

# INFORMATIVO ANTIAÉREO

## Publicação Científica



1ª Bda AAAe – EsACosAAe

Informativo Antiaéreo | Ano 2020 | ISSN 1982-6117



12/2020



# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

**1<sup>a</sup> Bda AAAe - EsACosAAe**

**12/2020**



# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

**1<sup>a</sup> Bda AAAe - EsACosAAe**

**12/2020**



# Expediente

## Comando da 1<sup>a</sup> Brigada de Artilharia Antiaérea:

Praia de Monduba, s/nº - Guarujá/SP - CEP 11401-970  
1bdaaaa@cmse.eb.mil.br - www.1bdaaaa.eb.mil.br

## Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea:

Av. General Benedito da Silveira, 701 - Deodoro  
Rio de Janeiro/RJ - CEP 21615-000 - Tel.: (21) 2457-4221  
divdoutesacosaae@gmail.com - www.esacosaae.eb.mil.br

## Conselho Editorial:

Gen Bda Antônio Ribeiro da Rocha Neto - Cmt 1<sup>a</sup> Bda AAAe  
Cel Art Carlos Eduardo Pereira Porto Alegre Rosa - Cmt EsACosAAe

## Comissão Editorial (EsACosAAe):

Maj Art André Luiz Pereira  
Cap Art Klaus Santiago Küster

## Projeto Gráfico:

Agência 2A Comunicação

## Capa:

Cap Art Klaus Santiago Küster

## Fotos:

Cb Estevam Rafael

## Revisão:

Márcia Lopes Mensor Lessa  
Maj Art André Luiz Pereira  
Cap Art Klaus Santiago Küster  
Cap Art Ricardo Campello de Alcântara  
1<sup>º</sup> Ten Art Pedro Paulo Gambarra Júnior

## Tiragem:

500 unidades

## Dados Internacionais para Catalogação na Publicação (CIP)

I43      Informativo antiaéreo: publicação científica / 1<sup>a</sup> Brigada de Artilharia Antiaérea, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. – v. 12, n. 12 (2020)- . -- Rio de Janeiro: 1<sup>a</sup> Bda AAAe, EsACosAAe, 2020- .

Anual  
ISSN 1982-6117 (Impresso)

1. Artilharia antiaérea. 2. Brasil – Artilharia antiaérea.  
I. 1<sup>a</sup> Brigada de Artilharia Antiaérea, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. II. 1<sup>º</sup> Bda AAAe, EsACosAAe.

CDD 358.13

Publicação anual de natureza escolar sem fins lucrativos. Os textos publicados não refletem, necessariamente, a opinião da 1<sup>a</sup> Bda AAAe e da EsACosAAe. É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização expressa da 1<sup>a</sup> Bda AAAe e da EsACosAAe.

# Sumário

■ Editorial	07
■ O Comando de Defesa Antiaérea como escalão no Exército Brasileiro: uma proposta Maj Art Carlos Roberto PAULONI	09
■ O Emprego da Artilharia Antiaérea do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil no Assalto Anfíbio CMG (FN) Marcio PRAGANA Patriota	31
■ As perspectivas do Combate Antidrone na Força Terrestre Maj Art George KOPPE Eiriz	39
■ A Detecção Passiva no contexto de um Sistema de Defesa Antiaérea: possibilidades e limitações Cel QEM Marcelo NOGUEIRA de Sousa João Roberto Moreira Neto	51
■ Pesquisa e Desenvolvimento de Radares de Defesa Antiaérea no Exército Brasileiro Maj QEM Heraldo Cesar ALVES Costa Bruno Cosenza de Carvalho	65
■ A Simulação do Apoio de Fogo no Exército Brasileiro e seus ensinamentos – uma experiência útil para a Artilharia Antiaérea Ten Cel Jefferson Jésus Cavalcanti SILVA MENDES	79
■ A aplicação do método <i>On the Job Training</i> no ensino da antiaérea 2º Sgt Neemias KAIZER Barros	97
■ A possibilidade de substituição do MANPADS Igla-S do Exército Brasileiro 1º Ten Rafael Roberto DE OLIVEIRA	103





# Editorial

Prezado Leitor,

Nos últimos anos, a Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro vem passando por inúmeras transformações. Os ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 trouxeram novamente à tona a importância da Defesa Aeroespacial, em especial a Defesa Antiaérea, como um fator preponderante no planejamento das operações no amplo espectro dos conflitos, tanto em situações de guerra como de não guerra.

A previsão de utilização da Artilharia Antiaérea na segurança dos grandes eventos ocorridos no Brasil na última década acelerou a modernização dos sistemas de materiais de emprego militar e a atualização de procedimentos. Por conseguinte, o Exército Brasileiro foi capaz de prover a Defesa Antiaérea de todos os locais de competição com alto grau de confiabilidade.

A transformação da Artilharia Antiaérea tem como grande indutor o Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea (Prg EE DA Ae), cujo gerente é o Comandante da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1º Bda AAAe). A Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) também é um importante elo nesse processo de transformação, pois presta assessoria nos assuntos relativos ao ensino, doutrina, tecnologia e pesquisa no Prg EE DA Ae ao seu principal cliente: a 1º Bda AAAe.

Outrossim, a criação de grupos de trabalho, tanto no âmbito do Exército quanto no do Ministério da Defesa, e a realização de seminários

e simpósios têm estimulado a pesquisa e o debate doutrinário sobre Artilharia Antiaérea e Defesa do Litoral. A rápida evolução tecnológica impõe aos especialistas nessas áreas o acompanhamento e a constante atualização em diversos temas, tais como: combate anti-SARP, mísseis de hipervelocidade, tecnologia *stealth*, detecção passiva, sistemas antiaéreos de média e grande alturas, energia dirigida dentre outros.

Nesse contexto, este *Informativo Antiaéreo* traz oito artigos que versam sobre temas de alto interesse para a nossa Artilharia Antiaérea, empregando uma abordagem multidisciplinar que propicia análise e discussão. Nossa objetivo, portanto, é estimular cada vez mais o debate acadêmico e incentivar a pesquisa sobre Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral nas Forças Armadas, em especial no Exército. Vale ressaltar que esta edição conta com a contribuição de militares do Exército Brasileiro e da Marinha do Brasil, além de profissionais do meio civil.

Os Comandos da 1º Bda AAAe e da EsACosAAe sentem-se honrados com as contribuições aqui registradas. Esperamos contar com a sua colaboração para as próximas edições.

Boa leitura!

O SOL É O CZA!

Semper Primus!





## □ O Comando de Defesa Antiaérea como escalão no Exército Brasileiro: uma proposta

Maj Art Carlos Roberto PAULONI<sup>1</sup>

### **Resumo**

O Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) foi criado em 1980 para prover a Defesa Aeroespacial (DAe) do Território Nacional (TN). Com o propósito de cooperar com a missão do SISDABRA, o Exército Brasileiro (EB) criou a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1ª Bda AAAe) no mesmo ano. Ela passou a ter sob sua subordinação Unidades (U) de Artilharia Antiaérea (AAe) como elos permanentes desse Sistema. E, segundo Portaria Ministerial de 1981, estabeleceu-se a diretriz para a estruturação da AAe do EB no SISDABRA, com previsão de criação de um Comando (Cmdo) de AAe quando fosse estabelecida a 2ª Bda AAAe. Embora tenha sido criada a 1ª Bda AAAe, não foram ativadas as Organizações Militares (OM) de AAe dos diversos escalões da Força Terrestre (F Ter) destinadas a prover a Defesa Antiaérea (DA Ae) no Teatro de Operações (TO) / Área de Operações (A Op). Na oportunidade, foram criadas apenas algumas Baterias (Bia) de AAe orgânicas das Bda de Infantaria (Inf) e Cavalaria (Cav). A partir de 2012, com as entregas de Produtos de Defesa (PRODE) realizadas pelo Programa Estratégico do

Exército – Defesa Antiaérea (Prg EE DA Ae), as OM da 1ª Bda AAAe passaram a dispor de meios que lhes permitem atuar tanto em proveito do SISDABRA, como na DA Ae no TO/A Op. Já o Manual de Campanha Força Terrestre Componente (FTC), de 2014, estabelece que, em todas as áreas de responsabilidade dos Comandos Operativos (Cmdo Op) ativados, deve haver um órgão responsável pela DA Ae. Afirma, também, que pode ser estruturado um Cmdo AAAe da FTC, sendo esse de valor Grande Unidade (GU) ou U. Porém, tal missão também tem sido atribuída à 1ª Bda AAAe nos dias atuais. Assim, este artigo pretende analisar a participação da AAe no SISDABRA e no TO/A Op, bem como sua atual estruturação para desempenhar funções que são, ao mesmo tempo, relevantes e distintas. O objetivo final é apresentar uma proposta de criação do Cmdo DA Ae, focando na sua organização, missão, vinculação para preparo e emprego e subordinação administrativa.

**Palavras-chave:** 1ª Bda AAAe; Comando de Defesa Antiaérea; SISDABRA.



<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2001; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2008; Curso Avançado de Artilharia Antiaérea nos EUA – Fort Sill, 2012; Curso de Comando e Estado-Maior do Exército – ECUME, 2017/18.



## 1. Introdução

Com o intuito de prover a Defesa Aeroespacial (D Aepc) do Território Nacional (TN) de modo eficiente, foi criado, por meio do Decreto-Lei nº 1.778 (BRASIL, 1980c), o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA). Fariam parte desse Sistema, além de seus meios orgânicos, aqueles designados para exercer atividades relacionadas à D Aepc pelas Forças Singulares e Forças Auxiliares, pelos órgãos e serviços da administração pública (direta ou indireta, de âmbito federal, estadual ou municipal) e por organizações não governamentais. Além disso, os órgãos e serviços incumbidos da D Aepc ficariam sujeitos à orientação normativa do órgão central do SISDABRA, isto é, o Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (COMDABRA), sem prejuízo da subordinação administrativa a que estivessem obrigados. Desde 2017, porém, essa função é desempenhada pelo Comando de Operações Aeroespaciais. Assim, Unidades de Artilharia Antiaérea (U AAAe) do EB seriam alocadas como elementos permanentes do SISDABRA.

Nesse ínterim, com a finalidade de cooperar com a missão do SISDABRA, o EB criou a 1ª Bda AAAe por meio do Decreto nº 85.531 (BRASIL, 1980d). E, de acordo com a Portaria nº 3, do Ministro do Exército, de 19 de janeiro de 1981, foi estabelecida a diretriz para a estruturação da Artilharia Antiaérea (AAAe) do Exército no Sistema. Esse documento previa que, em uma primeira fase, a AAAe do EB no SISDABRA seria estruturada na 1ª Bda AAAe, à qual ficariam subordinados o 1º e o 2º Grupo de Artilharia Antiaérea (1º e 2º GAAAe). Além

disso, estipulava a criação de um Comando de Artilharia Antiaérea (Cmdo AAAe) do EB quando fosse instituída a 2ª Bda AAAe.

A *Diretriz para a Defesa Aeroespacial do Território Nacional* (BRASIL, 1995b), estabeleceu que caberia ao Cmdo EB designar quais U AAAe seriam elos permanentes do SISDABRA. Com isso, definia-se que o Exército seria o responsável por determinar a dosagem de meios antiaéreos empregados na D Aepc do TN, não citando nem a 1ª Bda AAAe nem algum GAAAe específico como elo permanente do SISDABRA.

Paralelamente à criação da 1ª Bda AAAe, pensou-se, à época, que seriam ativadas as Organizações Militares de Artilharia Antiaérea (OM AAAe) dos diversos escalões da Força Terrestre (F Ter) destinadas a prover a Defesa Antiaérea (DA Ae) dos diversos órgãos, instalações, tropas, pontos e áreas de interesse situados no Teatro de Operações (TO) / Área de Operações (A Op). Contudo, somente algumas Baterias de Artilharia Antiaérea (Bia AAAe) orgânicas das Brigadas (Bda) de Infantaria (Inf) e Cavalaria (Cav) foram criadas.

Inicialmente, a 1ª Bda AAAe foi dotada de materiais adequados para a realização de DA Ae estática, ou seja, compatível com a missão de atuar na D Aepc do TN como elo do SISDABRA. No entanto, em 2012, com as entregas de Produtos de Defesa (PRODE) realizadas pelo Programa Estratégico do Exército – Defesa Antiaérea (Prg EE DA Ae), as OM orgânicas da referida GU passaram a dispor de meios para atuar em um amplo espectro de operações: em proveito do SISDABRA (na zona de interior ou TN) ou na DA Ae no TO/A Op.



Por sua vez, o *Manual de Campanha Força Terrestre Componente* (BRASIL, 2014a) estabelece que, em todas as áreas de responsabilidade dos Comandos Operativos (Cmdo Op) ativados, deve haver um órgão responsável pela DA Ae. O Manual afirma, ainda, que a DA Ae da Força Terrestre Componente (FTC) é estruturada com base nos meios existentes nos elementos operativos colocados sob sua responsabilidade. Por fim, estipula que pode ser constituído um Cmdo AAAe da FTC, sendo esse de valor Grande Unidade (GU) ou Unidade (U). No entanto, não foram criadas as OM AAAe dos diversos escalões da F Ter, à exceção de algumas Bia AAAe orgânicas das Bda Inf/Cav. Desse modo, como as Organizações Militares Diretamente Subordinadas (OMDS) da 1ª Bda AAAe passaram a ser dotadas de capacidade de atuação na DA Ae no TO/ A Op, recaiu sobre a GU AAAe mais essa missão. Corrobora tal fato o expresso no *Programa de Instrução Militar 2019* (BRASIL, 2019), que, ao atribuir à 1ª Bda AAAe a responsabilidade pela defesa da Pátria, elenca entre as missões de combate a serem desempenhadas por essa GU a de planejar e estabelecer as ligações necessárias ao cumprimento da Defesa Antiaérea na AAAe do TO no contexto de uma operação ofensiva/defensiva. Independente, no caso, se o TO se situa no TN ou não, implicando a necessidade de a 1ª Bda AAAe ser dotada da capacidade de compor força expedicionária.

Assim, conclui-se que, atualmente, a 1ª Bda AAAe, bem como suas OMDS, possuem duas missões precípuas: atuar como elo permanente do SISDABRA e também como elemento DA Ae nas operações de guerra e não guerra.

Verifica-se, portanto, um acúmulo de funções a serem desempenhadas por essa GU sem que ela possua estrutura compatível para coordenação, controle, preparo, emprego e condução de suas OM orgânicas em condições mais adequadas para o cumprimento da variada gama de atividades que lhe são afetas.

## **2. A Artilharia Antiaérea como elo permanente do SISDABRA**

Uma das principais funções da Artilharia Antiaérea Brasileira é a de participar da D Aepc do TN como elo permanente do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA).

O SISDABRA foi criado em 18 de março de 1980 por meio do Decreto-Lei nº 1.778 com a função de assegurar o exercício da soberania no espaço aéreo brasileiro. Trata-se de um sistema de defesa nacional que considera o emprego do Poder Nacional utilizando-se de meios civis e/ou militares. Nesse período, já se previa a atuação de elementos do Exército Brasileiro no referido Sistema, conforme segue:

Art. 2º - Constituirão o SISDABRA, além de seus meios orgânicos, aqueles especificamente designados para exercerem atividades relacionadas com a Defesa Aeroespacial pelas Forças Singulares, pelas Forças Auxiliares, pelos órgãos e serviços da administração pública, direta ou indireta, de âmbito federal, estadual ou municipal, e por organizações não governamentais. (BRASIL, 1980c.)

Para garantir o funcionamento integrado, coordenado e eficiente do SISDABRA, foi criado o Comando de Defesa Aeroespacial (COMDABRA) para atuar como órgão central do Sistema. No entanto, à época de sua



criação, não se previa o COMDABRA como um comando conjunto permanentemente ativado. Ele só seria ativado em casos de ameaças aeroespaciais concretas contra a soberania nacional. Desse modo, em tempos de paz, um elemento abreviado – o Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (NUCOMDABRA) – funcionaria como órgão central do SISDABRA, mas teria condições de garantir o permanente funcionamento do Sistema.

Art. 1º - Fica criado o Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (COMDABRA), com a missão de realizar a defesa do Território Nacional contra todas as formas de ataque aeroespacial, a fim de assegurar o exercício da soberania do Espaço Aéreo Brasileiro.

[...]

Parágrafo único - O COMDABRA, quando ativado, exercerá as atribuições de Órgão Central do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA).

[...]

Parágrafo único - A desativação do COMDABRA ocorrerá toda vez que cessarem as causas determinantes de sua ativação.

Art. 4º - Desativado o COMDABRA, funcionará como Órgão Central do SISDABRA o Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (NUCOMDABRA). (BRASIL, 1980a)

Com a criação do NUCOMDABRA, estabelecia-se que Unidades de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro seriam alocadas para esse Núcleo como elementos permanentes a fim de cooperar com a D Aepc do TN em situação de normalidade (BRASIL, 1980b).

Além disso, foram definidas várias atribuições e responsabilidades que deveriam

ser compartilhadas pelo Exército Brasileiro com o fito de assegurar o pleno funcionamento do supracitado Núcleo e, consequentemente, garantir uma eficiente D Aepc brasileira, como pode ser observado a seguir:

Art. 4º - Compete ao NUCOMDABRA:

[...]

V - coordenar, com as diferentes organizações das Forças Singulares e da Defesa Civil, as ações pertinentes à manutenção da soberania no espaço aéreo brasileiro;

VI - elaborar e executar, mediante entendimentos com os demais organismos competentes interessados, os programas de exercícios do SISDABRA.

[...]

Art. 7º - Compete às organizações que possuam elos do Sistema em sua estrutura a supervisão técnica e a atualização tecnológica de seus meios de Defesa Aeroespacial, em consonância com a orientação normativa emanada do Órgão Central do Sistema.

[...]

Art. 11 - O Ministro da Aeronáutica indicará aos Ministros da Marinha e do Exército as necessidades em pessoal e para a lotação do NUCOMDABRA.

Art. 12 - Os Ministros da Marinha e do Exército designarão os Oficiais de suas respectivas Forças para o Núcleo de Estado-Maior Combinado do NUCOMDABRA.

Parágrafo único - O pessoal subalterno necessário ao NUCOMDABRA será designado pelo Ministro de Estado da respectiva Força Singular. (BRASIL, 1980b).

Diante de tais responsabilidades, o Exército Brasileiro decidiu criar um órgão específico da Força para assumir as funções atinentes à atuação em prol da D Aepc do TN. Foi criada,



então, a 1ª Bda AAAe em 16 de dezembro de 1980, por meio do Decreto nº 85.531:

Art. 1º - Fica criada a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea, subordinada ao I Exército.

Art. 2º - O Comando da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea, com sede no Rio de Janeiro - RJ, será exercido, cumulativamente, com o Comando de Artilharia de Costa da 1ª Região Militar. (BRASIL, 1980d.)

Na sequência, o Ministro do Exército, à época, expediu Diretriz para a Estruturação da AAAe da Força Terrestre no SISDABRA, definindo que essa GU AAAe seria o elemento do Exército participante desse Sistema e subordinando a ela o 1º e o 2º GAAAe, conforme a Portaria Ministerial nº 3, de 19 de janeiro de 1981.

Esse documento afirmava, também, que existiriam Brigadas constituídas, essencialmente, de U e SU AAAe destinadas ao emprego na Defesa Aeroespacial do Território Nacional. E, quando fosse estabelecida a 2ª Bda AAAe, seria criado um Comando de Artilharia Antiaérea do Exército a fim de enquadrar as GU AAAe.

Nos idos dos anos 1980, o 3º GAAAe foi subordinado à 1ª Bda AAAe, e foram criados os 4º e 11º GAAAe, que também ficaram subordinados a essa GU. O 3º GAAAe, assim como o 1º e o 2º GAAAe, foi dotado do sistema 35 mm OERLIKON-CONTRAVES. Para as demais OM, foi adquirido o sistema 40 mm FILA-BOFORS, adequado para atuar na ZI, mas com muitas limitações para atuar no TO/A Op. Assim sendo, a 1ª Bda AAAe foi dotada, inicialmente, de material antiaéreo apropriado para atuar na defesa de pontos estáticos, como órgãos do SISDABRA ou infraestruturas estratégicas do País.

A *Diretriz para a Defesa Aeroespacial do Território Nacional* (BRASIL, 1995b), expedida pelo antigo Estado-Maior das Forças Armadas, ampliava as atribuições das OM AAAe do Exército alocadas no SISDABRA, as quais deveriam estar em condições de serem desdobradas em qualquer parte do TN, exigindo maior capacidade de coordenação e controle da 1ª Bda AAAe.

[...] as Unidades de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro alocados ao SISDABRA, para a defesa específica desses elementos e para o estabelecimento de outros dispositivos de defesa antiaérea em todo território nacional. (BRASIL, 1995b, p. 19).

Segundo essa Diretriz, caberia ao Exército Brasileiro designar quais dos seus meios seriam destinados a compor o SISDABRA. Essa atribuição, devido à especificidade da atividade, seria cumprida mediante assessoramento da 1ª Bda AAAe ao Comando de Operações Terrestres (COTER).

Ainda em 1995, o COMDABRA passou a ser o primeiro Comando Operacional Conjunto ativado permanentemente, reforçando a relevância conferida à D Aepc do TN e, consequentemente, a importância da 1ª Bda AAAe nesse contexto. As funções dessa GU nesse mister foram mantidas, sendo definido que a 2ª Seção daquele Comando seria o canal de ligação com a Força Terrestre.

A AAAe do EB, representada atualmente pela 1ª Bda AAAe, tem clara noção de seu papel na D Aepc do TN, como descrito no *Manual de Campanha Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a):



2.2.5 Os meios de AAAe do Exército Brasileiro (EB) alocados ao SISDABRA para cumprir missões de DA Ae de pontos ou áreas sensíveis (P Sen/A Sen) do território nacional estão sob o controle operacional (C Op) do COMAE, por meio do Comando de Defesa Antiaérea (Cmdo DA Ae). Essa AAAe é empregada dentro das regiões de defesa aeroespacial, não sendo previsto o seu emprego em missões fora do território nacional. (BRASIL, 2017a, p. 2-2)

Nesse contexto, compete à citada Bda, como componente da D Aepc ativa, a relevante missão de contribuir para a consecução dos dois objetivos precípuos da D Aepc do TN, a saber: a soberania do espaço aéreo brasileiro e a integridade do patrimônio nacional:

### 2.3 A DEFESA AEROESPACIAL NO TERRITÓRIO NACIONAL

[...]

2.3.2 A D Aepc compreende a defesa aeroespacial ativa (áerea e antiaérea) e a passiva. Nesse sentido, a soberania do espaço aéreo brasileiro e a integridade do patrimônio nacional são objetivos da D Aepc. (BRASIL, 2017a, p. 2-5)

A missão da 1<sup>a</sup> Bda AAAe de atuar em prol da D Aepc do TN também é corroborada pelo *Manual de Ensino Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017b):

4.1.3 Os conflitos recentes vêm mostrando cada vez mais a necessidade de proteção às instalações estratégicas dentro do TN, de forma a se obter a Sp Ae e permitir a manutenção do esforço de guerra. Tal ameaça se concretizará desde o primeiro momento do conflito, antecedendo normalmente qualquer manobra terrestre. Daí se conclui a importância de uma preparação prévia, desde os tempos de paz. Por esta razão, se advém

o codinome para a AAAe, chamada “Artilharia do 1º minuto”.

4.1.4 É realizada pelo SISDABRA, sendo que, para tal, o TN é dividido em RDA. Os meios de AAAe alocados ao SISDABRA para cumprir missões de DA Ae de P Sen ou A Sen do TN, ou da ZI em caso de conflito, ficam sob controle do COMDABRA, através dos Centros de Operações Militares (CopM).

4.1.5 A AAAe alocada ao SISDABRA é empregada dentro das RDA, em todo TN, em tempo de paz, ou na ZI, em caso de guerra. No entanto, quando parte do TN, eventualmente, fizer parte do TO, é possível que meios da AAAe, anteriormente alocadas ao SISDABRA, sejam adjudicados ao TO para a DA Ae de P Sen de interesse do Cmt TO. (BRASIL, 2017b, p. 4-1)

Dada a relevância das atividades descritas, pode-se inferir que a 1<sup>a</sup> Bda AAAe, quando empregada para o alcance de tais fins, tem exaurida praticamente toda a sua capacidade de planejamento, coordenação e controle. Isso porque, segundo o *Manual de Ensino Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017b, p. 4-2): “A AAAe alocada ao SISDABRA caracteriza-se por realizar operações de DA Ae de P Sen normalmente estáticos, de elevado valor estratégico e localizados de forma dispersa por todo o TN”.

Nos últimos anos, a 1<sup>a</sup> Bda AAAe teve destacada participação na DA Ae dos Grandes Eventos Internacionais realizados no Brasil, ocasiões em que atuou sob o controle operacional do COMDABRA, conforme prescrevem as Normas Operacionais do Sistema de Defesa Aeroespacial (NOSDA). Merecem destaque os seguintes eventos: Jogos Pan-Americanos (2007), Jogos Mundiais Militares (2011), Conferência Rio+20 (2012), Jornada Mundial da Juventude (2013), Visita do Papa



(2013), Copa das Confederações (2013), Copa do Mundo FIFA (2014), Jogos Olímpicos e Paralímpicos do Rio (2016), entre outros. Na Copa do Mundo FIFA, a citada Brigada foi responsável por realizar a defesa antiaérea de oito estádios durante a competição. Nos Jogos Olímpicos e Paralímpicos, ela realizou a defesa antiaérea de arenas desportivas no Rio de Janeiro, em Belo Horizonte, em Brasília e em Salvador, estando em condições de se contrapor a diversas ameaças aéreas, incluindo drones não autorizados. No exercício de tais missões, a 1ª Bda AAAe emprega quase a totalidade de suas capacidades de comando e controle e de logística, o que tornaria inviável, se fosse necessário, seu emprego em operações de outra natureza concomitantemente.

Ainda no contexto de sua atuação em prol da D Aepc do TN, em 2003, a 1ª Bda AAAe foi vinculada ao COTER para fins de preparo operacional e supervisão de emprego. Objetivava-se, com essa medida, melhor atender às demandas do SISDABRA, revelando o alto grau de exigência que essa atividade impõe à referida Bda.

O COMANDANTE DO EXÉRCITO, no uso da competência que lhe confere o art. 30, inciso II, da Estrutura Regimental do Ministério da Defesa [...], considerando que a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea é órgão permanente do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) e se encontra sob controle operacional do Comando de Defesa Aeroespacial (COMDABRA), órgão central do sistema, possuindo características peculiares de preparo e emprego, e de acordo com o que propõe o Estado-Maior do Exército, resolve:

Art. 1º Vincular a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea ao Comando de Operações Terrestres, para fins de preparo operacional e de supervisão

de emprego, de forma a melhor atender às diretrizes emanadas do COMDABRA e às Normas Operacionais do SISDABRA. (BRASIL, 2003).

Dessa forma, durante o ano de instrução, a 1ª Bda AAAe realiza exercícios de adestramento de seus efetivos, conforme Contrato de Objetivos firmado com o citado Órgão de Direção Operacional. Nessa seara, destaca-se a Escola de Fogo de Instrução realizada em Formosa-GO, com a participação de todas as OM AAAe do País. Também são realizadas as Operações Escudo Antiaéreo (reconhecimento, planejamento e realização de defesa antiaérea de pontos sensíveis no contexto de uma situação operacional) e Defesa Antiaérea (reconhecimento e planejamento de defesa antiaérea de estruturas estratégicas no Território Nacional).

Essa GU realiza, ainda, operações de adestramento do SISDABRA em conjunto com a Força Aérea Brasileira. Isso reforça a variedade de atribuições que recaem sobre a 1ª Bda AAAe referentes ao seu emprego como elo do Sistema em tela.

Conclui-se, assim, que as atividades desempenhadas pela 1ª Bda AAAe como participante do SISDABRA são múltiplas e complexas, empregando praticamente a totalidade das capacidades de planejamento, comando, controle e coordenação dessa GU. Desse modo, mantendo-se inalterada sua estrutura organizacional e exigindo-se seu emprego em missões de natureza diferente das tratadas aqui, pode-se prever perda de eficiência dessa Bda para levar a cabo suas atribuições. Tal fato assinala a necessidade de criação do Cmdo DA Ae para desempenhar tarefas que, atualmente,



são realizadas cumulativamente pela Brigada, otimizando-se o preparo e o emprego da AAAe da F Ter Brasileira.

### 3. A Artilharia Antiaérea como componente da função de Combate Proteção no TO/A OP

Na década de 1980, era intenção do EB dotar os diversos escalões da F Ter com OM AAAe orgânicas de forma a prover a DA Ae de tropas, órgãos e instalações de interesse do Cmdo enquadrante dentro de um TO/A Op. Nessa época, contudo, apenas algumas Bda Inf/Cav contavam com Bia AAAe em seu quadro organizacional. Estas, por sua vez, possuíam materiais obsoletos, tais como o canhão antiaéreo de 40 mm C60 e a metralhadora múltipla .50, ambos atualmente desativados. Consequentemente, a capacidade de proteção antiaérea dessas GU era limitada.

As OM AAAe dos demais escalões, como o GAAAe de Divisão de Exército (DE), por exemplo, não foram ativadas, gerando uma lacuna na Doutrina Militar Terrestre que ainda se mantém nos dias atuais.

Não bastasse isso, em 1988 foi aprovado o *Quadro de Organização e Base Doutrinária de Bda AAAe* (BRASIL, 1988), que encarregou essa GU AAAe das atribuições de enquadrar até oito GAAAe e quatro Bia AAAe e conduzir operações de defesa antiaérea nas faixas de baixa e média altura, na zona de interior (ZI) ou no TO/A Op. As Unidades da 1<sup>a</sup> Bda AAAe, à época, possuíam material apto a atuar apenas na ZI, restringindo a capacidade de DA Ae da F Ter quando empregada no TO/A Op.

Nos idos dos anos 1990, o EB adquiriu o míssil antiaéreo IGLA 9k38 para dotar algumas

Bia AAAe orgânicas de Bda Inf/Cav, elevando o potencial de proteção antiaérea dessas GU.

Já na primeira década do século XXI, tendo em vista a obsolescência dos sistemas de armas dos GAAAe, estes passaram a ser dotados do míssil AAe IGLA S, o que lhes proporcionou condições, embora limitadas, para atuar também no TO/A Op.

Contudo, com a implantação do *Programa Estratégico do Exército – Defesa Antiaérea*, as OM da 1<sup>a</sup> Bda AAAe foram equipadas com meios que oferecem maior mobilidade estratégica e tática e maior flexibilidade de emprego, tais como: o míssil RBS 70, o Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico (COAAe Elt) sobre *shelter* e o Radar SABER M60, conferindo aos GAAAe a capacidade de atuar em um maior espectro de operações, seja em proveito do SISDABRA, na ZI e/ou no TO/A Op. Nas próximas etapas do Programa, será viabilizada a aquisição de radares de vigilância, COAAe de Bateria, de Grupo e de Brigada, equipamentos oportônicos para os Postos de Vigilância, novas Unidades de Tiro de Míssil RBS-70 e sistema de média altura.

Portanto, a 1<sup>a</sup> Bda AAAe é a única unidade de emprego do EB com capacidade adequada para prover a defesa antiaérea de órgãos, instalações, tropas, pontos e áreas de interesse no TO/A Op. Além disso, diversos manuais prescrevem o emprego da AAAe no TO/A Op, o que implica, por dedução lógica, a atuação da 1<sup>a</sup> Bda AAAe nesse contexto quando for necessário.

O *Manual de Campanha Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a) prevê grande quantidade de meios de AAAe a serem empregados no TO/A Op, conforme se verifica a seguir.



#### 2.4.3.2.1 Na zona de administração (ZA)

a) Os meios de AAAe disponíveis na ZA são subordinados diretamente ao Comando de Defesa Antiaérea (Cmdo DA Ae) e serão agrupados em escalões de acordo com o vulto da operação a ser desencadeada e, consequentemente, do apoio logístico necessário.

[...]

c) Caberá ao Cmdo DA Ae雇用 os meios antiaéreos disponíveis na ZA para atender às necessidades próprias e às levantadas pela FAC.

#### 2.4.3.2.2 Na zona de combate (ZC)

a) Os meios de AAAe da ZC são os meios orgânicos dos escalões componentes da Força Terrestre Componente (FTC). (BRASIL, 2017a, p. 2-8).

Dessa maneira, surge, também, a necessidade de planejamento, coordenação e controle dos referidos meios, cuja responsabilidade caberá à supracitada GU enquanto não houver outro órgão para desempenhar essa função.

Esse mesmo Manual, ao definir a missão da AAAe, torna nítido o entendimento de que cabe a essa artilharia o emprego na DA Ae no TO/A Op:

#### 3.2.2 MISSÃO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA

3.2.2.1 A AAAe pode receber dois tipos de missões: antiaérea (missão principal) e de superfície (missão eventual).

3.2.2.2 A missão antiaérea consiste em realizar a DA Ae de zonas de ação (Z Aç), de áreas sensíveis, de pontos sensíveis e de tropas, estacionadas ou em movimento, contra vetores aeroespaciais hostis. Sua finalidade é impedir, neutralizar ou dificultar um ataque. (BRASIL, 2017a, p. 3-2)

Consequentemente, vislumbra-se o emprego das OMDS da 1ª Bda AAAe nesse tipo de missão, haja vista as Bia AAAe orgânicas das Bda Inf/Cav não possuírem meios em

quantidade e com capacidade suficiente para o desempenho pleno de tão importante atribuição. Logo, também recai sobre a citada GU AAAe a tarefa de coordenar e controlar grande parte dos meios antiaéreos presentes no TO/A Op, o que indica a necessidade de criação do Cmdo DA Ae a fim de desonerar a 1ª Bda AAAe dessa atribuição.

O *Manual de Campanha Força Terrestre Componente* estabelece que “a defesa antiaérea da FTC é estruturada com base nos meios existentes nos elementos operativos colocados sob sua responsabilidade. Após exame de situação detalhado, podem ser solicitados outros meios de AAAe a fim de compor o sistema de defesa antiaérea da FTC”. (BRASIL, 2014a, p. 5-4). Como é sabido, quando a FTC for nível Grande Comando Operativo (G Cmdo Op) ou superior, muito provavelmente as Bia AAAe orgânicas das Bda Inf/Cav mobilizadas pela FTC não serão suficientes para prover à referida força uma DA Ae eficiente. Nesse caso, também serão empregados, inevitavelmente, meios da 1ª Bda AAAe.

O *Manual de Campanha Força Terrestre Componente nas Operações* (BRASIL, 2014b), por seu turno, afirma que a FTC possuirá áreas de interdependência, entre as quais a defesa antiaérea, com as outras forças componentes de um Comando Operacional Conjunto (Cmdo Op Cj). Então, para que essa interdependência possa ser planejada de modo a produzir resultados mais eficientes, vislumbra-se a necessidade de um Cmdo DA Ae para assessorar o CT Op/Cmt A Op na decisão sobre a melhor maneira de empregar a Artilharia Antiaérea das Forças Componentes (F Cte). Com isso, o Cmdo Op Cj obterá significativas



vantagens no curso das operações, como pode ser visto a seguir:

#### 2.3.2.2.6 A Defesa Antiaérea conjunta:

- possibilita a proteção das estruturas críticas no TO/A Op;
- garante a integridade dos locais e instalações necessárias às concentrações nos diferentes níveis (estratégica, operacional e tática); e
- possibilita o fluxo ininterrupto de forças para o TO/A Op. (BRASIL, 2014b, p. 2-4)

O referido Manual destaca a relevância das operações de proteção, entre as quais estão as operações de DA Ae, ressaltando que a FTC é a força componente mais apta para executá-las. Afirma, ainda, que a defesa antiaérea possui elevada importância para o movimento e a manobra:

2.3.2.3.6 A FTC é a força componente com maior aptidão para a realização de operações de proteção. Por realizarem as suas operações no ambiente operacional terrestre, as forças terrestres são as mais capacitadas para prover a segurança de infraestruturas e instalações críticas, tanto contra ameaças terrestres quanto contra as aéreas, com os seus meios de defesa antiaérea.

[...]

#### 10.4.7 PROTEÇÃO ANTIAÉREA DO MOVIMENTO E MANOBRA

A defesa antiaérea é um elemento crítico para o movimento e posicionamento de forças a longas distâncias. Da mesma forma, a manobra dependerá, muitas vezes, da proteção dos meios contra ataques dos elementos da aviação inimiga...

12.1.7 Para que seja eficaz, a proteção da força requer integração de várias capacidades. Em função de suas abrangências, merecem destaque as capacidades relacionadas à Defesa Antiaérea [...] (BRASIL, 2014b, p. 2-5, 10-6 e 12-2).

Dessa forma, muito possivelmente, quando a FTC for nível G Cmdo Op ou superior, o Plano de Geração do Poder de Combate da FTC irá contemplar necessidades de DA Ae que ultrapassam as capacidades das Bda AAAe orgânicas das Bda Inf/Cav, tornando imperativo o emprego das OM da 1ª Bda AAAe.

Além disso, o *Manual de Campanha Defesa Antiaérea* prevê que, “quando a FTC conduzir operações terrestres (Op Ter) empregando mais de um grande comando (G Cmdo) operativo na ZC, o Cmdo AAAe FTC será constituído, no mínimo, por uma Bda AAAe” (BRASIL, 2017a, p. 3-13).

Logo, admitindo-se a ocorrência da hipótese supracitada, a 1ª Bda AAAe estaria impossibilitada de desempenhar a função de Cmdo AAAe FTC devido, principalmente, à sua missão de ter que atuar, também, como elo permanente do SISDABRA. Ressalta-se, assim, a necessidade de implantação de um Cmdo DA Ae, pois este poderia mobiliar as células necessárias para exercer a função de Cmdo AAAe FTC, ocasião em que coordenaria e integraria toda a AAAe em presença no TO/A Op.

O *Manual de Campanha Proteção* (BRASIL, 2015) salienta a importância da defesa antiaérea na condução das campanhas militares, afirmando, ainda, que os elementos de AAAe são os mais adequados para a realização desse tipo de defesa e que, para se obter uma proteção antiaérea eficiente, diversos meios são empregados.

### 2.3 DEFESA ANTIAÉREA (DAAe)

2.3.1 A DAAe atuará em proveito da F Cmb Ptç realizando a busca, detecção, identificação de plataformas aéreas tripuladas e não tripuladas, destruindo aquelas julgadas hostis.



2.3.2 Atualmente, o domínio da dimensão aerospacial dita o ritmo das campanhas militares. A possibilidade de obtenção de uma superioridade aérea, ainda que temporária e geograficamente restrita, é determinante para a condução das operações.

...

2.3.5 Sua execução segue o princípio da complementariedade, sendo exercida em diversos níveis, determinados pela existência de sistemas de busca, detecção, alarme antecipado, alcance e a precisão do armamento. 2.3.6 É mais eficiente quando empregada por elementos de artilharia antiaérea, que constituem-se em um sistema específico para a DAAe. (BRASIL, 2015, p. 2-2).

Em consequência disso, vislumbra-se a necessidade de um órgão dotado de capacidade para coordenar e integrar essa gama de meios utilizados, o que, atualmente, só pode ser feito pela 1<sup>a</sup> Bda AAAe. No entanto, conforme exposto, essa GU empenha a maioria de suas capacidades em proveito da D Aepc do TN, tornando-se inviável sua atuação, concomitantemente, como responsável pela coordenação dos meios AAAe presentes no TO/A Op, o que indica a conveniência da criação do Cmdo DA Ae para cumprir essa missão.

Nos dias atuais, a 1<sup>a</sup> Bda AAAe vem participando ativamente do planejamento das diversas hipóteses de emprego das Forças Armadas e da execução das diversas Operações Conjuntas como as Operações Laçador, Amazônia e Atlântico. Esse contexto também corrobora a pertinência da criação do Cmdo DA Ae, a quem caberia assessorar o Comando Conjunto nos assuntos referentes à AAAe, como as dosagens e as atribuições dos meios antiaéreos a serem empregados.

Além disso, o Cmdo da 1<sup>a</sup> Bda AAAe e suas

OMDS participam das diversas Operações de Combate Convencional dos Comandos Militares de Área (por exemplo, a Operação Agulhas Negras e a Operação Ibagé), reforçando a viabilidade de criação do Cmdo DA Ae para possibilitar melhores condições para o preparo e o emprego da AAAe do EB.

Infere-se, por conseguinte, que a Força Terrestre prevê o emprego da 1<sup>a</sup> Bda AAAe na DA Ae de tropas, instalações, órgãos, pontos e áreas de interesse no TO/A Op com a finalidade de contribuir significativamente para a proteção desses elementos, concorrendo para o êxito da missão da força operativa empregada. A referida GU esgota quase a plenitude de sua capacidade de planejamento, comando, coordenação e controle nesse tipo de missão, comprometendo seu emprego em prol do SISDABRA, caso ocorra simultaneamente.

Portanto, é coerente o pleito para a criação do Cmdo DA Ae, que ficaria encarregado de: planejar, coordenar e controlar o emprego de todas as U AAAe nos diversos cenários em operações de guerra e de não guerra; e prestar assessoria de AAAe ao CT Op e, desde os tempos de paz, ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA). Dessa forma, será possível melhorar o nível do preparo e do emprego da AAAe da F Ter Brasileira.

#### **4. A atual organização da AAAE do Exército Brasileiro e uma proposta de adequação para a criação do Comando de Defesa Antiaérea**

Atualmente, a AAAe da F Ter é composta pela 1<sup>a</sup> Bda AAAe e pelas Bia AAAe orgânicas



de algumas Bda Inf/Cav. A GU AAAe, por sua vez, possui as seguintes OMDS: 1º GAAAe (Rio de Janeiro-RJ), 2º GAAAe (Praia Grande-SP), 3º GAAAe (Caxias do Sul-RS), 4º GAAAe (Sete Lagoas-MG), 11º GAAAe (Brasília-DF), Núcleo do Batalhão de Manutenção e Suprimento de AAAe (Osasco-SP) e Bateria de Comando (Guarujá-SP). Observa-se, assim, que essa Bda, além de ser a única GU AAAe do EB, possui a característica peculiar da grande dispersão de suas OM por todo o Território Nacional, o que exige grande esforço por parte de seu Cmdo para o efetivo exercício de comando e controle sobre suas OMDS.

Alinhada com o Projeto de Transformação da Força Terrestre, a Portaria nº 318, do Comandante do Exército (BRASIL, 2014c), transferiu a 1ª Bateria de Artilharia Antiaérea (1ª Bia AAAe) de Brasília-DF para Manaus-AM e a transformou em 12º Grupo de Artilharia Antiaérea (12º GAAAe). Já a Portaria nº 531, do Comandante do Exército (BRASIL, 2016b), alterou a denominação do 12º GAAAe para 12º Grupo de Artilharia Antiaérea de Selva (12º GAAAe SI), que já se encontra subordinado à 1ª Bda AAAe. Nessa mesma linha, a Portaria nº 532 (BRASIL, 2016c), do Comandante do Exército, alterou a sede da 3ª Bia AAAe de Uruguaiana-RS para Três Lagoas-MS, subordinando-a à 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada. O estado final desejado para essa Bia é que ela dê origem ao 9º GAAAe, que também será subordinado à 1ª Bda AAAe. Ainda dentro desse quadro de transformação da F Ter, existe a previsão de criação de um GAAAe em Foz do Iguaçu-PR e um GAAAe no Nordeste. Dessa forma, todos os Comandos Militares de Área, com exceção do Comando

Militar do Norte (CMN), terão pelo menos um GAAAe em sua área de responsabilidade.

Assim sendo, ao final do Processo de Transformação do Exército, existe a possibilidade de a 1ª Bda AAAe ter pelo menos nove GAAAe como OMDS, além do B Mnt Sup AAAe e da Bia C. Com isso, essa GU estará com sua capacidade de planejamento, coordenação, comando e controle sendo exigida no limite, tornando inviável seu emprego concomitante na D Aepc do TN e em uma eventual operação de DA Ae do TO/A Op. Isso confirma a necessidade de criação do Cmdo DA Ae, que ficaria encarregado das missões desenvolvidas no TO/A Op.

No tocante às Bia AAAe das Bda Inf/Cav, embora tais subunidades possuam ligação de especialidade com a 1ª Bda AAAe, não existe canal técnico formalizado entre elas e essa GU AAAe. Atualmente, as referidas Baterias estão vinculadas às Artilharias Divisionárias (AD) para fins de inspeção do período de Instrução Individual de Qualificação, o que não é o ideal, dada a especificidade da formação dos cabos e soldados de Artilharia Antiaérea.

Levando-se em consideração as características diferenciadas das atividades desenvolvidas pela AAAe, convém que seja estabelecido um Cmdo DA Ae para desempenhar o vínculo do canal técnico com as SU supracitadas. Isso trará ganhos consideráveis no preparo dessas baterias, além de proporcionar permanente ligação e padronização de procedimentos entre escalões que, muitas vezes, são empregados juntos em operações de guerra e de não guerra. Um exemplo disso foram os Grandes Eventos Internacionais recentes, como a Copa das Confederações 2013, a Copa do Mundo



FIFA 2014 e a Olimpíada Rio 2016, em que baterias orgânicas das Bda Inf/Cav atuaram sob controle operacional da 1ª Bda AAAe, que atualmente é o maior escalão de AAAe da F Ter.

Analisando a organização vigente da AAAe do EB, observa-se que o atual Quadro de Cargos Previstos (QCP) do Comando da 1ª Bda AAAe foi aprovado em 31 de outubro de 2014 e possui estrutura muito semelhante à época da criação dessa GU, no início dos anos 1980. Verifica-se, assim, que a 1ª Brigada não possui as seções de Planejamento, Doutrina, Comunicação Social, Aquisições, Licitações e Contratos e nem Serviço de Fiscalização de Produtos Controlados previstos em seu QCP. Além disso, outras seções dessa Bda têm estrutura e efetivos inadequados para fazer frente à grande demanda de atividades, o que poderá ser comprovado a seguir, quando serão elencadas algumas das atividades desempenhadas por essa GU. Em vista disso, aponta-se, mais uma vez, a conveniência da criação do Cmdo DA Ae, que ficaria encarregado de boa parte das missões que hoje são da 1ª Bda AAAe, o que permitiria otimização do emprego e maior eficiência à AAAe da F Ter.

Além das missões de adestramento e emprego em operações de guerra e de não guerra e na D Aepc do TN, a 1ª Bda AAAe participa de operações de apoio a órgãos governamentais, como pôde ser visto em episódios recentes. Em 2015, atuou em conjunto com a Defesa Civil no controle de danos e no combate ao incêndio que atingiu tanques de álcool da empresa Ultracargo, na área industrial de Alemao, em Santos-SP. Em 2016, cooperou no combate ao incêndio do Terminal da Local Frio, no Porto de Santos.

Em ambos os casos, o Cmdo da 1ª Bda AAAe integrou o Gabinete de Crise estabelecido. Atualmente, essa GU participa, ainda, de diversas reuniões de coordenação com a Defesa Civil e o Porto de Santos em razão da demanda permanente desses órgãos pelo apoio do Exército Brasileiro.

No tocante à Proteção Integrada, o Comando da 1ª Bda AAAe é responsável por uma área de cerca de 16.000 km<sup>2</sup>, que se estende por todo o litoral central e sul do Estado de São Paulo e importantes regiões, como a Baixada Santista, o Vale do Ribeira e o ABCD Paulista, englobando mais de 5 milhões de habitantes. Em sua área de responsabilidade, encontram-se infraestruturas críticas de grande valor para o País, tais como o Porto de Santos, o Porto de São Sebastião, refinarias da Petrobrás, pólos industriais de Cubatão e do ABCD Paulista, além de ferrovias e rodovias federais e estaduais de elevada importância para a logística nacional.

A 1ª Bda AAAe possui, também, o pesado encargo de fiscalização de produtos controlados em sua área de responsabilidade, mesmo não contando com efetivo previsto em QCP para desempenhar tal atividade. Não obstante, é mobiliado um Serviço de Fiscalização de Produtos Controlados (SFPC) da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea, o qual tem por missão registrar, autorizar e fiscalizar as atividades relacionadas a Produtos Controlados pelo Exército (PCE), com área de competência em nove municípios da região da Baixada Santista e 14 municípios do Vale do Ribeira, sendo responsável por mais de 1.500 colecionadores, atiradores desportivos e caçadores e quase 400 empresas. Nesse



cenário, destaca-se a presença do pujante Porto de Santos, que é responsável por, aproximadamente, 25% do PIB nacional e pelo escoamento da mais importante cadeia produtiva do Brasil. Assim, o SFPC fiscaliza os terminais portuários e as empresas adjacentes, realizando o desembarque alfandegário de PCE advindos do mundo todo; trata-se, portanto, de uma importante ferramenta no combate a diversos tipos de ilícitos, refletindo em maior segurança para a população de todo o País.

Ainda nesse contexto das atribuições da 1<sup>a</sup> Bda AAAe, em 2014, por meio da Portaria nº 876, do Comandante do Exército, foi criado o Núcleo (Nu) do Batalhão de Manutenção de Suprimento de Artilharia Antiaérea (B Mnt Sup AAAe), com sede no Aquartelamento Duque de Caxias (ADC), em Osasco-SP (BRASIL, 2014d). Esse Núcleo foi ativado em 1º de janeiro de 2015 e está subordinado à 1<sup>a</sup> Bda AAAe.

A criação dessa nova Organização Militar contribuiu para a racionalização, por parte da F Ter, no emprego de recursos humanos, estruturas físicas e ferramental para a tarefa de manutenção dos complexos materiais antiaéreos que foram entregues recentemente, por intermédio do PEE DA Ae, a treze OM de AAAe sediadas em seis Comandos Militares de Área.

Além dos PRODE das OM supracitadas, o Nu B Mnt Sup AAAe realiza a manutenção dos materiais antiaéreos da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe), que é o estabelecimento de ensino do EB destinado a especializar oficiais e sargentos em AAAe.

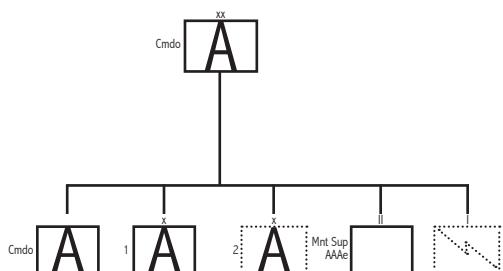
Ademais, a nova OM também desonerou os Batalhões Logísticos (B Log) e os Parques Regionais de Manutenção (Pq R Mnt) dos encargos referentes à manutenção dos

materiais antiaéreos, que era executada por essas OM logísticas através do apoio por área. Verifica-se, assim, que o funcionamento do B Mnt Sup AAAe traz muitos benefícios para a Força; no entanto, há mais atribuições e responsabilidades de comando e controle para a 1<sup>a</sup> Bda AAAe, o que onera, ainda mais, a já sobre carregada estrutura dessa GU.

Face ao extenso rol de missões exposto, ressalta-se a importância da criação do Cmdo DA Ae a fim de dividir responsabilidades com a citada Bda, o que resultará em maior eficiência em planejamento, preparo e emprego da AAAe do EB.

O ideal para o cumprimento da variada gama de atribuições que incide sobre a AAAe da F Ter seria a criação de mais uma Bda AAAe e de um Cmdo DA Ae. Assim, ao referido Cmdo estariam subordinadas a 1<sup>a</sup> Bda AAAe e mais essa GU que seria criada, conforme pode ser visto na Figura 1, a seguir.

Figura 1: Estrutura organizacional considerada ideal para o Cmdo DA Ae.



Fonte: O autor.

Com isso, a 1<sup>a</sup> Bda AAAe ficaria responsável por todas as missões afetas à D Aepc do TN. Já a Bda a ser criada receberia os encargos referentes ao emprego da AAAe no T0/A Op. O Cmdo DA Ae, por sua vez, enquadraria ambas



as Bda, constituindo-se no mais alto escalão de AAAe da F Ter, a quem caberia o comando e a coordenação de todos os meios antiaéreos, bem como a assessoria em assuntos de DA Ae, nos níveis mais elevados.

Contudo, nos dias atuais, devido à crise econômica que atinge o País, o Exército Brasileiro tem adotado um rigoroso regime de racionalização no tocante aos seus gastos, o que inviabiliza a criação de novas OM e/ou estruturas, devendo-se suprir as necessidades porventura surgidas por meio da transformação de OM e estruturas já existentes.

Assim, para criar e ativar o Cmdo DA Ae, deve-se manter, num primeiro momento, o mesmo Comando e Estado-Maior da 1ª Bda AAAe. Desse modo, o Cmt dessa GU exerceria, também, a função de Cmt do Cmdo DA Ae. Essa solução é a mais viável, pois exige poucos cargos, ou seja, somente aqueles necessários a uma imprescindível adequação do Estado-Maior Geral da 1ª Bda AAAe, e não requer novas instalações, respeitando o regime de austeridade imposto pela Força.

Contudo, na Diretriz de Implantação do Cmdo DA Ae deve haver uma orientação no sentido de prosseguir com os estudos para a identificação da origem dos novos cargos necessários e dos recursos financeiros requeridos para a adaptação das instalações da 1ª Bda AAAe.

Com a finalidade de estabelecer a contribuição da F Ter para a D Aepc do TN, também deve ficar definido que o Cmdo DA Ae será o elo com o COMAE. Dessa maneira, o COMAE apresentará suas necessidades de acordo com o cenário vivenciado e o Cmdo DA Ae, após realizar o Exame de Situação, determinará a dosagem

de AAAe a ser alocada ao SISDABRA. Uma vez delineadas as condições para o cumprimento da missão, o Cmdo DA Ae acionará a 1ª Bda AAAe, que, por sua vez, designará quais OM devem ser empregadas, planejará e conduzirá as operações em prol do SISDABRA. Logo, a 1ª Bda AAAe será encarregada de atuar apenas na Defesa Aeroespacial Brasileira, ficando o Cmdo DA Ae responsável pelas outras atribuições concernentes à AAAe do EB, o que proporcionará um emprego mais otimizado e eficiente dessa Artilharia.

Conclui-se, pois, que a 1ª Bda AAAe corresponde à quase totalidade dos meios antiaéreos da F Ter atualmente. Contudo, essa GU é responsável por diversas atividades, o que exaure suas capacidades de coordenação, comando e controle. Portanto, a adequação dessa Bda para a criação do Cmdo DA Ae é a alternativa mais viável para o melhor cumprimento das muitas missões da Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro.

## 5. O Comando de Defesa Antiaérea

### 5.1. Estrutura Organizacional

A estrutura organizacional do Cmdo DA Ae será criada a partir da adequação da estrutura do Cmdo da 1ª Bda AAAe. Para tanto, será necessário agregar capacidades e competências à Seção de Operações da citada Bda e criar uma Seção de Planejamento para aprimorar as capacidades de planejamento, condução e comando e controle já existentes. Com isso, será possível o cumprimento, em melhores condições, de missões em prol do SISDABRA e em proveito da F Ter.



### 5.1.1. Seção de Planejamento

A Seção de Planejamento terá as seguintes atribuições, entre outras a serem determinadas pelo Cmt Crmdo DA Ae:

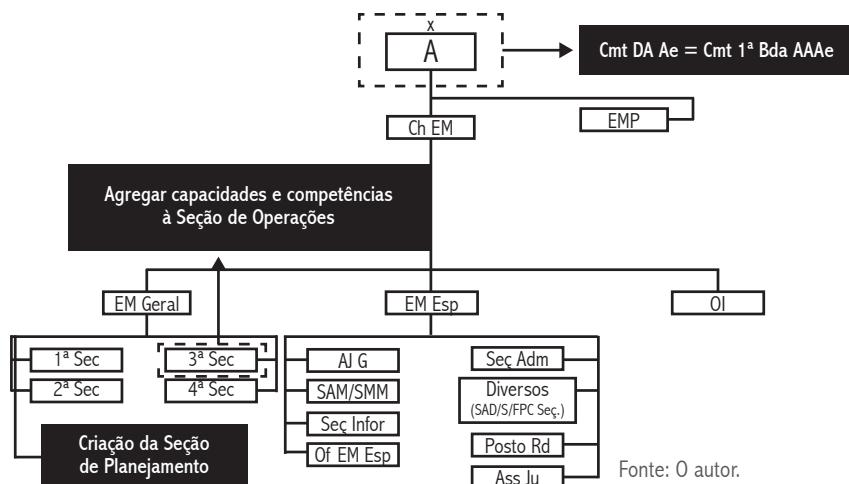
- realizar o planejamento das operações futuras, tanto aquelas em prol do SISDABRA, quanto aquelas em apoio à Força Terrestre ou ao Comando Conjunto;
- efetuar estudos referentes ao Quadro Organizacional (QO) próprio e de suas OMDS, bem como da doutrina relativa à Artilharia Antiaérea;
- executar estudos diversos demandados pelas OMDS e pelos

escalões superiores, tais como aqueles sobre redução de efetivos, análise de capacidades e limitações de materiais de emprego militar, legislações, entre outros;

- acompanhar as melhores práticas e lições aprendidas referentes ao emprego da Artilharia Antiaérea e fazer posterior cadastramento destas na Sistemática de Acompanhamento Doutrinário e Lições Aprendidas (SADLA) do COTER.

Desse modo, o Crmdo DA Ae terá a seguinte organização:

Figura 2: Estrutura organizacional viável do Crmdo DA Ae.



Fonte: O autor.

### 5.2. Missão

A missão do Crmdo DA Ae, por sua vez, é planejar, coordenar e controlar a atuação de toda a AAAe do Exército Brasileiro, quer seja em operações de D Aepc ou em apoio à F Ter e/ou ao Crmdo Op Cj. Assim, o Crmdo

irá assessorar o Comandante do COMAE e o Comandante do Teatro de Operações (CT Op) no tocante ao emprego dos meios antiaéreos, conforme prescreve o *Manual de Campanha Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a, p. 3-13).

Assim sendo, o Crmdo DA Ae alocará os



meios necessários ao SISDABRA, os quais serão empregados sob o Controle Operacional (Ct Op) do COMAE, e ao TO/A Op, onde terão seu emprego coordenado com a FAC. Cumpre ressaltar que a dosagem de meios antiaéreos e as condições de atuação em operações de D Aepc do TN serão propostas pelo Cmdo DA Ae para aprovação do COMAE. Após serem definidos tais requisitos, caberá à 1ª Bda AAAe a designação de quais meios serão empregados, o planejamento e a condução da operação DA Ae propriamente dita sob o Ct Op e mediante a coordenação do COMAE.

O Cmdo DA Ae será responsável, também, pelo assessoramento de DA Ae ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), desde os tempos de paz. Assim, caberá ao Cmt DA Ae participar do Exame de Situação do referido Estado-Maior sempre que a situação exigir a fim de definir a melhor maneira de a AAAe apoiar a hipótese de emprego levantada. Entre os benefícios dessa medida, estão: o oportuno esclarecimento sobre as tarefas que podem ser desempenhadas pela AAAe em prol da missão a ser cumprida; a facilitação da geração de poder de combate de um Comando Conjunto (C Cj) no tocante à proteção antiaérea, tanto para operações de guerra como de não guerra; e a rápida mobilização dos meios antiaéreos diante da evolução da estrutura de paz para a de guerra, caso necessário.

Nesse ínterim, quando for ativado um TO/A Op que inclua parte do TN, os meios de AAAe alocados ao COMAE para a D Aepc Brasileira poderão ser utilizados para a DA Ae de pontos sensíveis (P Sen) localizados na parte do TO/A Op delimitada dentro do TN. Nesse caso, caberá ao Cmdo DA Ae a coordenação

com a AAAe do TO/A Op, conforme pode ser observado no *Manual de Campanha Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a, p. 2-2).

Conforme exposto anteriormente, de acordo com o volume de meios de AAAe da F Ter disponíveis na Zona de Combate (ZC), pode ser estruturado um Comando de Artilharia Antiaérea da FTC, valor unidade ou grande unidade, que enquadra as unidades ou subunidades de Artilharia Antiaérea que estejam sob o controle direto da FTC durante a operação. Esse Comando normalmente não exerce o controle operacional dos meios antiaéreos dos escalões subordinados, cabendo-lhe apenas realizar a coordenação visando à integração, à economia de meios e ao controle temporário do tiro, bem como coordenar com a FAC a utilização dos meios antiaéreos da FTC no contexto da defesa aeroespacial do TO/A Op.

Ainda nessa linha de raciocínio, o *Manual de Ensino Defesa Antiaérea* afirma que, quando a FTC conduzir Op Ter empregando mais de um Grande Comando Operativo (G Cmdo Op) na ZC, o Cmdo AAAe FTC será constituído, no mínimo, por uma Bda AAAe (BRASIL, 2017b, p. 3-6). No entanto, sabe-se que o Exército Brasileiro possui apenas uma Bda AAAe, a qual, segundo proposta deste trabalho, deverá ficar vocacionada para o planejamento e a condução de operações em proveito da D Aepc do TN. Assim, quando for empregada força de valor superior a um G Cmdo Op na ZC, será responsabilidade do Cmdo DA Ae atuar como assessor do Cmdo Op Cj nos assuntos relativos à AAAe e também como Cmdo AAAe FTC. Isso porque será o Cmdo DA Ae que mobiliará o Cmdo AAAe FTC com pessoal e material, de acordo com a necessidade



apresentada, a fim de integrar e coordenar toda a AAAe da F Ter empregada.

Já os meios de AAAe da ZA são subordinados diretamente ao Comando de Defesa Antiaérea (Cmdo DA Ae) e serão agrupados em escalões de acordo com o vulto da operação a ser desencadeada e, consequentemente, do apoio logístico necessário. Assim sendo, caberá ao Cmdo DA Ae empregar os meios antiaéreos disponíveis na ZA para atender às necessidades próprias e às levantadas pela FAC (BRASIL, 2017a, p. 2-8).

### 5.3. Vinculação para preparo e emprego

No tocante à vinculação para preparo e emprego, o Cmdo DA Ae, que exercerá o comando e o controle sobre todas as U AAAe do EB, estará subordinado ao COTER. Com isso, ratifica-se a Portaria nº 215, do Cmt EB (BRASIL, 2003), que prevê a vinculação ao COTER, para fins de preparo operacional e de supervisão de emprego, da AAAe da F Ter a ser empregada em proveito do SISDABRA.

### 5.4. Subordinação Administrativa

No que se refere à subordinação administrativa, o Cmdo DA Ae estará subordinado à 2ª Região Militar, mantendo-se o vínculo administrativo da 1ª Bda AAAe, o que trará ganhos devido à preservação dos laços já existentes.

Deve-se salientar, ainda, a necessidade de se estabelecer o canal técnico do Cmdo DA Ae com as Bia AAAe orgânicas das Bda Inf/Cav e com a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) para fins de orientações técnicas, doutrinárias e logísticas. A importância desse canal se deve aos seguintes fatores: a

especificidade das tarefas desempenhadas pela AAAe; a possibilidade de que aquelas Baterias atuem sob o Ct Op ou sob a coordenação do referido Cmdo, tanto em operações de guerra como de não guerra, como visto, por exemplo, nas operações de DA Ae dos grandes eventos internacionais ocorridos no País; e a existência de diversas atividades que a EsACosAAe pode desenvolver em conjunto com o Cmdo DA Ae, ou aquelas relacionadas ao desenvolvimento de doutrina e à elaboração de orientações técnicas de AAAe.

Tendo em vista o exposto, infere-se que a estrutura organizacional do Cmdo DA Ae, por ocasião da criação e ativação deste, será uma adequação da organização da 1ª Bda AAAe, havendo apenas o incremento de algumas capacidades e competências.

Assim, uma vez implantado, o Cmdo DA Ae será o maior escalão de AAAe do Exército Brasileiro, responsável pela assessoria, pelo planejamento e pela condução de mais alto nível no tocante às operações DA Ae, quer sejam desenvolvidas no TN ou no TO/A Op. Terá como atribuição, também, a coordenação de todos os meios antiaéreos em operações singulares ou conjuntas quando for ativado um TO/A Op em que seja empregada uma força de valor superior a um G Cmdo Op.

## 6. Conclusão

Desde a criação do SISDABRA, o Exército Brasileiro comprometeu-se a cooperar com esse Sistema e, para tanto, criou a 1ª Bda AAAe. Portanto, sempre coube a essa GU a cessão de meios antiaéreos para serem elos permanentes do SISDABRA, bem como o



planejamento, a condução e o comando desses meios em missões destinadas à D Aepc do TN. Nesse contexto, observa-se que tais atividades, em função de sua magnitude e complexidade, praticamente esgotam as capacidades de planejamento e condução de operações e de comando e controle da referida Bda.

Atualmente, as OMDS da 1ª Bda AAAe também atuam em prol das operações desenvolvidas pela F Ter ou por um C Cj. Desse modo, nas operações no TO/A Op em que for empregada força superior a uma Bda, os meios antiaéreos da 1ª Bda AAAe também serão mobilizados para prover a DA Ae de tropas, instalações, órgãos, pontos e áreas de interesse desse Cmdo Op. Com isso, essa GU será responsável pela coordenação de todos os meios antiaéreos empregados. Logo, a referida Bda acumula duas missões de grande envergadura: atuar em prol do SISDABRA e em proveito do Cmdo TO/A Op. Isso pode extrapolar suas capacidades de planejamento, condução, comando e controle. Assim, a criação do Cmdo DA Ae é a solução para desonerar a 1ª Bda AAAe e possibilitar o preparo e o emprego otimizados e eficientes da AAAe do Exército Brasileiro.

Além disso, os meios antiaéreos da F Ter estão quase todos concentrados na 1ª Bda AAAe. Então, qualquer missão que empregue meios antiaéreos exigirá, muito provavelmente, a participação efetiva dessa GU no planejamento e na condução das ações, bem como na coordenação de tais meios. Ademais, a citada Bda possui uma série de encargos extras não relacionados à atividade fim, mas que também comprometem boa parte de sua capacidade de comando e controle. Tais fatos corroboram a pertinência da criação do Cmdo DA Ae, o qual

assumirá considerável parcela das atribuições que hoje sobrecarregam a 1ª Bda AAAe.

Esse Cmdo será estruturado a partir do Cmdo da 1ª Bda AAAe, sendo acrescidas algumas capacidades, como a criação de uma Seção de Planejamento. Essa iniciativa atende à política de redução de custos do EB, que contraindica a criação de novas OM, sugerindo a transformação de OM já existente caso surja a necessidade.

Com isso, o Cmdo DA Ae será responsável pelo planejamento, pela coordenação e pelo controle de todas as U AAAe da F Ter nos diversos cenários, em operações de guerra e de não guerra, além de prestar assessoria de AAAe ao CT Op nos níveis DE e superiores e, desde os tempos de paz, ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas e ao Comando de Operações Aeroespaciais. Por conseguinte, a 1ª Bda AAAe terá como missão precípua apenas o planejamento e a condução de operações DA Ae em proveito do SISDABRA, cumprindo suas atribuições em condições muito melhores.

Como sugestões para trabalhos futuros, podem ser apontadas as seguintes questões:

- a proposta do QC/QCP do Comando em tela;
- a melhor maneira para mobiliar os cargos a serem criados com a adequação da 1ª Bda AAAe para a criação do Cmdo DA Ae, levantando-se a origem dos militares para a ocupação de tais claros;
- a viabilidade de esse comando ser conjunto.

Por fim, para se contrapor aos sofisticados e variados tipos de ameaças aéreas do mundo



atual, e considerando-se o cenário de crise econômica que o País atravessa, são necessárias soluções inovadoras que permitam gerar novas capacidades para a AAAe do Exército Brasileiro. Nesse ínterim, a criação do Cmdo DA Ae a partir da adequação do Cmdo da 1<sup>a</sup> Bda AAAe

é a alternativa mais viável para potencializar a eficiência do preparo e do emprego dos meios antiaéreos disponíveis, possibilitando que a AAAe cumpra, da melhor maneira possível, a variada gama de missões que possui.



## Referências

- BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa**. 3. ed. Brasília-DF, 2016a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.231 – Manual de Campanha Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília-DF, 2017a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB70-P-11.001 – Programa de Instrução Militar para o ano de 2019**. Brasília-DF, 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Departamento de Educação e Cultura. **EB60-ME-23.301 – Manual de Ensino Defesa Antiaérea**. 1. ed. Rio de Janeiro, 2017b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Escritório de Projetos. **Programa Estratégico do Exército – Defesa Antiaérea**. Disponível em: <[http://www.epex.eb.mil.br/index.php/defesa-antiaarea/escopodaae](http://www.epex.eb.mil.br/index.php/defesa-antiaerea/escopodaae)>. Acesso em: 8 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **EB20-MC-10.202 – Manual de Campanha Força Terrestre Componente**. 1. ed. Brasília-DF, 2014a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB20-MC-10.208 – Manual de Campanha Proteção**. 1. ed. Brasília-DF, 2015.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. EB20-MC-10.301 – **Manual de Campanha Força Terrestre Componente nas Operações**. 1. ed. Brasília-DF, 2014b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Quadro de Organização e Base Doutrinária de Bda AAAe**. Brasília-DF, 1988.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Gabinete do Comandante. **Plano Estratégico do Exército 2016 - 2019**. 3. ed. Brasília-DF, 2017c.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria nº 215, de 29 de abril de 2003. Vincula a 1<sup>a</sup> Brigada de Artilharia Antiaérea ao Comando de Operações Terrestres, para fins de preparo operacional e de supervisão de emprego. **Boletim do Exército nº 19/2003**, Brasília-DF, 9 maio 2003.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria nº 318, de 11 de abril de 2014. Transfere a 1<sup>a</sup> Bateria de Artilharia Antiaérea para a cidade de Manaus-AM, transforma-a em 12º Grupo de Artilharia Antiaérea e dá outras providências. **Boletim do Exército nº 17/2014**, Brasília-DF, 25 abr. 2014c.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria nº 531, de 23 de maio de 2016. Altera a denominação do 12º Grupo de Artilharia Antiaérea e dá outras providências. **Boletim do Exército Nº 21/2016**, Brasília-DF, 27 maio 2016b.



\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria nº 532, de 23 de maio de 2016. Altera a sede da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea e dá outras providências. **Boletim do Exército nº 21/2016**, Brasília-DF, 27 maio 2016c.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria nº 876, de 12 de agosto de 2014. Cria e ativa o Batalhão de Manutenção e Suprimento de Artilharia Antiaérea e dá outras providências. **Boletim do Exército nº 34/2014**, Brasília-DF, 22 ago. 2014d.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto Presidencial Reservado nº 9, de 18 de março de 1980. Cria o Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (COMDABRA) e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 20 mar. 1980a.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Decreto Presidencial Reservado nº 10, de 18 de março de 1980. Cria o Núcleo do Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (NuCOMDABRA) e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 20 mar. 1980b.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Casa Civil. Decreto-Lei nº 1.778, de 18 de março de 1980. Cria o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro - SISDABRA e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília-DF, 20 mar. 1980c.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Decreto nº 85.531, de 16 de dezembro de 1980. Cria a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 18 dez. 1980d.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Decreto nº 1.758, de 26 de dezembro de 1995. Ativa o Comando de Defesa Aeroespacial Brasileiro (COMDABRA) de que trata o Decreto Reservado nº 9, de 18 de março de 1980, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 27 dez. 1995a.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Secretaria-Geral. Decreto nº 9.077, de 8 de junho de 2017. Altera o Decreto nº 6.834, de 30 de abril de 2009, que aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superiores e das Funções Gratificadas do Comando da Aeronáutica, do Ministério da Defesa, e o Decreto nº 5.144, de 16 de julho de 2004, que regulamenta os §§ 1º, 2º e 3º do art. 303 da Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica, no que concerne às aeronaves hostis ou suspeitas de tráfico de substâncias entorpecentes e drogas afins, e dispõe sobre a estrutura do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro – SISDABRA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, 9 jun. 2017d.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior das Forças Armadas. **FA-E-02/95 – Diretriz para a Defesa Aeroespacial do Território Nacional**. Brasília-DF, 1995b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Exército. **Portaria Ministerial nº 3 – Diretriz para a Estruturação da AAAe do Exército no SISDABRA**. Brasília-DF, 1981.





## □ O Emprego da Artilharia Antiaérea do Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil no Assalto Anfíbio

CMG (FN) Marcio PRAGANA Patriota<sup>1</sup>

### Resumo

O presente artigo tem por propósito abordar, de modo sucinto, a forma de emprego da Defesa Antiaérea do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) da Marinha do Brasil em um Assalto Anfíbio, que representa uma das modalidades das Operações Anfíbias. Para permitir uma compreensão ampla sobre esse emprego do CFN, serão apresentados

alguns conceitos sobre a organização da Artilharia Antiaérea e os Eixos Estruturantes que orientam e condicionam o emprego dos meios antiaéreos, além de um exemplo didático sobre a cinemática da Defesa Antiaérea no contexto do Assalto Anfíbio.

**Palavras-chave:** Artilharia Antiaérea; Defesa Antiaérea; Corpo de Fuzileiros Navais (CFN); Assalto Anfíbio; Operações Anfíbias.



### 1. Introdução

Um dos aspectos que diferencia a Marinha de Guerra das demais Marinhas é a sua capacidade de projetar poder sobre terra. No caso da Marinha do Brasil, uma das formas de projetar esse poder é o emprego de tropas de Fuzileiros Navais em uma Operação Anfíbia (BRASIL, 2017).

Entretanto, para que uma Operação Anfíbia possa ser realizada, a doutrina do CFN prevê que a Força de Desembarque (ForDbq) busque obter a superioridade aérea local para atingir seus propósitos (BRASIL, 2008a).

A superioridade aérea local, por sua vez, é obtida e mantida pela Aviação de Combate, particularmente pela Aviação Naval Embarcada

que, pelo fato de operar a partir de navios, apresenta limitação na quantidade de meios aéreos. Dessa forma, a fim de mitigar essa limitação de meios aéreos e contribuir para a conquista e a manutenção da superioridade aérea local, o CFN necessita de uma Defesa Antiaérea robusta que possua característica expedicionária e possa ser integrada à Defesa Antiaérea provida pelos navios.

O presente artigo tem por finalidade apresentar, de forma sucinta, como ocorre o emprego da Artilharia Antiaérea do CFN em um Assalto Anfíbio, retratando brevemente a estrutura da Artilharia Antiaérea no CFN e a dinâmica de desembarque, além de aspectos de Comando, Controle e Logística.

<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais – EN, 1996; Curso de Especialização em Guerra Anfíbia – CIASC, 1997; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 1999; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais – CIASC, 2003; Curso de Estado-Maior para Oficiais Intermediários – EGN, 2007; Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores – EGN, 2013; Foi comandante do Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea do CFN.



## 2. A Artilharia Antiaérea no Corpo de Fuzileiros Navais

A Defesa Antiaérea orgânica do CFN é provida pelo Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea (BtlCtAetatDAAe), unidade subordinada à Divisão Anfíbia, e materializada, atualmente, por meio de sua Bateria de Artilharia Antiaérea (BiaArtAAe), subunidade que utiliza seções de Mísseis Superfície-Ar (MSA) Mistral, de fabricação francesa, para a defesa de pontos em baixa altura.

Figura 1: Unidade de Tiro de MSA Mistral – O sol é o CZA!



Fonte: Acervo BtlCtAetatDAAe.

O BtlCtAetatDAAe difere de um Grupo de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro (EB) por possuir outras atribuições além da Defesa Antiaérea. Assim, o BtlCtAetatDAAe também é responsável pelas atividades relacionadas à condução da chamada Batalha Profunda: planejamento de emprego e controle aerotático de aeronaves, emprego de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), realização de Recuperação Tática de Pilotos e Aeronaves (RTPA), além de estabelecimento e operação de uma Base de Operações Aéreas (BOA).

Outra diferença em relação à Artilharia Antiaérea do EB é que a BiaArtAAe não é empregada isoladamente. Isso se deve aos três Eixos Estruturantes adotados pelo CFN (BRASIL, 2013):

- Eixo 1 – *Operação Anfíbia*: preconiza o constante aperfeiçoamento da capacidade de realizar Operações Anfíbias. Ao se preparar para essas complexas operações, as Forças de Fuzileiros Navais estarão, também, aptas a conduzir outras de diferentes naturezas e envergaduras. Esse eixo garante identidade institucional e conforma o perfil operacional do CFN;
- Eixo 2 – *Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais* (GptOpFuzNav): consiste no emprego das Forças de Fuzileiros Navais organizadas, prioritariamente, sob a forma de GptOpFuzNav, que é uma organização para o combate nucleada por tropa de Fuzileiros Navais constituída para o cumprimento de missão específica e estruturada segundo o conceito organizacional de componentes, reunindo os elementos constitutivos de acordo com a natureza de suas atividades;
- Eixo 3 – *Guerra de Manobra*: o CFN privilegia a adoção do estilo de Guerra de Manobra para o emprego do GptOpFuzNav, sem descartar os preceitos da Guerra de Atrito.

O segundo Eixo, portanto, prioriza a estruturação da Força em componentes dimensionados para atender a uma missão específica (Figura 2).

Normalmente, o Componente de Combate Terrestre (CCT) é nucleado em elementos da especialidade de Infantaria, sendo o responsável pela *Batalha Aproximada*. O Componente de Combate Aéreo (CCA), nucleado pelo BtlCtAetatDAAe, é o responsável pela condução da *Batalha Profunda*, que trata de moldar o campo de batalha. Simplificadamente, ela abrange



Figura 2: Estrutura genérica, em componentes, do GptOpFuzNav.



Fonte: Brasil (2013).

as ações a partir da Linha de Coordenação de Apoio de Fogo, podendo alcançar o limite da Área do Objetivo Anfíbio (AOA), caso haja meios para tal. O Componente de Apoio de Serviços ao Combate (CASC) abrange as atividades logísticas da ForDbq e é o responsável pela *Batalha de Retaguarda*. O Componente de Comando, onde se encontra o Comando do GptOpFuzNav, é o responsável pela *Batalha de Comando e Controle*, sendo o Comandante da ForDbq encarregado da integração das quatro Batalhas mencionadas (BRASIL, 2008a).

Atendendo a esse conceito de GptOpFuzNav, a BiaArtAAe estará subordinada ao CCA e realizará a defesa antiaérea conforme a Prioridade de Defesa Antiaérea do elemento apoiado. Portanto, não é previsto, na doutrina, o emprego isolado da BiaArtAAe, devendo a mesma integrar o CCA de um GptOpFuzNav. Um exemplo clássico desse emprego foi a execução da Defesa Antiaérea durante os grandes eventos realizados na cidade do Rio de Janeiro, particularmente na Copa do Mundo FIFA 2014, quando a BiaArtAAe integrou o CCA de um GptOpFuzNav, exercendo o esforço principal desse grupamento operativo.

O GptOpFuzNav, entretanto, não existe sozinho no âmbito de uma Operação Anfíbia. Nessa situação, ele será integrante de um Conjugado

Anfíbio, que é composto por meios navais, pelo próprio GptOpFuzNav embarcado nesses meios e por meios aeronavais adjudicados.

Figura 3: Integrantes do Conjugado Anfíbio.



Fonte: Internet.

O Conjugado Anfíbio é composto por uma Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf) e por uma ForDbq. De forma simples, a ForTarAnf é composta pelos meios navais e aeronavais, enquanto a ForDbq é composta pelos meios de Fuzileiros Navais.

Cabe ressaltar que o primeiro Eixo Estruturante traz implicações diretas à Defesa Antiaérea. Ser vocacionado para Operações Anfíbias e integrado em um Conjugado Anfíbio significa possuir capacidade expedicionária, remetendo aos conceitos de missão por tempo limitado e necessidade de ser autossustentável. Esses



aspectos trazem limitações logísticas à Defesa Antiaérea do CFN, particularmente quanto a peso e volume de material, munição e sobressalentes para embarque nos meios navais.

Essa limitação se torna clara quando se imagina o emprego, por exemplo, de seis canhões antiaéreos 40 mm por quinze dias em missão. Quantas toneladas de munição seriam necessárias e qual seria o volume necessário para armazenar tanta munição a bordo? Isso sem falar em locais para alojar as guarnições, considerando-se um total de cerca de dez homens por canhão desse tipo. Todo esse material e pessoal estaria ocupando espaço que poderia ser prioritário para outros integrantes do GptOpFuzNav. Dessa forma, as limitações de peso e espaço a bordo implicam limitações logísticas para a Defesa Antiaérea do CFN. Portanto, devido aos menores volume e peso da munição a ser empregada, assim como a quantidade reduzida de militares em cada guarnição, o MSA pode ser considerado um armamento preferencial em relação ao armamento de tubo no contexto de Operações Anfíbias.

Em que pese as Operações Conjuntas já haverem consolidado seu espaço na realidade da guerra, o Conjugado Anfíbio pode ser levado a operar fora do alcance de apoio das aeronaves da Força Aérea Brasileira (FAB), particularmente pela sua natureza expedicionária e pela sua capacidade de permanência, inerente às Forças Navais. Mesmo que haja alcance para apoio pela FAB, pode ser que não haja tempo hábil para que se consiga coordenar o emprego dessas aeronaves a partir de uma base fora do território nacional. Um exemplo seria uma operação para evacuar nacionais que se encontram em algum país de outro continente que esteja passando

por uma crise interna. Nesse contexto, a aviação aeronaval embarcada pode ser a única aviação disponível, responsável por obter e manter a superioridade aérea local. Como os meios aeronavais são naturalmente limitados em quantidade devido à restrição de espaço disponível nos navios, o CFN necessita de uma Defesa Antiaérea robusta, com capacidade de baixa e de média altura, a fim de mitigar essa limitação e contribuir para a manutenção da superioridade aérea local.

Apesar de poder operar integrada à defesa antiaérea dos navios, a Artilharia Antiaérea do CFN deve ser autônoma, capaz de prover defesa omnidirecional em baixa e em média altura. Em virtude de serem complexos sistemas de armas, os navios tornam-se meios sobremaneira nobres para serem subutilizados com foco apenas na defesa antiaérea de tropas em terra. Além disso, tais navios podem receber tarefas adicionais que os levem a se afastar da tropa, deixando-a sem seu apoio na defesa antiaérea. A tropa também pode ter de se interiorizar, afastando-se da Força Naval e, portanto, ter a eficiência do apoio dos meios navais significativamente reduzido.

A doutrina de Defesa Antiaérea utilizada pelo CFN se utiliza de conceitos semelhantes aos existentes no EB, o que é saudável ao emprego conjunto, uma vez que gerações de oficiais e praças do CFN passaram pelos bancos escolares da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, o que vem contribuindo para o aprimoramento doutrinário anfíbio e para a interoperabilidade das respectivas Forças Singulares. Constatase, assim, que os fundamentos e os princípios de emprego da Artilharia Antiaérea, o método de planejamento da defesa de um ponto sensível, as medidas de coordenação e controle da Defesa



Antiaérea, por exemplo, dentre outros conceitos, são similares nas doutrinas do CFN e do EB (BRASIL, 2008b).

Por outro lado, os conceitos de Defesa Aeroespacial da FAB também são levados em conta durante o planejamento da Defesa Antiaérea do CFN, assim como vem sendo buscada a participação de oficiais e meios da FAB durante os adestramentos do BtlCtAetatDAAe e, em um espectro mais amplo, dos adestramentos da Força de Fuzileiros da Esquadra (FFE) que envolvam um CCA, como ocorre no exercício anual de Formosa-GO. Dessa forma, a Defesa Antiaérea do CFN vem estreitando laços com os homólogos do EB e da FAB, contribuindo para a interoperabilidade da Defesa Aeroespacial entre as Forças Singulares.

### **3. Dinâmica sucinta de Desembarque e aspectos de Comando e Controle**

Pretende-se, agora, apresentar um exemplo didático e genérico, mas ilustrativo, sobre a cinemática de emprego da Defesa Antiaérea em um Assalto Anfíbio.

O Assalto Anfíbio, uma das modalidades de Operações Anfíbias que buscam a conquista de um território, geralmente é efetivado pela conquista e a manutenção de uma Cabeça-de-Praia (CP) e dos objetivos da Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf) e da ForDbq nela existentes. Mais especificamente, à luz da doutrina, seria um “ataque lançado do mar para, mediante um desembarque, estabelecer firmemente uma ForDbq em terra. Tal desembarque é executado por meios de superfície e/ou aéreos e apoiado por meios navais e/ou aéreos.” (BRASIL, 2008a).

Atendendo ao princípio de normalmente não manter a Artilharia em reserva (BRASIL, 2008b),

as seções de MSA Mistral geralmente são colocadas à disposição (situação de Comando) dos Batalhões de Infantaria do CFN para desembarque com os mesmos nos momentos iniciais do Assalto Anfíbio.

Tão logo julguem oportuno, os comandantes das unidades apoiadas desembarcarão a respectiva seção de MSA colocada à sua disposição. Nesse momento, cada seção atenderá à prioridade de defesa antiaérea de cada batalhão apoiado, recebendo seu apoio logístico por meio da Instalação Logística Sumária (ILS) desse batalhão.

A prioridade de Defesa Antiaérea da ForDbq é estabelecida pelo seu comandante (ComForDbq). Assim, nesse exemplo, as seções de MSA serão oportunamente revertidas para o controle do CCA visando defender o ponto sensível priorizado pelo ComForDbq tão logo seja possível. Isso pode ocorrer, por exemplo, no momento do estabelecimento do Posto de Comando da ForDbq (PC/ForDbq) em terra, caso esse PC tenha recebido a prioridade de Defesa Antiaérea.

O CCA, com os radares de vigilância e o Centro de Operações Antiaéreas (COAAe), encontra-se ainda embarcado. Entretanto, as Seções e Unidades de Tiro (UTir) de MSA devem manter comunicações com o COAAe embarcado a fim de receberem alvos. Via de regra, o COAAe se utilizará do radar do navio onde estiver embarcado para vigilância e designação de alvos.

Geralmente, após a conquista das linhas de alturas que proporcionem segurança contra tiros curvos para a Praia de Desembarque, os meios de apoio ao combate iniciarão seu desembarque. Normalmente, nessa ocasião, ocorrerá o desembarque dos radares do CCA. O desembarque do Comando da BiaArtAAe



poderá ocorrer nesse momento ou mesmo antes. O COAAe poderá desembarcar ou continuar operando a bordo, dependendo da operação. Consideraremos, neste exemplo, que o COAAe desembarcou e se estabeleceu em terra.

Caso o Comando do CCA continue embarcado, o COAAe deverá possuir comunicações com os radares desembarcados e com as Seções e UTir de MSA, assim como com a Célula de Defesa Aeroespacial (CDA), que é uma das agências do CCA.

Ao desembarcar, o CCA se estabelecerá em terra e passará a manter comunicações com o Centro de Controle Aerotático (CCAT) ou com o Centro de Direção Aerotático (CDAT) embarcado, dependendo da relação de controle dos meios aéreos vigente. Também manterá comunicações com o COAAe e este com os radares e Seções / UTir de MSA.

#### 4. Aspectos Logísticos

O apoio logístico da Defesa Antiaérea começa nos navios, onde se encontram a munição, os sobressalentes e demais suprimentos embarcados. Esses suprimentos serão desembarcados na Área de Apoio do Desembarque (AApDbq), sob o controle do CASC. Entre a AApDbq e a ILS da BiaArtAAe, as quatro seguintes situações poderão ocorrer:

- **havendo o desembarque completo do CCA**, ele estabelecerá sua ILS. Os suprimentos seguirão o caminho AApDbq / CASC – ILS / CCA – ILS / BiaArtAAe – Seções de MSA;
- **não havendo o desembarque completo do CCA**, poderá ser instalada uma BOA, com a respectiva ILS do CCA operando nela, devido à necessidade de apoio aos

elementos do componente desembarcados (aviação, defesa antiaérea, etc.). O caminho dos suprimentos será AApDbq / CASC – ILS / CCA – ILS / BiaArtAAe – Seções de MSA;

- **caso apenas a BiaArtAAe tenha desembarcado e esteja à disposição de alguma unidade**, a ILS do elemento apoiado receberá os suprimentos e ressuprirá a ILS da BiaArtAAe. O caminho dos suprimentos será AApDbq / CASC – ILS / Elemento apoiado – ILS / BiaArtAAe – Seções de MSA;
- **caso apenas a BiaArtAAe tenha desembarcado e não esteja sendo empregada à disposição de alguma unidade**, o suprimento passará pelo Destacamento de Apoio de Serviços em Combate (DASC) que estiver apoiando as tropas na área do ponto sensível. Isso dependerá de coordenação prévia entre o CCA e o CASC, que controla e opera os DASC. O caminho dos suprimentos será AApDbq / CASC – DASC / CASC – ILS / BiaArtAAe – Seções de MSA.

#### 5. Conclusão

A Defesa Antiaérea do CFN, que é vocacionada para Operações Anfíbias, deve possuir capacidade expedicionária e poder contribuir, de forma significativa, para o estabelecimento e a manutenção da superioridade aérea local, assim como para compensar as limitações da aviação aeronaval embarcada.

A necessidade de ser transportada em meios navais pode ser um fator limitante para sua logística devido ao peso e aos volumes embarcados, mas entende-se que tal limitação não



pode se sobrepor à necessidade de cumprimento da missão, uma vez que a ineficiência da Defesa Antiaérea poderá comprometer toda a Operação Anfíbia.

A similaridade doutrinária da Defesa Antiaérea do CFN com a Doutrina Antiaérea do EB e com

os conceitos de Defesa Aeroespacial da FAB contribui para a interoperabilidade da Defesa Antiaérea das Forças Singulares, permitindo que eventuais operações conjuntas, particularmente no que tange à Defesa Antiaérea, não se tornem desafios relevantes.



## Referências

BRASIL. Ministério da Defesa. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. CGCFN-0-1: Manual de Fundamentos de Fuzileiros Navais. 1. rev. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. CGCFN-1-1: Manual de Operações Anfíbias dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008a.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. CGCFN-322: Manual de Defesa Antiaérea dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008b.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior da Armada. EMA-305: Doutrina Militar Naval. 1. ed. Brasília, 2017.





## □ As perspectivas do Combate Antidrone na Força Terrestre

Maj Art George KOPPE Eiriz<sup>1</sup>

### Resumo

O presente artigo tem por finalidade apresentar os principais aspectos relativos ao desenvolvimento da Capacidade de Combate Antidrone (C-UAS)<sup>2</sup> na Força Terrestre. O emprego crescente de drones em ações de ataque às tropas e instalações nos conflitos mais recentes indica uma tendência de proliferação desses sistemas no campo de batalha do século XXI. Nesse contexto, este artigo apresenta conceitos doutrinários já existentes que apontam para a introdução da capacidade antidrone na Função de Combate Proteção, tecendo considerações acerca das variadas técnicas de detecção, rastreamento e interceptação de drones de dimensões reduzidas, além de pontuar os tipos de plataformas de sistemas C-UAS existentes no mercado mundial de Defesa. Neste trabalho, busca-se, ainda, explorar a descontinuidade de

estudos e experimentações na Doutrina Militar Terrestre após o emprego inicial desses tipos de sistemas nos Jogos Olímpicos de 2016, laboratório de introdução do tema no campo militar brasileiro. O artigo também trata de um conhecimento atual e intrigante ao descrever uma ameaça que possui um imenso potencial destrutivo: o “enxame de drones” (*drone swarms*). Por fim, são registradas as impressões iniciais do desenvolvimento da capacidade C-UAS no Exército Brasileiro de acordo com os fatores determinantes e indissociáveis para a geração de força por meio do Planejamento Baseado em Capacidades (PBC), constante do Catálogo de Capacidades do Exército para o período até 2035.

**Palavras-chave:** Combate Antidrone; C-UAS; *Drone Swarms*, SARP; DOAMEPI.



<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2002; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2006; Mestrado em Operações Militares – EsAO, 2010; Curso de Comando e Estado-Maior – ECUME, 2017/2018; Curso Avançado de Inteligência – EsIMEx, 2019; Instrutor da Seção de Ensino de Inteligência da EsIMEx.

<sup>2</sup>Do termo *Counter Unmanned Aerial Systems* (C-UAS).



## 1. Introdução

Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), popularmente conhecidas como Drones<sup>3</sup>, constituem uma das principais ameaças no campo de batalha na atualidade. A crescente utilização de plataformas não tripuladas por parte de diversos atores, estatais ou não, com a finalidade de obter vantagem tática sobre o oponente, indica a necessidade premente de que as Forças Armadas, em âmbito mundial, formulem Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP) antidrones.

Os SARP classificados nas categorias de três a cinco<sup>4</sup>, por seu perfil de voo e características estruturais (elevada seção reta radar, assinaturas infravermelha e visual significativas), tornam-se alvos típicos dos sistemas de Defesa Antiaérea. Contudo, as plataformas remotamente pilotadas situadas nas categorias de zero a dois apresentam-se como oponentes complexos em decorrência da furtividade, do perfil de voo mais baixo e das assinaturas infravermelha, visual e acústica reduzidas.

Paralelamente, tecnologias no estado da arte têm sido desenvolvidas para proteger ativos contra o ataque daqueles tipos de vetores aéreos, tanto em operações de guerra como de não guerra. Tais sistemas são denominados, no campo militar, de *Counter Unmanned Aerial Systems* (C-UAS — em português: Sistemas

<sup>3</sup>Drone é um termo genérico que significa “zangão” ou “zumbido” na língua portuguesa. O vocábulo originou-se nos Estados Unidos em decorrência do barulho característico das plataformas não tripuladas. Não possui amparo técnico ou definição na legislação brasileira.

<sup>4</sup>As categorias de SARP estão previstas no *Manual de Campanha EB70-MC-10.214 – Vetores Aéreos da Força Terrestre*, 2. ed, 2020.

Antiaeronaves Não Tripuladas; ou Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas – SARP).

A projeção do mercado global de C-UAS é da movimentação de cerca de 2,2 bilhões de dólares até 2024, tendo sido registrada uma previsão de Taxa de Crescimento Anual Composta<sup>5</sup> de 28,5% no período de 2019 a 2024 (MARKET RESEARCH FUTURE, 2019). Segundo Michel (2018, p. 3), foram identificados 230 produtos desenvolvidos por 155 fabricantes de 33 países.

A proliferação das tecnologias antidrone está diretamente relacionada às preocupações crescentes relativas à ameaça que as plataformas não tripuladas representam para os ambientes civil e militar.

Com relação à aviação civil, pequenos drones foram responsáveis pela interdição temporária de aeroportos com intenso fluxo de aeronaves: podem ser citados os casos de aparição de SARP no espaço aéreo sobrejacente aos aeroportos londrinos de Gatwick e Heathrow, além do Aeroporto de Congonhas, no Brasil. Tais ameaças não só acarretaram prejuízos de milhões de dólares às companhias aéreas e cancelamentos de voos de milhares de passageiros, como também representaram um elevado risco de colisão contra aeronaves comerciais.

No campo militar, plataformas remotamente pilotadas de dimensões reduzidas se apresentam como ameaças assimétricas complexas aos comandantes de diversos escalões e decisores nos campos de batalha, pois são empregadas tanto para danificar instalações sensíveis de uma

<sup>5</sup>A taxa de crescimento anual composta é um termo específico de negócios e investimentos para a taxa de progressão geométrica que fornece uma taxa de retorno constante ao longo do período.



força como para provocar baixas nos efetivos da tropa desdobrados no terreno.

## 2. As ameaças dos drones na atualidade

Nos conflitos do Iraque e da Síria, pelo menos seis grupos pertencentes ao ISIS<sup>6</sup> operaram uma grande variedade de plataformas remotamente pilotadas. Essa estratégia favoreceu até mesmo atores com escassos apoios financeiros, permitindo um controle aéreo local que se mostrou decisivo nas ações de combate (MICHEL, 2018).

Alguns desses mesmos grupos armaram, de forma eficiente, drones com munição explosiva, convertendo efetivamente kits de *hobby* de baixo custo em mísseis guiados rudimentares, mas potencialmente letais.

Um caso histórico marcante sobre o emprego de SARP em combate consistiu no ataque ao campo petrolífero de Khurais e à refinaria da Saudi Aramco em Abqaiq, na Arábia Saudita. O primeiro local foi atingido por duas ondas sucessivas de drones de origem iraniana, enquanto que o segundo sítio tornou-se alvo de ataques de plataformas remotamente pilotadas e de mísseis de cruzeiro. Na ocasião, a produção de petróleo da Arábia Saudita foi cortada pela metade, correspondendo a 5% da produção total diária de petróleo no mundo. O tipo de ataque com o emprego dessa tecnologia disruptiva consistiu em um alerta para o setor energético mundial, que passou a demonstrar maior interesse pelo emprego de sistemas e tecnologias C-UAS (DEFESANET, 2019).

<sup>6</sup> Estado Islâmico do Iraque e do Levante.

## 3. O Combate Antidrone e a Doutrina Militar Terrestre

As discussões sobre o emprego de sistemas de combate antidrone ainda são incipientes na Força Terrestre. Isso se deve à ausência de ações danosas de vulto contra instalações e efetivos militares com a utilização desse tipo de plataforma. Por outro lado, a inexistência de tecnologia nacional integradora de sistemas C-UAS também colabora para essa constatação.

O *Manual de Campanha EB70-MC-10.341 (Lista de Tarefas Funcionais)* apresenta as ações de combate antidrone no contexto da atividade de realizar a Defesa Antiaérea, relacionada à Função de Combate Proteção:

Impedir, neutralizar ou dificultar o ataque de plataformas aéreas hostis: consiste em realizar a busca, a detecção, a identificação e a destruição de alvos aéreos, alocando o subsistema de armas de defesa antiaérea mais apropriado para engajar uma plataforma aérea hostil de modo a limitar a liberdade de ação de meios aéreos do inimigo. (BRASIL, 2016, 7-1; grifo nosso).

Por sua vez, as possibilidades dos Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) são destacadas como ameaça aérea no *Manual de Campanha EB70-MC-10.231 (Defesa Antiaérea)*, a saber:

O emprego da arma aérea possibilita ao oponente: a) o ataque a diversos alvos simultaneamente, empregando um número variável de aeronaves (Anv) e de outros engenhos aeroespaciais, como satélites, mísseis (Msl), aeronaves remotamente pilotadas (ARP), etc. (BRASIL, 2017b, 1-1; grifo nosso).



Paralelamente, o *Manual de Ensino EB60-ME-23.301 (Defesa Antiaérea)* discorre sobre as limitações dos Sistemas de Defesa Antiaérea no engajamento de ARP do chamado grupo LSS<sup>7</sup>: “[...] dificuldade de detectar e abater, sem danos colaterais, ARP de categoria inferior à Categoria 2 (Catg 2) [...]”. (BRASIL, 2017a, 3-3; grifo nosso).

#### 4. Classificação dos Sistemas de Combate Antidrone

Sistemas de combate antidrone distintos baseiam-se em uma variedade de técnicas para detecção e interceptação do vetor aéreo hostil. Os quadros a seguir descrevem os principais métodos empregados pelos produtos atualmente existentes no mercado de Defesa em âmbito mundial.

Quadro 1: Classificação de Sistemas C-UAS quanto a Detecção e Rastreamento.

Radar	Deteta a presença de ARP LSS pela assinatura radar, que é gerada quando o drone encontra o pulso de radiofrequência (RF) emitido por um elemento de detecção. Os sistemas desta categoria frequentemente empregam algoritmos para distinguir os drones dos demais objetos pequenos voando em baixa altura, tais como pássaros.
Radiofrequência	Identifica a presença de Drones pela varredura das frequências mais comuns utilizadas por essas plataformas. Algoritmos escolhem e geolocalizam os equipamentos emissores de RF embarcados em ARP mais prováveis na área ao redor.
Eletro-ótico	Deteta Drones com base na assinatura visual.
Infravermelho (IR)	Deteta Drones com base na assinatura térmica.
Acústico	Deteta drones pelo reconhecimento do ruído característico produzido pelos seus motores. Sistemas acústicos baseiam-se em uma biblioteca de sons produzidos por SARP conhecidos, os quais são comparados a sons detectados no ambiente operacional.
Sensores combinados	Vários sistemas integram diferentes tipos de sensores com o intuito de fornecer uma capacidade de detecção mais robusta. A título de exemplo, um sistema pode incluir um sensor acústico para guiar uma câmera ótica e, assim, detectar um provável drone nos arredores. A utilização de múltiplos elementos de detecção também pode ser concebida para aumentar a probabilidade de sucesso de uma detecção, considerando-se que nenhum método isolado é totalmente isento de falhas.

Fonte: Michel (2018).

<sup>7</sup> Low, Slow and Small (ARP de perfil de voo baixo, lenta e de pequenas dimensões).



Quadro 2: Classificação de Sistemas C-UAS quanto a Interceptação.

Interferência por RF	Interrompe a ligação de RF entre o drone e seu operador, gerando grandes volumes de saída de RF. O <i>link</i> RF, que pode incluir <i>links WiFi</i> , uma vez cortado, levará a ARP a pousar automaticamente ou iniciar uma manobra de “voltar para casa”.
Interferência em Sistemas Satelitais de Navegação Global <sup>8</sup>	Interrompe o <i>link</i> de satélite do drone, como GPS ou GLONASS, que é usado para navegação. Drones que perdem seu <i>link</i> de satélite pairarão no lugar, pousarão ou “voltarão para casa”.
Falsificação ( <i>Spoofing</i> )	Permite que alguém assuma o controle do drone alvo, sequestrando seu <i>link</i> de comunicação (também conhecida como manipulação de protocolo).
Laser	Destroi segmentos vitais da estrutura do drone usando energia direcionada, fazendo com que ele se projete ao solo.
Redes	Projetado para emaranhar o drone alvo e/ou seus rotores.
Projéteis	Emprega munição regular ou customizada para destruir ARP invasoras.
Elementos Combinados de Interceptação	Vários sistemas C-UAS também empregam uma combinação de elementos de interceptação – mais comumente, sistemas de interferência RF e GNSS que funcionam em conjunto.

Fonte: Michel (2018).

Quadro 3: Classificação de Sistemas C-UAS quanto ao Tipo de Plataforma.

Terrestres (Figura 1)	Sistemas projetados para serem usados a partir de posições estacionárias ou móveis no solo. Essa categoria inclui sistemas instalados em locais fixos, sistemas móveis e sistemas montados em veículos terrestres.
Portáteis (Figura 2)	Sistemas projetados para serem operados por um único indivíduo. Muitos se assemelham a rifles ou armas pequenas.
Baseadas em drones	Sistemas projetados para serem montados em drones, que podem entrar em proximidade com as ARP alvos a fim de empregar elementos de interceptação “à queima-roupa”.

Fonte: Michel (2018).

Figura 1: Exemplo de Sistema de C-UAS Terrestre Móvel.



Fonte: US Naval Institute.

Figura 2: Exemplo de Sistema de C-UAS Portátil.



Fonte: US Naval Institute.

<sup>8</sup> Tradução de *Global Navigation Satellite System* – GNSS.



Portanto, verifica-se que as tecnologias empregadas nos inúmeros tipos de sistemas de combate antidrone e a necessidade de acurada análise do alvo demandarão, dentre outras, as seguintes Capacidades Operativas<sup>9</sup> da Força Terrestre Brasileira: consciência situacional, digitalização do espaço de batalha, proteção física e ao pessoal, guerra eletrônica e inteligência.

O emprego da Força Terrestre nos Jogos Olímpicos Rio 2016 proporcionaram o emprego de militares especializados nessas capacidades operativas a partir do desdobramento do equipamento interferidor de drones SCE 0100-D (atualmente denominado *Droneblocker 0100*), concebido pela Empresa Estratégica de Defesa IACIT Soluções Tecnológicas (EIRIZ e CAMPOS, 2017).

Contudo, após o encerramento daquele grande evento, não foram realizadas experimentações doutrinárias ou fomentos tecnológicos significativos no aprimoramento do referido sistema, considerando-se que o SCE 0100-D ainda não agregava, em um só equipamento, a suíte de sensores integrada desejável para se contrapor ao avanço latente das plataformas remotamente pilotadas no campo de batalha do atual século.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento tecnológico de Produtos de Defesa vocacionados a C-UAS são de emprego dual, levando-se em conta que os SARP se tornaram protagonistas nos conflitos híbridos da atualidade e do ambiente operacional

volátil, incerto, complexo e ambíguo que desafiam a todo instante os decisores em todos os níveis, sejam estes autoridades militares ou civis.

## 5. A ameaça atual latente: *Drone Swarms*

Os enxames de drones (*drone swarms*) constituem a ameaça mais letal do ambiente operacional contemporâneo. O atual estágio de desenvolvimento de tecnologias autônomas de atuação de plataformas não tripuladas em missões colaborativas é considerado um assunto secreto nas Forças Armadas em âmbito mundial, particularmente nas que são capazes de desenvolver sistemas de combate com essas características, tendo em vista o fato de que o real efeito gerado contra o oponente no campo de batalha ainda não pode ser mensurado em sua plenitude.

