

# INFORMATIVO ANTIAÉREO

## Publicação Científica



**1ª Bda AAAE - EsACosAAE**

Informativo Antiaéreo / Ano 2021 / ISSN 1982-6117



**13/2021**



# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

1ª Bda AAAe - EsACosAAe

13/2021

# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

1ª Bda AAAe - EsACosAAe

13/2021

# INFORMATIVO ANTIAÉREO

## Publicação Científica



### COMANDO DA 1ª BRIGADA DE ARTILHARIA ANTIAÉREA

Rua Marechal Emílio Mallet 1000, Guaiuba, Guarujá - SP  
CEP: 11421-080

[www.1bdaaaae.cb.mil.br](http://www.1bdaaaae.cb.mil.br)

[1bdaaaae@cmse.cb.mil.br](mailto:1bdaaaae@cmse.cb.mil.br)

### ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA

Av. General Benedito da Silveira, 701 - Deodoro - RJ

CEP: 21615-000

[www.esacosaae.cb.mil.br](http://www.esacosaae.cb.mil.br)

[divdoutesacosaae@gmail.com](mailto:divdoutesacosaae@gmail.com)

### CONSELHO EDITORIAL

Gen Bda Antônio **Bispo** de Oliveira Filho

Ten Cel Art QEMA **Maurício José** Lopes de Oliveira

### COMISSÃO EDITORIAL

Cel R/1 Marcelo Freire da Silva **Osorio**

Maj Art **André** Luiz Pereira

### PROJETO GRÁFICO

**CAPA:** Sd Cleber Henrique Ferreira Da Luz

**FOTOS:** Relações Públicas 12ª GAAe, