
3.1.1	Faixas de emprego	23
3.1.2	Possibilidades da ameaça aérea	25
3.2	INVASORES DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO	26
4	OS RADARES ANTIAÉREOS E O SISTEMA DE CONTROLE E ALERTA	28
4.1	HISTORIA DOS RADARES	28
4.2	FUNCIONAMENTO DO RADAR	31
4.3	TIPOS DE RADARES ANTIAÉREOS	32
4.3.1	Radar de Vigilância	33
4.3.2	Radar de Busca	33
4.3.3	Radar de Tiro ou Radar de Acompanhamento	33
4.4	A COBERTURA RADAR NA ARTILHARIA ANTIAÉREA	33
4.5	ESTRUTURA DO SISTEMA DE CONTROLE E ALERTA	34
4.5.1	O COAAe	34
4.5.2	Os postos de vigilância	34
5	O RADAR SABER M 60	36
5.1	APRESENTAÇÃO DO RADAR SABER M 60	37
5.2	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS DO RADAR SABER M 60	41
5.3	A PARTE EXTERNA	43
5.4	O <i>SOFTWARE</i>	45
6	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A defesa das fronteiras do território nacional é uma preocupação do Estado desde os tempos de colônia, quando as fronteiras do Brasil começaram a ser delimitadas. Inicialmente pela Bula Inter Caetera, passando por diversos tratados como o de Tordesilhas, de Madri, de Badajoz, até que por último, com o Tratado do Rio de Janeiro, delimitou-se o território do Acre estabelecendo sua divisa com o Peru. Desde então o Território Brasileiro possui as dimensões atuais.

Com uma área total de aproximadamente 8,5 milhões de Km², com uma fronteira terrestre de 16145 Km é uma necessidade para soberania do país realizar sua segurança, e compartilhando da preocupação da preservação dos limites territoriais citado em tela, o Governo Federal incentivou o Projeto Estratégico do Exército SINFRON, que tem como objetivo o monitoramento e proteção das fronteiras terrestres brasileiras.

O Exército Brasileiro possui sete PEE, dentre eles encontra-se o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras Terrestres, que além de fortalecer a presença do Estado na faixa de fronteira terrestre, incrementará a capacidade do Exército de monitorar áreas de interesse para a Defesa Nacional.

O SISFRON tem como objetivo monitorar e combater qualquer tipo de ameaça que possa entrar em nosso território nacional, para isso há a necessidade de uma integração entre diversos subsistemas, dentre eles está o de detecção de aeronaves.

Apesar do Brasil contar com o SISDABRA (Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro), ainda há uma vulnerabilidade na detecção de aeronaves em determinados pontos. Com a finalidade de diminuir tal deficiência será empregado o Radar SABER M60 complementando esse sistema de vigilância do Espaço Aéreo.

Com a criação do Radar SABER M60 pela indústria nacional, este estudo pretende analisar a utilização desse sensor de forma integrada ao SISFRON, como é abordado no tema desse trabalho "O emprego do Radar SABER M60 no PEE SISFRON, suas possibilidades e limitações". Esta análise visa verificar as exigências do Projeto em questão com ênfase à Defesa Antiaérea (D AAe) e as características e possibilidades do sensor. Para isso serão analisadas características operacionais do Radar SABER M60, do SISRON e sua possível ligação com o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA).

Cabe destacar que o Rdr SABER M60 é um Radar de Busca (RB) inserido no Sist A e

que, pela ausência de um Radar de Vigilância (R Vig) atualmente em operação no EB, é utilizado como R Vig, integrando assim ao Sist Ct Alr.

O foco no Sist Ct Alr e no Rdr SABER M60 se justifica diante da importância do sistema e do elevado grau tecnológico do equipamento.

Isto posto é importante salientar que: a estrutura do Sistema de Defesa Antiaérea Brasileira, para cumprir sua missão, nos diversos escalões de Artilharia Antiaérea (AA Ae), da Seção de Artilharia Antiaérea (Seç AA Ae) à Brigada de Artilharia Antiaérea (Bda AA Ae), apresenta a seguinte organização: um Sistema de Controle e Alerta (Sist Ct Alr), um Sistema de Armas (Sist A), um Sistema Logístico (Sist Log) e um Sistema de Comunicações (Sist Com) (BRASIL, 2011a).

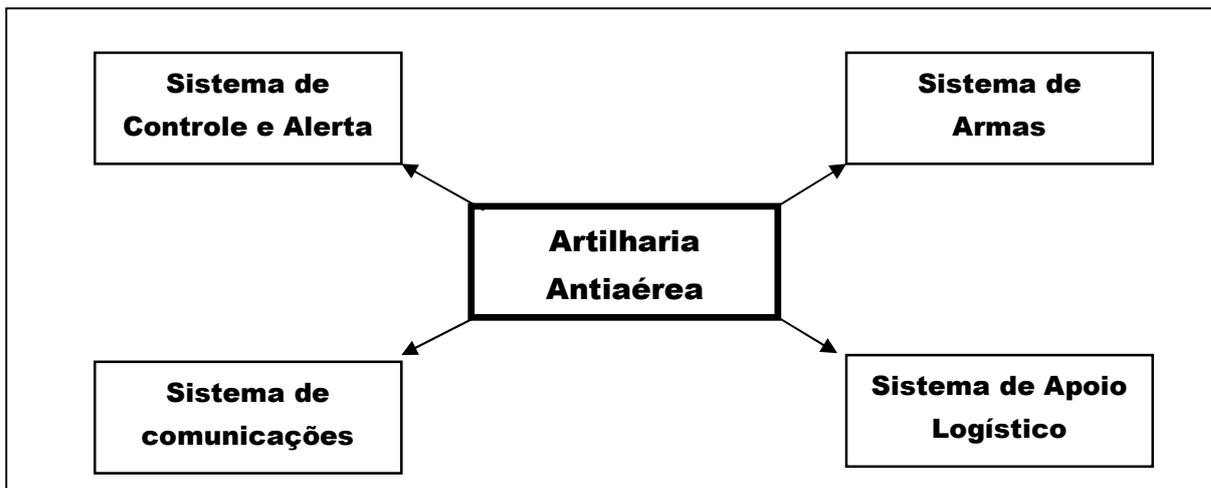


Figura 1 - Concepção sistêmica do sistema operacional de Artilharia Antiaérea

Fonte: autor

Diante desse aspecto, encontramos o seguinte problema: em que medida a utilização do Radar SABER M60, que integrará o SISFRON, atende aos requisitos e exigências operacionais necessários a tal integração?

Para responder essa questão é necessário limitar nossa pesquisa e delimitar sua abrangência, e para isso, iniciaremos a limitar algumas variáveis envolvidas.

No que diz respeito a variável Radar de Busca, pretende-se abordar as características técnicas, possibilidades e limitações do Radar SABER M60, inserido ao Sistema de Monitoramento de Fronteiras.

Em relação a variável Vetor Aéreo, pretende-se abordar as principais características dos principais vetores que adentram o Espaço Aéreo(EA) Brasileiro, explorando que ameaças podem trazer ao país.

No que tange a variável Comando e Controle, será exposto como haverá a interligação

com o SISDABRA, visto que preexiste esse sistema para o controle do EA, e como será realizada a coordenação entre os meios a serem alocados para combater possíveis invasores.

O estudo foi limitado particularmente ao Rdr SABER M60 por ser o produto de defesa desenvolvido pelo Brasil com ampla participação do EB, e por estarem sendo adotados não somente como RB, pois o fabricante deste radar está em fase de desenvolvimento do SABER M200.

Por tratar-se de uma pesquisa bibliográfica, e carecer de uma experimentação de campo, a investigação foi limitada pela impossibilidade de se generalizar os resultados ao ambiente real, pois tal sistema encontra-se em fase de implementação.

Como forma de nortear nossa pesquisa, e conduzi-la a solução do problema, levantamos algumas questões de estudo:

- a) Em que consiste o SISFRON?
- b) Que tipos de vetores aéreos serão possivelmente combatidos?
- c) Como o Rdr SABER M60 será empregado em conjunto com o SISDABRA?
- d) Tal equipamento de alta tecnologia resistiria ao emprego em situações extremas como em ambiente de selva?
- e) Com um alcance de 60 Km como esse sensor integraria o SISFRON?

Partindo do problema e nas questões formuladas, o objetivo foi definido de maneira geral da seguinte forma: analisar as características do Radar SABER M60, relacionando-as com as necessidades táticas na utilização do monitoramento de fronteiras, levantando as possibilidades e limitações desse sensor inserido no Sistema de Controle e Alerta do SISFRON.

A fim de viabilizar a execução do objetivo geral de estudo e simplificar o estudo através de etapas, foram formulados objetivos específicos, de forma a encadear logicamente o raciocínio descritivo apresentado:

- a) Apresentar o Sistema Integrado do Monitoramento de Fronteiras.
- b) Descrever as principais maneiras que vetores aéreos hostis entram no território nacional, o modelo de aeronaves e seus objetivos.
- c) Apresentar dados técnicos, possibilidades e limitações do Radar SABER M60.
- d) Verificar a integração do Rdr SABER M60 com o Sistema de Controle e Alerta do SISFRON.
- e) Concluir analisando a forma com a qual de ser utilizado o Rdr SABER M60, quando integrado ao monitoramento de fronteiras.

Esta pesquisa justifica-se pelo fato de promover uma discussão embasada em procedimentos científicos a respeito do Radar SABER M60 no SISFRON, que será implantado nas fronteiras nacionais a médio prazo.

Pretende-se também, buscar base teórica para levantar sugestões de adaptação ou melhoria para o produto de defesa brasileiro vindo a ser uma solução própria e eficaz para defesa antiaérea das fronteiras nacionais.