As simulações de software de “bandos” foram realizadas de modo pioneiro por Craig Reynolds, lenda da inteligência artificial americana que criou simulações de computador usando seres denominados *Boids*, termo originado da combinação das palavras *birds* e *droids*, que significam, respectivamente, pássaros e robôs (HAMBLING, 2018).

Em 1986, Reynolds mostrou que o movimento de grupos de criaturas na natureza, desde cardumes de peixes até bandos de pássaros ou enxames de insetos, pode ser modelado, fazendo com que cada indivíduo siga três regras: *separação* (manter a distância mínima dos vizinhos e a mesma velocidade); *alinhamento* (seguir o mesmo rumo dos vizinhos e a mesma velocidade) e *coesão* (tentar se mover na posição mediana entre os vizinhos, mantendo o “rebanho” unido). Esses princípios moldam, atualmente, os algoritmos de

<sup>9</sup> Aptidões requeridas a uma força ou organização militar com a finalidade de obter um efeito estratégico, operacional ou tático. São alcançadas a partir de um conjunto de sete fatores determinantes, inter-relacionados e indissociáveis – Doutrina, Organização (e/ou Processos), Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura – que formam o acrônimo DOAMEPI. Essas aptidões constam no Catálogo de Capacidades da F Ter.



inteligência artificial que estão sendo desenvolvidos para programar os *swarms*.

Uma das características marcantes dos enxames de SARP é a maior capacidade de sobrevivência conjunta. Seus membros podem se integrar em uma unidade que seja capaz de suportar enormes quantidades de avarias e, mesmo assim, conseguir cumprir a sua missão estabelecida (HAMBLING, 2018). Além disso, os membros da “matilha robótica” podem ajudar-se mutuamente quando estão voando em formação ou combinar sinais comuns para comunicações ou guerra eletrônica.

Nesse contexto, os drones podem ser apelados “caçadores” equipados com mais sensores e baterias ou “destruidores” baratos com ogivas de armas que, uma vez amplificadas pelo efeito sinérgico, aumentariam exponencialmente sua letalidade.

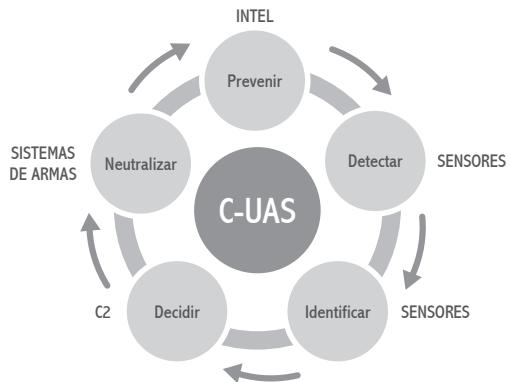
Um estudo realizado pela *RAND Corporation* concluiu que duas ou três plataformas menores remotamente pilotadas e com pacote de sensores menos aptos foram muitas vezes capazes de igualar ou exceder o desempenho das ARP maiores empregadas de forma isolada (MENTHE, HURA e RHODES, 2014).

Outros aspectos relevantes decorrentes do emprego de *swarms* são: a vantagem aumenta proporcionalmente ao número de drones que compõem o enxame; a redução do tempo da missão; e a possibilidade do conjunto de plataformas cobrir uma área maior ou percorrer uma série de pontos específicos espalhados por uma ampla região.

Diante desse cenário, urge que sistemas de C-UAS multissensores e com rápida capacidade de detecção, identificação, classificação e neutralização (que constituem algumas das fases

do Ciclo de Combate Antidrone – Figura 3) sejam desenvolvidos pela Base Industrial de Defesa (BID) ou adquiridos no mercado mundial. Neste último caso, é prudente levar em consideração a probabilidade mínima de transferência de tecnologia ou de adaptação dos sistemas para se contrapor às características da ameaça à Nação Brasileira.

Figura 3: Ciclo de C-UAS LSS.



Fonte: España (2019).

## 6. Proposta inicial de estruturação de C-UAS (DOAMEPI)

A geração de capacidades na Força Terrestre Brasileira é obtida a partir de um conjunto de sete fatores determinantes, inter-relacionados e indissociáveis: Doutrina, Organização (e/ou Processos), Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura – que formam o acrônimo DOAMEPI (BRASIL, 2014).

Assim sendo, diante do exposto anteriormente, visualiza-se, inicialmente, a seguinte Estruturação da Capacidade de Combate Antidrone do Exército Brasileiro:



Quadro 4: Proposta inicial de estruturação de C-UAS, considerando o DOAMEPI.

Doutrina	<ol style="list-style-type: none"><li>a. Integrar Conhecimentos de Interesse da Doutrina (CID) na área de C-UAS das seguintes Capacidades Operativas (CO): consciência situacional, digitalização do espaço de batalha, proteção física e ao pessoal, guerra eletrônica e inteligência;</li><li>b. Levantar aspectos técnicos e táticos aos procedimentos de Defesa Aeroespacial, Coordenação e Controle do Espaço Aéreo e da Função de Combate Proteção, atentando para os efeitos colaterais e a ordenação jurídica em vigor;</li><li>c. Desenvolver uma Doutrina Conjunta de C-UAS.</li></ol>
Organização	<ul style="list-style-type: none"><li>• Constituir uma Seção de Combate Antidrone (Seç Cmb Antidrone) de composição mista (militares especializados nas CO elencadas) em apoio à Força Terrestre Componente (FTC) e aos Comandos Militares de Área (C Mil A) em Operação de Não Guerra.</li></ul>
Adestramento	<ol style="list-style-type: none"><li>a. Incluir a disciplina “Procedimentos Individuais de Combate Antidrone” na Instrução Individual Básica (IIB);</li><li>b. Ressaltar aspectos específicos do Combate Antidrone nos Exercícios de Adestramento Básico e Avançado, particularmente para os efetivos empregados na Proteção ao Pessoal e ao Material.</li></ol>
Material	<ol style="list-style-type: none"><li>a. Prosseguir na integração de sensores de Sistemas de Defesa Antiaérea com Sistemas C-UAS de fabricação nacional a partir do fomento à BID;</li><li>b. Priorizar a aquisição de Sistemas C-UAS portáteis e terrestres móveis em apoio às Forças de Emprego Estratégico (FEE) e às Forças de Prontidão (FORPRON).</li></ol>

continua



continuação

Educação	<p>a. Aprofundar os seguintes temas nos Estabelecimentos de Ensino de Formação (de acordo com o nível) e de Especialização (atinentes às CO elencadas): Ameaças Aéreas Assimétricas, Estudos de Caso de Emprego de Drones em Conflitos Recentes, Tecnologia Disruptiva (<i>Swarms</i>), Radares Passivos e Tecnologias de Combate Antidrone;</p> <p>b. Adquirir simuladores para praticar as Técnicas, Táticas e Procedimentos (TTP) contra esse novo tipo de ameaça integrada conforme os cenários de atuação de forma a alcançar os objetivos de formação e especialização.</p>
Pessoal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar cargos e funções nas Seções Cmb Antidrone de acordo com as especializações existentes.</li> </ul>
Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar a estrutura de manutenção e condicionamento do material a ser adquirido.</li> </ul>

Fonte: O autor.

## 7. Conclusão

As perspectivas de desenvolvimento da capacidade de Combate Antidrone (C-UAS) na Força Terrestre estão diretamente relacionadas à percepção da importância do tema por parte do público interno, ressaltando-se as características da ameaça aérea assimétrica, constituída pelos drones, que impactam os conflitos militares da atualidade.

Vislumbra-se que é muito provável que diferentes tipos de ARP, dotadas de sensores que agregam tecnologias no estado da arte, continuem a ser empregadas de forma híbrida em cenários cada vez mais difusos e incertos, exigindo, com isso, uma resposta eficiente por parte do Estado Brasileiro.

Verifica-se que o Exército Brasileiro já possui competências básicas em recursos humanos



especializados em áreas afins à capacidade de C-UAS, como em Defesa Antiaérea e Guerra Eletrônica, bem como Produtos de Defesa relacionados ao tema em tela, embora necessite de adição e integração de novas suítes de sensores para que esteja em condições de apresentar uma resposta oportuna e eficiente às ameaças que venham a comprometer os ativos da Força Terrestre.

Para isso, faz-se necessário gerar forças que se traduzirão no aumento do poder de combate contra plataformas aéreas remotamente pilotadas hostis. Tal objetivo seguirá o modelo do Planejamento Baseado em Capacidades (PBC), tomando por balizas os fatores representados pelo acrônimo DOAMEPI.

Paralelamente, desde o nível estratégico, será indispensável a participação dos diversos atores responsáveis pelo desenvolvimento de uma doutrina conjunta de C-UAS, de modo a promover a integração de capacidades das Forças Singulares

e a sinergia de esforços no cumprimento das diversas tarefas e ações inerentes ao combate antidrone.

Projeta-se, inclusive, maior participação da BID, de Empresas Estratégicas de Defesa (EED) e dos Institutos de Tecnologia das Forças Armadas na seleção, priorização e desenvolvimento de tecnologias para a fabricação de Produtos de Defesa (PRODE) que atendam às necessidades comuns às três vertentes das forças militares do País com o intuito de reduzir o hiato tecnológico existente atualmente nessa área do conhecimento.

Por fim, almeja-se que o aprofundamento das questões tratadas no presente artigo, em consonância com a priorização do vetor Ciência e Tecnologia e com a excelência dos recursos humanos disponíveis pavimentem o árduo caminho da introdução da Força Terrestre na Era do Conhecimento através do Processo de Transformação do Exército Brasileiro.





## Referências

- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **EB60-ME-23.301. Manual de Ensino Defesa Antiaérea.** 1. ed. Rio de Janeiro, 2017a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.341. – Manual de Campanha: Lista de Tarefas Funcionais.** 1. ed. Brasília-DF, 2016.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB70-MC-10.231 – Manual de Campanha: Defesa Antiaérea.** 1. ed. Brasília-DF, 2017b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **EB20-C-07.001. Catálogo de Capacidades do Exército 2015-2035.** Brasília-DF, 2014.
- DEFESANET. Drone – Ataque afeta 50% da produção de petróleo da Arábia Saudita. 14 set. 2019. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/tecdi/noticia/34220/Drone---Ataque-afeta-50--da-producao-de-petroleo-da-Arabia-Saudita/>>. Acesso em 15 mar. 2020.
- EIRIZ, G. K.; CAMPOS, R. R. D. O emprego da Artilharia Antiaérea contra ameaças assimétricas em grandes eventos. **Informativo Antiaéreo.** Publicação Científica da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea e da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, ago. 2017. Disponível em: <<http://www.esacosaae.eb.mil.br/images/phocagallery/2018/informativos/informativo2017.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2020.
- ESPAÑA. Ministerio de Defensa. Estado Mayor de la Defensa. **Concepto Nacional C-UAS LSS (Counter Unmanned Aerial Systems Low Slow Small).** Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos (CESEDEN). Madrid, 2019.
- HAMBLING, D. **Swarm Troopers: como os pequenos drones irão conquistar o mundo.** Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2018. 376 p.
- MARKET RESEARCH FUTURE. **The Global Counter UAS Market.** set. 2019. Disponível em: <<https://marketresearchfuture.com/reports/counter-uas-market-7430>>. Acesso em: 25 jun. 2020.
- MENTHE, L. HURA, M. RHODES, C. **The Effectiveness of Remotely Piloted Aircraft in a Permissive Hunter-Killer Scenario.** Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2014.
- MICHEL, A. H. **Counter Drone Systems.** Nova Iorque, NY, 20 fev. 2018. Disponível em: <<https://drone-center.bard.edu/files/2018/02/CSD-Counter-Drone-Systems-Report.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2020.
- SAUDI ARABIA EMBASSY. Saudi Ministry of Defense: Aramco Attack Sponsored by Iran. **The Embassy of The Kingdom of Saudi Arabia.** Washington, D.C., Sept. 18, 2019. Disponível em: <<https://www.saudiembassy.net/news/saudi-ministry-defense-aramco-attack-sponsored-iran>>. Acesso em: 22 maio 2020.
- US NAVAL INSTITUTE. Photo Archives. Disponível em: <<https://photos.usni.org>>. Acesso em: 22 maio 2020.





## □ A Detecção Passiva no contexto de um Sistema de Defesa Antiaérea: possibilidades e limitações

Cel QEM Marcelo NOGUEIRA de Sousa<sup>1</sup>

João Roberto Moreira Neto<sup>2</sup>

### Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar os sistemas de detecção passiva dentro do contexto da Defesa Antiaérea. A expressão “Sistema de Detecção Passiva” indica uma classe de radares biestáticos que não enviam um determinado sinal eletromagnético dedicado, mas que, em vez disso, exploram as emissões de outras fontes, chamadas de “Iluminadores de Oportunidade” (IOs), para iluminar o alvo, como sinais de FM, TV e telefonia celular. A tecnologia em si não é nova, pois já estava presente no início do desenvolvimento dos radares; entretanto, nos últimos anos, a capacidade de detecção passiva tem se constituído em uma das

ferramentas capazes de fazer frente às tecnologias furtivas presentes nas aeronaves *stealth*. Por fim, o artigo aborda as origens e o panorama internacional dos sistemas passivos existentes, apresentando possíveis estratégias que, se forem adotadas, podem viabilizar a obtenção de um sistema de detecção passiva nacional com o uso de equipamentos existentes e *spin-offs* de projetos de radares em andamento na Força Terrestre.

**Palavras-chave:** Radar Passivo; Localização Coerente Passiva; Sistemas de Defesa Antiaérea; Medidas de Suporte Eletrônico; Rádio Definido por Software; Efeito Doppler.



### 1. Introdução

A Defesa Antiaérea inclui sistemas de armas integrados com sistemas de aquisição de alvos nos quais o radar é um item-chave fundamental para possibilitar o correto engajamento dos diferentes armamentos disponíveis para fazer

frente à ameaça aérea. Os sistemas de radar têm sido usados há muito tempo para a detecção e o rastreio de alvos aéreos. No entanto, muitos desses radares são propensos a serem detectados, pois eles têm, inherentemente, que transmitir sinais para detectar o alvo. Assim,

<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais de Comunicações – AMAN, 1993; Engenheiro Militar de Telecomunicações – Instituto Militar de Engenharia (IME), 1999; Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), 2010; Mestrado em Engenharia Elétrica (UnB) e em Micro-ondas (Universidade de Munique, Alemanha); Doutorando em Fusão de Sensores (Universidade Técnica de Ilmenau, Alemanha). Atua nas áreas de Guerra Eletrônica, Antenas e Propagação.

<sup>2</sup> Engenharia Eletrônica – ITA, 1982; *Diplom-Ingenieur e Doktor-Ingenieur* – Universidade Técnica de Munique (Alemanha) em 1985 e 1992, respectivamente. Atualmente, atua como Engenheiro Desenvolvedor de Produto na Embraer Defesa e Segurança, unidade de Campinas.



a grande vulnerabilidade de tais sistemas é a possibilidade de serem detectados e localizados via triangulação através da recepção dos sinais que transmitem.

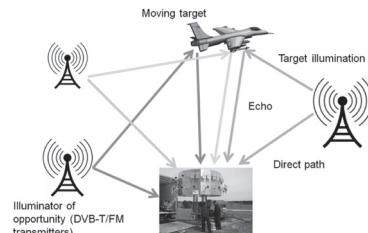
As aeronaves de ataque atuais são otimizadas para reduzir a Seção Reta Radar na direção de deslocamento, de modo que, quando são “iluminadas” por um radar, a radiação incidente não seja refletida de volta e sim dispersada em outras direções. Tal técnica somente é eficaz contra os radares monoestáticos, nos quais a mesma antena é usada para transmissão e recepção. Os radares passivos possuem característica multiestática: as antenas transmissoras e receptoras são posicionadas em lugares diferentes, o que favorece a detecção do alvo (TAN et al., 2005).

Outro aspecto relevante dos sistemas passivos é a utilização de frequências mais baixas do espectro eletromagnético, fazendo com que os comprimentos de onda correspondentes sejam comparáveis às partes estruturais da aeronave-alvo, o que aumenta o eco do alvo. Essa faixa ainda tem a vantagem de poder detectar alvos mesmo que eles usem revestimentos de Material Absorvente de Radar (RAM – *Radiation-Absorbent Material*), que são menos eficientes nas faixas de frequência mais baixas. Consequentemente, esconder uma aeronave de um radar passivo torna-se muito mais difícil, pois eles podem localizar até mesmo alvos difíceis de serem detectados, como aviões furtivos.

Ao contrário do radar convencional, o radar passivo não emite qualquer radiação, pois o sistema usa as reflexões de radiação de outros emissores, como estações de rádio e televisão, para detectar os objetos (BASAVARAJAPPA, 2012). Conforme demonstrado na Figura 1, a seguir, os radares passivos exploram transmissões existentes, como iluminadores (por

exemplo: FM, Digital Audio Broadcasting – DAB, TV, HDTV, GSM, 3G).

Figura 1: Esquema de funcionamento de um Radar Passivo com os Iluminadores de Oportunidade (IO).



Fonte: Basavarajappa (2012)

Em recente entrevista, o Diretor Comercial e Chefe do Departamento de Produção da Empresa de Radares Passivos ERA<sup>3</sup> afirmou que, nos combates modernos, o tempo de “sobrevivência” de um radar ativo tradicional é de aproximadamente 20 ou 30 minutos. Isso ocorre porque os mísseis antirradiação e os ataques com munição inteligente praticamente colocam as estações de radares como os primeiros alvos em um conflito; ou seja, tais radares são destruídos tão logo sejam localizados (PALMER, 2012).

O princípio de detecção passiva é conhecido há muito tempo. Contudo, nos últimos anos, diversos fabricantes têm apresentado soluções inovadoras, integrando novas técnicas de processamento digital de sinais e equipamentos receptores digitais definidos por *software*, o que vem melhorando significativamente o alcance e a precisão da detecção dos radares passivos (GRIFFITHS e BAKER, 2017).

<sup>3</sup>Is passive radar the future of air defense? [ERA Interview] (<https://www.defenceiq.com/defence-technology/articles/passive-radar-technology-and-next-generation-air-defence-technology-interview-with-era>)



Os radares passivos também podem ser empregados no controle do espaço aéreo civil e militar, principalmente recobrindo pontos cegos que não possam ser atendidos pelos radares ativos. No caso do controle de tráfego aéreo civil, a implantação apresenta menor custo, pois os sistemas passivos não exigem licenciamento das frequências de operação. Em aplicações militares, o sistema permite a vigilância em grandes áreas utilizando receptores ligados em rede ao mesmo tempo em que oferece a vantagem operacional de esses receptores serem de difícil localização por forças hostis.

Além de contar com tecnologias furtivas, as novas aeronaves usam sistemas modernos de contramedidas e autoproteção capazes de detectar ameaças em uma ampla faixa de frequência, alertando o piloto para uma possível iluminação por radares hostis e propondo a aplicação de técnicas adequadas de engajamento. Nesse cenário, mais uma vez o radar passivo se destaca, pois ele não pode ser detectado nem bloqueado.

A importância de um sistema de radar passivo é evidente, tendo em vista a maior proteção contra mísseis antirradiação e armas de energia dirigida. Além disso, os radares passivos oferecem baixos custos de aquisição e funcionamento e não exigem qualquer tipo de licença para a sua utilização. Portanto, esse tipo de radar é ideal para uso em ambientes com alta densidade eletromagnética, como aeroportos civis, pois eles normalmente exigem maior poder de processamento.

Como aspectos negativos, pode-se afirmar que a eficácia dos sistemas passivos depende da geometria da detecção em si e da otimização do processamento dos sinais de oportunidade

que iluminam o alvo. Existe, ainda, outro aspecto limitador que é a incapacidade de revelar alvos em altitudes elevadas (acima de 3-5 km). Apesar dessas dificuldades, a adoção de radares passivos como complemento aos sistemas ativos, configurando uma malha de detectores, pode funcionar para preencher as lacunas de um Sistema de Defesa Antiaéreo, possibilitando, inclusive, a detecção de voos rasantes. Tal combinação pode fornecer uma elevada capacidade de vigilância, cobrindo eficientemente o espaço aéreo contra todos os tipos de ameaças furtivas (aeronaves, mísseis balísticos/ de cruzeiro, UAVs, etc.), conforme discutido em Griffiths e Baker (2017).

Atualmente, os radares passivos estão sendo estudados e adotados por muitos países, tendo se tornado um tópico de pesquisa e desenvolvimento relevante, de acordo com Edrich, Kloeck e Stroth (2017). O desenvolvimento de Rádios Definidos por Softwares (RDS) tem viabilizado a rápida prototipação e encurtado o ciclo de desenvolvimento de sistemas de radares, uma vez que o RDS é de baixo custo e se vale do aumento da capacidade dos processadores, permitindo a implementação de sistemas passivos não apenas por fabricantes de radares, mas também por amadores e entusiastas (PETRI et al., 2010).

Este artigo aborda as origens dos radares passivos e apresenta um panorama internacional dos principais sistemas disponíveis no mercado. Também discute, resumidamente, as principais pesquisas e os desenvolvimentos atingidos na área de detecção passiva no cenário nacional. Na conclusão, são ressaltados os aspectos relevantes para a indústria nacional, a área operacional e a comunidade acadêmica de forma a aproveitar a janela de oportunidade em detecção passiva,



indicando resultados proeminentes e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. Histórico da Detecção Passiva

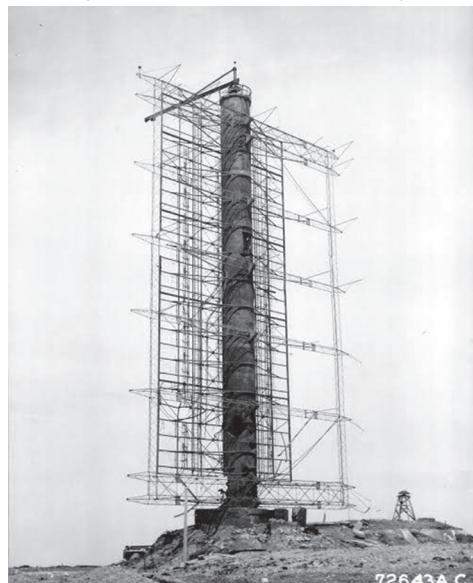
Uma das primeiras tentativas de usar o conceito de detecção passiva foi realizada em 1924 por Appleton e Barnett, que exploraram uma Estação de Radiodifusão da BBC em Bournemouth (na costa sul do Reino Unido) e um receptor em Oxford a fim de determinar a altura da ionosfera (PETRI et al., 2010).

Alguns anos mais tarde, em 26 de fevereiro de 1935, na cidade de Daventry, na Inglaterra, Watson-Watt e Wilkins utilizaram uma estação da BBC (6,1 MHz) e detectaram um bombardeiro Heyford a oito milhas de distância. A experiência foi considerada bem-sucedida e levou ao desenvolvimento do sistema de alerta antecipado chamado *Chain Home*, que cobria o lado oriental do Reino Unido, conforme apresentado em Lythall et al. (1995).

Já durante a Segunda Guerra Mundial, engenheiros alemães desenvolveram o radar biestático passivo *Klein Heidelberg*, que utilizava o *Chain Home* britânico como uma fonte não cooperativa de radiação (KUSCHEL, 2013). Ou seja, surgia o conceito de usar as próprias emissões inimigas como fontes iluminadoras de oportunidade, ficando a detecção completamente passiva durante todo o desdobramento das ações táticas de bombardeio e proteção antiaérea.

Na década de 1960, os Estados Unidos testaram o radar passivo *Sugar Tree*, um sistema *Over-the-Horizon* (OTH) que usava iluminadores de onda curta para detectar um possível lançamento de foguetes soviéticos. Esse sistema parecia ter sido inspirado pelo modelo alemão

Figura 2: Radar Passivo *Klein Heidelberg*.



Fonte: Kuschel (2013).

*Klein Heidelberg*, pois explorava os sinais do adversário, ou seja, os sinais HF soviéticos.

No início de 1980, na Universidade de Londres, foram realizados os primeiros experimentos utilizando a transmissão de televisão analógica para detectar alvos aéreos (KUSCHEL e O'HAGAN, 2010). Desde então, e especialmente após o surgimento de aeronaves de baixa tecnologia observável e *stealth*, o interesse pela abordagem *Passive Coherent Location* (PCL – em português: localização coerente passiva) aumentou consideravelmente.

Tendo em vista a análise histórica das diversas tentativas de construção de radares passivos, pode-se afirmar que a tecnologia em si não é nova e estava nos primórdios do desenvolvimento dos radares. Em que pesem as limitações tecnológicas da época, o conceito foi testado e validado em diferentes períodos e encontra



atualmente um novo *boom* tecnológico, fruto da existência de tecnologias furtivas que colocam o conceito de detecção passiva novamente em tela.

### 3. Panorama Internacional de Sistemas Passivos

Após a Segunda Guerra Mundial, em especial mais recentemente, foram realizados muitos estudos sobre radares passivos.

Em 1999, foi apresentado o radar passivo *Silent Sentry 2*, da empresa *Lockheed Martin*, que usava as transmissões de FM e TV (análogica e digital) como iluminadores de oportunidade. Esse radar tinha capacidade de rastreamento de 200 alvos a uma distância de até 220-280 km e conseguia acompanhar aeronaves, mísseis, navios e alvos de superfície com uma precisão de 250 m na horizontal, 1000 m na vertical e aproximadamente 2 m/seg de velocidade, com custos de aquisição e operação inferiores aos de um radar convencional, conforme destacam Baniak et al. (1999).

Figura 3: Radar Passivo *Silent Sentry*  
(U.S. Air National Guard).



Fonte: Millet e Klein (2011).

Há vários sistemas no mercado internacional e a maior parte deles está voltada para a recepção

de radiodifusão de FM. Além disso, os sistemas são experimentais ou necessitam de um longo trabalho de adaptação e otimização por parte do cliente. Mesmo assim, não há garantia de cumprimento de requisitos por parte do operador.

A solução técnica mais usada é o emprego de um receptor móvel ou fixo com uma antena V/UHF-DF, ou seja, uma rede de cinco antenas operando na faixa de 20 MHz a 3 GHz, na forma de candelabro ou equivalente, para medida da diferença do tempo de chegada (*Time Difference of Arrival – TDOA*), e o uso da rede de antenas como radiogoniômetro ou *Direction Finder* (DF).

Não há um sistema operacional ou *plug and play* no mercado mundial que esteja baseado em uma rede de múltiplos receptores e iluminadores e apoie qualquer cenário de monitoramento do tráfego aéreo. Há várias frentes de desenvolvimento de tais soluções para complementar o monitoramento do tráfego aéreo na área fronteiriça. O equipamento mais utilizado como plataforma para tal missão é o receptor *Communications Intelligence* (COMINT – em português: Inteligência de Comunicações) de V/UHF-DF, disponível no mercado mundial.

Os iluminadores de oportunidade podem ser: iluminadores próprios em V/UHF; transmissores de televisão de sinal analógico e digital; transmissores FM e de áudio digital; estações base de celular Wi-Fi; além de satélites de televisão, de comunicação, de Busca e Salvamento (SAR – *Search and Rescue*), de Controle de Tráfego Aéreo (ATC – *Air Traffic Control*) e do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS – *Global Navigation Satellite System*).

Considerando os sistemas atuais operando em condições ótimas de posicionamento do



receptor e do iluminador, pode-se detectar uma pequena aeronave do tipo Cessna 172, conforme demonstra o Quadro 1, a seguir.

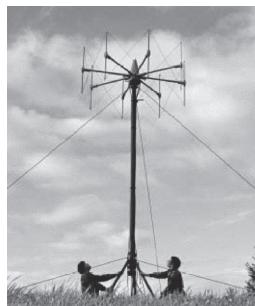
Quadro 1: Alcance e resolução do radar passivo para diferentes iluminadores.

	ALVO	ALCANCE	RESOLUÇÃO
Rádio FM	Cessna 172	100 km	2-3 km
TV Digital	Cessna 172	80 km	50 km
GSM	Cessna 172	5 km	3 km

Fonte: Millet e Klein (2011)

O maior alcance é obtido pela radiodifusão FM; porém, a melhor resolução é proporcionada pela TV digital. Já as estações GSM têm um alcance muito limitado.

Figura 4: *Homeland Alerter 100 (HA 100)*.



Fonte: Millet e Klein (2011).

primeira vez na Feira de *Le Bourget* de 2007 (MILLET e KLEIN, 2011). Em 2007, a Noruega adquiriu um HA 100 atualizado (GRIFFITHS e BAKER, 2017) e, em 2010, o HA 100 foi utilizado pela Força Aérea Francesa para monitorar o espaço aéreo sobre Paris no feriado nacional francês de 14 de julho.

Em seu portfólio de soluções, a *Thales* ainda dispõe do sistema *Ground Alerter 10 (GA 10)*, um radar antiartilharia baseado no mesmo princípio

de detecção passiva que permite localizar projéteis num raio de 10 km (PALMER, 2012).

Na Universidade de Londres (*University College London – UCL*), um grupo de pesquisa vem, há muito tempo, investigando o uso da transmissão de TV analógica para detecção de aeronaves. Recentemente, esse grupo desenvolveu um sistema de radar passivo que pode detectar alvos através de paredes usando os sinais Wi-Fi gerados por roteadores sem fio e pontos de acesso (ADIB e KATABI, 2013). O sistema, concebido por Karl Woodbridge e Kevin Chetty, requer duas antenas e um computador e não é maior do que uma mala. Usando as frequências de 2,4 GHz e 5 GHz, esse radar passivo analisa o Desvio Doppler e é capaz de reconstruir a imagem de um ser humano que esteja se movendo do outro lado de uma parede.

Figura 5: Radar Passivo Wi-Fi.



Fonte: Extreme Tech (2012).

Na Alemanha, o instituto *Fraunhofer FHR* desenvolveu o sensor passivo PCR CORA para a exploração de sinais de TV DAB e DVB-T (KUSCHEL e O'HAGAN, 2010). Esse foi o primeiro sistema passivo a demonstrar a detecção de alvos aéreos e marítimos em ensaios usando formas de ondas digitais com modulação COFDM de amplitude



espectral quase constante, semelhante ao ruído, dentro dos limites de banda de 1,5 MHz (DAB) e 7,5 MHz (DVB-T). Com isso, alcançou uma resolução de aproximadamente 100 metros e 20 metros, respectivamente; ou seja, como principal vantagem, esse sistema possui a resolução espacial bem maior do que a alcançada com os iluminadores de oportunidade baseados em emissão de rádio FM.

A empresa *BAE Systems* em conjunto com o laboratório *Roke Manor Research* desenvolveram o sistema CELLDAR, um radar passivo que explora especificamente as transmissões das torres de celular (Estações Rádio Base – ERB) como iluminadores de oportunidade.

A empresa italiana *SELEX Sistemi* (atualmente Leonardo) desenvolveu o sistema AULOS, que pode ser fixo ou móvel e é configurado para operar com emissões de rádio FM, DAB e DVBT, além de possuir um alcance de 360 km.

Figura 6: Radar Passivo do Grupo Cassidian.



Fonte: Kuschel (2013).

A empresa *Cassidian*, do Grupo EADS, hoje parte do conglomerado *Airbus Defence and Space* (Alemanha), também possui em seu portfólio um sistema de radar passivo, sem denominação específica (KUSCHEL, 2013).

A empresa americana *Syracuse Research Corporation* (SRC) também possui amplo *know-how* em detecção passiva, com mais de 40 anos de experiência na concepção de radares passivos, incluindo operações bi e multiestáticas. A empresa, além de possuir soluções específicas para localização fixa, vigilância terrestre

e configurações de navios e aeronaves, recentemente lançou o Sistema de Vigilância Passiva em Banda Larga (*Wideband Enhanced Passive Surveillance System – WEPSS*<sup>4</sup>).

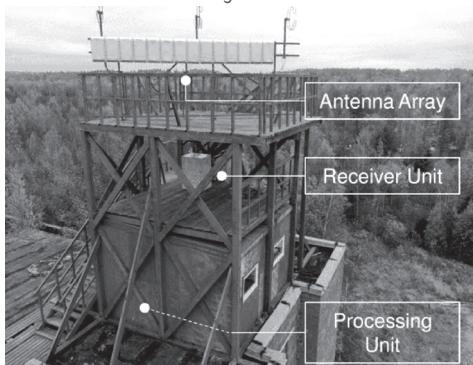
Figura 7: Sistema de Vigilância Passiva Aprimorada de Banda Larga (WEPSS).



Fonte: Griffiths e Baker (2017).

É possível construir sistemas passivos que demonstrem a tecnologia de forma conceitual e acadêmica, permitindo a muitos entusiastas e estudantes de Engenharia Elétrica, além das empresas tradicionais, construir radares passivos de baixo custo (VOROBEV et al., 2018). Isso ocorre devido à disseminação de receptores eletrônicos

Figura 8: Radar Passivo da Universidade de São Petersburgo – Rússia Wi-Fi.



Fonte: Vorobev et al. (2018).

<sup>4</sup><https://www.srccinc.com/what-we-do/radar-and-sensors/passive-bistatic-multistatic-radar.html>.



baratos e ao uso generalizado da tecnologia de rádio controlada por *software* (SDR).

Portanto, podem ser enumeradas as seguintes vantagens dos sistemas de detecção passiva:

- apresentam baixo custo e consumo por não precisarem de transmissores;
- exploram as faixas de V/UHF;
- são praticamente insensíveis a interferidores ou ações de guerra eletrônica;
- detectam aeronaves pequenas, voando em baixa altitude e *stealth*;
- a central de processamento e operação pode estar distante dos receptores, inclusive usando as próprias emissões do inimigo como iluminadores de oportunidade.

Dentre as limitações dos sistemas passivos, podem ser listadas as seguintes:

- dependem de um iluminador não cooperativo;
- o sinal de transmissão não é típico de radar;
- sofrem limitações geométricas;
- o eco do alvo compete com o sinal direto do iluminador;
- os receptores precisam estar conectados em rede.

O processamento de sinais passivos tem as seguintes características:

- o sinal de referência provém diretamente da fonte de iluminação;
- há correlação cruzada entre o sinal direto e o refletido pelo alvo (*Passive Coherent Location – PCL*) – distância elíptica e velocidade do alvo;

- pode ser usada a medida da diferença do tempo de chegada (TDOA) para a localização do alvo;
- múltiplos receptores e iluminadores podem ser usados para o posicionamento 3D;
- reduz os efeitos da reflexão multiestática;
- apresenta melhor precisão e resolução, com rastreamento semelhante ao dos radares ativos.

Em síntese, o panorama internacional aponta para um ressurgimento generalizado de projetos e de sistemas de detecção passiva, seja no ambiente acadêmico ou na forma de produtos e protótipos demonstradores de tecnologia. Tanto as empresas como os agentes governamentais têm focado no uso de iluminadores de oportunidade baseados em sistemas de TV, de telefonia celular ou, ainda, de rádios transmissoras de FM.

#### **4. Detecção Passiva usando *Multipath Exploitation Radar (MER)***

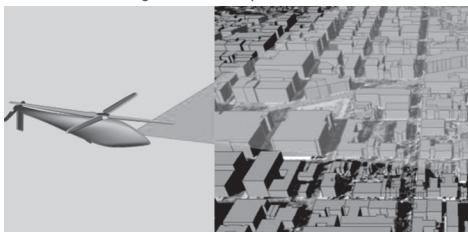
Os radares passivos apresentam limitações no ambiente urbano devido às características de propagação. Os edifícios urbanos bloqueiam os raios de visada direta (*Line of sight – LOS*), fazendo com que os sistemas de radar aerotransportados existentes não funcionem adequadamente em uma área urbana em virtude do complicado ambiente multipercorso.

Além do uso puro e simples da recepção passiva, algumas iniciativas têm sido feitas no sentido de explorar as características multipercorso das ondas refletidas nos obstáculos para aprimorar e auxiliar os sistemas de localização (KUMBUL e HAYVACI, 2019).



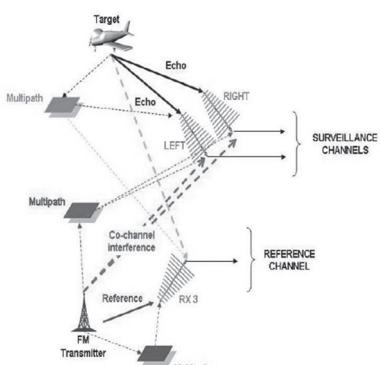
Essas técnicas, denominadas de *Multipath Exploitation Radar* (MER), têm sido fomentadas pela Agência de Projetos de Pesquisas Avançadas em Defesa dos Estados Unidos (*Defense Advanced Research Projects Agency* – DARPA). A ideia é usar as ondas refletidas nos prédios como sensores virtuais, empregando uma estrutura de geoinformação no processamento de sinais de forma a agregar o conhecimento do traçado dos raios eletromagnéticos aos obstáculos do terreno. Com o MER, é possível, ainda, agregar a informação multipercorso aos radares *Ground Moving Target Indication* (GMTI), extraíndo as informações do ambiente e fazendo um mapeamento tridimensional da posição do alvo.

Figura 9: Exemplo do MER.



Fonte: Fertig et al. (2012).

Figura 10: *Multipath Exploitation Radar*.



Fonte: Kumbul e Hayvaci (2019).

Os conceitos de MER e detecção passiva foram ampliados, juntamente com técnicas de *Machine Learning* e *Fingerprints*, a fim de aprimorar a performance em ambientes externos (DE SOUSA e THOMÄ, 2018a e 2018b).

Portanto, as pesquisas fomentadas pela DARPA, aliadas às técnicas de *Machine Learning* e ao conceito de MER, têm conferido uma nova dimensão ao desenvolvimento de radares passivos, aprimorando a malha de sensores que podem ser usados em proveito de um Sistema de Defesa Antiaérea.

## 5. Panorama nacional de pesquisa e desenvolvimento em Detecção Passiva

No cenário nacional, temos os Centros de Pesquisa e a Base Industrial de Defesa Brasileira, que se dedicam à pesquisa, ao desenvolvimento e à produção de tecnologias relacionadas à área de Defesa. Um exemplo é a Família SENTIR M20 (Sentinela Radar M20), que possui receptores COMINT de V/UHF-DF de alto desempenho e é utilizada no projeto Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON) do Exército Brasileiro.

A Indústria de Defesa Nacional já desenvolveu, com sucesso, sistemas complexos nas áreas de:

- Comando e Controle de Sistemas de Inteligência Eletrônica (*Electronic Intelligence* – ELINT);
- radares dedicados à Defesa e ao Tráfego Aéreo civil e militar;
- rastreamento de alta complexidade para aplicações militares e tráfego aéreo civil;
- Inteligência de Comunicações analógicas e digitais;



- hardware de COMINT nas bandas de HF e V/UHF;
- Sistema de Apoio à Decisão.

O desenvolvimento de uma rede nacional de detecção passiva poderia aproveitar o conhecimento já adquirido na detecção ativa, criar uma rede de novos produtos na área de detecção passiva e ampliar o portfólio de exportação dos Produtos de Defesa.

Além dessas capacidades, as empresas nacionais têm domínio tecnológico, autonomia e competência para desenvolver:

- firmware e software de COMINT nas bandas de HF e V/UHF;
- algoritmos de PCL, TDOA, PET e SIGINT;
- fusão e rastreamento de alvos provenientes dos receptores dos radares passivos;
- fusão da posição e da pista dos alvos aéreos do radar passivo com outros sistemas, como radares de tráfego aéreo e outros sensores de alerta antecipado.

## 6. Utilização dos sistemas nacionais existentes para Detecção Passiva: sugestões viáveis

A Indústria de Defesa tem total domínio tecnológico para fornecer a ampla rede de radares passivos visando à cobertura total da área de fronteira do território nacional. O SENTIR poderia ser transformado em radar passivo através de uma atualização de firmware e software. Esse sistema foi desenvolvido no Brasil e pode ser atualizado para acumular a função de radar passivo.

Os postos de operação de COMINT V/UHF-DF do Projeto SISFRON poderiam ser atualizados e acumular a função de radar passivo. O SISFRON conta com mais de 20 postos de V/UHF-DF distribuídos em um segmento da fronteira seca.

A pesquisa e o desenvolvimento poderiam ser realizados integralmente no Brasil pelas empresas de defesa e de tecnologia. Já há legado tecnológico na área de COMINT nas bandas de HF e V/UHF, além de um vasto conhecimento operacional das três Forças Armadas.

O sistema poderia dispor de uma rede de quatro ou mais receptores usando uma antena V/UHF-DF acompanhada da respectiva rede de iluminadores de oportunidade. Os mais adequados seriam as radiodifusoras de FM que, se fossem usadas, poderiam dispor de algoritmos de fusão e de rastreamento das emissões, sendo capaz de:

- posicionamento de três dimensões do alvo;
- redução dos efeitos da reflexão multiestática;
- melhor precisão e resolução;
- qualidade da informação dos alvos rastreados compatíveis com a requerida ao monitoramento do tráfego aéreo.

Dentro desse cenário, sugere-se a seguinte estratégia de desenvolvimento:

- fomentar a formação de uma constelação organizacional de “trípla hélice”, conectando o usuário via EsACosAAE, centros de pesquisas acadêmicas e empresas do segmento de radares;
- dentro de um projeto de inovação, poderia ser buscada a criação de um demonstrador de tecnologia baseado na

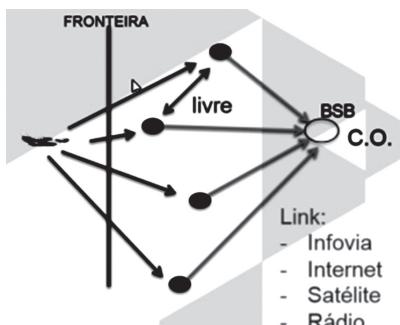


Família de Radares SENTIR, que possui receptores COMINT de V/UHF-DF de alto desempenho e é utilizada no Projeto SISFRON do Exército Brasileiro;

- atualização de *firmware* e *software* da Família SENTIR, com o possível aproveitamento de até 23 sistemas do SISFRON;
- sincronismo de fase por GNSS e relógio atômico;
- o protótipo poderia disponibilizar as informações de detecção passiva em um Centro de Operações, por exemplo, em Brasília.

A Figura 11 apresenta um exemplo da implantação do Sistema de Radar Passivo na Fronteira Seca, conforme sugerido.

Figura 11: Exemplo de implantação do Sistema de Radar Passivo na Fronteira Seca.



Fonte: O autor.

Os pontos principais de pesquisa e desenvolvimento poderiam ser:

- Passive Coherent Location* (PCL) – localização coerente passiva aplicada à medida da distância elíptica e da velocidade do alvo;

- Time Difference of Arrival* (TDOA) – medida da diferença do tempo de chegada aplicada à localização tridimensional do alvo;
- Passive Electronic Support Measures (ESM) Tracking* (PET) – medidas de suporte eletrônico aplicadas à localização tridimensional do alvo através de sua própria emissão;
- Signals Intelligence* (SIGINT) – inteligência de sinais provenientes das comunicações, dos radares e dos sistemas de *downlink* dos alvos aéreos;
- fusão e rastreamento dos alvos provenientes da rede de receptores, provendo a posição e as pistas dos alvos aéreos;
- fusão da posição e da pista dos alvos aéreos do radar passivo com outros sistemas, como radares de tráfego aéreo e outros sensores de alerta antecipado.

Portanto, percebe-se que o cenário nacional é favorável ao desenvolvimento de um sistema de detecção passiva, desde que seja possível estabelecer uma constelação organizacional que conecte os centros de pesquisas, as indústrias do segmento de radar e os possíveis usuários.

Apesar de não ser uma tarefa trivial, uma estratégia focada no desenvolvimento de um protótipo demonstrador de tecnologia apresenta-se adequada para gerar maior massa crítica sobre o tema.

## 7. Conclusão

A capacidade de detecção passiva pode potencializar os projetos de Defesa Antiaérea



em andamento na Força Terrestre. Apesar de ser uma tecnologia antiga, os radares passivos têm entrado no foco de desenvolvimento de diversas Empresas de Defesa, valendo-se do avanço tecnológico principalmente de processamento de sinais e de Rádios Definidos por Software.

As competências existentes na Base Industrial de Defesa Brasileira, principalmente no desenvolvimento e na integração de sistemas e em projetos legados de radares ativos e de soluções de COMINT, apontam para uma rápida obtenção de um demonstrador de tecnologia de detecção passiva.

A Indústria de Defesa já atua no desenvolvimento de famílias de radares e de COMINT nacionais, produtos que são tecnológica e comercialmente reconhecidos pelo mercado e pela indústria

mundiais, uma vez que há exportação de radares de diferentes aplicações para a África. Uma possível estratégia de desenvolvimento é agregar um módulo de detecção passiva aos Radares SENTIR em operação no escopo do Projeto SISFRON, otimizando recursos e viabilizando uma rápida prototipação de uma solução para detectar aeronaves voando em baixa altitude na região de fronteira seca.

Por fim, conforme discutido no decorrer do texto, a detecção passiva é viável e útil para um Sistema de Defesa Antiaéreo Nacional, sendo imprescindível a participação do usuário para realizar a gestão de requisitos e formular o arcabouço doutrinário de emprego da detecção passiva em prol das operações do Exército Brasileiro.

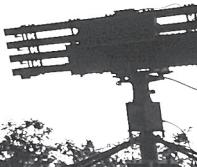
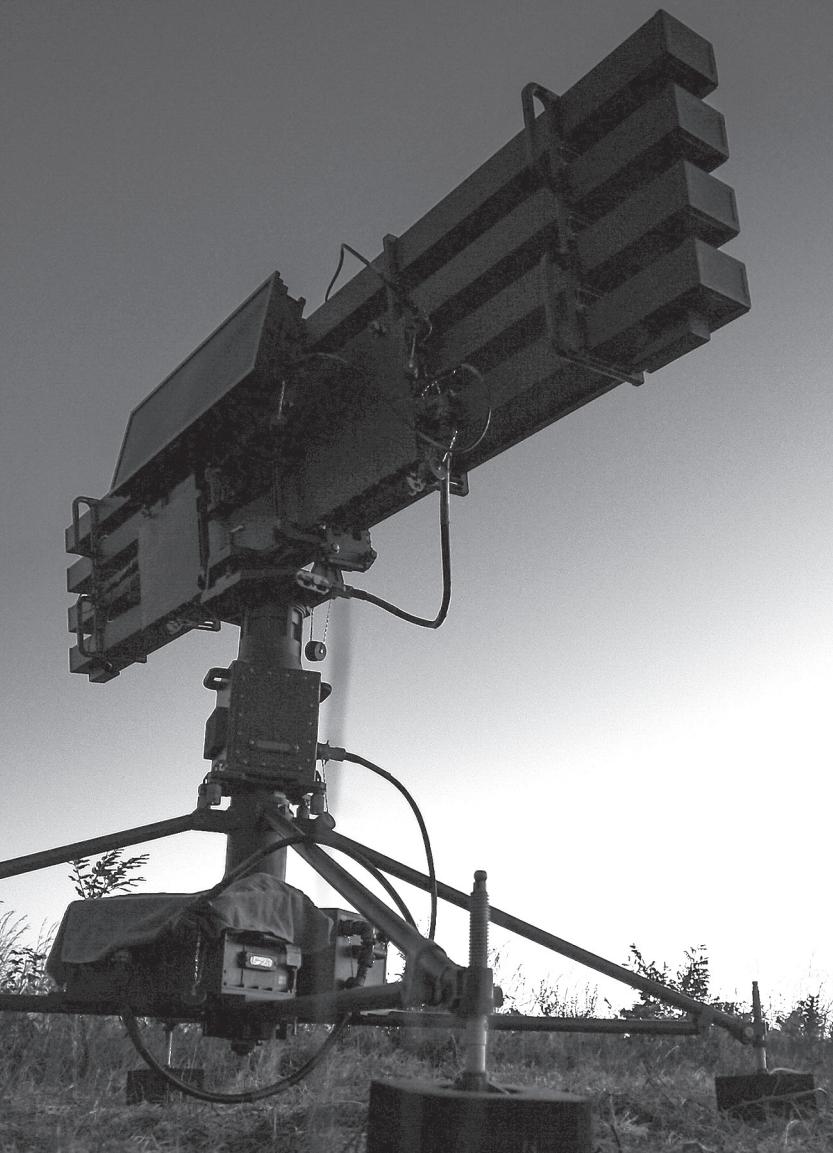


## Referências

- ADIB, F.; KATABI, D. See through walls with Wi-Fi! ACM, 2013. Disponível em: <<https://people.csail.mit.edu/fadel/papers/wifi-paper.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- BANIAK, J.; BAKER, G.; CUNNINGHAM, A. M.; MARTIN, L. Silent Sentry Passive Surveillance. Lockheed Martin Mission Systems. *Aviation Week and Space Technology*. 1999, 7: 134-139. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.475.8561&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- BASAVARAJAPPA, V. Design of a wideband conformal array antenna system with beamforming and null steering, for application in a DVB-T based passive radar. M.S. Thesis. Department of Telecommunications, Delft University of Technology. Fraunhofer FHR, 2012. Disponível em: <<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A9c164c35-6d26-4269-b392-468b24d2c0ce>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- DE SOUSA, M. N.; THOMÄ, R. S. Mobile Station Localization Emitter in Urban NLoS using Multipath Ray Tracing Fingerprints and Machine Learning. 2018. *8<sup>th</sup> International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)*. IEEE, 2018a. p. 1-6. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8440898>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. Enhancement of localization systems in NLOS urban scenario with multipath ray



- tracing fingerprints and machine learning. *Sensors*, 18(11), 4073. MDPI, 2018b. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/18/11/4073>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- EDRICH, M.; KLOECK, C.; STROTH, S. A passive radar system for long range air surveillance. In: Set-241 9<sup>th</sup> NATO Military Sensing Symposium. Quebec, 2017.
- EXTREME TECH. Using Wi-Fi to see through walls.** Texto de Sebastian Anthony em 03 ago. 2012. Disponível em: <<https://www.extremetech.com/extreme/133936-using-wifi-to-see-through-walls>>. Acesso em: 14 set. 2020.
- FERTIG, L.; BADEN, M.; KERCE, J.; SOBOTA, D. (2012). Localization and tracking with Multipath Exploitation Radar. *2012 IEEE Radar Conference*, 1014-1018. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Localization-and-tracking-with-Multipath-Radar-Fertig-Baden/974adb531f6e788640ac8a312f0f976e>d8f0e600>. Acesso em: 06 out. 2020.
- GRIFFITHS, H. D.; BAKER, C. J. *An introduction to Passive Radar*. Artech House, 2017.
- KUMBUL, U.; HAYVACI, H. T. Multipath exploitation for knowledge-aided adaptive target detection. *IET Radar, Sonar & Navigation*, 2019, vol. 13, n. 6, p. 863-870. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8732752>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- KUSCHEL, H. Approaching 80 years of passive radar. *2013 International Conference on Radar*. Australia. IEEE, 2013, p. 213-217. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6651987>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- \_\_\_\_\_; O'HAGAN, D. Passive radar from history to future. In: *11<sup>th</sup> International Radar Symposium*. IEEE, 2010. p.1-4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5547434>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- LOCKHEED MARTIN CORPORATION. *Silent Sentry*. 2005. Disponível em: <[http://www.mobileradar.org/Documents/Silent\\_Sentry.pdf](http://www.mobileradar.org/Documents/Silent_Sentry.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2020.
- LYTHALL, B. W. et al. Basic Science and Research for Naval Radar, 1935-45. *The Development of Radar Equipment for the Royal Navy, 1935-45*. Palgrave Macmillan UK. p. 67-93. London, 1995. p. 67-93. ISBN 978-1-349-13457-1.
- MILLET, N; KLEIN, M. Passive radar air surveillance: last results with multi-receiver systems. In: *12<sup>th</sup> International Radar Symposium (IRS)*. IEEE, 2011. p. 281-285. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6042129>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- PALMER, J. *Podcast Interview in Defence*, 2012. Disponível em: <<https://www.defenceconnect.com.au/key-enablers/4361-passive-radar-systems-space-and-defence-james-palmer-silentium-defence>>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- \_\_\_\_\_; et al. An overview of an illuminator of opportunity passive radar research project and its signal processing research directions. *Digital Signal Processing*, 2011, 21.5: 593-599. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1051200411000030>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- PETRI, D. et al. A software defined UMTS passive radar demonstrator. In: *11<sup>th</sup> International Radar Symposium*. IEEE, 2010. p. 1-4. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5547415>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- TAN, D. K. P., et al. Passive radar using Global System for mobile communication signal: theory, implementation and measurements. *IEE Proceedings – Radar, Sonar and Navigation*. 2005, 152.3: 116-123. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/1459146>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- TOBIAS, M.; LANTERMAN, A. D. Probability hypothesis density-based multitarget tracking with bistatic range and Doppler observations. *IEE Proceedings – Radar, Sonar and Navigation*. 2005, 152.3: 195-205. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/1459156>>. Acesso em: 15 set. 2020.
- VOROBEV E.; BARKHATOV A.; VEREMYEV V.; KUTUZOV V. DVB-T2 passive radar developed at Saint Petersburg Electrotechnical University. 2018. *22<sup>nd</sup> International Microwave and Radar Conference (MIKON)*. Poznan, 2018, p. 204-207. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8405178>>. Acesso em: 15 set. 2020.





## □ Pesquisa e Desenvolvimento de Radares de Defesa Antiaérea no Exército Brasileiro

Maj QEM Heraldo Cesar ALVES Costa<sup>1</sup>  
Bruno Cosenza de Carvalho<sup>2</sup>

### Resumo

O propósito principal deste artigo é apresentar informações acerca de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de radares de Defesa Antiaérea que o Exército Brasileiro (EB) realiza por meio do Centro Tecnológico do Exército, que integra o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército (SCTIEx). Os radares de Defesa Antiaérea são componentes fundamentais do Subsistema de Controle e Alerta do Sistema de Artilharia Antiaérea. A realização de P&D desse tipo de radar no âmbito do EB se iniciou em 2006 com o projeto do Radar SABER M60. Antes disso, o EB já possuía um Sistema de Radar de Defesa Antiaérea integrado no país

que utilizava sensores de origem sueca, os quais se encontravam no final de sua vida útil. Além do Radar SABER M60, foram desenvolvidos o Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção (COAAe Elt Seç) e os interrogadores IFF SABER S60 e SABER S200. Atualmente, estão sendo desenvolvidos os radares SABER M200 Multimissão e SABER M200 Vigilante. A realização de P&D de sistemas e materiais de emprego militar no âmbito do Exército traz vantagens de cunho operacional, logístico, tecnológico e econômico.

**Palavras-chave:** Defesa Antiaérea; Radar; Pesquisa e Desenvolvimento.



### 1. Introdução

Dentro do Sistema de Artilharia Antiaérea, o Subsistema de Controle e Alerta tem a missão de realizar a vigilância do espaço aéreo sob responsabilidade de determinado escalão de Artilharia Antiaérea (AAAe), receber e difundir o alerta da aproximação de incursões, bem como acionar, controlar e coordenar a AAAe subordinada.

Segundo o *Manual de Campanha: Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a):

3.2.6.1 Para cumprir sua missão principal, os diversos escalões de AAAe apresentam a seguinte estrutura:

- a) um subsistema de controle e alerta;
- b) um subsistema de armas;
- c) um subsistema de apoio logístico; e
- d) um subsistema de comunicações.

<sup>1</sup> Curso de Formação e Graduação em Engenharia Eletrônica – IME 2002; Mestrado em Engenharia Elétrica – IME, 2008; Curso de Aperfeiçoamento Militar – EsAO, 2009.

<sup>2</sup> Curso de Graduação em Engenharia Eletrônica – UFRJ, 1986; Mestrado em Engenharia Elétrica – IME, 1993; Doutorado em Engenharia Elétrica – PUC-Rio, 2002. Atualmente é Tecnologista Sênior III do Centro Tecnológico do Exército.



[...]

3.2.7.2 Constituição - O subsistema de controle e alerta da AAAe é constituído pelos centros de operações antiaéreas (COAAe), pelos sensores de vigilância e pelos Postos de Vigilância (P Vig). (grifo nosso).

O tipo mais comum de sensor de vigilância utilizado em atividades de Defesa Antiaérea são os radares de vigilância. O *Manual de Campanha: Defesa Antiaérea nas Operações* (BRASIL, 2017b) estabelece o seguinte:

3.2. Organização do Subsistema de Controle e Alerta da Defesa Antiaérea

[...]

3.2.2 O principal fator a ser considerado para a organização do subsistema é o desdobramento da rede de sensores. Esse subsistema é constituído pelos **Radares de Vigilância (R Vig)**, Postos de Vigilância (P Vig) e outros tipos de sensores ativos e passivos, orgânicos da AAAe, que possibilitam ao Centro de Controle (C Ct) realizar o gerenciamento local do espaço aéreo. (grifo nosso).

Nas Seções de Artilharia Antiaérea (Seç AAAe), os radares de vigilância são substituídos por radares de busca. Sobre esse emprego do radar de busca como sensor de vigilância, o *Manual de Campanha: Defesa Antiaérea* (BRASIL, 2017a, p. 3-18) informa que a Seç AAAe pode “realizar a vigilância do espaço aéreo de seu volume de responsabilidade, ainda que limitadamente, empregando sensores de busca em missão de vigilância”. Observa-se, então, que os radares são de grande importância para a composição do Subsistema de Controle e Alerta do Sistema de Artilharia Antiaérea.

A obtenção de radares de defesa, assim como de qualquer Sistema e Material de

Emprego Militar (SMEM), pode ocorrer por meio de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), aquisição ou uma combinação dos dois procedimentos (BRASIL, 2016b).

Para atender à necessidade da Defesa Antiaérea, o Exército Brasileiro optou por P&D, iniciando em 2006 a realização de pesquisas visando ao desenvolvimento de uma família de Radares de Defesa Antiaérea. A iniciativa foi conduzida pelo Centro Tecnológico do Exército, que integra o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército (SCTIEx).

Assim, este artigo busca apresentar aspectos relativos à atividade de P&D de Radares de Defesa Antiaérea no Exército Brasileiro, descrevendo brevemente os antecedentes históricos, a forma de trabalho adotada em P&D e os projetos desenvolvidos e em desenvolvimento. O artigo aborda, ainda, os resultados e as vantagens obtidos com a realização de P&D no âmbito do Exército Brasileiro e do País.

## 2. Pesquisa e Desenvolvimento de Radares de Defesa Antiaérea

### 2.1. Antecedentes históricos

A atividade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de radares no âmbito do Exército teve início no ano de 2006 com o Projeto do Radar SABER M60. À época, os Grupos e Baterias de Artilharia Antiaérea do Exército Brasileiro dispunham do Equipamento de Direção de Tiro *Fighting Intruders at Low Altitude* (EDT FILA), parte integrante do sistema antiaéreo 40 mm BOFOR, de combate a incursões em baixa altitude. Trata-se de uma versão aperfeiçoada do sistema *Skyguard*, da empresa



suíça Contraves, hoje Rheinmetall Air Defence (GLOBALSECURITY.ORG, [s.d.]). O EDT FILA foi desenvolvido e integrado no Brasil na década de 1980 pela Avibras Aeroespacial com o apoio da Contraves (BLOG CAUSA, 2013).

Esse sistema de defesa antiaérea possui radar de busca na Banda X, com alcance de 20 km, e radar de tiro na Banda Ka, ambos desenvolvidos pela divisão de radares da empresa sueca Ericsson, a qual atualmente faz parte da SAAB.

Figura 1: EDT FILA.



Fonte: Avibras [s.d.].

Na década de 2000, o FILA já estava na etapa terminal de sua vida útil, com poucos sistemas disponíveis, e o Exército Brasileiro buscava outro radar para a defesa antiaérea de baixa altura.

No âmbito dessa busca, o Exército Brasileiro, por intermédio do Centro de Avaliações do Exército (CAEx), realizou a avaliação do Radar EL/M 2106 NG-40, da empresa israelense Elta Systems, subsidiária da Israel Aircraft Industries (BRASIL, 2006). O EL/M 2106 NG-40 era um radar transportável na Banda L com alcance de 40 km de distância e cobertura de 5 km de altura.

Figura 2: Radar EL/M 2106 NG-40.



Fonte: Israel Aircraft Industries (IAI).

Tendo em vista esse interesse do Exército no aparelho israelense, o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) recebeu a missão de desenvolver um radar de defesa antiaérea de baixa altura com características similares àquelas do EL/M 2106 NG-40, dando início à atividade de P&D de radares de defesa no âmbito do Exército Brasileiro.

## 2.2. Forma de trabalho

### 2.2.1. Financiamento

Para viabilizar a pesquisa e o desenvolvimento de radares, o Centro Tecnológico do Exército conta com diversas fontes de recursos financeiros.

Primeira e, por muitos anos, principal fonte de recursos, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) é um órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia cuja função precípua é prover fomento público à ciência, à tecnologia e à inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas (FINEP, [s.d.]).

Adicionalmente, foram empregados recursos do próprio Exército, oriundos do



orçamento do Centro Tecnológico do Exército, do Departamento de Ciência e Tecnologia e do Estado-Maior do Exército, por meio do *Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea*. Foram empenhados, ainda, recursos do Ministério da Defesa e do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM).

Desde 2015, também vêm sendo utilizados recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) por meio do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (FUNTEC), que foi criado com o objetivo de apoiar financeiramente projetos de P&D nos institutos de tecnologia em parceria com empresas a fim de levar o conhecimento da academia para o mercado, estimulando o desenvolvimento tecnológico e a inovação de interesse estratégico para o País (BNDES, [s.d.]). Atualmente, essa é a principal fonte de recursos para P&D de radares no âmbito do Exército.

Para a gestão de recursos financeiros extraorçamentários e o apoio administrativo na utilização desses recursos, é necessária a participação de uma fundação privada e sem fins lucrativos. Assim, os projetos de P&D de radares do Exército contaram, no passado, com o apoio da Fundação Ricardo Franco; atualmente, essa gestão é realizada pela Fundação de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação do Exército Brasileiro (FAPEB), sediada nas instalações do Centro Tecnológico do Exército.

## 2.2.2. Modelo de Desenvolvimento

Até a década de 1940, a pesquisa e o desenvolvimento de Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM) praticamente

inexistiam no Brasil. Da segunda metade dos anos 1940 até o início da década de 1970, as atividades de P&D de SMEM foram realizadas quase que exclusivamente por órgãos estatais, sem muita participação de empresas privadas, valendo-se das instituições de ciência e tecnologia e das estruturas fabris das Forças Armadas, além de empresas estatais como a IMBEL, a EMGEPROM ou mesmo a Embraer, antes de sua privatização (LESKE, 2013).

Atualmente, os SMEM estão cada vez mais complexos e interdisciplinares, de forma que as atividades de P&D exigem o emprego de uma grande quantidade de pesquisadores, engenheiros e técnicos de diversas áreas, além de infraestruturas laboratoriais e industriais bastante caras e especializadas. Isso dificulta a realização de P&D de SMEM integralmente pelas Organizações Militares (OM) e praticamente inviabiliza a utilização desse modelo para o desenvolvimento de radares de defesa.

Alguns projetos de P&D de SMEM atuais ainda são totalmente conduzidos em instituições governamentais ou das Forças Armadas. No entanto, é cada vez mais comum que empresas privadas sejam contratadas para executar partes específicas dos projetos ou para construir protótipos.

Com o crescimento da Base Industrial de Defesa (BID) brasileira, iniciado na década de 1970, outros modelos de P&D de SMEM surgiram: o desenvolvimento realizado inteiramente por empresas privadas para atender às necessidades do país ou visando à exportação; o desenvolvimento integral em empresa privada contratada pelas Forças Singulares; e o desenvolvimento conjunto por órgãos das Forças Armadas e da BID.



No entanto, as empresas que compõem a Base Industrial de Defesa brasileira são historicamente suscetíveis à instabilidade orçamentária das Forças Armadas, que torna inconstante a aquisição de equipamentos de defesa dentro do país. Essas empresas também são vulneráveis à dificuldade (normalmente encontrada em países sem tradição de desenvolvedor de sistemas e equipamentos de emprego militar) para exportar equipamentos desse tipo. Esses obstáculos podem obrigar as empresas a mudarem sua linha de negócios, fazer com que sejam vendidas para grandes conglomerados de defesa internacionais ou mesmo levá-las a fecharem as portas.

Assim, com o objetivo de tentar proteger a tecnologia de radares desenvolvida no âmbito dos projetos do Exército, o Centro Tecnológico do Exército adotou o modelo de codesenvolvimento com a BID. Nesse modelo, uma empresa é contratada para a execução do projeto e as atividades de P&D ocorrem nas instalações dessa empresa, mas toda a criação intelectual do projeto é de propriedade da União, por meio do Exército, conforme estabelecido em contrato.

Além do direito à propriedade intelectual, o CTEx sempre busca a propriedade de fato por meio de documentação detalhada de *know-how* (conhecimento técnico e prático) e *know-why* (conhecimento estratégico) do projeto entregue pela empresa, e também por meio da atuação de equipes do Exército que realizam atividades de P&D tanto no próprio CTEx quanto nas instalações da empresa contratada, lado a lado com a sua equipe técnica. Com isso, objetiva-se fazer com que a tecnologia permaneça disponível no país,

independentemente da situação em que a empresa desenvolvedora se encontre.

Cabe, ainda, citar a participação de universidades na realização de pesquisa aplicada ao desenvolvimento de radares. A maior participação foi da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), mas também podem ser citadas as contribuições do Instituto Militar de Engenharia (IME), da Universidade Estadual de São Paulo (USP) e do Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel).

### 2.2.3. Empresa

Em 2006, para iniciar sua atividade de desenvolvimento de radares, o CTEx escolheu a OrbiSat, uma empresa nacional de médio porte, com uma pequena divisão de aerolevantamento, que produzia equipamentos eletrônicos. Apesar de não possuir experiência com equipamentos militares, a OrbiSat desenvolveu um radar de abertura sintética para sensoriamento remoto embarcado em aeronave. Sua habilidade no desenvolvimento desse radar, que tem tecnologia bastante complexa, chamou a atenção do Exército.

Em 2011, a Divisão de Radares e Sensoriamento Remoto da OrbiSat foi adquirida pela Embraer (SIMÕES, 2011) e, em 2013, teve seu nome alterado para Bradar (SILVEIRA, 2013), permanecendo como subsidiária da Embraer e continuando as atividades de P&D de radares de defesa iniciadas com a OrbiSat.

Em março de 2018, a empresa Bradar foi incorporada pela Embraer, de forma que toda a atividade de P&D de radares de defesa do Exército é, atualmente, executada em conjunto com a Embraer.



## 2.3. Projetos

De 2006 a 2019, foram realizados três projetos de pesquisa e desenvolvimento de radares de defesa antiaérea: o SABER M60, o SABER M200 Multimissão e o SABER M200 Vigilante. Desses, apenas o primeiro foi concluído; os demais se encontram em andamento.

Como subproduto desses projetos, foram desenvolvidos o Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção e os sistemas de Identificação Amigo-Inimigo (IFF – *Identification Friend or Foe*) SABER S60 e SABER S200.

Também foi desenvolvido o radar de vigilância terrestre SENTIR M20 que, por não estar diretamente ligado à atividade de defesa antiaérea, não faz parte do escopo deste artigo.

A seguir, serão apresentados em mais detalhes os projetos e subprodutos desenvolvidos.

### 2.3.1. SABER M60

É um radar de busca transportável, com alcance de 60 km de distância e cobertura de 5 km de altura, desenvolvido para o Subsistema de Controle e Alerta das seções orgânicas de Grupos e Baterias de Artilharia Antiaérea.

O SABER M60 foi o primeiro projeto de pesquisa e desenvolvimento de radar de defesa executado no âmbito do Exército Brasileiro. Em outubro de 2006, apenas sete meses após o início do projeto, foi realizada, em frente ao Quartel-General do Exército, em Brasília, a primeira demonstração funcional do protótipo ao Alto-Comando do Exército.

Figura 3: Radar SABER M60.



Fonte: Brasil (2020b).

Em março de 2007, o Departamento de Ciência e Tecnologia determinou ao Centro de Avaliações do Exército a realização da avaliação do protótipo do Radar SABER M60. Já em julho de 2007, o protótipo foi empregado pela primeira vez em uma operação real durante os Jogos Pan-Americanos, ocorridos na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

Entre abril de 2007 e junho de 2010, foram executados os ensaios de avaliação e implementadas as correções necessárias. Em 2010, foi concluída a primeira linha de produção do SABER M60 nas instalações do Arsenal de Guerra de São Paulo (AGSP), localizado em Barueri-SP. Em outubro de 2011, as primeiras unidades do Radar SABER M60 foram entregues à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) e ao 1º Grupo de Artilharia Antiaérea (1º GAAAe). Em abril de 2012, o Radar SABER M60 foi formalmente adotado por ato do Chefe do Estado-Maior do Exército (BRASIL, 2012).

Entre julho de 2015 e maio de 2019, o SABER M60 passou por um processo de atualização tecnológica que foi motivada, principalmente, pela necessidade de substituição de um



componente crítico do radar, de origem norte-americana, que deixou de ser produzido pelo fabricante. Aproveitou-se essa oportunidade para aumentar o índice de nacionalização do radar, substituindo o componente crítico por um desenvolvido no Brasil.

De 2011 a 2019, mais de 30 unidades do SABER M60 foram produzidas e destinadas às três Forças Singulares brasileiras, ao CENSIPAM e ao exterior. Durante esse período, o radar foi empregado em grandes eventos, como os Jogos Mundiais Militares (2011), a Jornada Mundial da Juventude (2013), a Copa do Mundo FIFA 2014 e os Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016, além da cerimônia de posse presidencial em 1º de janeiro de 2019.