Sob a ótica dos procedimentos metodológicos, podemos classificar este trabalho quanto à natureza de uma pesquisa do tipo aplicada, por ter por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, relacionados ao emprego do radar SABER M60 no SISFRON. Para tal, usaremos a abordagem hipotética-dedutiva, uma vez, que se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formularemos hipóteses, e pelo processo de influência dedutiva, analisaremos a predição da ocorrência dos fenômenos abrangidos pela hipótese.

O problema será abordado de forma qualitativa, uma vez que há um vínculo latente entre o emprego real e o objeto de pesquisa que não podem ser traduzido em números, e dessa forma, nosso objetivo geral terá um caráter exploratório que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito e a construir uma hipótese que possamos analisar a fim de concluir sobre sua validade.

Trata-se de um estudo exploratório bibliográfico que, para sua realização, terá por método a leitura exploratória e seletiva do material de pesquisa, bem como sua revisão integrativa, contribuindo para o processo de síntese e análise dos resultados de vários estudos, compilando-os em um corpo de literatura atualizado e compreensível.

A seleção de fontes de pesquisa será baseada em manuais militares, publicações especializadas, em trabalhos científicos disponibilizados por escolas como Escola de Comando e Estado Maior, Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais e Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, e em artigos e matérias disponíveis em sítios de internet especializados.

O delineamento da pesquisa se dividirá nas fases de levantamento e seleção da bibliografia, coleta dos dados, crítica dos dados, leitura analítica e fichamento das fontes, argumentação e discussão dos resultados.

No desenvolvimento serão abordados os assuntos a seguir:

No capítulo Projeto Estratégico do Exército SISFRON, pretende-se apresentar suas características, composição e necessidades.

No capítulo Vetor Aéreo, serão descritos as principais maneiras que vetores aéreos

hostis entram no território nacional, o modelo de aeronaves e seus objetivos.

No capítulo Radar SABER M60, pretende-se apresentar as características técnicas do Radar SABER M60, e estabelecendo uma relação entre as possibilidades e as limitações do material dentro de um sistema de controle e alerta de defesa antiaérea.

No capítulo Radar SABER M60 no SISRON, pretende-se estabelecer as principais hipóteses de emprego desse sensor no monitoramento de fronteiras.

No capítulo Conclusão, reunir-se-á os dados apresentados nos capítulos anteriores, estes serão comparados procurando os pontos de intersecção, a satisfação das exigências e a viabilidade das possibilidades de utilização desse sensor.

2 PROJETO ESTRATÉGICO DO EXÉRCITO SISTEMA INTEGRADO DE MONITORAMENTO DAS FRONTEIRAS

Este capítulo tem por finalidade apresentar as iniciativas do Estado Brasileiro que visam intensificar a presença do Governo em nosso território, aumentando a sua capacidade de monitoramento e o seu poder dissuasório.

Visando enfrentar essas dificuldades com a ocupação de nossas fronteiras e garantir a soberania nacional, o Ministério da Defesa elaborou em 2005 a PND (Política Nacional de Defesa). Trata-se de um documento que tem por finalidade estabelecer objetivos e diretrizes para o preparo e o emprego da capacitação nacional, envolvendo os setores militares e civil em todas as esferas.

Inserida na PND, foi aprovado pelo Decreto 6.703, de 18 de dezembro de 2008, a END (Estratégia Nacional de Defesa) que contou em sua elaboração com um comitê interministerial formado pelos Ministérios da Defesa, do Planejamento, Orçamento e Gestão, da Fazenda, Ciência e Tecnologia, Secretaria de Assuntos Estratégicos e os Comandantes das três Forças Armadas.

A END tem como objetivo atingir os objetivos propostos pela PND. Conforme suas diretrizes, as Forças Armadas devem desenvolver a capacidade de monitorar e controlar o espaço aéreo, o território e as águas jurisdicionais brasileiras e ampliar a presença de tropas nas fronteiras e na Amazônia.

O Brasil será vigilante na reafirmação incondicional de sua soberania sobre a Amazônia brasileira. Repudiará, pela prática de atos de desenvolvimento e de defesa, qualquer tentativa de tutela sobre as suas decisões a respeito de preservação, de desenvolvimento e de defesa da Amazônia. Não permitirá que organizações ou indivíduos sirvam de instrumentos para interesses estrangeiros – políticos ou econômicos – que queiram enfraquecer a soberania brasileira. Quem cuida da Amazônia brasileira, a serviço da humanidade e de si mesmo, é o Brasil. (BRASIL,2008)

Baseado pela END, o Exército Brasileiro desenvolveu o Projeto Estratégico SISFRON (Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras), que permitirá o monitoramento, controle e atuação nas fronteiras terrestres do país, protegendo e defendendo o território nacional contra possíveis invasões, reduzindo os problemas oriundos da região de fronteira, utilizando para isso operações interagências e a cooperação regional.

Para o Exército, o SISFRON deverá, além de incrementar a capacidade de monitorar as áreas de fronteira, assegurar o fluxo contínuo e seguro de dados entre diversos

escalões da Força Terrestre, produzir informações confiáveis e oportunas para a tomada de decisões, bem como atuar prontamente em ações de defesa ou contra delitos transfronteiriços e ambientais, em cumprimento aos dispositivos constitucionais e legais que regem o assunto, em operações isoladas ou em conjunto com as outras forças Armadas ou, ainda, em operações interagências, com outros órgãos governamentais.

Os meios de sensoriamento do SISFRON estarão desdobrados ao longo dos 16.886 quilômetros da faixa de fronteira, monitorando uma área de aproximadamente 27% do território nacional, o que potencializará o emprego das organizações subordinadas aos Comandos Militares da Amazônia, do Oeste e do Sul. (PROJETOS, 2012, p.14-15)



Figura 2 – Monitoramento da faixa de fronteira pelo SISFRON

Fonte: <http://www.douradinanews.com.br/regiao/equipamentos-para-monitorar-a-fronteira-comecam-a-partir-de-2013>

Para que tenha êxito, o SISFRON reunirá um conjunto abrangente e integrado de recursos tecnológicos, dentre eles a utilização do radar SABER M60, estruturas organizacionais, processos e pessoas que terão a sua atuação através de diversos subsistemas integrados da seguinte forma:

- Subsistema de sensoriamento: idealizado para apoiar as ações de vigilância, reconhecimento e monitoramento da faixa de fronteira, alimentando com dados o subsistema de apoio à

decisão. Para isso, utiliza radares de vigilância terrestre e aérea de baixa altura, sensores óticos, oprônicos e sensores de sinais eletromagnéticos, dentre outros meios, distribuídos por diversos escalões. Os sensores poderão ser fixos, portáteis, transportados em viaturas ou embarcações especializadas, ou instalados em plataformas espaciais e aéreas, tais como satélites, aeronaves de asa fixa ou móvel e aeronaves remotamente pilotadas.

- Subsistema de Apoio à Decisão: tem como finalidade tratar os dados coletados pelos sensores que servirão de apoio para a decisão dentro dos níveis organizacionais. Será desenvolvido com base no programa C² em Combate e utilizado pelos Centros de Operações das Organizações Militares localizadas nas fronteiras, bem como pelo Comandos Militares de Área de onde esta inserido o local onde foram gerados tais dados.

- Subsistema de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC): responsável por realizar o tráfego de dados entre os componentes. Compreenderá rede de comunicações fixas e móveis, proporcionando melhoria na largura de banda disponível.

- Subsistema de Segurança de Informação e Comunicações (SIC) e Defesa Cibernética: assegura a confidencialidade, autenticidade, integridade e disponibilidade das informações do Sistema, provendo a segurança de todo o sistema.

- Subsistema de Simulação e Capacitação: capacita e especializa o pessoal envolvido na gestão, operação, logística e desenvolvimento do SISFRON.

- Subsistema de Logística: responsável pelas atividades de manutenção, suprimento e transporte.

- Subsistemas de Atuadores: compreende as forças militares, os integrantes de órgãos e agências, os produtos de defesa e segurança e os procedimentos operacionais empregados pelo Exército na faixa de fronteira. (PROJETOS, 2012, p.15-16).

Como exposto abaixo a criação do SISFRON será mais um dos elos para a defesa do território nacional.

O foco do SISFRON é o apoio às operações interagências e outras operações que já são realizadas regularmente na faixa de fronteira, o projeto tem a visão de uma maior interação com outros sistemas que já estão em operação em nosso território, como o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) e o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (MARIANO,2014).



Figura 3 – Interação do SISFRON com sistemas congêneres

Fonte: <http://www.defesanet.com.br/defesa/noticia/7600/SISFRON>

Além da defesa das fronteiras a implementação do SISFRON proporcionará diversos benefícios ao Brasil, como pode ser observado nas palavras de Mariano:

Junto ao aumento da operacionalidade da Força Terrestre, o projeto trará benefícios para a indústria nacional, como conseqüência dos valores que serão investidos e devido a priorização no aproveitamento das tecnologias já existentes no país. Proporcionará também a geração de empregos, principalmente nas indústrias relacionadas à defesa.

3 O VETOR AÉREO

3.1 AMEAÇA AÉREA

Será considerado neste trabalho que ameaça aérea é todo vetor aeroespacial cujo emprego esteja dirigido a destruir ou neutralizar objetivos terrestres, marítimos (submarinos) e outros vetores aeroespaciais. Esta, atualmente, emprega não somente os mais diversos tipos de aeronaves dedicadas para tal, como modernos sistemas de mísseis e satélites para os mais variados fins (BRASIL, 2001).

Atualmente, com o avançado desenvolvimento tecnológico, torna-se muito vasto o emprego de vetores aéreos. Neste capítulo do trabalho serão abordados os seus principais meios e como estes atuam.