### 2.3.2. Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção (COAAe Elt Seç)

O *Manual de Ensino Centro de Operações Antiaéreas* (BRASIL, 2016a) estabelece que:

1.2.1 Na Definição de COAAe, este fica subentendido como sendo o Centro de Controle da Artilharia Antiaérea (C Ct AAAe), e tem por finalidade propiciar ao comandante (Cmt) de cada escalão que o estabelece condições de acompanhar continuamente a evolução da situação aérea e de controlar e coordenar as Defesa Antiaéreas (DA Ae) desdobradas (p. 1-1).

[...]

2.1.2 Considerando as diferenças existentes entre as definições de COAAe manual e COAAe eletrônico, deve ficar claro que os procedimentos operacionais e informações necessárias para a condução do controle e coordenação das DA Ae serão distintos e sofrerão processamento diferenciado em cada um deles. Enquanto no COAAe eletrônico a maior parte dos procedimentos encontra-se informatizada e automatizada e é realizada

**pelos equipamentos em tempo quase real, no COAAe manual é a própria guarnição que deverá realizar estes procedimentos. (p. 2-1; grifo nosso)**

O desenvolvimento do Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção ocorreu no âmbito do Projeto Radar SABER M60. Em 2007, foi construído um protótipo autorrebotado utilizando o rendimento financeiro de recursos da Finep destinados ao desenvolvimento do radar. Em 2011, a versão autopropulsada foi desenvolvida com recursos do Departamento de Ciência e Tecnologia com base na solução do CTEx para o Módulo de Telemática Operacional (MTO). Ambas as versões utilizam o software do Radar SABER M60, que incorpora funcionalidades de COAAe.

Figura 4: Centro de Operações Antiaéreas.



Fonte: Brasil (2020a).



O COAAe Elt Seç visa à integração da Seção Míssil, recebendo dados fornecidos pelo Radar SABER M60 em tempo real e emitindo as ordens aos sistemas de armas do tipo míssil de baixa altura, como o IGLA e o RBS-70.

Figura 5: Seção Míssil Antiaéreo.



Fonte: Estratégia Global (2015).

Até 2019, foram produzidas mais de 20 unidades do Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção, que é utilizado exclusivamente pelo Exército Brasileiro.

### 2.3.3. SABER M200 Multimissão

O Projeto Radar SABER M200 Multimissão visa obter um radar de defesa antiaérea de média altura transportável em viatura e capaz de executar três missões básicas – vigilância aérea, busca e orientação de mísseis – para o guiamento de mísseis. No modo vigilância, espera-se que o radar possua alcance máximo de 200 km de distância e cobertura de 20 km de altura.

Esse radar é composto por quatro painéis fixos de varredura eletrônica (*phased array*) com funcionalidades definidas por *software*, o que permite a futura implementação, no mesmo radar, de outras missões além das três básicas supracitadas. Por esse motivo, esse

projeto é, em termos de conteúdo tecnológico, significativamente mais complexo do que o do Radar SABER M60.

O SABER M200 Multimissão está sendo desenvolvido para integrar um sistema de defesa antiaérea ligado a um centro de operações antiaéreas de uma bateria e a um sistema de armas míssil de média altura/médio alcance.

O projeto de P&D do radar SABER M200 Multimissão se iniciou em 2009; devido ao grande vulto do projeto, foi dividido em quatro etapas, não necessariamente sequenciais. As três primeiras contaram, majoritariamente, com recursos da Finep e a quarta, do Funtec BNDES.

Na primeira etapa, concluída em 2011, as atividades de P&D se concentraram no radar secundário (SABER S200), na implementação do simulador sistêmico do radar primário e no projeto mecânico do contêiner (primeira versão).

Na segunda etapa, concluída em 2014, foi desenvolvido o primeiro protótipo reduzido do radar: um demonstrador tecnológico utilizado para validar a varredura eletrônica e os algoritmos de detecção. Nessa etapa, também foram realizadas: a elaboração do projeto do painel completo de varredura eletrônica do radar, a aquisição de parte dos insumos para a construção desse painel e a construção do contêiner do Primeiro Protótipo Operacional (P01) do radar.

Na terceira etapa, em fase de finalização, foi desenvolvida a segunda versão do protótipo reduzido do radar para solucionar problemas descobertos com o primeiro protótipo. Durante essa etapa, também foram construídos dois painéis completos; atualmente, está sendo concluída a integração final do P01.



Figura 6: Primeiro Protótipo Operacional do Radar SABER M200 Multimissão.



Fonte: Brasil (2020c).

A quarta etapa, iniciada em 2016 e prevista para se encerrar em 2021, prevê a conclusão da fase de P&D do radar e contempla duas grandes mudanças:

- a primeira é na arquitetura eletrônica, ao incorporar avanços desenvolvidos para o Radar SABER M200 Vigilante; com isso, há um ganho em capacidade de processamento, redução de custo de produção e redução de massa;
- a segunda é a alteração do conceito mecânico do radar, pois, devido à redução de massa gerada pela mudança na arquitetura eletrônica, tornou-se possível elevar os painéis do radar acima do contêiner por meio de um braço mecânico. Tal elevação faz com que o posicionamento do radar para operação seja mais simples porque permite que ele escape de alguns obstáculos próximos à sua posição. O protótipo que incorporará essas alterações será chamado de Segundo Protótipo Operacional (PO2).

A tecnologia desenvolvida para esse radar coloca o Brasil em um seletivo grupo de países capazes de desenvolver Radares *Phased Array* Multimissão, que são uma tendência mundial atual. Os Estados Unidos, por exemplo, estão desenvolvendo um projeto de grande porte chamado *Multifunction Phased Array Radar* (MPAR), conforme descrito por Herd et al. (2010).

Entre as vantagens dessa tecnologia, podem ser citadas as seguintes:

- independência entre painéis, que permite usar parâmetros ou missões diferentes em painéis diferentes e perder apenas um setor caso haja falha completa de um painel;
- maior durabilidade, por possuir menos componentes mecânicos e menos movimento;
- *graceful degradation* (em tradução livre: degradação suave), que é o fato de um painel continuar funcionando, ainda que com desempenho reduzido, quando há falha em um canal de transmissão/recepção;
- varredura assíncrona, que permite fazer o guiamento de mísseis para mais de uma aeronave simultaneamente, sem deixar de realizar busca – tudo isso no mesmo painel;
- possibilidade de incorporação de novas funcionalidades ao mesmo sistema;
- medidas de proteção eletrônicas mais eficientes, visto que a troca de missões confunde os equipamentos de localização.



Cabe ressaltar que o radar primário do sistema SABER M200 Multimissão enquadra-se na categoria de Radares Multifunção Classe 2 (MFR#2), isto é, com varredura 100% eletrônica (em elevação e azimute) na transmissão e com recepção realizada por feixes digitalmente conformados (*Digital Beamforming*) do tipo *stacked beams* (feixes empilhados). Isso faz do SABER M200 Multimissão um radar que emprega conhecimentos científicos e tecnológicos de última geração, o que coloca o país na borda do conhecimento de tecnologias aplicadas a radares.

#### 2.3.4. SABER M200 Vigilante

A realização de P&D do SABER M200 Vigilante visa à obtenção de um radar de vigilância aérea com alcance de 150 km de distância e cobertura de 15 km de altura. O Vigilante, ligado a um COAAe Eletrônico de Bateria ou Grupo, destina-se a prover o alerta antecipado às defesas efetuadas pelas Seções de Artilharia Antiaérea de baixa altura orgânicas de GAAAe e de Bia AAAe isoladas.

O projeto do SABER M200 Vigilante prevê um radar com quatro painéis fixos de varredura eletrônica somente em azimute, com base na tecnologia já desenvolvida para o SABER M200 Multimissão.

As principais diferenças entre o Radar SABER M200 Vigilante e o SABER M200 Multimissão são que o primeiro possui apenas a missão vigilância, tem menor alcance e cobertura em altura e executa varredura eletrônica apenas na horizontal. Além disso, o Vigilante possui menor massa, maior mobilidade e menor custo.

O Projeto Radar SABER M200 Vigilante, iniciado em outubro de 2015, é parte

integrante do Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea e é totalmente custeado pelo Programa. A conclusão da P&D do protótipo está prevista para 2021.

#### 2.3.5. Interrogadores IFF

Os radares SABER M60, SABER M200 Multimissão e SABER M200 Vigilante possuem Interrogadores de Identificação Amigo-Inimigo (*Identification Friend or Foe – IFF*).

Os primeiros protótipos do SABER M60 foram construídos com um interrogador IFF da empresa polonesa Radwar (subsidiária da Bumar, maior empresa de defesa da Polônia). Cabe ressaltar que, antes de adquirir o sistema polonês, o CTEx tentou obter o interrogador da empresa francesa Thales, que se negou a fornecer o sistema.

Em 2008, o CTEx iniciou o desenvolvimento do interrogador IFF e do radar secundário SABER S60 para ser acoplado ao radar primário do SABER M60. Em 2010, foi concluído o desenvolvimento do SABER S60, com alcance de 80 km e com os modos 1, 2, 3/A e C. Atualmente, todos os radares SABER M60 produzidos e em uso utilizam esse interrogador IFF.

Em 2009, como parte da primeira etapa do projeto do Radar SABER M200 Multimissão, foi iniciado o desenvolvimento do radar secundário e do interrogador IFF SABER S200, com alcance de 200 nm (aproximadamente 370 km). Essa etapa foi concluída em 2011.

A P&D do Radar SABER S200 incluiu a implementação da interrogação no Modo 4 (modo seguro). Em 2014, foi realizado um teste de interrogação no Modo 4 em



conjunto com um demonstrador tecnológico de criptocomputador desenvolvido por uma equipe do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). O teste foi muito bem-sucedido, comprovando que o país possui tecnologia para implantar o IFF Modo 4. No entanto, esse modo ainda não pode ser implantado em escala, pois falta definição de padronização de interface entre interrogador e criptocomputador, além do estabelecimento de metodologia para a distribuição segura e coordenada das chaves criptográficas.

Figura 7: Radar SABER S200.



Fonte: CTEx.

Com o objetivo de cumprir as exigências da Força Aérea Brasileira (FAB) para controle de tráfego aéreo, a extinta empresa Bradar, hoje Embraer, desenvolveu às suas expensas alterações no projeto para implementação de redundância mecânica e eletrônica. A versão oriunda dessas alterações foi batizada de SABER S200R, que, em 2018, foi homologada pela Força Aérea para utilização no Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB).

#### **2.4. Resultados da Obtenção Por P&D**

Ao desenvolver os radares de defesa antiaérea no Brasil, o Exército Brasileiro gera

uma série de vantagens e benefícios, e alguns dos principais serão brevemente abordados nesta seção.

Uma primeira vantagem da obtenção desses equipamentos por meio de P&D é o aumento do domínio tecnológico do país. A realização de P&D de radares no Brasil fomentou a criação de grupos de pesquisa com grande conhecimento na área de radares na Unicamp, além da formação de profissionais com conhecimento em técnicas aplicadas a radar na própria Unicamp, no IME e no Inatel.

O domínio da tecnologia também torna as atividades de manutenção mais viáveis, pois parte dos componentes pode ser obtida no mercado nacional e as Organizações Militares responsáveis pelo apoio logístico têm acesso irrestrito à documentação do material, o que geralmente não ocorre com equipamentos adquiridos no exterior. Além disso, o fato de o fabricante ser nacional facilita o fornecimento de suporte logístico.

Tal domínio gera, ainda, a possibilidade de realização de atualizações tecnológicas do produto (*upgrades*) sempre que necessário, como efetivamente ocorreu com o Radar SABER M60.

Mas o que talvez seja a maior vantagem do domínio tecnológico sobre o produto é a garantia de proteção contra existência de *software* malicioso oculto no sistema (*backdoor*), uma vez que o *hardware* e o *software* são desenvolvidos sob controle do Exército. Cabe ressaltar que o risco de *backdoor* está aumentando ao redor do mundo, visto que os equipamentos possuem um percentual cada vez maior de componentes de *software* e de necessidade de conectividade.



Outro aspecto positivo da obtenção por P&D é a criação de soluções customizadas para o atendimento aos requisitos e necessidades operacionais específicos do Exército e das demais Forças Singulares brasileiras.

A realização de P&D no país gera empregos diretos e indiretos de alta qualificação. Estima-se que, para cada emprego direto, sejam gerados quatro indiretos. Assim, os projetos de P&D de radares de defesa antiaérea do Exército Brasileiro geram atualmente cerca de 250 empregos diretos e 1000 empregos indiretos.

Por fim, a realização de P&D possibilita a exportação de produtos de alto valor agregado e permite que os recursos empregados tanto no desenvolvimento quanto na aquisição dos materiais sejam reaplicados no país, contribuindo para o fortalecimento da economia e gerando saldo positivo na balança comercial.

O sucesso da obtenção de SMEM por P&D no âmbito do Exército Brasileiro depende não apenas da viabilização oportuna de recursos financeiros, mas também da disponibilidade de recursos humanos pelo Exército, tanto pesquisadores e engenheiros para a realização de pesquisa aplicada e absorção adequada da tecnologia desenvolvida, quanto oficiais combatentes para o acompanhamento do atendimento aos requisitos operacionais do sistema, garantindo que o SMEM desenvolvido cumpra adequadamente as necessidades da Força Terrestre.

### 3. Conclusão

Os radares de defesa antiaérea são de grande importância para a composição do

Subsistema de Controle e Alerta do Sistema de Artilharia Antiaérea. Para obtê-los, o Exército Brasileiro optou por realizar pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Antes de o Centro Tecnológico do Exército iniciar as atividades de P&D de radares em 2006, o Exército Brasileiro já dispunha do EDT FILA, componente do Sistema 40 mm FILA BOFOR, integrado no país. No entanto, esse sistema já estava no fim de sua vida útil.

A realização de P&D de radares no âmbito do Exército Brasileiro gerou o Radar de Busca SABER M60 e o Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção (COAAe Elt Seç), que atualmente compõem o Subsistema de Controle e Alerta das Seções de Artilharia Antiaérea dos GAAAe e Bia AAAe.

Atualmente, estão sendo desenvolvidos: o Radar SABER M200 Multimissão, para realizar missões de vigilância, busca e guiamento de mísseis em uma defesa antiaérea de média altitude; e o Radar SABER M200 Vigilante, para prover alerta antecipado às defesas de baixa altitude.

Portanto, conclui-se que a realização de P&D de radares de defesa antiaérea no Exército Brasileiro gera *vantagens operacionais*, como a obtenção de sistemas customizados e a proteção contra *backdoor*; *vantagens logísticas*, como o acesso irrestrito à documentação do projeto e a disponibilidade de boa parte dos componentes no país; *vantagens tecnológicas*, como a criação de grupos de pesquisa e radares nas universidades do país; e *vantagens econômicas*, como a manutenção de recursos no país e a criação de empregos altamente qualificados.





## Referências

- AVIBRAS. Produtos e Serviços: Sistemas de Defesa – FILA. [s.d.] Disponível em: <<https://www.avibras.com.br/site/nossos-produtos-e-servicos/sistemas-de-defesa/fila.html>>. Acesso em: 13 out. 2020.
- BLOG CAUSA. Causa também tem saudades. Para complementar, alguns assuntos relevantes. Parte 1. WordPress. com. 10 maio 2013. Disponível em: <<https://jbitten.wordpress.com/2013/05/10/causa-tambem-tem-sauda-despara-complementar-alguns-assuntos-relevantesparte-1/>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
- BNDES. BNDES Funtec – Fundo de desenvolvimento técnico-científico – BNDES Apoio à Inovação. [s.d.] Disponível em: <<https://www.bnDES.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-funtec>>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.231 – Manual de Campanha: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília-DF, 2017a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB70-MC-10.235 – Manual de Campanha: Defesa Antiaérea nas Operações**. 1. ed. Brasília-DF, 2017b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Departamento de Ciência e Tecnologia. Portaria nº 017-DCT, de 7 de março de 2006. Homologa o RETOP nº 109/05 – Radar de busca e designação de alvos EL/M 2106 NG-40 (RDR EL/M 2106 NG-40). Brasília-DF, 2006.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Centro Tecnológico do Exército (CTEX). **Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico de Seção – COAAe Elt Seç**. 24 jul. 2020a. Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-finalizados/93-centro-de-operacoes-antiaereases-elettronico-de-secao-coaae-elt-sec>>. Acesso em: 14 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Radar de Defesa Antiaérea de Baixa Altura SABER M60**. 24 jul. 2020b. Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-finalizados/97-radar-de-defesa-antiaerea-de-baixa-altura-saber-m60>>. Acesso em: 14 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Radar SABER M200**. 24 jul. 2020c. Disponível em: <<http://www.ctex.eb.mil.br/projetos-em-andamento/82-radar-saber-m200>>. Acesso em: 14 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **EB60-ME-23.401 – Manual de Ensino Centro de Operações Antiaéreas**. 1. ed. Brasília-DF, 2016a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **Portaria nº 33-EME, de 9 de abril de 2012. Adota o Radar SABER M60**. Brasília-DF, 2012.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Gabinete do Comandante. **EB10-IG-01.018 – Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. 1. ed. Brasília-DF, 2016b.
- ESTRATÉGIA GLOBAL. EsACosAAe realiza o 1º Estágio de Operações do Sistema de Mísseis Telecomandados RBS 70. 8 abril 2015. Disponível em: <<https://estrategia-global.blog.br/2015/04/esacosaae-realiza-o-1º-estagio-de-operacoes-do-sistema-de-misseis-telecomandados-rbs-70.html>>. Acesso em: 14 out. 2020.
- FINEP. **Sobre a Finep**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/sobre-a-finep>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
- GLOBALSECURITY.ORG. **Oerlikon Contraves / Rheinmetall Air Defence**. [s.d.] Disponível em: <<https://www.global-security.org/military/world/europe/oerlikon-contraves.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2019.
- HERD, J. et al. **Multifunction Phased Array Radar (MPAR) for Aircraft and Weather Surveillance**. 2010 IEEE Radar Conference. Washington DC, 2010. p. 945-948.
- ISRAEL AIRCRAFT INDUSTRIES (IAI). Elta Systems. **ELM-2106NG Tactical 3D Air Defense Radar**. Disponível em: <<https://www.iai.co.il/p/elm-2106ng>>. Acesso em: 13 out. 2020.
- LESKE, A. D. C. **Inovação e Políticas na Indústria de Defesa Brasileira**. 2013. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. 197 f.
- SILVEIRA, V. Orbisat muda de nome e vai atuar em áreas de risco. 7 out. 2013. **SIMDE – Sindicato Nacional das Indústrias de Materiais de Defesa**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/simde/noticias/orbisat-muda-de-nome-e-vai-atuar-em-areas-de-risco/>>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- SIMÕES, E. Embraer paga R\$ 28,5 mi por fatia de divisão de radares da Orbisat. 15 mar. 2011. **Reuters**. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/brazil-defesa-embraer-orbisat-idBRSPe72KFDQ20110315>>. Acesso em: 19 out. 2020.





## □ A Simulação do Apoio de Fogo no Exército Brasileiro e seus ensinamentos – uma experiência útil para a Artilharia Antiaérea

Ten Cel Jefferson Jésus Cavalcanti SILVA MENDES<sup>1</sup>

### **Resumo**

O propósito principal do artigo é apresentar a simulação no Exército Brasileiro (EB), seu histórico, seus sistemas, seus tipos e seu impacto no ensino, no preparo e no emprego da Força Terrestre (F Ter). O artigo foca, em especial, no treinamento do Apoio de Fogo (Ap F) terrestre e nos impactos advindos da utilização do Simulador de Apoio de Fogo (SIMAF), levantando aspectos e argumentos que apontam para a eficiência e a eficácia da utilização dessa ferramenta na preparação dos recursos humanos

envolvidos na atividade de Apoio de Fogo, além de ressaltar os resultados positivos, conclusões e aprendizados obtidos pelo uso da simulação nessa atividade que possam ser úteis para a evolução do treinamento de pessoal, sejam alunos de escolas ou integrantes dos quadros que ocupam cargos em Organizações Militares (OM) de Artilharia Antiaérea (AAAe) do EB.

**Palavras-chave:** Simulação; Exército; Apoio de Fogo; Ensínamento; Artilharia Antiaérea.



### **1. Introdução**

As características das ameaças do conflito armado moderno enfrentam constante mutação, o que gera uma grande complexidade para as atividades de ensino, preparo e emprego das Forças Armadas (FFAA) ao redor do planeta. Para fazer frente às exigências em termos de treinamento militar nesse contexto, o EB busca, constantemente, a evolução de sua doutrina e de suas estruturas de ensino, preparo e emprego.

Por conseguinte, as atividades de simulação têm alcançado uma proeminência muito destacada e sua implantação se apresenta como um grande desafio.

A *Diretriz do Comandante do EB 2011-2014* (BRASIL, 2011a) preconiza que a Força Terrestre invista em simuladores de tiro, entendendo-os como meios seguros, flexíveis e de baixo custo para a elevação da capacidade técnica e tática dos efetivos. Corroborando esse preceito, a

<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2000; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2004; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Artilharia – EsAO, 2007; Curso de Oficial de Ligação Antiaérea – COMDABRA, 2009; Instrutor do Curso de Artilharia – EsAO, 2010/11; Comandante da 5ª Bateria de Artilharia Antiaérea Leve – Amv, 2014/2015; Curso de Comando e Estado-Maior do Exército – ECEME, 2016/2017; Instrutor-Chefe da Seção de Simulação – AMAN, 2018.



*Diretriz do Comandante do EB 2019* coloca como uma de suas premissas o seguinte:

Os nossos recursos humanos devem ser capazes de enfrentar os desafios da Guerra Atual e do Futuro, para a qual muitas tecnologias ainda estão em processo de concepção, demandando do militar do século XXI alto grau de flexibilidade e capacidade de autoaperfeiçoamento. Contudo, a capacitação técnica do militar jamais deve prescindir do culto aos valores e às tradições que possibilitaram a construção de um Exército vitorioso e respeitado. Os herdeiros de Caxias devem abraçar a modernidade sem descuidar-se dos aspectos que consubstanciam a ética militar. (BRASIL, 2019).

As orientações do Comandante do EB ressaltam a importância de cada vez mais se buscar possuir e utilizar a simulação no preparo e no ensino da Força Terrestre. Portanto, reafirmando essa concepção, este artigo visa apresentar a simulação no Exército Brasileiro, fomentar a discussão sobre o assunto e servir como base para futuros estudos.

## 2. A simulação no Exército Brasileiro

Segundo a *Diretriz para o Funcionamento do Sistema de Simulação do EB* (BRASIL, 2014a), esse sistema “engloba o conjunto de recursos humanos, instalações, aplicativos e equipamentos de simulação empregados no adestramento, treinamento, instrução, ensino militar e no suporte à tomada de decisão, estando dividido em programas”.

Nessa mesma Diretriz, encontramos, também, os significados básicos de simulação, que podem designar: o próprio produto ou simulador (ferramenta), a utilização do simulador (atividade), a elaboração do simulador (método

para implementar um modelo dinâmico) ou uma tecnologia (utilizável com fins de teste, estudo ou treinamento). Somente o contexto de emprego do termo simulação permite distinguir entre as diferentes significações.

A simulação pode ser definida, ainda, como um método técnico que possibilita representar artificialmente uma atividade ou um evento real por meio de um modelo. Com o auxílio de um sistema informatizado, mecânico, hidráulico ou de sistemas combinados, a simulação reproduz as características e a evolução de um processo ao longo do tempo. O progresso dos métodos numéricos e o aumento extraordinário do desempenho dos computadores permitem, graças a simulações cada vez mais detalhadas, predizer o comportamento de sistemas complexos, as propriedades de novos materiais e simular fenômenos naturais como a evolução de estrelas e do clima, por exemplo. A indústria utiliza cada vez mais a simulação numérica, validada pela experimentação, para encurtar o ciclo de desenvolvimento de seus novos produtos e assim aumentar sua competitividade. (BRASIL, 2014a).

Quando aplicada na área militar, a simulação é a reprodução, conforme regras pré-determinadas, de aspectos específicos de uma atividade militar ou da operação de material de emprego militar, com a utilização de um conjunto de equipamentos, softwares e infraestruturas.

Ainda de acordo com essa Diretriz (BRASIL, 2014a), o Sistema de Simulação no EB tem por finalidade prover os meios para:

- o treinamento baseado em tecnologias aplicadas em ambientes simulados, proporcionando aos militares, do modo mais realista possível, a preparação individual e coletiva para o desempenho de suas atividades;



- a tomada de decisão dos escalões operacionais e organizacionais.

Também é premissa do Sistema de Simulação empregar essas tecnologias no Sistema de Instrução Militar e no Sistema de Ensino.

## 2.1. Histórico

As atividades de preparação para o tiro com armas portáteis e de porte que compõem as Instruções Preparatórias para o Tiro (IPT) e os treinamentos sem munição, conhecidos como “tiros em seco”, bem como os treinamentos sem munição real na Artilharia de Campanha, conhecidos como “lote click”, são utilizadas há décadas no EB para preparar e instruir seus quadros.

Artifícios como caixões de areia, que são uma representação aproximada e em escala do terreno onde se realizará uma ação militar, e os chamados terrenos reduzidos, utilizados na Artilharia de Campanha para ensino e treinamento de observadores na condução do tiro, são exemplos de atividades que compõem os primórdios da utilização da simulação no Exército, muitas vezes para superar limitações de caráter material e de segurança.

A utilização da simulação de maneira mais sistemática em atividades do EB remonta ao início dos anos 1990, quando a Escola de Comando e Estado Maior do Exército (ECEME) começou a empregar a simulação no Exercício AZUVER junto com as suas escolas congêneres da Marinha do Brasil (MB) e da Força Aérea Brasileira (FAB).

No começo da década de 2000, o EB passou a investir em softwares próprios para os jogos de guerra, como o GUARINI. Naturalmente, após o advento dos primeiros softwares, ocorreram inúmeras evoluções tecnológicas que deram origem a novos softwares, como

o SISTAB e o SABRE, entre outros, que, por sua vez, demandaram o aperfeiçoamento da infraestrutura física.

Já no início da década de 2010, o EB começou a normatizar a atividade de simulação, gerando nova legislação e evoluindo em todas as áreas da simulação militar com a implantação de novos softwares e equipamentos. Também promoveu a modernização de protocolos e procedimentos de emprego da simulação militar.

Figura 1: Histórico da simulação no Exército Brasileiro.



Fonte: Acervo COTER.

Nesse caminho, em que o EB venceu toda sorte de barreiras, foram desenvolvidas atividades de simulação para instrução com blindados, aviação, tiro, salto de paraquedas, Operações Especiais e Apoio de Fogo, bem como exercícios de Posto de Comando (PC).

## 2.2. Tipos de Simulação

No Exército Brasileiro, a *Diretriz para o Funcionamento do Sistema de Simulação* (BRASIL, 2014a) classifica a simulação em três modalidades: viva, virtual e construtiva.

A *Simulação Viva* é aquela na qual são envolvidos agentes reais, operando sistemas reais (armamentos, equipamentos, viaturas e aeronaves de dotação), no mundo real, com o apoio de sensores, dispositivos apontadores



Quadro 1: Tipos de Simulação.

	VIVA	VIRTUAL	CONSTRUTIVA
Pessoa	Real	Real	Simulado
Tempo	Real	Real	Real/ Simulado
Ambiente / EQPTP	Real	Simulado	Simulado
Interação das Armas	Simulado	Simulado	Simulado

Fonte: Defesanet (2019).

laser e outros instrumentos que permitem acompanhar o elemento e simular os efeitos dos engajamentos.

Figura 2: Simulação Viva – linha de fogo.



Fonte: Arquivo pessoal.

A *Simulação Virtual* é aquela na qual estão envolvidos agentes reais operando sistemas simulados ou gerados em computador, sendo que, nesse caso, substituem-se sistemas de armas, veículos, aeronaves e outros equipamentos cuja operação exija alto grau de adestramento ou envolva riscos e/ou custos elevados para operar. Sua grande possibilidade de ganho e aplicação é no desenvolvimento de técnicas e habilidades individuais que permitam explorar os limites do operador e do equipamento.

A *Simulação Construtiva* é aquela que envolve tropas e elementos simulados operando sistemas também simulados que são controlados por agentes reais, normalmente numa situação de comandos constituídos. Essa modalidade ficou

Figura 3: Simulação Virtual – observação do Tiro de Artilharia.



Fonte: Arquivo pessoal.

conhecida pela designação de “Jogos de Guerra”. A ênfase dessa simulação é na interação entre agentes, divididos em forças oponentes que se enfrentam sob o controle de uma direção de exercício. Seu emprego principal é no adestramento de comandantes e estados-maiores para o Processo de Tomada de Decisão e para o funcionamento de Postos de Comando e Sistemas de Comando e Controle.

Figura 4: Simulação Construtiva na Central de Tiro e Planejamento de Fogos.



Fonte: Arquivo pessoal.

### 2.3. O emprego da simulação no Exército Brasileiro

O Exército Brasileiro utiliza a simulação como recurso em atividades de cunho tanto pedagógico quanto operacional. Dessa forma, simuladores



diversos são utilizados em escolas de formação e nas demais atividades relacionadas ao ensino profissional como ferramentas de aprendizagem, sendo também empregados em atividades operacionais, notadamente em ações do preparo da Força Terrestre Brasileira.

O Ensino Profissional no Exército é realizado por meio de dois sistemas distintos, porém, integrados: o Sistema de Ensino Militar e o Sistema de Instrução Militar do Exército Brasileiro (SIMEB).

O Sistema de Ensino Militar é voltado, em sua maior dimensão, para formar, aperfeiçoar, especializar e ampliar os conhecimentos profissionais dos militares de carreira. Paralelamente, forma os oficiais da reserva das Armas, do Serviço de Intendência e do Quadro de Material Bélico. Esse sistema possui uma estrutura técnica especializada na atividade de ensino e é coordenado pelo Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEEx).

Já o SIMEB é voltado para o adestramento da Força Terrestre como instrumento de combate, para a formação das praças temporárias e para adaptação de técnicos civis à vida militar. Esse sistema é coordenado pelo Comando de Operações Terrestres (COTER).

### **2.3.1. A simulação na Instrução Militar e no preparo do Exército Brasileiro**

Segundo Peres (2017), anualmente o EB incorpora os soldados no serviço militar obrigatório e se dedica a formá-los para serem excelentes reservistas. Algumas unidades de pronto-emprego, que são formadas, em sua maioria, por militares profissionais, empenham-se no adestramento durante o ano de instrução. Nesse contexto e com o objetivo de melhor preparar os recursos humanos da Força, os simuladores podem ser empregados no adestramento, atendendo a todos os níveis de capacitação.

O emprego dos simuladores pode colaborar tanto na formação e na qualificação individual, ao aportar ferramentas para melhorar o preparo do militar, quanto na formação, na qualificação e no adestramento de frações e guarnições, ao utilizar técnicas, táticas e procedimentos para o trabalho em grupo de maneira sinérgica em busca de um objetivo coletivo.

A simulação militar é um excelente instrumento para a manutenção dos níveis de adestramento das Forças Armadas em diversos países. A utilização desse meio proporciona a racionalização de recursos e a redução dos riscos inerentes às atividades militares. Nesse cenário é que também se encontra a simulação virtual baseada em tecnologia aplicada em ambiente simulado. (AMORIM, 2018).

As atividades de simulação, coordenadas pelo COTER, destinam-se a prover os meios para o treinamento baseado em tecnologias aplicadas em ambientes simulados, proporcionando aos militares o treinamento individual e coletivo de suas tarefas o mais próximo possível da realidade e com a abstração julgada necessária, bem como a tomada de decisão dos escalões operacionais considerados.

### **2.3.2. A simulação no Ensino do Exército Brasileiro**

A inovação na área de Educação e Cultura será atendida em pontos-chave e eixos constitutivos do processo ensino-aprendizagem, entre os quais podem ser destacados: a flexibilização e o dinamismo curricular; a introdução de novas práticas metodológicas; a exploração das potencialidades da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC); a revisão dos conceitos sobre



avaliação do aprendizado; a reavaliação do papel do docente, bem como a sua adequada atualização profissional e a revisão da infraestrutura de apoio ao ensino. (BRASIL, 2016b).

A atividade de simulação no ensino do EB tem como principal marco regulatório a Portaria nº 008 do Departamento de Educação e Cultura do Exército, de 10 de fevereiro de 2011, que aprovou a *Diretriz para a Implantação do Sistema de Simulação para o Ensino do DECEEx (SIMENS)*.

O simulador pode prover o realismo técnico, ergonômico e funcional, mas jamais substituirá o papel do docente na concepção e na condução do treinamento dentro de um cenário realista e compatível com os objetivos propostos. Reforçase que aquele que utiliza esta ferramenta deve conhecer as possibilidades e limitações dos sistemas de simulação e softwares empregados. Não é desejável o emprego desses meios por neófitos. (BRASIL, 2016b).

Segundo a *Diretriz de Educação e Cultura do EB 2016-2022* (BRASIL, 2015), o emprego de técnicas de simulação e de simuladores vem ao encontro das necessidades de racionalização de

material e de pessoal e do aumento da efetividade na aprendizagem. Assim, investimentos devem ser realizados, tanto na aquisição de equipamentos como na capacitação dos docentes, a fim de racionalizar o uso generalizado da simulação no processo ensino-aprendizagem.

No âmbito do SIMENS, a simulação deve ser entendida como um instrumento para a condução de atividades do processo ensino-aprendizagem visando atingir um determinado objetivo pedagógico, sendo que jamais deverá ser considerada como objetivo ou solução em si mesma. Os docentes e discentes devem alinhar todos os seus esforços para atender aos objetivos das atividades escolares, utilizando a simulação como elemento facilitador de todo o processo.

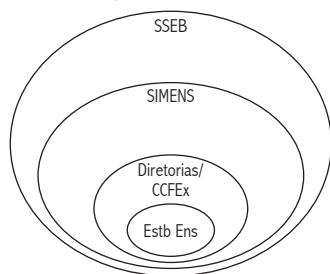
### 3. O Apoio de Fogo

Segundo o *Glossário das Forças Armadas* (BRASIL, 2007), o Apoio de Fogo é o ato ou o efeito de fogo sobre determinados alvos ou objetivos realizado por elemento, unidade ou força para apoiar ou proteger outros elementos, unidades ou forças.

No caso da Força Terrestre, o Apoio de Fogo Terrestre é prestado pelas armas coletivas orgânicas das unidades e subunidades de Infantaria e Cavalaria, que utilizam metralhadoras, canhões e morteiros. Entretanto, o meio de Apoio de Fogo Terrestre mais nobre é a Artilharia de Campanha, dotada de morteiros pesados, obuseiros, mísseis e foguetes, os quais realizam o apoio por intermédio do fogo indireto, ou seja, sem visada direta sobre o alvo.

O Apoio de Fogo Indireto, realizado por morteiros pesados e obuseiros, é uma atividade complexa que é executada de forma sistêmica.

Figura 5: SIMENS.



Legenda:

- SSEB: Sistema de Simulação do Exército Brasileiro
- SIMENS: Sistema de Simulação para o Ensino do DECEEx.

Fonte: Brasil (2016b).



De maneira geral e simplificada, existe um subsistema de busca de alvos, com sua consequente observação; um subsistema de direção de tiro, que calcula os elementos de tiro; e um subsistema de armas, ou linha de fogo, que realiza o disparo. Outros subsistemas, como topografia, logística e comunicações, são necessários para proporcionar condições de execução para a tarefa de Apoio de Fogo.

Todas as tarefas envolvidas na execução do Apoio de Fogo exigem instrução e adestramento individual e coletivo de diversas qualificações, as quais demandam contínuo treinamento. Nesse contexto, a atividade de simulação é uma ferramenta-chave para facilitar o ensino, a instrução e o adestramento de alunos de escolas de formação e de unidades e subunidades do corpo de tropa.

## 4. O Simulador de Apoio de Fogo (SIMAF)

O Simulador de Apoio de Fogo (SIMAF) foi idealizado para aprimorar o adestramento dos Grupos de Artilharia de Campanha (GAC) e os Pelotões de Morteiro Pesado (Pel Mrt P) orgânicos dos Batalhões de Infantaria e Regimentos de Cavalaria, bem como o processo ensino-aprendizagem do Apoio de Fogo nas diversas Escolas de Formação, Aperfeiçoamento e Especialização/Extensão do EB. Assim, caso o simulador fosse empregado com eficiência e eficácia, contribuiria para a superação dos óbices quanto à manutenção do elevado nível de adestramento da tropa e para o aumento na qualidade do processo ensino-aprendizagem.

Tal concepção visava mitigar uma série de limitações que a atividade de Apoio de

Fogo enfrentava, tais como: o envelhecimento e a obsolescência dos meios auxiliares de instrução e ensino, a recorrente limitação na disponibilidade de munição para execução de tiro real e a diminuição nas áreas de tiro real em função de crescentes limitações ambientais e de segurança.

A Solução encontrada pelo Exército para preencher as demandas operacionais sofridas pelo Sistema Operacional Apoio de Fogo foi a aquisição de um simulador capaz de treinar e adestrar a Artilharia de Campanha, elemento-chave deste sistema. (HENRIQUES e LIMA JUNIOR, 2011).

### 4.1. Histórico do SIMAF

O Projeto SIMAF teve início em 22 de outubro de 2010 com a assinatura do Termo de Abertura do primeiro módulo do Sistema no Quartel-General do Exército, onde foi lançado formalmente. O evento contou com a presença do Comandante da Força, dos Oficiais-Generais do Alto Comando, de autoridades diplomáticas e de empresários espanhóis. Em novembro do mesmo ano, uma equipe do EB se deslocou para Madri, na Espanha, para, juntamente com a empresa espanhola TECNOBIT, vencedora da concorrência internacional, detalharem os requisitos do simulador.

Durante todo o ano de 2011, foi desenvolvido o protótipo do Simulador de Apoio de Fogo, apresentado nas instalações espanholas em dezembro daquele ano. No mesmo ano, foram inauguradas as instalações do simulador em Resende. Na sequência, de 2012 a 2014, a TECNOBIT e o EB trabalharam no desenvolvimento do programa de simulação, que teve como ponto de partida o SIMACA,



simulador criado pela empresa para ser utilizado pelo Exército Espanhol.

Figura 6: Visão esquemática do SIMAF.



Fonte: Brasil (2016a).

Diferentemente do SIMACA, o simulador brasileiro foi desenvolvido com técnicas mais modernas em diversos parâmetros, tais como codificação, equipamentos visuais, arquitetura, sensores de peça, optrônicos, rádios, entre outros, o que proporcionou a evolução para outros sistemas ou novas doutrinas, além de uma melhor qualidade de vídeo, conferindo maior realismo à simulação.

Assim, em 2015, todos os equipamentos de simulação foram instalados e integrados ao prédio do SIMAF/AMAN, permitindo que, após anos de intenso trabalho de desenvolvimento, o EB iniciasse a operação do simulador.

Após a instalação dos equipamentos e a realização dos testes iniciais, o SIMAF Resende foi inaugurado em 19 de fevereiro de 2016, que foi um ano de testes com o emprego inicial do simulador em instruções ministradas aos cadetes dos Cursos de Artilharia, Infantaria e Cavalaria da AMAN, bem como em apoio a cursos diversos que possuíam observação e condução do Tiro de Artilharia em seu currículo. Em junho do mesmo ano, entrou em operação o Simulador de Santa Maria (RS).

## 4.2. A Utilização do SIMAF

O SIMAF possibilita o trabalho, de maneira integrada, dos oito subsistemas de Artilharia: Observação, Linha de Fogo, Topografia, Direção/Coordenação de Tiro, Busca de Alvos, Logística, Comunicações e Meteorologia, sendo desenvolvido desde o nível Batalhão/Regimento até Divisão de Exército. Visa otimizar o uso de munição real, já que, primeiramente, o militar repete os procedimentos no ambiente virtual várias vezes e, somente após isso, finaliza seu aprendizado/adestrramento com o tiro real. Além disso, pode trabalhar várias missões de tiro inviáveis em exercícios no terreno por motivo de segurança: tiro próximo de tropa amiga ou em ambiente urbano. (BRASIL, 2016a).

O SIMAF Resende se encontra instalado na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), na cidade de Resende/RJ, e tem sua utilização prioritária para fins de ensino regulada pelo Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX) por intermédio da própria Seção de Simulação da AMAN, que enquadra o simulador e atende em prioridade as atividades do Corpo de Cadetes da Academia. As instalações de Resende também atendem aos GAC e a Pel Mrt P de diversas Organizações Militares (OM) do EB, prioritariamente as do Comando Militar do Leste (CML) e do Comando Militar do Sudeste (CMSE), sendo que essa atividade de preparo é coordenada pela Chefia do Preparo do Comando de Operações Terrestres (COTER).

O adestramento, de acordo com o Sistema de Instrução Militar do Exército Brasileiro (SIMEB), é, em linhas gerais, o conjunto de atividades que capacitam uma unidade a participar de Operações Militares. A doutrina, conforme o



Sistema de Doutrina Militar Terrestre (SIDOMT) é o conjunto de princípios, de conceitos, de normas e de procedimentos que visam estabelecer ideias e orientar ações estruturadas em experiências. (DEFESANET, 2016).

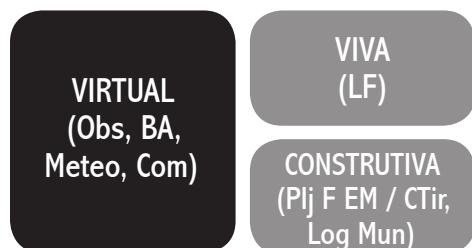
O SIMAF Sul se encontra instalado no Centro de Adestramento Sul (CA-S), OM que o enquadra. Por sua vez, atende, prioritariamente, às atividades de preparo dos GAC e Pel Mrt P do Comando Militar do Sul (CMS) e do Comando Militar do Oeste (CMO). Atende, também, às atividades de ensino das Escolas do Exército geograficamente próximas a Santa Maria.

A utilização de ambos os SIMAF fica, então, condicionada a um emprego dual, apoiando as atividades de ensino e de preparo. Assim sendo, o SIMAF Resende coordena sua utilização pelos cadetes com o Corpo de Cadetes da AMAN, sendo os períodos disponíveis oferecidos às OM pela Chefia do Preparo do COTER. Outros estabelecimentos de ensino coordenam o uso do simulador diretamente com a AMAN e com o COTER. Portanto, são criados dois calendários complementares, sendo um da Seção de Simulação da AMAN para fins de ensino e outro do COTER, que é anualmente divulgado por intermédio do Programa de Instrução Militar (PIM). O SIMAF Sul, por sua vez, tem sua utilização coordenada pelo COTER e, da mesma forma que a unidade de Resende, tem seu calendário divulgado no PIM.

Após a divulgação dos calendários de utilização dos SIMAF, as OM e os estabelecimentos de ensino contemplados, via cadeia de comando, necessitam planejar a execução da instrução ou do exercício de adestramento para que sejam previstos os créditos e os insumos necessários para transporte/deslocamento de pessoal e material, alojamento e alimentação.

É importante salientar que todo o processo ocorre em A-1 (ou seja, no ano anterior à ida ao SIMAF) e os usuários devem considerar as implicações das distâncias que separam as OM dos SIMAF, a possibilidade de conduzir grandes efetivos para a atividade e a viabilidade de levar o material requerido. Essas condicionantes e os procedimentos previstos em cadernos de instrução previamente montados determinarão como será conduzida a simulação e quais objetivos serão alcançados, sendo possível, inclusive, não se utilizar todos os subsistemas do SIMAF.

Figura 7: A concepção da utilização das modalidades de simulação no SIMAF.



Fonte: Arquivo pessoal.

#### 4.3. As capacidades de utilização do SIMAF

O Simulador de Apoio de Fogo possui diversas capacidades, entre as quais podemos destacar a facilidade para adestrar a Função de Combate Fogos para Artilharia, Infantaria e Cavalaria, em todos os seus subsistemas, bem como para adestrar a Condução do Tiro de Artilharia por observador de qualquer arma sem os custos da munição real.

Em função disso, pode-se auferir como benefício a otimização do uso da munição real por meio do treinamento em ambiente simulado anterior ao tiro real, reduzindo os efeitos danosos ao meio ambiente e realizando o procedimento



em elevadas condições de segurança. Tal virtude se potencializa na possibilidade de conduzir o tiro real em espaços humanizados sem danos colaterais, o que só é possível, em treinamento, com o auxílio da simulação.

O simulador se mostra um meio de aprendizagem eficiente (teoria-simulação-prática) que promove o aprimoramento do processo ensino-aprendizagem com baixo custo, sendo atrativo ao usuário, moderno, eficaz e capaz de gerar um *feedback* preciso e rápido, inclusive com avaliação.

Vale salientar que o simulador pode ser empregado de modo modular, não sendo necessária a utilização de todos os subsistemas, o que propicia flexibilidade nos gastos de tempo e empenho de pessoal.

Com o ambiente virtual a cargo da Equipe de Instrução, é possível agravar ou atenuar o grau de dificuldade dos exercícios simulados por meio do controle de variáveis (como meteorologia, terreno, inimigo, VO e temperatura da pólvora) e realizar exercícios com variados cenários, como Resende, Santa Maria, Formosa, Salvador, Gericinó, Angra dos Reis e Barão de São Borja.

As características do simulador crescem em importância quando verificamos o perfil dos militares que já o utilizaram como ferramenta de treinamento. O público-alvo do simulador se insere em gerações que vivem conectadas na rede mundial de computadores e são afetadas por um mundo cada vez mais virtualizado e de utilização de equipamentos eletrônicos de uso intuitivo.

Uma vez que grande parte do público-alvo do simulador pertence às gerações X e Y, bem como posteriores, infere-se que esses usuários têm o hábito de buscar informação na internet, estão acostumados a fazer diversas atividades

simultaneamente, conhecem e se interessam por tecnologia, compartilham informação, passam muito tempo *on-line* nos jogos em rede e nas mídias sociais e se tornam autodidatas em assuntos que lhes interessam.

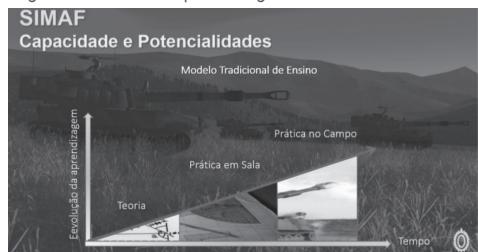
Figura 8: Tendências pedagógicas modernas.



Fonte: Brasil (2016a).

Em virtude do exposto, pode-se concluir que o SIMAF se apresenta como uma ferramenta poderosa para incrementar os processos de ensino e preparo do EB, ocasionando uma

Figura 9: Curva de aprendizagem do ensino tradicional.



Fonte: Brasil (2016a).

Figura 10: Curva de aprendizagem do ensino com o simulador.



Fonte: Brasil (2016a).



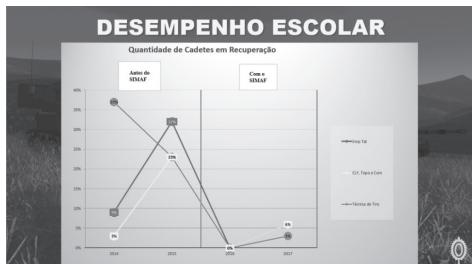
mudança na curva de aprendizado, conforme mostram as figuras 9 e 10.

#### 4.4. Benefícios da Simulação do Apoio de Fogo

O emprego sistemático do SIMAF, iniciado em 2017, gerou impactos positivos nos militares que o utilizaram. Pesquisas de satisfação realizadas com os militares das OM que passaram pelo SIMAF nos anos de 2017 e 2018 revelaram quase que uma unanimidade ao afirmar que a utilização do simulador facilitou o aprendizado e aumentou a confiança dos militares para a realização do tiro real. Em 2017, por exemplo, ao final do exercício realizado pelo 21º GAC, sediado em Niterói (RJ), o resultado de uma pesquisa mostrou que, do público-alvo de 72 militares, todos afirmaram ter havido aumento da aprendizagem e da confiança.

Outro benefício foi a melhora no desempenho dos cadetes do Curso de Artilharia nas avaliações das disciplinas profissionais que envolvem as técnicas e táticas da Artilharia de Campanha. Embora os dados não sejam conclusivos e a pesquisa não seja precisa, principalmente pela falta de uma série histórica, verificou-se uma tendência de evolução nos graus dos cadetes, diminuindo drasticamente a quantidade de militares que necessitavam realizar exame final para a aprovação.

Figura 11: Tendência de melhora no desempenho escolar com o uso do simulador.



Fonte: Brasil (2016a).

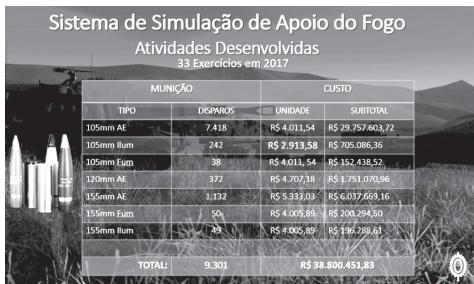
Também é mencionada a possibilidade de treinamento no simulador de toda a técnica prevista para a execução e a condução do Tiro de Artilharia, sem a limitação da segurança e da quantidade de munição. Técnicas que nunca seriam realizadas por falta de campo de instrução e de munição podem ser realizadas inúmeras vezes, gerando *feedback* para os militares. Um exemplo clássico é o da Observação Aérea do Tiro de Artilharia: todos os instruendos podem realizar a técnica, independentemente da quantidade de horas de voo previstas e da munição disponível.

Outra possibilidade que o simulador apresenta é o treinamento/ensaio preliminar ao tiro real, no qual as ações previstas para a atividade de tiro real podem ser previamente repassadas no SIMAF. Esse ensaio pode, inclusive, ocorrer no terreno e nas condições previstas, caso exista o terreno digitalizado no simulador.

É extremamente relevante a economia gerada com a utilização do simulador. Devido à conformação do equipamento, é possível realizar grande parte do trabalho de ensino e adestramento no SIMAF. Então, pode-se reduzir a quantidade de jornadas no terreno, diminuindo, assim, o uso de material de intendência e o gasto com deslocamentos, combustíveis e rações frias e quentes, entre outros. Embora nada substitua o exercício real no terreno, fica patente a otimização do uso de munição. Com o treinamento bem realizado no simulador, ao se efetivar o tiro real, o resultado será muito mais profícuo, reduzindo o desperdício de munição a quantidades desprezíveis. Para que sejam alcançados os objetivos propostos, é possível repetir o disparo simulado inúmeras vezes, o que gera resultado sem onerar os cofres públicos.



Figura 12: Exemplo de economia gerada em munição pelo simulador (ano 2017).



Sistema de Simulação de Apoio do Fogo			
Atividades Desenvolvidas			
33 Exercícios em 2017			
MUNIÇÃO		CUSTO	
TIPO	DISPLOS	UNIDADE	SUBTOTAL
105mm AE	7.418	R\$ 4.011,54	R\$ 29.579.043,72
105mm Ilum	242	R\$ 2.913,58	R\$ 705.086,36
105mm Fum	38	R\$ 4.011,54	R\$ 152.438,52
120mm AE	372	R\$ 4.707,18	R\$ 1.751.070,56
155mm AE	1.132	R\$ 5.333,03	R\$ 6.037.669,16
155mm Fum	50	R\$ 4.005,89	R\$ 200.294,50
155mm Ilum	49	R\$ 4.005,89	R\$ 196.788,61
TOTAL:	9.301	R\$ 38.800.451,83	0

Fonte: Brasil (2016a).

#### 4.5. Conclusões sobre a utilização do SIMAF

O SIMAF é uma ferramenta cara, constituída por equipamentos de tecnologia de ponta que precisam de manutenção muito específica e de alto custo, e ainda exige pessoal altamente capacitado para sua operação. Ademais, o simulador ocupa todo um prédio para abrigar seus diversos subsistemas e sua condição estática obriga o deslocamento da grande maioria de unidades militares e escolas para Resende ou Santa Maria, cidades onde estão instalados os SIMAF no Brasil.

A utilização do simulador deve estar coordenada e prevista nos calendários escolares e de adestramento, bem como o deslocamento de militares e os gastos previstos com antecedência de um ano (A-1). Dependendo do caso, muitas vezes torna-se inviável conduzir uma quantidade significativa de militares para a atividade no simulador.

O tempo reservado para o uso escolar do simulador e para a atividade de adestramento deve estar previsto em Plano Geral de Ensino das respectivas escolas e nos Programas de

Instrução das OM que utilizam o simulador, sob pena de se subempregar o equipamento e prejudicar o tempo destinado a outras atividades.

Os usuários não podem utilizar o simulador como um videogame buscando vencer em um jogo. É necessário que o encarem como uma ferramenta empregada para replicar todos os procedimentos esperados para a sua função e, assim, aproveitem cada minuto de simulação oferecida.

O SIMAF, por ser modular e flexível, permite que os subsistemas trabalhem de forma autônoma, sem afetar um ao outro. As atividades podem ser conduzidas individualmente nos diversos subsistemas, como Posto de Observação e Linha de Fogo, sem que eles estejam integrados. Dessa forma, só se efetiva a integração de todos os subsistemas, atrelando-os ao simulador, quando os instruendos já estiverem em condição de operar, tendo em vista o nivelamento de procedimentos e o conhecimento adquirido.

Embora o foco principal do SIMAF seja a simulação técnica dos subsistemas mais relevantes, que é alcançada por meio da simulação viva e virtual, o simulador permite a utilização de algumas ferramentas com caráter de simulação construtiva. Dessa forma, é possível envolver todos os subsistemas da Artilharia de Campanha e buscar um ensino mais detalhista e completo ou um adestramento mais realista.

A simulação complementa e potencializa o processo de ensino-aprendizagem, sendo uma ferramenta extremamente útil, mas que não substitui todas as outras técnicas de ensino ou a atividade real de treinamento. Nada substitui a interação com o terreno e o tiro real.



## 5. A Simulação na Artilharia Antiaérea

A Artilharia Antiaérea, componente terrestre da defesa aeroespacial ativada, realiza a defesa antiaérea de forças, instalações ou áreas. A Artilharia Antiaérea participa da Função de Combate Proteção ao preservar a F Ter, quer seja o homem, as organizações ou as estruturas estratégicas. (BRASIL, 2014c).

Da mesma forma que a Artilharia de Campanha, a Artilharia Antiaérea (AAAe) funciona de forma sistêmica através da integração de diversos subsistemas que, trabalhando de maneira sinérgica e integrada, proporcionam o cumprimento das missões. A estrutura sistêmica da AAAe é composta por quatro subsistemas: Controle e Alerta, Armas, Apoio Logístico e Comunicações (BRASIL, 2017).

No Exército Brasileiro, a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) é o estabelecimento de ensino responsável por: ministrar cursos de especialização de oficiais e sargentos em Artilharia Antiaérea, Defesa da Costa e Defesa do Litoral; realizar estágios peculiares à AAAe e ao Apoio de Fogo na Defesa do Litoral e na Defesa da Costa; contribuir para o aperfeiçoamento e o desenvolvimento da doutrina do emprego da AAAe e da Defesa do Litoral e da Costa. O processo de ensino e instrução da AAAe se insere em um contexto pedagógico atual, cheio de desafios inerentes a técnicas de ensino modernas e metodologias ativas de aprendizado, incluindo o desafio de interagir com os militares de gerações mais novas.

Ainda como a Artilharia de Campanha, a AAAe possui limitações quanto à execução de suas atividades de instrução, treinamento e adestramento, especialmente no que diz respeito

à realização de atividades com o emprego de aeronaves e munição reais. As atividades de adestramento demandam gastos com transporte, munições reais de alto valor, coordenação da segurança da área de exercício e do espaço aéreo. Outras atividades, como exercícios de dupla ação com aeronaves reais, por exemplo, demandam, também, a disponibilidade de horas de voo de dispendiosas aeronaves militares.

Portanto, a simulação de combate surge, também para a AAAe, como uma solução viável e acessível para manter e elevar os padrões de ensino, treinamento e adestramento, gerando economia e mantendo elevados os níveis de segurança.

Os simuladores são excelentes ferramentas para a instrução individual, a capacitação de equipes e de comandantes. Todavia, são poucas as unidades que os possuem, utilizando-os com grande eficiência. A aquisição de tais ferramentas exige um investimento inicial, normalmente elevado, tendo em vista o custo de manutenção e evolução tecnológica do equipamento. A extensão do nosso país é um fator que complica a instalação centralizada de simuladores; porém, a universalização do uso é uma necessidade para que as unidades possam empregar eficientemente esses sistemas de apoio durante o preparo. (PERES, 2017).

De certa maneira, a simulação já é um conceito implicitamente utilizado pela AAAe. Os exercícios de acompanhamento de aeronaves, além de diversos meios auxiliares de instrução utilizados com os canhões e mísseis antiaéreos, podem ser encarados como um tipo arcaico de simulação viva, assim como os treinamentos de identificação de aeronaves para operadores de postos de vigilância e os treinamentos de operadores de rádios. Ressalta-se que, no



treinamento de operadores de alvos aéreos, é utilizado um simulador de operação, quer seja na realização do curso, quer seja nos treinamentos das seções de alvo aéreo das OM. Também nos primeiros *softwares* de simulação construtiva, mesmo que de forma simplória, figurava a AAAe.

Tratando-se especificamente de simuladores dedicados e desenvolvidos para o treinamento da AAAe e desconsiderando os atuais canhões antiaéreos Oerlikon 35 mm e Bofors L70 de 40 mm (uma vez que esses sistemas de armas estão em seu final de vida útil no Exército Brasileiro), hoje a AAAe brasileira possui à sua disposição simuladores de operação dos postos de tiro dos mísseis Igla-S e RBS 70, além de simuladores da operação da torre do canhão antiaéreo autopropulsado Gepard 1A2.

Verifica-se que a simulação disponível para a AAAe se concentra no subsistema de armas, notadamente os operadores dos mísseis e canhões. Não existe, à semelhança do SIMAF, um simulador sistêmico que reproduza todo o trabalho realizado por uma defesa antiaérea, nem, tampouco, simuladores específicos para os operadores dos outros subsistemas,

Figura 13: Simuladores dos mísseis Igla-S e RBS 70.



Fonte: Acervo EsACosAAe.

particularmente o de controle e alerta. Não existe, portanto, um centro especial que aplique, permanentemente, atividades de simulação para a Artilharia Antiaérea, estando essas ações diluídas na EsACosAAe e nas OM que foram contempladas com simuladores.

No tocante ao planejamento pormenorizado do trabalho de comando para OM de AAAe, também não existe um simulador que proporcione a oportunidade de fazer todo o planejamento na modalidade de Simulação Construtiva, à exceção do *software* COMBATER. Esse programa, que é a plataforma adotada pelo EB para a realização dos jogos de guerra, apresenta a AAAe em sua funcionalidade.

### 5.1. As possibilidades de Simulação para a Artilharia Antiaérea

Nos últimos anos, com o advento das recentes incorporações de novos sistemas de Armas, Vigilância, Controle e Alerta, novas capacidades em simulação vêm sendo agregadas à Artilharia Antiaérea.

Considerando os subsistemas de Controle e Alerta, Armas, Apoio Logístico e Comunicações, que compõem a AAAe, verifica-se a necessidade de treinamento específico em cada um deles e de treinamento sistêmico na integração do sistema. Dessa maneira, é lícito afirmar que a Simulação de Combate é uma ferramenta capaz de aportar inúmeras vantagens ao ensino e ao treinamento.

Em relação ao treinamento do trabalho de Comando e Planejamento, existem soluções como “caixões de areia” virtuais e “mesas táticas”, onde podem ser avaliadas as análises de informação de combate e o desdobramento das frações.



No Subsistema de Controle e Alerta, infere-se que as modalidades de Simulação Virtual e Construtiva seriam capazes de agregar muitas capacidades e melhorias ao treinamento. Softwares com versões dotadas de inteligência artificial poderiam gerar ação conjunta com os operadores do Centro de Operações Antiaéreas (COAAe) e com os operadores de radar. Tal capacidade seria semelhante às funções de treinamento e “demo” que muitos radares possuem como forma de treinar seus operadores.

O Subsistema de Comunicações pode ser treinado por meio de redes-rádio simuladas de treinamento utilizando os artifícios de simulação disponíveis nos próprios equipamentos, ou pode ser integrado à simulação dos outros subsistemas.

O Subsistema de Apoio Logístico pode ser treinado por intermédio dos softwares construtivos, juntamente com o controle das operações militares. Hoje, o EB adota o software COMBATER como Plataforma de Simulação Construtiva, o qual possui elementos de AAAe em sua biblioteca digital.

## **6. Experiências da Simulação de Apoio de Fogo úteis para a Artilharia Antiaérea**

Uma experiência proveitosa da Simulação de Apoio de Fogo foi a utilização de um simulador que contempla praticamente todas as atividades sistêmicas do Apoio de Fogo. Dessa forma, é possível não só instruir, mas também adestrar. Em virtude disso, seria interessante a AAAe buscar uma solução de simulação sistêmica que ofereça tal vantagem, assim como o SIMAF faz. Contudo, tendo em vista fatores como custo, complexidade e limitação geográfica, impostos pela solução que

o Apoio de Fogo encontrou, não necessariamente a solução da AAAe precisaria contemplar a construção de um prédio e a instalação de todos os subsistemas em um só local. Hoje, com o advento da evolução das redes, é possível integrar simuladores para que componham um sistema mais abrangente.

Tal solução sistêmica para a AAAe poderia ser instalada na EsACosAAe. Um Centro de Simulação Avançada na Escola atenderia a todos os cursos ministrados no estabelecimento de ensino, facilitaria a manutenção e poderia ser utilizado para o desenvolvimento de doutrina. Também estaria à disposição do 1º GAAAe, da 21ª Bia AAAe Pqdt e do Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea do Corpo de Fuzileiros Navais. Guardadas as devidas proporções, outras OM poderiam se deslocar ao Rio de Janeiro para utilização do simulador, a exemplo do que ocorre com os SIMAF.

Outra experiência válida é a confecção de cadernos-padrão para aplicação de exercícios em simulador, como nos programas-padrão da Chefia do Preparo do COTER. Dessa forma, a instrução, o adestramento e a avaliação dos usuários dos simuladores seriam padronizados.

Mais uma experiência é a utilização do SIMAF para o treinamento do planejamento de fogos, com adaptações para a Artilharia Antiaérea: como a AAAe reage a incursões, poderia simular ataques ao desdobramento da Defesa Antiaérea. Nesse caso, depois de todo o planejamento feito, a execução ocorre de maneira simulada e os militares envolvidos na simulação podem assistir ao resultado em tempo real. Esse procedimento poderia ser inspiração para a utilização de realidade aumentada, ou até mesmo do software COMBATER, para proporcionar feedback do



planejamento realizado por alunos e/ou OM em adestramento.

Um aprendizado importante que se tem colhido na operação do SIMAF diz respeito à utilização do simulador por OM muito distantes. Hoje se pensa em evitar deslocamentos demasiadamente longos para os SIMAF. Como atenuante da dificuldade em atender a todas as OM com o SIMAF, cogita-se a distribuição de outros simuladores e/ou softwares para essas OM. O mesmo procedimento seria adotado nos casos de OM de AAAe situadas em locais muito distantes dos SIMAF. Assim, cada OM teria uma estrutura mínima de simulação em suas dependências que se integrariam por meio de uma rede de computadores remotos.

## 7. Conclusão

Pode-se concluir que a simulação é uma ferramenta impactante que chegou para ficar no que tange a treinamento, ensino e adestramento militar. As mais variadas áreas de emprego das Forças Armadas podem extrair vantagens do uso de tecnologias de simulação, seja ela viva, virtual ou construtiva.

Atualmente, o Apoio de Fogo possui um simulador específico para o seu uso, em especial pela Artilharia de Campanha, o que gera uma melhoria substancial na curva de aprendizado, no aumento da segurança, na proteção ao meio ambiente e na economia de meios.

A Artilharia Antiaérea pode se inspirar nas lições aprendidas na operação dos SIMAF instalados em Resende e em Santa Maria e buscar o desenvolvimento de soluções de simulação de combate que atendam a sua estrutura sistêmica e atenuem suas limitações físicas, financeiras e de segurança.

A centralização dos meios mais nobres e a instalação de um Centro de Simulação de Artilharia Antiaérea na EsACosAAe, no Rio de Janeiro, seria uma solução interessante, pois tal centro atenderia a todos os cursos e estágios daquele estabelecimento de ensino e, de maneira dual, também às OM localizadas no Rio de Janeiro e nas proximidades.

As OM mais afastadas da cidade do Rio de Janeiro poderiam receber soluções de simulação em rede e simuladores ou softwares específicos, que seriam medidas paliativas no caso de incapacidade de deslocamento para o Rio de Janeiro. Porém, em caso de inviabilidade técnica, essas OM teriam, realmente, que se deslocar para o Rio de Janeiro.

O aprimoramento da utilização da simulação é premente, sendo aconselhável a busca de soluções de simulação virtual com o uso de realidade aumentada e a ampliação do emprego da realidade construtiva para treinamento das atividades de planejamento e condução das operações.

Todos os subsistemas da AAAe são passíveis de se utilizar da simulação; não obstante, os procedimentos devem ser consubstanciados em cadernos de instrução de modo a sistematizar e padronizar as atividades de adestramento e preparo.

Por fim, verifica-se que a AAAe não pode prescindir de buscar avanços constantes e determinados no campo da simulação de combate. As vantagens educacionais, operacionais, financeiras, ambientais e de segurança oferecidas são extremamente vantajosas. Sabendo que os exércitos treinam aquilo que aprenderam em seus sistemas de ensino e que combatem como treinaram, fica patente a importância do aprofundamento no assunto.



## Referências

- AMORIM, R. L. B. C. **Simulação Virtual**: uma proposta de programa de adestramento para os Batalhões de Infantaria Mecanizados, com emprego de simuladores de apoio de fogo. 10º Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos de Defesa (ENABED). São Paulo, 2018. Disponível em: <[https://www.enabed2018.abe-def.org/resources/anais/8/1535570003\\_ARQUIVO\\_SIMULACAOVIRTUAL,RodolfoAmorim,ENABED2018.pdf](https://www.enabed2018.abe-def.org/resources/anais/8/1535570003_ARQUIVO_SIMULACAOVIRTUAL,RodolfoAmorim,ENABED2018.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **Glossário das Forças Armadas**. Brasília-DF, 2007.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. **Diretriz Geral do Comandante do Exército para o período de 2011 a 2014**. Brasília-DF, 2011a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Diretriz do Comandante do Exército Brasileiro 2019**. Brasília-DF, 2019.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Centro de Comunicação Social do Exército. Projeto Simulador de Apoio de Fogo – SIMAF. **Revista Verde Oliva**, n. 232. Brasília-DF, 2016a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Comando de Operações Terrestres. **Manual de Campanha EB70-MC-10.231 – Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília-DF, 2017.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **COMBATER – Sistema de Simulação de Combate da Força Terrestre**. Disponível em: <<http://www.coter.eb.mil.br/index.php/combater>>. Acesso em: 01 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Departamento de Educação e Cultura do Exército. **Diretriz de Gestão do Sistema de Simulação para o Ensino do DECEEx – SIMENS** (EB60-D-05.001). 1. ed. Rio de Janeiro, 2016b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Diretriz para a Implantação do Sistema de Simulação para o Ensino do DECEEx (SIMENS)**. Rio de Janeiro, 2011b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **Diretriz para o Funcionamento do Sistema de Simulação do Exército Brasileiro – SSEB** (EB20-D-10.016). Brasília-DF, 2014a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Diretriz para Obtenção de Simuladores para o Exército Brasileiro** (EB20-D-10.021). Brasília-DF, 2014b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Manual de Fundamentos EB20-MF-10.102 – Doutrina Militar Terrestre**. 1. ed. Brasília-DF, 2014c.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Diretriz de Educação e Cultura do Exército Brasileiro 2016-2022** (EB20-D-01.031). Brasília-DF, 2015.
- DEFESANET. **O simulador como Ferramenta para o Adestramento e como Teste da Doutrina**. Publicado em 21 set. 2016. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/23585/O-Simulador-como-Ferramenta-para-o-Adestramento-e-como-Teste-da-Doutrina/>>. Acesso em: 01 out. 2020.
- \_\_\_\_\_. **Simulação Tática, Ferramenta para o Adestramento**. Publicado em 13 maio 2019. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/doutrina/noticia/32866/Simulacao-Tatica--Ferramenta-para-o-Adestramento/>>. Acesso em: 8 out. 2020.
- EB EM REVISTA. **Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais – Exercício de Simulação Construtiva**. [s.d.] Disponível em: <[https://resiscomsex.eb.mil.br/web/resiscomsex/cml/-/asset\\_publisher/XH4lrTsY8wOS/content/escola-de-aperfeiçoamento-de-oficiais-exercício-de-simulação-construtiva](https://resiscomsex.eb.mil.br/web/resiscomsex/cml/-/asset_publisher/XH4lrTsY8wOS/content/escola-de-aperfeiçoamento-de-oficiais-exercício-de-simulação-construtiva)>. Acesso em: 8 out. 2020.
- HENRIQUES, P. Z.; LIMA JUNIOR, C. A. R. O Simulador de Apoio de Fogo. **Revista Sangue Novo**, 2011.
- PERES, S. S. L. Uma visão do futuro da simulação no treinamento militar brasileiro: “simulação como serviço”. **Doutrina Militar Terrestre em Revista**, v. 5, n 11. Brasília-DF, 2017.
- SCOOPNEST. **Treinamento de simulação viva é promovido pelo CAAdEx. #Rio2016**. Disponível em: <<https://www.scoopnest.com/pt/s/caadex>>. Acesso em: 8 out. 2020.
- WINDOWSTEAM. Geek Blog. **Força Aérea Australiana está testando o Microsoft HoloLens**. 16 jan. 2017. Disponível em: <<https://windowsteam.com.br/forca-aerea-australiana-esta-testando-o-microsoft-hololens/>>. Acesso em: 01 out. 2020.