3.1.1 Faixas de emprego:

Para facilitar o entendimento e melhor poder enfrentar as modernas ameaças aéreas, sua atuação é dividida em quatro faixas de emprego que serão abordadas a seguir (BRASIL, 2001):

a) altura orbital- esta faixa de emprego compreende o limite da atmosfera terrestre para o espaço exterior, nela estão incluídos os satélites artificiais classificados a seguir:

- satélites de comunicações: amplamente utilizados para retransmissão de sinais em telefonia e imagens;

- satélites meteorológicos: fornecem informações meteorológicas precisas, contribuindo significativamente no planejamento de operações aéreas;

- satélites de sensoriamento ativo e/ou passivo: amplamente utilizados para monitoramento de sinais de comunicações, movimentos inimigos no campo de batalha e mapeamento de terreno;

- satélites de navegação: têm sua maior expressão através do Global Position System (GPS) que gerencia uma constelação de 24 satélites acessíveis a qualquer um que tenha um aparelho receptor, proporcionando uma navegação com alto grau de precisão.

b) grande altura- esta faixa de emprego vai de 15000 m até os limites da atmosfera, nela atuam aeronaves tripuladas ou não, e mísseis balísticos táticos/estratégicos:

- aeronaves tripuladas ou não: empregadas em reconhecimentos estratégico com a utilização de sensores passivos ou ativos. Contudo, atualmente esse tipo de vetor vem perdendo espaço para modernos satélites artificiais,

- mísseis balístico táticos/estratégicos: é a principal ameaça da grande altura. Podem ser lançados de plataformas de superfície ou submarinas carregando ogivas convencionais, químicas ou nucleares. A defesa contra este tipo de ameaça é bastante difícil, devendo para tal haver pelo menos um sistema de mísseis de média altura.

c) média altura: esta faixa vai de 3000 m até 15000 m e caracteriza-se pela atuação de aeronaves de asa fixa nos mais variados tipos de missão:

- aeronaves AWACS (AIRBORNE WARNING AND CONTROL SYSTEMS): equipadas com radares potentes que permitem prover um alerta antecipado até contra aeronaves voando a baixa altura. E ainda conta com um centro de controle e comunicações a bordo com capacidade de controle, vetoramento de aeronaves de interceptação e acionamento de Baterias Antiaéreas de média altura contra elementos hostis;

- aeronave AEW (AIRBORNE EARLY WARNING): muito parecida com a aeronave AWACS, contudo não possui a capacidade de controle desta;

- bombardeiros e aeronaves de ataque ao solo: podem cumprir missão de interdição e superioridade aérea, porém nesta faixa de emprego para que as ações sejam satisfatórias é necessário que as aeronaves possuam equipamentos de pontaria super precisos o que não se observa com frequência nas forças aéreas pelo mundo;

- aeronaves de transporte: executam missões de infiltração de tropas, principalmente de forças especiais através de salto livre;

d) baixa altura- esta faixa de 0 a 3000 metros de altura. Nela se concentra a maior quantidade de ações de ameaça aérea por ser de acesso a qualquer força armada pelo mundo.

- aeronaves de ataque ao solo: normalmente realizam penetração a baixa altura e os mais variados tipos de missões como cobertura, supressão de defesa antiaérea, ataque, reconhecimento armado e reconhecimento tático e estratégico;

- helicópteros: cada vez mais presente em todo o mundo, tanto no uso militar quanto no civil. Podem ser empregados nos mais variados tipos de missão tais como ataque ao solo, reconhecimento, transporte, missões de guerra eletrônica entre outras;

- aeronave de transporte: nesta faixa de emprego essas aeronaves, normalmente,

executam assaltos de tropa aeroterrestre e desembarque de suprimentos pelo ar;

- aeronave de guerra eletrônica: é um tipo de tecnologia cada vez mais crescente em todo o planeta; pode ser decisiva no campo de batalha. Essas aeronaves podem executar escoltas de aeronaves de ataque, ou isoladamente, mais à retaguarda ou até fora do alcance das armas antiaéreas;

- veículos aéreos não tripulados: atualmente consolidado como uma poderosa ameaça aérea, este pequeno vetor são capazes de executar as mais variadas missões. Equipados com modernos equipamentos como câmeras de TV, estes pequenos vetores são capazes de transmitir informações em tempo real a uma estação de rastreamento;

- míssil de cruzeiro: arma capaz de voar a uma velocidade e altitude constantes durante toda a sua trajetória de aproximação do seu alvo.

3.1.2 Possibilidades da ameaça aérea

O entendimento sobre as faixas de emprego nos possibilita uma sistematização para um planejamento de uma defesa antiaérea, pois em cada faixa de emprego a atuação aérea vai variar. De acordo com o manual C 44-1, Emprego da Artilharia Antiaérea, alguns fatores citados a seguir resumem de uma maneira geral essas possibilidades:

a) surpresa: dessa maneira o ataque aéreo busca extinguir o tempo de reação do oponente, para isso buscará ao máximo se furtar da detecção antecipada.

b) ataques simultâneos: a realização de ataques em diversos locais ao mesmo tempo desestrutura com maior facilidade uma defesa aeroespacial.

c) emprego de guerra eletrônica: aeronaves com esta capacidade, cada vez mais presente, são capazes de ocultar ao sistemas de detecção a aproximação de aeronaves de ataque.

d) variedade de vetores aeroespaciais: como pode ser observado nas faixas de emprego existem muitos vetores diferentes que executam as mais diversas missões aéreas possíveis.

e) uso de diversos tipos de armamento: atualmente no mundo, existem variados tipos de armamentos destinados as variadas missões aéreas: metralhadoras, canhões, foguetes, mísseis e diversos tipos de bomba as quais podem ser lançadas além das possibilidades das armas antiaéreas. Este armamento é conhecido como *Stand Off*.

f) uso de aviônicos sofisticados: atualmente existem equipamentos de navegação de última geração que permite uma aeronave voar e atacar com qualquer tempo e à noite.

g) uso de novas tecnologias: o mundo globalizado está sempre atrás de novos desafios, e isso se reflete no desenvolvimento de novas tecnologias que cada vez mais estão presentes nos vetores aéreos. São elas:

- sensores ativos: radares e LASER de alto desempenho;
- sensores passivos- RWR (RADAR WARNING RECEIVER), LWR (LASER WARNING RECEIVER);e
- tecnologia STEALTH- conhecida popularmente como aeronave “invisível”, possui uma geometria e materiais em sua constituição que reduz a reflexão de ondas eletromagnéticas tornando-a de difícil detecção por radares.

3.2 INVASORES DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

O território nacional, como citado anteriormente deve ser defendido no tocante à defesa aeroespacial, pois mesmo no cenário atual é invadido constantemente, além disso se tem a presença de vôos irregulares:

Somente neste ano, de acordo com o Comando da Aeronáutica, 228 aviões cruzaram ilegalmente a fronteira brasileira. Os radares da Aeronáutica também registraram outros 6.709 vôos irregulares dentro do território nacional -mais de 800 por mês. (BRASIL e TRAUMANN, 2000)

Estes vetores aéreos invasores são motivados, atualmente, por diversos objetivos dentre eles podemos citar como principais contrabando de drogas e espionagem como seguem citações abaixo:

O governo brasileiro guarda a sete chaves um incidente registrado na passagem de um avião-radar americano pelos céus da Amazônia, numa operação ousada que incluiu sobrevôos na reserva Raposa Serra do Sol, área de grande importância estratégica para o Brasil por ter reservas de minerais como urânio. (AMAZÔNIA,2014)

A unidade do Ministério Público Federal (MPF) em Ji-Paraná está recorrendo da decisão da Justiça Federal que condenou dois homens por tráfico de drogas. Para o MPF, são insuficientes as condenações a dois anos e onze meses de prisão para Ramon Ruiz Suarez e Gualberto Borda Mendes. O órgão argumenta que a quantidade e o tipo de droga envolvida, 176 quilos de cocaína, e a invasão do espaço aéreo brasileiro por um avião boliviano transportado pelos dois justificam mais rigor nas punições aos crimes praticados. (MPF/RO,2014)

Em sua grande maioria os invasores são aeronaves comerciais ou aeronaves de pequeno porte, porém temos casos de aeronaves militares de outros países realizando sobrevôos proibidos ou realizando atividades de espionagem no território nacional.

4 OS RADARES ANTIAÉROS E O SISTEMA DE CONTROLE E ALERTA

No capítulo a seguir será abordado um histórico do surgimento dos radares e sua participação no sistema de controle e alerta da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro.

4.1 HISTÓRIA DOS RADARES

Como subsídio de informações sobre o histórico dos radares, levando em consideração o manual EB60-N-Princípios Básicos de Radar, para um claro entendimento de seu surgimento, tomo base o documento mencionado em tela.

Entre os anos de 1885 e 1888, o físico alemão Heinrich Rudolph Hertz demonstrou pela primeira vez o fenômeno da reflexão das ondas eletromagnéticas em corpos metálicos e dielétricos (não-metálicos), que foi enunciado pelo físico britânico James Clerk Maxwell em sua “Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético”, publicada pela primeira vez em 1864. Hertz utilizou um equipamento similar em seu princípio de funcionamento a um Radar pulsado com frequências próximas a 455 MHz. Este fenômeno, comprovado experimentalmente por Hertz, ficou praticamente esquecido por aproximadamente 15 (quinze) anos, sem que ninguém encontrasse aplicações práticas para ele. O primeiro a aplicar o fenômeno de reflexão das ondas eletromagnéticas para aplicações práticas foi o engenheiro alemão Christian Hülsmeier em 1903. Em 30 de abril de 1904, Hülsmeier patenteou um sistema de navegação que usava os ecos produzidos por ondas de rádio. O aparelho, chamado de Telemobiloscópio (Fig 1.2 e Fig 1.3), era capaz de detectar um barco a distâncias entre 3 e 4 Km aproximadamente e poderia ser aproveitado como um sistema anti-colisão. No entanto, as demonstrações de Hülsmeier não conseguiram despertar o interesse das companhias marítimas e da Marinha Alemã, que preferiram não equipar seus navios com o Telemobiloscópio, especialmente pela curta distância de detecção. A invenção de Hülsmeier acabou fadada, apenas, a ficar registrada na história. Em agosto de 1917, o matemático, físico e engenheiro elétrico sérvio Nikola Tesla propôs princípios a respeito das frequências e dos níveis de potência para possibilitar o desenvolvimento das primeiras unidades de Radar - Radio Angle Detection And Ranging (Detecção do ângulo e determinação da distância por rádio). Tesla foi o primeiro a afirmar que através do uso das ondas eletromagnéticas produzidas intencionalmente em uma estação de transmissão poderíamos determinar a posição relativa, a trajetória, a distância percorrida e a velocidade de um alvo móvel. Ele

também foi o primeiro a propor a possibilidade de identificação de submarinos emersos a grandes distâncias com a utilização de equipamentos rádio e indicadores de tela fluorescente.

Em 1920, o físico americano Albert Wallace Hull inventou a Válvula Magnetron que, depois de aperfeiçoada, veio a possibilitar a geração de energia eletromagnética nos níveis de potência propostos por Tesla.

Em 1922, o físico italiano Guglielmo Marconi, inventor do rádio, anunciou ter observado a reflexão de ondas de rádio em objetos localizados a muitas milhas de distância. Isto despertou um grande interesse pelo assunto e chamou a atenção de vários engenheiros e cientistas para a possibilidade de desenvolver dispositivos de detecção de objetos a grandes distâncias utilizando ondas eletromagnéticas. Neste mesmo ano, os engenheiros elétricos americanos Albert Hoyt Taylor e Leo Clifford Young do Laboratório de Pesquisa Naval Americano (U. S. NRL – United States Naval Research Laboratory), produziram o primeiro Radar de ondas contínuas (Continuous Wave – CW), com o qual conseguiram localizar um navio de madeira que navegava no rio Potomac. Este feito lhes rendeu o título de inventores do Radar. Em 1925, o físico russo naturalizado americano Gregory Breit e o físico americano Merle Antony Tuve desenvolveram um equipamento rádio que emitia um sinal pulsado da superfície terrestre em direção ao espaço e que, após algum tempo, recebia um sinal de retorno (eco). Esse aparelho comprovou, assim, a existência da ionosfera. Ele tinha como base o mesmo princípio de funcionamento do Radar e foi batizado de Ionossonda. Motivados pelo interesse de Marconi, o físico alemão Hans Eric Hollmann e seu amigo Manfred von Ardenne, num laboratório em Lichterfelde – Berlin, concentraram seus esforços em aperfeiçoar as Válvulas Magnetron criadas por A. W. Hull em 1920 (Fig 4.3-a) e os Tubos de Raios Catódicos (CRT - Cathode Ray Tube, sistema que seria muito utilizado em televisores para apresentar imagens) criados por Karl Ferdinand Braun em 181. Entre os anos de 1927 e 1942, aproximadamente, eles desenvolveram vários modelos de Magnetrons e CRT com o objetivo de que fossem utilizados como componentes para a produção de radares modernos.

Em 1929, o físico britânico Robert Alexander Watson Watt visitou o laboratório de Hollmann e von Ardenne, de onde comprou várias centenas de Magnetrons e CRT.

Em 1930, o engenheiro elétrico canadense naturalizado americano Lawrence A. “Pat” Hyland, também do U. S. NRL, desenvolveu o primeiro Radar para detecção de alvos aéreos, juntamente com L.C. Young. Em 1934 e 1935, foi a vez dos engenheiros elétricos franceses Pierre David, Henri Gutton e Maurice Ponte. No primeiro ano, David iniciou seus estudos para desenvolver o primeiro Radar de altas frequências e, no ano seguinte, Gutton e Ponte

desenvolveram um Radar para detecção de obstáculos que foi instalado no navio Normandie e que funcionou com grande precisão.

Com o risco do surgimento da Segunda Guerra Mundial e com a possibilidade de utilização dos aviões como fator decisivo para o combate, o Governo Britânico encomendou um estudo para Watson Watt sobre a possibilidade de se utilizar ondas eletromagnéticas para destruir aeronaves (Raio da Morte). Em 1935, Watt concluiu que não era possível construir o Raio da Morte, mas que seria possível desenvolver dispositivos de detecção eletromagnética na faixa de VHF. Como consequência do estudo encomendado, a Inglaterra aumentou consideravelmente os seus investimentos e esforços para construir radares e, ainda no mesmo ano, Watt conseguiu construir o primeiro Radar moderno britânico. Em 1937, já existia o primeiro sistema de alerta antecipado britânico, conhecido como “Chain Home” (Cadeia Pátria), composto de uma rede de 20 (vinte) radares desdobrados ao longo da costa leste e sudeste da Inglaterra. Os radares da Chain Home eram biestáticos (uma antena para transmissão e outra para recepção e trabalhavam na faixa de frequência de 20 a 30 MHz com 350 kW de potência. Suas antenas eram “cortinas” de dipolos e ficavam no alto de grandes torres.

Apesar do pioneirismo inglês, a primeira detecção de aeronaves registrada na Segunda Guerra Mundial foi realizada pela Força Aérea Alemã, em dezembro de 1939, quando um Radar Freya fabricado pela empresa alemã GEMA (Gesellschaft für elektroakustische und mechanische Apparate) e instalado na Ilha de Wangerooge na costa da Frísia (Holanda) permitiu a interceptação de uma formação de bombardeiros ingleses que voava em uma missão de instrução a uma distância de 113 Km, com o auxílio de um Radar da Marinha Alemã que estava na Ilha de Helgoland. Os Radares Freya também eram radares biestáticos e trabalhavam na frequência de 125 MHz com 10 kW de potência(EB60-N-Princípios Básicos de Radar).



Figura 4- Primeiro radar construído

Fonte: www.sarmento.eng.br/Telecomunicacoes.html

4.2 FUNCIONAMENTO DO RADAR

O funcionamento radar é baseado em um dispositivo eletrônico que utiliza ondas eletromagnéticas para detecção e locação de objetos, permitindo o reconhecimento de algumas de suas características como distância velocidade e sítio.

Um transmissor produz um pulso eletromagnético de alta potência e alta frequência de intervalo constante que é emitido por uma antena. Ao encontrar um objeto em seu caminho, o eco deste sinal retorna através do efeito da reflexão até a antena, que o capta e direciona ao receptor. Este amplifica o sinal e o decodifica, obtendo os elementos necessários para sua localização que são mostrados através de uma tela.

ESTAÇÃO DE RADAR

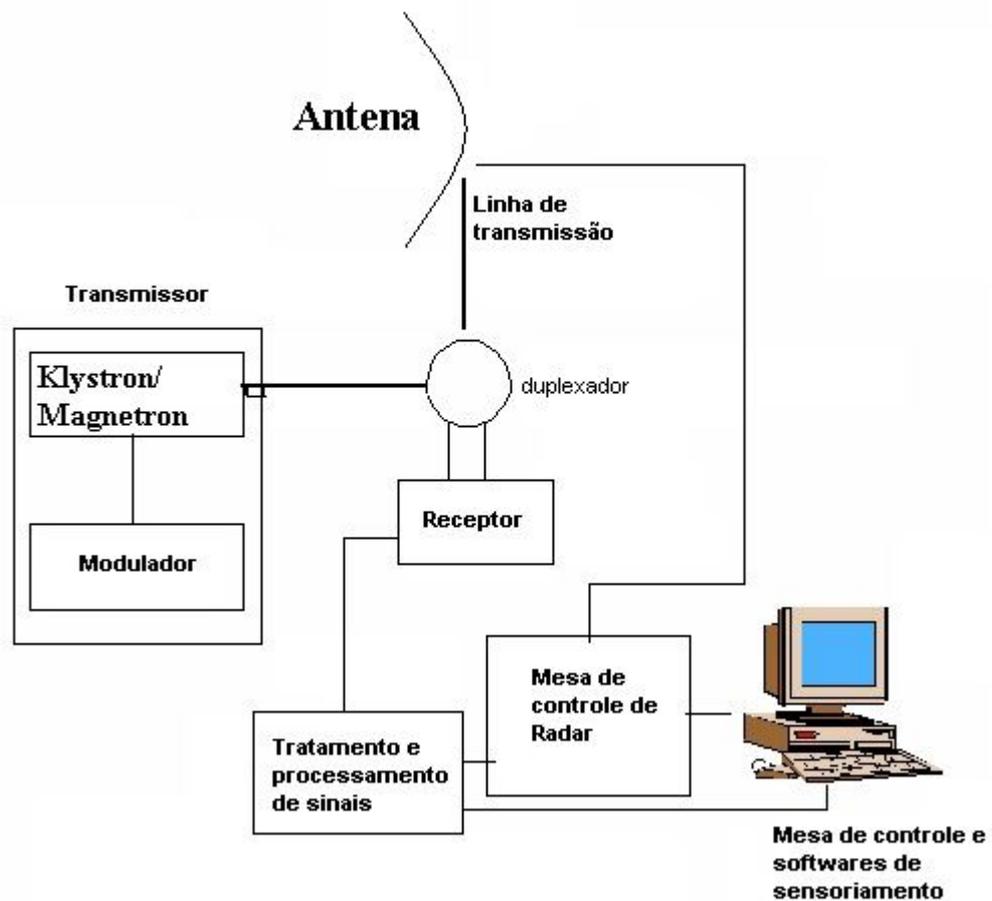


Figura 5 – Componentes de uma Estação Radar

Fonte: <http://radar.py5aal.googlepages.com/home>. Acesso em: 03 Jun 09

4.3 TIPOS DE RADARES ANTIAÉREOS

Para a DAAe funcionar com eficiência, há a necessidade de se fazer uma busca do espaço aéreo com o maior alcance possível para que o processamento dos dados e o acionamento dos meios sejam realizados em tempo hábil e que a ameaça aérea seja abatida. Porém a distância é inversamente proporcional a precisão das informações que eles fornecem, tudo isso devido a influência e de diversos fatores como o tipo de antena, de pulso e da varredura do radar em questão. Além disso, havia a necessidade de se obter dados precisos para que estas informações fossem transmitidas ao Sistema de Armas e o emprego do armamento fosse eficaz.

De acordo com essas necessidades, vários tipos de radares foram criados, cada um com uma característica diferente, buscando-se sempre a sua aplicação eficiente para a Artilharia Antiaérea.

Levando em consideração os radares antiaéreos, estes se caracterizam por fazer a varredura do espaço aéreo a fim de detectar a presença de vetores aeroespaciais, podendo ser divididos em três tipos: Radar de Vigilância, Radar de Busca e Radar de Tiro.

4.3.1 Radar de Vigilância

Tem por finalidade detectar qualquer incursão que ingresse no volume de espaço de uma defesa, sob a responsabilidade de um centro de controle, de modo que este possa fornecer o alerta com a devida antecedência. Fornece dados com relativa precisão.(C 44-1)

4.3.2 Radar de Busca

É um radar integrado a um sistema de armas, a fim de detectar qualquer incursão que ingresse no volume de espaço de uma defesa, propiciando o seu engajamento em tempo útil. Fornece dados mais precisos do que os radares de vigilância. (C 44-1)

4.3.3 Radar de Tiro ou Radar de Acompanhamento

Acompanha um determinado vetor hostil com a finalidade de fornecer elementos precisos para o ataque ao referido vetor. fornece dados com muita precisão. (C 44-1)

4.4 A COBERTURA RADAR NA ARTILHARIA ANTIAÉREA

Devido às características peculiares de engajamento de vetores aéreos, esta detecção deve ser o mais distante possível, mesmo se abrindo mão da precisão, para se aliar uma varredura de grande alcance a um fornecimento de dados precisos que alimentem o Sistema de armas faz-se a utilização dos três tipos de radares cada um com alcances mais limitados, porém mais precisos.

Explicando de maneira simples essa utilização conjunta funciona da seguinte forma: o radar de vigilância, por sua grande abrangência de detecção, é o responsável pela detecção das

incursões e envio das primeiras informações, pouco precisas para o Centro de Operações Antiaéreas. Em seguida o COAAe designa uma Unidade de Tiro para fazer frente àquela ameaça. O radar de busca da referida U Tir é acionado e, utilizando os dados recebidos do radar de vigilância, realiza a busca com um raio menor de detecção. Após detectar o alvo, repassa elementos mais precisos para o radar de tiro, que irá acompanhar o alvo repassando à U Tir as coordenadas bem precisas do alvo, para que se desencadeie o disparo.(OLIVEIRA 2008)

4.5 ESTRUTURA DO SISTEMA DE CONTROLE E ALERTA

A finalidade do Sistema de Controle e Alerta é de realizar a vigilância do espaço aéreo sob a responsabilidade de determinado escalão de AAAe, receber e difundir o alerta da aproximação de incursões, bem como acionar, controlar e coordenar a AAAe subordinada, é constituído por três elementos: Os Centros de Operações Antiaéreas (COAAe), os Sensores de Vigilância e pelos Postos de Vigilância (BRASIL, 2001).

4.5.1 O COAAe

Verifica-se que o COAAe é o centro de controle da AAAe e tem por finalidade propiciar ao Cmt de cada escalão que o estabelece condições de acompanhar continuamente a evolução da situação aérea e de controlar e coordenar as DA Ae desdobradas (BRASIL, 2001).

Todos os escalões envolvidos de AAAe deverão instalar um COAAe, que dependendo da função e necessidades da defesa, terá uma quantidade variável de equipamentos e do efetivo da guarnição.

As ligações necessárias ao cumprimento da missão da AAAe que devem informar a Força Aérea, a força apoiada e entre os diversos escalões da AAAe, são feitas pelo COAAe.

4.5.2 Os postos de vigilância

Os Postos de Vigilância tem por finalidade vigiar áreas que não são detectadas pelos sensores eletrônicos, devido a algumas restrições destes. Normalmente são posicionados com a finalidade de complementar a detecção dos R Vig nas áreas em que ela se apresenta

deficiente ou de controlar acidentes capitais e/ou pontos de decisão e interesse de extrema importância para o sucesso das operações AAAe (BRASIL, 2003).

Estes são desdobrados com o objetivo de: priorizar a economia de meios e o emprego racional de pessoal e material. Os P Vig se ligam ao COAAe, e ficam responsável por alertar qualquer aproximação inimiga sobre o seu setor de observação.(OLIVEIRA,2008)

5 O RADAR SABER M60

O ponto inicial do projeto para criação do Radar SABER M60 foi a falta de um sensor de baixa altura capaz de integrar o sistema de mísseis adotado pelo Brasil, mesmo podendo adquirir, um sensor com características semelhantes de empresas estrangeiras, houve um incentivo a indústria nacional, como se pode ver a seguir:

Em virtude da ausência de um radar de busca, sobretudo de sensores portáteis capazes de prover a mobilidade necessária a acompanhar mísseis antiaéreos de ombro, a 1ª Bda AAAe [1ª Brigada de Artilharia Antiaérea] elaborou e encaminhou à 4ª Subchefia do EME, no início de 2004, uma proposta de ROB para um sistema de tal monta. (PINTO, 2011, p. 24)

Esse projeto continuou a se desenvolver: “Em julho de 2005, o EME publicou os ROB 01/05, Sensor Radar de Defesa Antiaérea de Baixa Altura, marco inicial para a definição do produto a ser desenvolvido” (WURTS, 2007, apud PINTO, 2011, p. 24).



Fig. 6 – Radar SABER M 60

Fonte: Brasil (2011, p. 7)

Com os dados técnicos pré-estabelecidos, foi iniciado seu desenvolvimento, como nos apresenta Diego Emilião Pinto:

De 2008 até o início de 2010 foi desencadeado o processo de desenvolvimento do Radar SABER M60 (Sensor de Acompanhamento de alvos aéreos Baseado na Emissão de Radiofrequência), tendo como executores o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) em parceria com a empresa civil Orbisat da Amazônia.(2011,p. 24)

Em dezembro de 2010 foi aprovado pela Portaria nº 118 – EME e publicado no Boletim do Exército nº 34 os Requisitos Operacionais Básicos (ROB) – Sensor Radar de Defesa Antiaérea de Baixa Altura nº 04/10, o que apresenta os requisitos operacionais.

5.1 APRESENTAÇÃO DO RADAR SABER M60

Inicialmente, cabe ressaltar que concepção do Rdr SABER M60 é anterior a criação do SISFRON. Logo, os requisitos operacionais concebidos para o projeto não foram feitos para atender as necessidades do SISFRON, o que carece de uma análise para averiguar se o Rdr SABER M60 é apto para utilização nesse PEE do Exército Brasileiro. Dessa forma, a melhor forma de analisar a adequabilidade desse sensor é analisando quais foram os parâmetros para o seu desenvolvimento, ou seja, os requisitos operacionais básicos (ROB), e verificar se são consonantes as necessidades do SISFRON, além de verificar os dados técnicos do material.

O radar foi concebido para atender a critérios estabelecidos nos ROB nº 04/10, que em síntese podemos apresentá-los assim:

a. Absolutos

- 01)** Ser capaz de detectar e de apresentar as medidas de alcance, azimute e altura relativas a vetores aéreos de baixa altura, entre o limite inferior de altura de 40 m (quarenta metros) e o teto de, pelo menos, 5.000 m (cinco mil metros), permitindo o alerta antecipado em tempo hábil com alcance médio de 20 Km (vinte quilômetros) aeronaves de asa fixa de porte médio.
- 02)** Ser capaz de detectar [...] com alcance médio de 40 Km (quarenta quilômetros), aeronaves de asa fixa de grande porte.
- 03)** Ser capaz de [...] com alcance médio de 15 Km (quinze quilômetros) aeronaves de asa rotativa de pequeno porte. (BRASIL, 2010a, p.1)

Essas características exigidas nos ROB nº 04/10 podem-se dizer atendidas uma vez que no próprio Guia do Usuário – Radar SABER M60 apresenta um alcance de 60 (sessenta) Km para um alvo de 20 (vinte) m², ou seja, um alvo de grande porte é possível ser detectado a uma distância maior que o exigido (40 Km). Conforme a Memória Justificativa dos ROB nº 04/10 – Sensor Radar de Defesa Antiaérea de Baixa Altura, esses requisitos são justificados pois:

Proporciona ao radar capacidade de detecção compatível com as possibilidades de engajamento dos sistemas de armas em uso no Exército Brasileiro, permitindo o aproveitamento máximo do teto de emprego dos

mísseis e canhões atuais, e evolução posterior. Um radar tri-dimensional[*sic*] possibilita avaliar a altura da ameaça, permitindo designar apenas os alvos que estejam dentro do envelope de emprego do sistema de armas. Além deste fato, o uso provável do sistema como *gap-filler* (“cobridor [*sic*] de brechas”) dos radares da Força Aérea Brasileira indica a necessidade de transmissão dos dados dos alvos em três dimensões, facilitando a localização dos incursores [*sic*] aéreos para interceptação / caça. (2010b, p. 1)

Pode-se notar que essas características proporcionam uma boa visão do espaço aéreo permitindo, se necessário, a sua coordenação, por fornecer dados tridimensionais. Uma interessante visão apresentada é possibilidade do emprego do radar como “gap-filler” ou “cobridor de brechas”, ou seja, o emprego do radar em zonas de sombra dos radares de vigilância dos elementos de artilharia antiaérea ou da Força Aérea Brasileira.

Ainda, conforme os ROB nº 04/10, o radar deve:

05) Ser capaz de acompanhar, simultaneamente, pelo menos 40 (quarenta) vetores aéreos, mantendo as informações sobre os alvos atualizadas e apresentando-as na tela do operador.

06) Possuir indicadores visuais capazes de apresentarem as informações de maneira sintética, precisa e simplificada, além de eliminar a apresentação de reflexões provenientes de obstáculos fixos, possibilitando ao operador distinguir aeronaves de asas fixas das de asas rotativas, sem a presença de reflexões de obstáculos fixos (*clutters*). (BRASIL, 2010b, p. 1)

Estes requisitos têm como finalidade gerenciar um número suficiente de vetores aéreos que estejam dentro da área de cobertura do radar, além de facilitar a leitura de informações pela eliminação de alvos fixos da tela e a distinção de aeronaves de asa fixa e rotativa. Conforme o Guia do Usuário do Radar SABER M60 essas exigências foram satisfeita.

Visando se contrapor a Guerra Eletrônica, as seguintes medidas de proteção eletrônica(MPE) foram implantadas neste Radar, priorizando a possibilidade de evitar setores de fortes ecos, ou interferência, foram requisitados:

07) Permitir selecionar frequências do espectro de transmissão com ajuste automático e sintonia instantânea.

08) Permitir que o operador bloqueie setores de emissão (*blanking sectors*), no mínimo em duas faixas angulares azimutais, compreendendo valores de 5° (ou menores) e de 120° (ou maiores).

09) Apresentar características que dificultem as ações de Medidas Eletrônicas de Apoio (MEA) e Contramedidas Eletrônicas (CME), por parte

do inimigo, especialmente contra mísseis antirradiação. (BRASIL, 2010b, p. 1-2)

Abrangendo ainda a proteção contra a Guerra Eletrônica, foi estabelecido como requisito ao radar “**17)** Possuir capacidade para trabalhar em ambiente eletromagnético hostil, apresentando baixa probabilidade de detecção por equipamentos de Medidas Eletrônicas de Apoio (MEA) do inimigo.” (BRASIL, 2010b, p. 2). Tal requisito visa reduzir a possibilidade de detecção dos sensores pelo inimigo, e dessa forma resguardar o radar de interferência e ataque de mísseis antirradiação, e mesmo, dificultar aos vetores aéreos inimigos na fase da supressão de defesa antiaérea.

Continuando na análise do Radar SABER M60, podemos notar a preocupação quanto à precisão do radar no trecho abaixo:

10) Apresentar os seguintes valores máximos na precisão de medidas (acuidade radar):

a) de alcance, 50 m (cinquenta metros);

b) de altura, 1° (um grau), e;

c) de azimute, 2° (dois graus).

11) Possuir abertura de feixe horizontal e do feixe vertical capazes de conferir um formato de feixe típico de um radar de busca ou vigilância.

12) Possuir o valor máximo de 100 m (cem metros) para o “poder separador em alcance” (resolução em alcance). (BRASIL, 2010b, p. 2)

A precisão do radar e o poder separador em alcance e direção requisitados ao radar permitem que o radar detecte com a precisão adequada as ameaças aéreas e permite ao operador designar com maior precisão e segurança o engajamento de ameaças aéreas pelas unidades de tiro (U Tir).

Outra característica importante exigida é a possibilidade de integração ao Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro, uma vez que a defesa aeroespacial possui uma configuração já estabelecida, e exige integração plena de todos os sistemas e subsistemas. Para isso, foi exigido ao projeto:

13) Permitir a transmissão de dados da ameaça, em tempo real, para centros de controle, via rádio ou cabo, utilizando-se de protocolo de conhecimento público com acesso completo e livre ao adquirente.

14) Possuir, como equipamento de série, todas as interfaces que permitam ao sensor radar interligar dados, via rádio, com outros centros. (BRASIL, 2010b, p. 2)

Esses requisitos permitem que o sistema não fique vinculado ao sistema de armas e dessa forma pode fornecer os dados por ele captados outros sistemas através de sua interface. Isso permite ao Brasil ter a liberdade de escolha de qual tipo de armamento antiaéreo adquirir. Ainda, integrando os sensores desde o SISDABRA até as Unidades de Tiro (U Ti r) com precisão e eficácia.

Dentro dessa idéia de rapidez e eficiência, foi requisitado ao projeto: “**15)** Possibilitar a inserção da posição nas telas dos operadores do controle do sensor radar em coordenadas UTM.” (BRASIL, 2010b, p. 2) Tal exigência, permite ao operador visualizar e coordenar as unidades de tiro, pontos sensíveis, os postos de vigilância, e as medidas de coordenação e controle, agindo, se necessário, como um centro de operações antiaéreo.

Conforme, as observações de Pinto (2011):

Uma característica vantajosa do Radar SABER M60 é a possibilidade do acúmulo das funções de controle do equipamento e COAAe Subordinado na mesma Unidade de Visualização (UV). Esta funcionalidade permite ao Oficial de Controle (Of Ct), na ausência de *links* de rádio para estabelecimento de um COAAe remoto, exercer a função de controle e alerta no local onde o equipamento está instalado. (2011, p.24)

Interligado a isso está o requisito “**18)** Possuir capacidade de ser integrado a dispositivos para a identificação de aeronaves amigas (*Identification Friend-Foe - IFF*), compatível com os modos 1, 2 e 3/A e C.” (BRASIL, 2010b, p. 2). Isso permite a melhor coordenação do espaço aéreo, tanto no controle de aeronaves civis e militares, e uma capacidade de seleção das ameaças aéreas, além de agir como medida de segurança evitando fratricídio de aeronaves amigas.

No quesitos mobilidade e flexibilidade do radar, foi requerido ao projeto que o este possuísse baixo peso e alta mobilidade se comparado a outros sistemas, e para isso foi solicitado:

19) Possuir, o radar e suas interfaces, capacidade de serem transportados de uma só vez, acondicionados em embalagens, em pelo menos um tipo de aeronave de asas rotativas ou fixas, em viaturas, e em embarcações, usadas pelas Forças Armadas Brasileiras.

20) Funcionar em qualquer período do dia, e ser mantido em condições climáticas adversas do território brasileiro. (BRASIL, 2010b, p. 2).

Ainda, foi solicitado que o radar pudesse:

24) Ser montado, instalado e operado por uma guarnição constituída de, no

máximo, 3 (três) militares.

25) Possibilitar ser montado e instalado em, no máximo, quinze minutos, para início de operação.

26) Possibilitar ser desmontado para transporte em, no máximo, dez minutos.

34) Ser modular. (BRASIL, 2010b, p. 2)

Ao se compilar todas essas características, pode-se afirmar que o Radar SABER M60 foi concebido para ser facilmente transportado, ter um emprego simples, atender as necessidades da DAAe e ser resistente a ações de Guerra Eletrônica. Como observamos nas palavras de Pinto:

Estas características o tornam um sensor versátil, sendo indicado para o emprego em operações de defesa externa, bem como em operações de garantia da lei e da ordem e em operações de paz. (2011, p. 24)

Nos aspectos inerentes a manutenção e suprimento, Pinto esclarece-nos que:

“[...], os componentes mecânicos e eletrônicos do radar são encontrados com facilidade no mercado internacional e não são de uso exclusivo para equipamentos de defesa, portanto, reduz-se o risco de embargo tecnológico por parte de países exportadores destes insumos.” (2011, p. 24)

Outra versatilidade deste radar é a capacidade de atualizações do sistema operacional, sem que haja mudanças em sua parte externa, como Pinto nos apresenta:

Por fim, tratando-se de um radar com tecnologia de *hardware* definido por *software*, ou seja, tem os parâmetros definidos através do programa embarcado, [...]. Executando uma leve customização no *software*, o Rdr [radar] pode ser adaptado para atender às demandas de vigilância[...]

5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS DO RADAR SABER M60

As características abaixo mostra-nos que o teto de emprego do radar é de 5000 m conforme o estipulado nos ROB 05/10, bem como o alcance para alvos de grande porte, que chega a 60 Km. O fato do teto de operação do radar ser de 5000m possibilita a detecção de vetores aéreos acima do envelope de emprego do sistema de armas, e permite acompanhá-lo alertando ao sistema de armas quando o vetor aéreo entra no envelope de emprego.

Características Técnicas do Radar SABER M60	
Guarnição	3 militares
Peso Total Bruto (embalagens + radar)	563,30 Kg
Peso Total Líquido (radar)	318,05 Kg
Alimentação Comercial / Gerador Externo	110 / 220 V - CA, 50 a 60 Hz
Alimentação da Caixa de Bateria	28 V - CC
Alcance Útil	60 Km (Alvo de 12 m ² de RCS)
Alcance mínimo	1750m
Direção	6400''''
Teto Máximo Aproximado	5000 m
Transmissor	Estado Sólido
Frequência de repetição de impulso (FRI)	Variável, em conjuntos de 04 valores com algoritmo pseudo-aleatório
Poder separador em alcance	75 m
Acuidade (azimute)	2°
Acuidade (elevação)	1°
Número de alvos simultâneos	40 alvos
Classificação de Aeronaves	Asa Fixa e Asa Rotativa
Identificação de Aeronaves	Asa Rotativa
IFF (Radar Secundário)	Modos 1,2, 3A e C

Tabela 1 – Quadro resumo das principais características técnicas do Radar SABER M60

Fonte: Adaptado de Brasil (2011), *apud* BARBOSA, 2012.

A construção do radar se deu baseada nos Requisitos Operacionais Básicos, atendendo-os em sua totalidade e em algumas situações superando as necessidades pré-estabelecidas, como expõe Barbosa:

Uma preocupação evidenciada nos ROB é quanto às medidas de proteção eletrônica e contramedidas de eletrônica que visam proporcionar ao radar condições de adentrar ao combate no campo eletromagnético, a Guerra Eletrônica, com eficiência e ferramentas que o permitam atingir o sucesso nas operações. Para isso, o radar foi arquitetado a apresentar características de “Baixa probabilidade de interceptação” (LPI – *Low Probability of Interception*) resultante de uma baixa potência média de transmissão e de avançados meios de proteção eletrônica;” (Brasil, 2011, p.8) e que o torna um radar de difícil detecção e identificação, diminuindo, assim, a capacidade do inimigo interferir ou mesmo lançar missões de supressão de defesa antiaérea, ou

mesmo, o uso de mísseis antirradar.(2012,p.48)

Nos requisitos atinentes a identificação de aeronaves amigas e inimigas, o SABER M60 atingiu todas as capacidades para sua eficácia, como verifica-se nas palavras de Barbosa:

O sistema de IFF (*Identification Friend or Foe* - Identificação Amigo-Inimigo) nos modos 1, 2, 3A, torna o radar capaz de interrogar aeronaves civis e militares quanto ao seu código *transponder*, possibilitando a identificação de aeronaves, e viabiliza a capacidade de utilizar o radar como um meio para coordenar o espaço aéreo de sua responsabilidade.

No que tange identificação de vetores aéreos, ainda, podemos citar a capacidade do radar de diferenciar os vetores de asa fixa e asas rotativas através da análise do pulso refletido, e facilita no engajamento dos vetores, uma vez que cada tipo de aeronave apresenta formas de ataque e perfis de voo características. Une-se à análise das capacidades de identificação, bem como às possibilidades de controle do espaço aéreo sob sua responsabilidade, a capacidade do radar acompanhar até 40 alvos em uma tela de vídeo sintético, e permite inserir medidas de coordenação entre outros elementos de interesses da artilharia antiaérea.(2012,p.48)

A precisão desse sensor de busca é um ponto de importante relevância na aquisição de vetores aéreos, como é abordado abaixo por Barbosa:

A acuidade apresentada em elevação é de 1° e em direção é de 2°, que proporciona uma boa precisão nos dados, e um poder separador em direção de 2 Km e em elevação de 1 Km no seu alcance máximo, diminuindo estes valores quanto menor a distância entre o radar e o vetor aéreo, ou seja, a 30 Km do radar, os valores serão a metade do apresentado, 1 Km em direção e 500m em elevação. Por outro lado, o poder separador em alcance é de 75m, permitindo diferenciar vetores aéreos que estejam a mais de 75 metros de distância um do outro no sentido radial do radar. Estas características do radar permitem que o alerta enviado ao sistema de armas seja suficientemente preciso para que os atiradores consigam voltar-se para direção do alvo, localizá-lo visualmente, e apreendê-lo no momento adequado quando eles entrarem no envelope de emprego do armamento.(2102,p.49)

5.3 A PARTE EXTRENA

O Guia do Usuário do Radar Saber M60 (Brasil, 2011, p. 11) expõe que “O Rdr SABER M60 possui uma concepção modular, visando facilitar sua operação, manutenção e transportabilidade.” Dessa forma, o radar é dividido nos seguintes módulos (Brasil, 2011): quadripé, módulo de distribuição de energia, pedestal, antena, módulo de controle e radiofrequência, S60 (IFF), unidade de visualização do radar, unidade de visualização da

unidade de tiro (U Tir), e luneta. Cabe ressaltar a existência do gerador, mesmo que o Guia de Usuário do Radar tenha exposto que 3 homens são suficientes para seu transporte e montagem isso seria extremamente extenuante, devido ao seu peso e ao grande volume de suas caixas, Pinto (2011, p.27) alerta-nos:

A antena do Rdr primário, com 3,20 m de largura e elevado peso, oferece dificuldades para os 3 homens da guarnição transportá-la até a posição. Além disso, deve-se ter cuidado para que choques não causem mossa nos irradiadores, o que comprometeria a transmissão e recepção da radiofrequência.

Ainda, dentro da seara da mobilidade, Pinto (2011, p. 27-28) cita que:

O gerador externo e a bobina, assim como a antena do Rdr primário, são componentes pesados. Dependendo do ponto de desembarque da viatura até o local da instalação do Rdr, há excessivo desgaste da guarnição e aumento do tempo de entrada de posição.

Atinentes as informações de transporte, deve-se mencionar que “São 5 (cinco) caixas, pesando aproximadamente 400 Kg no total, sendo a maior delas a caixa que transporta a antena do radar primário, com 3,40 m de comprimento” Pinto (2011, p.28). (vide anexo A). Essas caixas oferecem acondicionamento e proteção adequada aos módulos para o transporte durante as operações.

De acordo com o Guia do Usuário (BRASIL, 2011), o radar possui uma: “Elevada mobilidade e transportabilidade, podendo ser montado ou desmontado em menos de 15 minutos por uma guarnição de três homens e transportado em qualquer viatura de capacidade superior a 1 Ton ou por helicópteros; [...]”.

A Unidade de Visualização do Radar (UV Rdr) as Unidades de Visualização das Unidades de Tiro e Postos de Vigilância (UV U Tir/P Vig) compõe a rede de transmissão e visualização de dados referentes aos vetores aéreos. “A Unidade de Visualização do Radar tem por finalidade apresentar visualmente, em tempo real, as informações contidas no eco e no sinal de resposta do IFF, para a interpretação, ação do operador e emissão de ordens e comandos.” (BRASIL, 2011, p.21) A UV Rdr trata-se de um “[...] Computador Portátil, robustecido, estruturado em uma maleta plástica [...]” (BRASIL, 2011, p.21) A UV U Tir/P Vig constitui-se “um computador de mão, conectado por rádio ao COAAe, destinado a permitir a recepção/transmissão de informações em tempo real.” (BRASIL, 2011, p. 23) que serão abordados a frente.

5.4 O SOFTWARE

Foram desenvolvidos dois softwares para UV Rdr /UV U Tir/P Vig, como nos mostra Brasil.(2011, p.29): “O código fonte do Aplicativo Operacional é de propriedade exclusiva do Exército Brasileiro, com base em plataforma livre ao usuário (Linux), sem necessidade de pagamento de direitos autorais a quaisquer empresas”.

Essas medidas proporcionam reduzir o custo, uma vez que, se utiliza um sistema operacional gratuito, e por ser livre (*opensource*) é possível ao Exército Brasileiro alterar o programa de acordo com sua necessidade, seja ela para adequação ao *hardware*, seja para adequação as necessidades operativas.

Mudanças do Aplicativo Operacional do Rdr SABER M60 podem ser feitas sempre que novas funcionalidades foram julgadas necessárias, pois os dados de controle e alcance são “parametrizados”, ou seja, de fácil modificação, possibilitando sua adaptação a novos parâmetros de troca de dados com centros de controle e sistemas de armas de quaisquer tipos. (BRASIL, 2011, p.39)

Visando permitir uma integração fácil do sistema, o radar foi concebido para empregar protocolos de comunicação encontrados no mercado civil e de uso civil, podendo ser integrados a equipamentos militares através de portas especiais. Exemplificando isso, foi realizado:

[...] a adoção de protocolos de dados de comunicações comerciais (RS 232, RS 422, USB e *Ethernet*). Tal decisão tem a finalidade de facilitar a integração dos dados do Rdr com outros sistemas, como por exemplo, o controle de tráfego aéreo realizado pelos centros de controle da Força Aérea, destacando-se o ASTERIX (*All Purpose Eurocontrol Radar Information Exchange*) (WURTS, 2007, *apud* PINTO, 2011, p. 29).

Dentre as possibilidades do aplicativo operacional, podemos destacar, nas palavras de Pinto (2011, p. 29):

O Aplicativo Operacional foi desenvolvido voltado para a atividade de DA Ae à baixa altura. Nele pode-se inserir cartas dos locais de operação e representações gráficas de medidas de coordenação, tais como: volume de responsabilidade de defesa antiaérea (VRDAAe), estado de alerta, corredores de segurança, entre outros, segundo o estabelecido na doutrina, podendo ser atualizado ou modificado, de acordo com a necessidade (BRASIL, 2007, *apud* PINTO, 2011, p. 29).

Complementando as informações apresentadas, o Guia do Usuário (BRASIL, 2011b) nos revela que podemos inserir na representação gráfica do espaço aéreo pontos sensíveis, os locais das unidades de tiro, e dos postos de vigilância e inserir setores de bloqueio. Este

último visa atender as solicitações de possuir medidas de guerra eletrônica, bem como os abaixo apresentados:

- **MPE** (Medidas de Proteção Eletrônica) Possibilita o controle das frequências do Rdr primário e da FRI [...]
- **CME** (Contramedidas Eletrônicas) Indicativo de contramedidas eletrônicas. Caso o sistema esteja sendo alvo de bloqueio ou despistamento, o sinal correspondente pisca em vermelho. Se não há sinal captado que não seja do próprio radar, permanece na cor verde.
- **STC** (Controle de Sensibilidade com o Tempo) A técnica de controle do STC consiste em variar o ganho com o tempo, reduzindo-o a curtas distâncias para prevenir a sobrecarga oriunda de alvos próximos. [...]
- **Cancel CHAF** Permite o cancelamento de CHAFF (tiras metálicas de alumínio de espessura diminuta destinadas a refletir a RF emitida para causar dificuldade ao operador do emissor).
- **Vel Ant** Controle de rotação da Vel da antena, que pode ser de 15 ou 7,5 RPM.

(BRASIL, 2011, p. 64)

Dentre as limitações que podemos encontrar, podemos citar a inexistência de atualização de dados em tempo real referente às unidades de tiro e postos de vigilância, como a atualização da posição no terreno em tempo real. Isso reduz a eficiência do sistema em situações de movimento ou em operações dinâmicas. Também, podemos citar que há limitações na quantidade unidades de tiro restringindo a integração de defesas antiaéreas, bem como o Guia do Usuário (BRASIL, 2011) não apresenta a possibilidade de ligações ou troca de informações entre outros radares, entre Centros de Operações Antiaéreo Subordinados (COAAe S) nem entre Centro de Operações Antiaéreo Principal (COAAe P) ou outros órgãos de controle e alerta. No entanto, as características apresentadas de hardware e software permite-nos concluir que existe a viabilidade dessas possibilidades desde que haja pequenas adaptações no aplicativo operacional através uma atualização do programa.

A figura abaixo dará uma visão geral do sistema utilizando com o equipamento rádio disponível na época, atualmente é utilizado o rádio Harrys FALCON III.

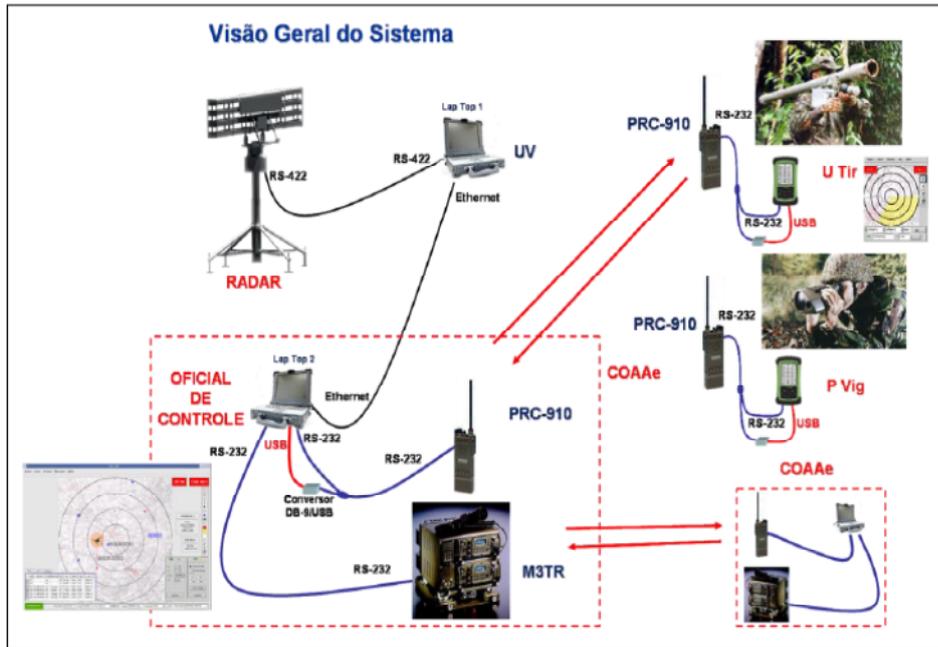


Fig. 7 – Visão geral do sistema radar SABER M60

Fonte: BRASIL, 2007, *apud* PINTO, 2011.

Para realizar a ligação, a UV Rdr, UV U Tir/ P Vig, e o próprio radar usam os protocolos de comunicação simples que foram facilmente adaptados ao equipamento rádio atual, e para isso utilizam rádios que possuam a capacidade de transmissão de dados através desses protocolos. O objetivo é possibilitar a UV U Tir:

[...] receber e transmitir, em tempo real, as informações necessárias à execução dos trabalhos da Unidade de Tiro, visando diminuir o tempo de reação da defesa antiaérea, tornando-a mais eficiente, e permitindo ao sistema de armas destruir e/ou neutralizar a ameaça aérea, de modo a evitar que o vetor de ataque atinja o alvo defendido. (BRASIL, 2011, p.85)

6 CONCLUSÃO

O Sistema de Monitoramento de fronteiras como foi descrito neste trabalho é uma ferramenta, que quando implementada, será uma das principais formas de proteção das riquezas de nosso país, principalmente na Amazônia no que tange a recursos naturais e a sua posição político estratégica, que desperta a cobiça internacional.

Além disso, sua estrutura tem também, como objetivo combater crime transfronteiriços, que no caso do Brasil tem como principal rota as fronteiras terrestres. Estes crimes, como já foi citado, são em sua maioria o tráfico de drogas e o contrabando.

Após análise dos dados levantados, chegou-se a conclusão que o radar SABER M60 atende parcialmente as necessidades impostas pelo SISFRON, tal afirmação basea-se nas características que foram estudadas sobre sua possível utilização no Projeto Estratégico do Exército citado em tela, nos dados do manual do usuário do Radar SABER M60 e da análise das possibilidades e limitações deste Radar, que foram os objetivos específicos desta pesquisa.

Estudando as características do SISFRON, pode-se observar que o emprego do SABER M60 é notoriamente uma das armas para o monitoramento das fronteiras do Brasil. Seu uso se dará visando explorar ao máximo suas capacidades para a detecção de vetores aéreos que atravessam nossas fronteiras nas zonas de sombra dos radares do SISDABRA, que hoje utiliza as aeronaves R-99 e E-99 para complementar esta cobertura radar em todo território nacional. Tais informações serão repassadas por data link para que este Sistema possua dados cada vez mais precisos para monitorar o espaço aéreo das fronteiras.

Tais vetores aéreos, realizam diversas incursões sobre nosso País, como foi citado no capítulo vetor aéreo, em sua maioria são aeronaves de pequeno porte que fazem o sobrevoo em baixa altitude e possuem uma seção reta radar pequena. Tudo isso para que não sejam detectadas pelos radares do SISDABRA. Como solução para tal problema o SABER M60 será empregado eficazmente devido as suas capacidades, descritas abaixo.

Analisando o SABER M60, concluímos que este possui um alcance nominal de 60 Km, detecta alvos com a seção reta radar(RCS) de 12 m² a 5000m de altura em 360°. Além disso tem a capacidade de acompanhamento de ate 40 aeronaves simultaneamente, fornecendo dados precisos da distância, altitude, proa, de velocidade e de identificação se é amiga ou inimiga. Este ainda possui a capacidade de inserção de medidas de coordenação e controle, como corredores de segurança, volume de responsabilidade de defesa antiaérea etc,

também pode ser utilizado em ambiente de Guerra Eletrônica (GE) e ainda pode enviar dados instantaneamente para até 8 U Tir. O sistema de comunicações do radar possui protocolos comuns, o que facilita a troca de dados, o que facilitaria sua compatibilidade com o SISDABRA. Sua composição em caixas separadas, consome cerca de 15 minutos para sua montagem e 10 minutos para desmontagem com uma guarnição extremamente adestrada de 3 homens, tal aspecto proporciona grande flexibilidade de emprego, dando versatilidade à sua operação.

Como limitação podemos abordar o aspecto da realização de sua manutenção, pois apesar de sua modularidade, que é um fator positivo, sua utilização se dará em localidades com o clima inadequado para sua utilização, como umidade extrema e temperaturas muito altas, o que pode prejudicar seu funcionamento, e além disso o suporte para manutenção especializada será muito dispendioso devido às dimensões continentais de nosso país que principalmente na Amazônia que existem poucas vias de acesso para o apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- _____. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. **ME C-2: Princípios Básicos de Radar**. 1ª Ed. [Rio de Janeiro]:[s.n], 2007.
- _____. Estado-Maior do Exército. **C 44-1: Emprego da Artilharia Antiaérea**. Ed. revisada, 2011a.
- _____. Centro Tecnológico do Exército. **Radar SABER M60: Guia do Usuário**. 2ª. ed. Rio de Janeiro:[s.n], 2011b.
- _____. Estado-Maior do Exército. **ROB 04/10: requisitos operacionais básicos - sensor radar de defesa antiaérea de baixa altura**. Brasília, DF, 2010a.
- _____. Estado-Maior do Exército. **MEMÓRIA JUSTIFICATIVA DOS ROB 04/10: sensor radar de defesa antiaérea de baixa altura**. Brasília, DF, 2010b.
- _____. Estado-Maior do Exército. **C 44-8: Comando e Controle na Artilharia Antiaérea**. 1. ed. Brasília: EGGCF, 2003.
- _____. **Estratégia Nacional de Defesa**. Decreto N ° 6.703, de 18 de dezembro de 2008, Ministério da Defesa, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_portugues.pdf> Acesso em: 03 de junho de 2015.
- _____. Ministério da Defesa. Comando do Exército. **Portaria nº 123 – EME**, 23 set. 2010 **Exército Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.exercito.gov.br>>. Acesso em 04 jun. 2015.
- _____. Estado-Maior do Exército. **CONDOP 07/2003: Condicionantes doutrinárias operacionais – sensor radar de defesa antiaérea de baixa altura**. Brasília, DF, 2003.
- PINTO, Diogo Emilião. **O reconhecimento, escolha e ocupação de posição do radar SABER M60 na marcha para o combate**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais. Rio de Janeiro, 2011.
- BARABOSA, Gustavo Caio Noro Fernandes. **A utilização do radar SABER M60 na Bateria de Artilharia Antiaérea orgânica da Brigada de Infantaria Mecanizada na Marcha para o combate**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. Rio de Janeiro, 2012.
- MARIANO, Leandro Fernandes. **O SARP no auxílio aos pelotões de fronteira que integrarão o SISFRON**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentada a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, Rio de Janeiro, 2014.
- OLIVEIRA, Adriano Pereira de. **O emprego do radar SABER M60 em grandes evento internacionais: Possibilidades e limitações**. Rio de Janeiro, 2011.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **MD33-M-02: Manual de abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas**. 3ªed. Brasília, 2008.

MPF pede rigor na punição a traficantes que jogaram cocaína de avião. Disponível em: < <http://www.prro.mpf.mp.br/noticias/ultimas-noticias/mpf-pede-rigor-na-punicao-a-trafficantes-que-jogaram-cocaina-de-aviao>> Acesso em: 03 jun. 2015.

BRASIL, Sandra e TRAUMANN, Thomas **Espaço aéreo brasileiro é invadido 228 vezes este ano.** Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/folha/brasil/ult96u5555.shtml>> Acesso em: 03 jun. 2015.

AMAZÔNIA ameaçada. Disponível em: <http://www.defesabr.com/MD/md_amazonia.htm> Acesso em: 03 jun. 2015.

PRESENÇA do governo nas fronteiras, para defesa do território e combate ao tráfico e contrabando. **Jornal em discussão – Senado.** Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/defesa-nacional/estrategia-nacional-para-reorganizacao-e-reaparelhamento-da-defesa/presena-do-governo-nas-fronteiras-para-defesa-do-territorio-e-combate-a-traffic-e-contrabando.aspx>>. Acesso em: 03 jun. 2015.