## □ A aplicação do Método *On the Job Training* no ensino da antiaérea

2º Sgt Neemias KAIZER Barros<sup>1</sup>

### Resumo

Diante da busca permanente pela excelência no ensino e dos desafios que surgem com as novas gerações de armamentos e tecnologias, faz-se necessário otimizar os métodos de treinamento de pessoal visando padronizar procedimentos, reduzir o tempo de formação, melhorar a produtividade e aumentar a eficiência. Utilizando Produtos de Defesa (PRODE) com diversas tecnologias e inovações, a Artilharia Antiaérea (AAAe) mostra ser o lugar

ideal para a implantação de métodos de ensino mais eficazes que otimizem a formação de pessoal. Dentre tantos métodos, o *On The Job Training* (OJT) se mostra vantajoso em diversas situações, podendo ser aplicado sem a necessidade de grandes adaptações na rotina normal da Organização Militar.

**Palavras-chave:** *On The Job Training*; Manutenção; Artilharia Antiaérea; Ensino.



### 1. Introdução

O método *On The Job Training* (OJT) teve origem no programa *Training Within Industry* (TWI), desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial, nos Estados Unidos. Com o envio de grande parte dos trabalhadores das indústrias para os campos de batalha, mulheres, idosos e trabalhadores de outras áreas foram requisitados na produção de armamentos e suprimentos utilizados no esforço de guerra. Um grande número de profissionais precisava ser capacitado em um curto espaço

de tempo e a formação tradicional nas áreas produtivas exigiria um tempo longo demais para a manutenção das tropas em combate. Com o TWI, foi possível habilitar muito mais pessoas em um espaço de tempo muito menor.

No método TWI, mestres, líderes e supervisores atuam no próprio ambiente de trabalho gerenciando a capacitação dos novos funcionários, melhorando os métodos de trabalho e mantendo os bons relacionamentos internos. Os líderes são responsáveis por fazer com que os trabalhos

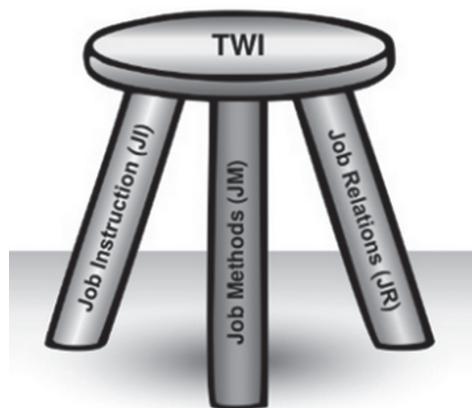
<sup>1</sup> Curso de Formação de Sargentos – EsMB, 2010; Manutenção de Torre da VBC CC Leopard 1 A5 BR – CIBld, 2011; Mecânica de Instrumentos – EslE, 2013; Manutenção da VBC AAe Gepard 1A2, Modalidade *On The Job Training* – Módulo Mecânica de Torre e de Armamento – Krauss-Maffei Wegmann, Munique / Alemanha, 2014.



sigam o padrão estabelecido e por fornecer as condições que permitam seguir esse padrão, tais como ferramental apropriado e resposta para problemas e complicações decorrentes das operações realizadas por seus subordinados.

Além disso, cabem ao líder a auditoria do desempenho do trabalho, a análise da melhoria nos métodos de execução e a criação de documentação que permita o acompanhamento atualizado da produção. Em resumo, o líder deve desenvolver três habilidades:

Figura 1: Componentes principais do método *Training Within Industry*.



Fonte: *Operational Excellence Consulting* (2016).

- instruir funcionários (*Job Instruction*);
- melhorar os métodos de trabalho (*Job Methods*);
- construir boas relações entre líderes e subordinados (*Job Relations*).

No pós-guerra, o TWI foi compartilhado com outros países, como o Japão, que o utilizaram como referência para o desenvolvimento de métodos próprios, como nas empresas Toyota e Sanyo, contribuindo para a redução do tempo

de treinamento e o aumento da eficácia, além da redução do consumo de mão de obra por produto e das reclamações.

## 2. O Método *On The Job Training* na Artilharia Antiaérea

O universo militar sempre foi pioneiro na implantação de novas tecnologias, o que torna os armamentos e equipamentos militares cada vez mais sofisticados e complexos. Junto com essa inovação, vem a necessidade de habilitar recursos humanos para operar, manter o funcionamento e utilizar todos os recursos desses PRODE.

O conhecimento necessário para lidar com tais produtos abrange diversas áreas de conhecimento, tais como elétrica, eletrônica, hidráulica, mecânica, entre outras. Surge, assim, outro desafio, que trata do melhor método de ensino para disseminar esse conhecimento. O tempo despendido nos cursos presenciais, ministrados nas instituições de ensino, exige o afastamento do instruendo de suas atividades na Organização Militar de origem por períodos muitas vezes prolongados.

A modalidade de ensino *On The Job Training* se mostra uma alternativa vantajosa em vários aspectos, sobretudo nos complexos sistemas e armamentos utilizados na AAAe. Esse método utiliza o próprio ambiente de trabalho de um militar com experiência, desenvolvendo atividades atinentes à área de formação do instruendo, delegando tarefas e constantemente avaliando e corrigindo suas atividades e procedimentos.

O treinamento realizado na prática garante a padronização nos métodos de trabalho e propicia maior confiança entre os militares, criando



espírito de corpo e de liderança nos militares instrutores. Dessa maneira, o formando aprende com as limitações e com os recursos do ambiente em que vai trabalhar, assimilando a metodologia de trabalho padrão para cada área.

Como qualquer método de ensino, o OJT também oferece algumas desvantagens. Entre elas está a limitação do número de instruendos no ensino da AAAe, pois, como as atividades são desenvolvidas no próprio ambiente produtivo, há exposição aos riscos da atividade, sendo desejável a proporção de um instrutor para cada instruendo. Isso pode impactar o andamento das atividades normais daquela área, tanto pelo emprego do militar que servirá de instrutor como pelo ritmo mais lento para que possam ser passados detalhes dos procedimentos.

Para exemplificar, pode-se pensar na Viatura Blindada de Combate de Defesa Antiaérea (VBC DA Ae) Gepard 1A2, a qual conta com sistemas complexos que exigem grau elevado de instrução para sua operação e manutenção. Nesse caso, o método OJT pode ser aplicado com muitas vantagens.

Trata-se de um blindado de origem alemã que possui radar de busca e de tiro, este com telemetria laser, computador de tiro, base de medida da velocidade inicial da munição para correção do tiro e sistema de identificação amigo-inimigo (*Identification Friend or Foe – IFF*), o qual identifica a frequência de aeronaves amigas e inimigas. Além dos componentes citados, há diversos outros, o que torna extenso o aprendizado da operação e da manutenção da viatura, além de exigir conhecimento prévio nas áreas de mecânica, hidráulica, elétrica e eletrônica.

Figura 2: Viatura Blindada de Combate de Defesa Antiaérea Gepard 1A2.



Fonte: Defesanet (2013).

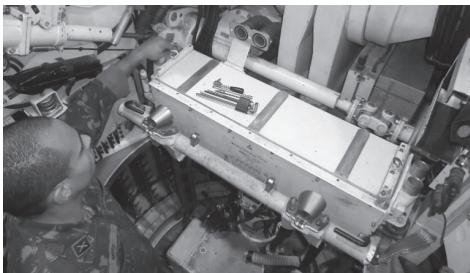
Aplicando o método OJT no treinamento com a VBC DA Ae Gepard 1A2, ao mesmo tempo em que se aprende, é possível se deparar com as complicações paralelas à operação principal, tais como a restrição de espaço, a necessidade de retirada de alguns componentes para acessar outros e as panes mais comuns. No método de ensino tradicional, esses detalhes são minimizados para facilitar a compreensão dos instruendos, isolando-os do real contato com o blindado e suas particularidades.

Outra vantagem do método é que, para sua implantação, não são necessárias grandes mudanças ou adaptações no local de trabalho, pois o aluno deve se conformar ao ambiente tal como ele é. As melhorias que podem ser feitas são exatamente as mesmas que seriam efetuadas na atividade normal de trabalho.

Em 2013, o Exército Brasileiro adquiriu 34 viaturas Gepard 1A2 da Alemanha. A empresa Krauss-Maffei Wegmann (KMW) foi a responsável pela manutenção desses blindados, que incluiu regulagem, testes, montagem e demais preparações necessárias antes que as viaturas fossem enviadas ao Brasil.



Figura 3: *On the Job Training* na empresa KMW (Munique, Alemanha).



Fonte: Arquivo pessoal.

Aproveitando os trabalhos de preparação dos blindados, foram ministrados treinamentos na modalidade OJT para duas equipes de militares de quadros de manutenção. Os militares puderam executar procedimentos e protocolos de manutenção nas próprias viaturas que viriam futuramente a pertencer ao EB. Funcionários experientes da empresa acompanhavam a execução da manutenção, orientando e demonstrando como proceder.

Aos funcionários ainda eram atribuídas as responsabilidades de manter a segurança, seguir o padrão na técnica utilizada e realizar o

preenchimento de documentação. Os instruendos, por sua vez, deveriam seguir criteriosamente as orientações, repetir procedimentos para fixação do método e fazer registros pessoais para futuras consultas.

### 3. Conclusão

A complexidade dos materiais de AAAe gera o desafio de instruir com eficiência, agilidade e padronização. Utilizando os métodos tradicionais de ensino, as complicações e limitações geralmente são minimizadas, fazendo com que a especialização de pessoal não atinja a real situação de operação ou manutenção dos PRODE.

É possível concluir que o método de ensino OJT tem excelentes vantagens no treinamento de pessoal para operar e manter os equipamentos e armamentos antiaéreos, enriquecendo a formação ao expor o treinando às reais dificuldades dos procedimentos, às áreas de trabalho e às possíveis complicações nos procedimentos, além de agilizar e padronizar a metodologia de trabalho.





## Referências

DEFESANET. Exército testará Gepard para Copa das Confederações no Rio. Publicado em 24 maio, 2013. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/leo/noticia/10967/Exercito-testara-Gepard-para-Copa-das-Conferacoes-no-Rio>>. Acesso em: 22 set. 2020.

GRAUPP, P.; WRONA, R. J. **The TWI Workbook**. Essential Skills for Supervisors. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Productivity Press, 2016.

\_\_\_\_\_. **Podrecznik TWI**. Lean Enterprise Institute Polska, 2010.

KILIAN, C. S. **The World of W. Edwards Deming**. 2<sup>nd</sup> Ed. Knoxville, TN: SPC Press, Inc., 1992. 385 p.

KLAUS, P.; MÜLLER, S. (Eds.). Taiichi Ohno (1978/1988) – Toyota Production System. In: **The Roots of Logistics: A Reader of Classical Contributions to the History and Conceptual Foundations of the Science of Logistics**. Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 173-182.

OPERATIONAL EXCELLENCE CONSULTING. **Training Within Industry (TWI) Frameworks**. A collection of PowerPoint diagrams, tools and templates. Published on Feb. 21, 2016. Disponível em: <<https://www.slideshare.net/oeconsulting/training-within-industry-program-the-complete-twi-worksheets-pocket-card-collection>>. Acesso em: 21 set. 2020.





## □ A possibilidade de substituição do MANPADS Igla-S do Exército Brasileiro

1º Ten Rafael Roberto DE OLIVEIRA<sup>1</sup>

### Resumo

O propósito principal deste artigo é apresentar o conceito de *Man-Portable Air-Defence Systems* (MANPADS – em português: Sistemas de Defesa Antiaérea Portáteis pelo Homem) e, a partir dessa noção basilar, ressaltar a importância de um sistema MANPADS para a Defesa Antiaérea (DA Ae) no Teatro de Operações/Área de Operações (TO/A Op) e/ou na

Zona de Interior (ZI) devido a suas características singulares. Além disso, este artigo busca apresentar possíveis sistemas substitutos do Igla-S alinhados com o Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea (Prg EE DA Ae).

**Palavras-chave:** Defesa Antiaérea; Artilharia Antiaérea; MANPADS, Igla-S.



### 1. Introdução

As constantes mudanças provocadas pelo desenvolvimento de novas tecnologias e o surgimento de ameaças aéreas assimétricas têm produzido significativos reflexos que afetam os conflitos armados e, consequentemente, as operações militares. Assim, o *Manual EB 20-MC-10.211 – Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres* conclui que, mediante análise do ambiente operacional atual, é possível observar que “os conflitos atuais atraíram as operações para áreas humanizadas, com a inserção de vários atores e com regras de engajamento bastante restritivas, o que elevou o nível de complexidade do ambiente operacional e dos problemas decorrentes dessa mudança”

(BRASIL, 2014a), influindo nos armamentos utilizados pelas Forças Armadas (FFAA).

As operações militares caracterizam-se pela elevada complexidade em todos os espectros dos conflitos. De acordo com a Doutrina Militar Terrestre (DMT), essas operações transcorrerão nas seguintes situações:

- a) De Guerra – são aquelas que empregam o Poder Nacional, com predominância da Expressão Militar, explorando a plenitude de suas características de violência na defesa da Pátria, no amplo espectro dos conflitos.
- b) De Não Guerra – quando o Poder Nacional, com predominância da Expressão Militar, for empregado sem implicar em ações de efetivo combate, exceção em circunstâncias especiais, onde o poder de

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN), 2015. Pós-graduado (*Lato Sensu*) em Ciências Militares com especialização em Artilharia Antiaérea pela Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe), 2018.



combate é usado de forma limitada, em situação de normalidade institucional ou não, na garantia dos poderes constitucionais, garantia da lei e da ordem, prevenção de ameaças, gerenciamento de crise e na solução de conflitos. (BRASIL, 2014b).

O Exército Brasileiro (EB) encontra-se imerso em um cenário de elevada complexidade, pois o Brasil possui dimensões continentais, com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados. Sua fronteira terrestre é límitrofe com dez países e tem uma extensão de aproximadamente 17 mil quilômetros. O país conta ainda com seis climas principais, além de uma vegetação diversificada. Para realizar a Defesa Aeroespacial (D Aepc) do território nacional, há necessidade de uma resposta rápida e eficaz a ameaças aéreas, o que exige um sistema plenamente capacitado para lidar em diversos ambientes operacionais e climáticos.

Nesse contexto extenso e complexo, a Artilharia Antiaérea (AAAe) do EB necessita atuar em um amplo espectro de operações, de guerra ou de não guerra, em qualquer ponto do território nacional, seja na ZI ou no TO/A Op, com a finalidade de proporcionar a “DA Ae de Zonas de Ação (Z Aç), de áreas sensíveis, de pontos sensíveis e de tropas, estacionadas ou em movimento, contra vetores aeroespaciais hostis” (BRASIL, 2017). Ademais, o Glossário das Forças Armadas assim conceitua ameaça:

AMEAÇA - 1. É qualquer conjunção de atores, entidades ou forças com intenção e capacidade de, explorando deficiências e vulnerabilidades, realizar ação hostil contra o país e seus interesses nacionais, com possibilidades de causar danos ou comprometer a sociedade nacional (a população e seus valores materiais e culturais) e seu patrimônio (território, instalações, áreas sob jurisdição nacional e o conjunto das informações de seu interesse). Ameaças ao país e a seus interesses

nacionais também podem ocorrer na forma de eventos não intencionais (naturais ou provocados pelo homem). 2. São atos ou tentativas potencialmente capazes de comprometer a preservação da ordem pública ou ameaçar a incolumidade das pessoas e do patrimônio. (BRASIL, 2015a).

Portanto, este artigo tem o objetivo de apresentar, superficialmente, MANPADS que tenham a capacidade técnico-operacional de substituir o Igla-S, a fim de que a AAAe possua capacidade de atuar no amplo espectro das operações, em contexto de guerra e/ou de não guerra, nos diversos ambientes existentes em nosso País, com o intuito de defender a soberania nacional. Essa ideia vai ao encontro do *Manual de Doutrina Militar Terrestre* (BRASIL, 2014b):

A irrefutável realidade, sobejamente evidenciada no cotidiano, indica a premente necessidade de uma Força Terrestre da Era do Conhecimento. Esta Força deve ser dotada de armamentos e de equipamentos com tecnologia agregada, sustentada por uma doutrina em constante evolução, integrada por recursos humanos altamente treinados e motivados. Para isso, baseia sua organização em estruturas com as características de flexibilidade, adaptabilidade, modularidade, elasticidade e sustentabilidade, que permitem alcançar resultados decisivos nas Operações no Amplo Espectro, com prontidão operativa, e com capacidade de emprego do poder militar de forma gradual e proporcional à ameaça. (BRASIL, 2014b, p. 11, grifo nosso).

## 2. Sistemas Portáteis de Defesa Antiaérea

### 2.1. Antecedentes Históricos

A evolução do material bélico desde a Segunda Guerra Mundial e, particularmente,



durante a Guerra Fria impôs às FFAA dos países desenvolvidos a modificação das concepções doutrinárias vigentes a fim de maximizar as capacidades dos avanços tecnológicos no campo de batalha. Nas últimas décadas, esse avanço proporcionou um aumento exponencial na eficácia e na letalidade dos armamentos e munições, além da ampla exploração do espectro eletromagnético.

Com a Primeira Guerra Mundial, surgiu uma grande preocupação nos campos de batalha: a ameaça aérea, que foi um importante e decisivo ator, tanto nessa guerra como nas posteriores. O desenvolvimento tecnológico permitiu o surgimento de vetores aeroespaciais cada vez mais eficazes, com o aumento gradativo da eficiência dos sistemas de navegação, da capacidade de dissimulação, da utilização de tecnologia furtiva *stealth* (por meio de materiais absorventes de radiação radar), de sistemas de armas precisos a longas distâncias e da concepção de equipamentos de propulsão com significativa redução na produção de calor (diminuição da assinatura térmica).

A incorporação de novas tecnologias aumentou sobremaneira a complexidade e o dinamismo dos conflitos, o que resultou na criação e na adaptação da doutrina de DA Ae das potências mundiais. Caminhando paralelamente a essa modernidade, os armamentos antiaéreos foram aperfeiçoados com o intuito de serem efetivos contra as ameaças aéreas que eram inseridas no campo de batalha.

A AAAe começou a vivenciar tais avanços nos armamentos de tubo; entretanto, o surgimento dos mísseis apresentou um novo patamar no campo armamentista, não somente pelo seu papel tático/operacional, como também pela

enorme quantidade de inovações científicas e tecnológicas agregadas, tão necessárias para a construção de um sistema de mísseis eficaz.

## 2.2. MANPADS

As inovações tecnológicas possibilitaram a criação de um sistema portátil capaz de realizar a DA Ae contra as ameaças aéreas do combate com vantajoso custo-benefício. O Governo Australiano conceitua de forma clara e objetiva o conceito de MANPADS e suas características:

Os MANPADS (Sistemas de Defesa Antiaérea Portáteis pelo Homem) são armas antiaéreas leves projetadas para proteger os soldados no campo de batalha de ataques de aeronaves. Como os MANPADS foram desenhados para serem transportados e implantados rapidamente por forças terrestres, eles são de baixo custo, leves, compactos e móveis. Eles exigem apenas um único operador e podem ser muito eficazes contra aeronaves baixas ou lentas. Os MANPADS – em conjunto com a Artilharia Antiaérea – estavam entre as armas antiaéreas mais eficazes implantadas pelo Iraque na Guerra do Golfo de 1991 (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008, p.1, tradução nossa).

Os MANPADS têm evoluído tecnologicamente ao longo dos últimos anos em alguns países e se confirmado como excelentes meios de DA Ae devido à mobilidade e à flexibilidade de atuação nos diversos cenários impostos pelo combate moderno.

Os MANPADS foram criados no final da década de 1950 em resposta ao advento das rápidas aeronaves a jato que, inicialmente, reduziram a eficácia dos sistemas de defesa aérea no campo de batalha.

Entraram em operação pela primeira vez no final da década de 1960 e, atualmente, existem



entre 500.000 e 750.000 deles em inventários mundiais. Eles foram desenvolvidos ou produzidos sob licença por mais de uma dúzia de países.

Os MANPADS foram originalmente projetados e desenvolvidos pelos EUA e, posteriormente, produzidos pela antiga União Soviética e por outros países ao redor do mundo. (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008, p.2, tradução nossa).

Os MANPADS possuem sistemas de guiamento diversos. Entretanto, como este artigo visa apresentar materiais similares ao Igla-S, serão abordados apenas MANPADS com sistema de guiamento passivo por infravermelho (IR).

### 2.2.1. Igla-S

Tendo em vista a sua elevada mobilidade e flexibilidade de emprego, o míssil antiaéreo portátil Igla 9K38, de origem russa, foi adquirido pelo Brasil no ano de 1995 com a finalidade de dotar as Unidades Antiaéreas do EB e a Força Aérea Brasileira (FAB). Entretanto, foram realizados incrementos no alcance, na velocidade de cruzeiro e na cabeça de guerra, além da incorporação de uma nova cabeça de guiamento (*seeker*), aumentando a sensibilidade do míssil ao infravermelho (IR) e fazendo-o alcançar uma melhora significativa de desempenho e sobrevivência a contramedidas. Essa atualização levou o Brasil a adquirir o sucessor do Igla 9K38: o Míssil Antiaéreo Portátil Igla 9K38 (Igla-S).

A União Soviética também desenvolveu MANPADS. O primeiro MANPADS de design soviético foi o 9K32 Strela-2 (também conhecido como SA-7). Quando entraram em operação no final dos anos 1960, os primeiros MANPADS russos mostraram-se inferiores aos seus equivalentes dos EUA. No entanto, modelos posteriores (o SA-7B) foram significativamente melhorados. A série Strela foi substituída pela série Igla (SA-16, SA-18 e SA-24),

mais eficiente. (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008, p.3, tradução nossa).

De acordo com a minuta do *Manual Técnico EB60-ME-23.456 – Operação do Sistema de Mísseis Igla-S* (BRASIL, 2015b), o míssil antiaéreo portátil 9K38 destina-se a engajar aeronaves de asa fixa e rotativa voando em baixa altura, em rota de aproximação ou de afastamento, bem como mísseis e Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), estas últimas com auxílio de seu botão seletor devido ao tamanho reduzido da ameaça aérea. Tendo em vista tratar-se de um míssil guiado por infravermelho (assinatura térmica) e o atirador não poder influenciar na trajetória, é classificado como “*fire and forget*” (em português: “dispare e esqueça”).

O míssil pode ser disparado do ombro do atirador, na posição de pé ou de joelhos. A unidade de tiro pode ser empregada em: terreno variado, mesmo em trincheiras; embarcações; viaturas em movimento em terreno plano abaixo de 20 km/h; e vagões ferroviários com velocidade de até 50 km/h.

As características do míssil proporcionam uma gama de possibilidades nas operações, atributos indispensáveis aos MANPADS: capacidade de transporte em locais de difícil acesso, simplicidade na operação do sistema e até mesmo as dimensões do material são informações essenciais para a condução e para o planejamento de emprego do sistema. As características do míssil estão descritas no quadro a seguir, conforme a minuta do *Manual Técnico*.

## 2.3. Possíveis MANPADS substitutos

### 2.3.1. Stinger

O primeiro MANPADS implantado foi o míssil FIM-43 Redeye, primogênito da família Stinger, declarado operacional em 1968. Inicialmente, foi



Quadro 1: Características do Míssil Igla 9K338.

Calibre	72,2 mm
Comprimento do míssil	1,68 m
Comprimento do tubo de lançamento	1,713 m
Peso do míssil	16,7 kg
Peso do conjunto em posição de combate	18,25 kg
Altura máxima de interceptação	3500 m
Altura mínima de interceptação	10 m
Alcance máximo	6000 m
Alcance mínimo	500 m
Velocidade máxima do alvo	400 m/s
Velocidade média de cruzeiro do míssil	600 m/s
Tempo de passagem da posição de marcha para a de tiro	12 s
Tempo de ativação para o lançamento	5 s
Sistema de guiamento	atração passiva por infravermelho
Tipo de espoleta	impacto / proximidade
Vida útil do mecanismo de lançamento	750 lançamentos
Plataforma de lançamento	não necessita

Fonte: Brasil (2015b, p. 1-2).

construído apenas com guiamento infravermelho. Entretanto, o Stinger é um míssil guiado pelas emissões infravermelhas (assinatura térmica) e ultravioletas do alvo. Após o disparo, o atirador não é capaz de influenciar na trajetória: ele é guiado por seu sistema de guiamento, sendo classificado como do tipo “*fire and forget*”.

O MANPADS FIM-92 Stinger foi lançado como Redeye II e depois rebatizado como Stinger na década de 1970. A família FIM-92 formou a base de um programa de desenvolvimento contínuo através de uma série de atualizações importantes para o míssil, sua cabeça de

guiamento (*seeker*) e *software* de busca. Versões posteriores do Stinger são capazes de atingir aeronaves a longas distâncias. Eles ainda têm a capacidade de atacar uma aeronave em qualquer direção e, portanto, são classificados como MANPADS multidirecionais. Eles também são mais resistentes a contramedidas eletrônicas, interferências e chamarizes (*decoys*). O FIM-92 Stinger foi exportado para, pelo menos, dezessete países. Mísseis Redeye e Stinger foram fornecidos aos combatentes Mujahideen no Afeganistão durante os anos 1980. Eles foram usados contra helicópteros soviéticos e aeronaves de asa fixa de voo baixo, incluindo jatos (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008, p.3, tradução nossa).



O Stinger é um MANPADS de dotação das tropas do Exército Norte-Americano criado com o intuito de engajar ameaças aéreas (SARP, mísseis

de cruzeiro, aeronaves de asa fixa e rotativa) de baixa altura, muito curto alcance. O quadro a seguir mostra algumas especificações do míssil.

Quadro 2: Características do Míssil Stinger.

Calibre	70 mm
Comprimento do míssil	1,50 m
Peso do conjunto em posição de combate	15 kg
Altura máxima de interceptação	3000 m
Alcance máximo	8000 m
Velocidade média de cruzeiro do míssil	Mach 2
Tempo de ativação para o lançamento	3 a 7 seg
Sistema de guiamento	atração passiva por infravermelho / ultravioleta
Ogiva	1 kg com detonador de impacto
Plataforma de lançamento	não necessita

Fonte: Brasil (2015c, p. 2-1).

### 2.3.2. Mistral

O MANPADS Mistral foi adquirido pelo Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) e alocado à sua Bateria Antiaérea. Ele também fez parte da defesa de ponto do Navio Aeródromo (NAe) Minas Gerais, foi usado no NAe São Paulo e, em 2018, foi incorporado ao Porta-Helicópteros Multipropósito (PHM) Atlântico (LOPES, 2018).

O MANPADS Mistral é um sistema de armas de defesa aérea de alcance muito curto que dispara o Mistral, míssil de última geração “*fire and forget*”. Possui um lançador leve e portátil, podendo ser facilmente transportado e operado a partir do solo, de um veículo, de um prédio ou de um navio. O MANPADS Mistral normalmente é operado por um artilheiro e um comandante da tripulação. No entanto, se a missão for realizada em um ambiente tático simples, ele poderá ser operado por um único

soldado. O Mistral é um míssil portátil, totalmente digital, que busca calor, projetado para atender aos requisitos de todos os ramos das Forças Armadas. Ostenta uma taxa de sucesso comprovada de 97% e maior confiabilidade do que qualquer outro míssil de defesa aérea de baixo nível existente (MBDA MISSILE SYSTEMS, 2019).

Conforme Rangel (2007), o míssil possui recurso de Identificação Amigo-Inimigo (IFF) e a ogiva contém balins de tungstênio. As ameaças aéreas que podem ser engajadas são aeronaves de asa fixa e rotativa, mísseis de cruzeiro e SARP. O sistema pode ser integrado a um equipamento de vigilância para transmissão de dados de uma determinada incursão. No quadro a seguir, estão listadas algumas características do míssil francês Mistral.



Quadro 3: Características do Míssil Mistral.

Calibre	90 mm
Comprimento do míssil	1,86 m
Comprimento do tubo de lançamento	2 m
Peso do míssil	20 kg
Peso do conjunto em posição de combate	24 kg
Altura máxima de interceptação	3000 m
Altura mínima de interceptação	5 m
Alcance máximo	6000 m
Alcance mínimo	300 m
Velocidade média de cruzeiro do míssil	Mach 2,7
Tempo de passagem da posição de marcha para a de tiro	10 s
Tempo de ativação para o lançamento	5 s
Sistema de guiamento	atração passiva por infravermelho
Tipo de espoleta	impacto / proximidade
Plataforma de lançamento	pedestal

Fonte: Brasil (2015c, p. 2-3).

### 2.3.3. Piorun

O MANPADS Piorun (Grom-M) é fabricado pela indústria de defesa polonesa Mesko, que domina a tecnologia de fabricação desse tipo de armamento desde 1998. Entre 2010 e 2015, foi efetuada uma atualização tecnológica do míssil Grom, gerando a versão Grom-M, posteriormente chamada de Piorun. Essa atualização proporcionou melhorias no alcance de detecção do alvo, aumentou a resistência a interferências, incorporou a espoleta de proximidade e dotou o míssil de capacidade operacional noturna, conforme Motyl (2017).

O Piorun engaja ameaças aéreas de baixa altitude, como aeronaves de asa fixa e rotativa, mesmo em presença de fontes térmicas naturais ou artificiais, sendo classificado como “*fire and forget*”. O quadro a seguir apresenta algumas características desse míssil.

### 2.3.4. Chiron

Em 2005, a LIG Nex1 iniciou a produção do MANPADS Chiron para atender às necessidades do Exército Sul-Coreano contra ameaças aéreas (SARP, mísseis de cruzeiro, aeronaves de asa fixa e rotativa) que operam em baixa altitude. O Chiron é classificado como “*fire and forget*”, segundo a empresa.

O míssil é lançado a partir do pedestal, com assento ajustável para o artilheiro; possui sistema integrado de IFF e sistema de guiamento IR/UV, com elevada capacidade de atuar em ambientes com interferências naturais e artificiais. Além disso, é dotado com recursos noturnos e espoleta de proximidade. O quadro a seguir apresenta algumas características do míssil.



Quadro 4: Características do Míssil Piorun.

Calibre	72 mm
Comprimento do míssil	1,596 m
Comprimento do tubo de lançamento	1,686 m
Peso do míssil	10,25 kg
Peso do conjunto em posição de combate	16,50 kg
Altura máxima de interceptação	3500 m
Altura mínima de interceptação	10 m
Alcance máximo	6000 m
Alcance mínimo	400 m
Velocidade média de cruzeiro do míssil	580 m/s
Sistema de guiamento	atração passiva por infravermelho
Plataforma de lançamento	não necessita

Fonte: Motyl (2017, p. 58)

Quadro 5: Características do Míssil Chiron.

Calibre	80 mm
Comprimento do míssil	1,68 m
Comprimento do tubo de lançamento	1,87 m
Peso do míssil	14,4 kg
Peso do conjunto em posição de combate	19,5 kg
Altura máxima de interceptação	3500 m
Alcance máximo	7000 m
Velocidade média de cruzeiro do míssil	700 m/s
Sistema de guiamento	atração passiva por infravermelho / ultravioleta
Tipo de espoleta	impacto / proximidade
Plataforma de lançamento	pedestal

Fonte: LIG Nex1 (2019).

### 3. Conclusão

Os crescentes avanços tecnológicos tornaram os mísseis indispensáveis na atual configuração dos conflitos armados. A utilização desse tipo de armamento por diversos países é fruto de resultados favoráveis, obtidos em combate, na

proteção de suas áreas de interesse através do emprego dos MANPADS.

Os fatores geográficos e as estruturas estratégicas compõem um cenário complexo e extenso a ser defendido. Tais fatores tornam indispensável a utilização de um sistema portátil



capaz de mobiliar as diversas tropas antiaéreas em um curto intervalo de tempo e de forma eficaz.

Os materiais que foram abordados no presente artigo possuem características similares; entretanto, o emprego dos mesmos deve ser adaptado à doutrina em vigor. Além disso, existe a necessidade de uma posição mais concreta quanto aos motivos de escolha, visto

que não foram abordados os fatores financeiro e logístico.

Por fim, conforme preconiza o Programa Estratégico do Exército Defesa Antiaérea, que visa modernizar a Artilharia Antiaérea, a sinergia das FFAA deve permear os estudos a fim de analisar materiais que atendam à maioria das necessidades técnicas, tendo como objetivo a manutenção da soberania da Nação.

## Referências

- AUSTRALIAN GOVERNMENT. Department of Foreign Affairs and Trade. **Man-Portable Air Defence Systems (MANPADS)**. Countering the Terrorist Threat. Commonwealth of Australia, June 2008. Disponível em: <[https://www.dfat.gov.au/sites/default/files/MANPADS\\_countering\\_terrorist\\_threat.pdf](https://www.dfat.gov.au/sites/default/files/MANPADS_countering_terrorist_threat.pdf)>. Acesso em: 21 set. 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. MD35-G-01 – **Glossário das Forças Armadas**. 5. ed. Brasília-DF, 2015a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.231 – Manual de Campanha: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília-DF, 2017.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB60-MT-23.456 – Minuta Manual Técnico: Operação do Sistema de Mísseis Igla-S**. 1. ed. Brasília-DF, 2015b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB60-MT-23.403 – Minuta Manual Técnico: Generalidades Sobre Mísseis**. 1. ed. Brasília-DF, 2015c.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **EB 20-MC-10.211 – Manual de Campanha: Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres**. 1. ed. Brasília-DF, 2014a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB 20-MF-10.102 – Manual de Fundamentos: Doutrina Militar Terrestre**. 1. ed. Brasília-DF, 2014b.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB 10-P-01.007 – Plano Estratégico do Exército (PEEx) 2020-2023**. Brasília-DF, 2019.
- LOPES, R. Porta-helicópteros Atlântico receberá três lançadores de mísseis Mistral no próximo semestre. **Poder Naval**, 18 dez. 2018. <<https://www.naval.com.br/blog/2018/12/18/porta-helicopteros-atlantico-recebera-tres-lancadores-de-misseis-mistral-no-proximo-semestre/>>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- LIG NEX1. **Ground-Based Guided Missiles**. Disponível em: <[https://www.lignex1.com/eng/product/product01\\_01.jsp](https://www.lignex1.com/eng/product/product01_01.jsp)>. Acesso em: 01 dez. 2019.
- MBDA MISSILE SYSTEMS. **MISTRAL MANPADS**. 2019. Disponível em: <<https://www.mbda-systems.com/product/mistral-manpads/>>. Acesso em 01 dez. 2019.
- MOTYL, K.; MAKOWSKI, M.; ZYGMUNT, B.; PUZEWICZ, Z.; NOGA, J. **A Concept for Striking Range Improvement of the Grom/Piorun Man-Portable Air-Defence System**. Polônia, 2017. Disponível em: <<https://promechjournal.pl/resources/html/article/details?id=145682>>. Acesso em: 24 set. 2020.
- RANGEL, F. S. A. **Possibilidades e limitações dos mísseis antiaéreos portáteis de baixa altura: Igla 9K38, Stinger, Mistral e RBS 70**. Rio de Janeiro: Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2007.



# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

1<sup>a</sup> Bda AAAe - EsACosAAe

12/2020



# Berço da Artilharia de Costa e da Defesa Antiaérea



EsACosAAe  
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea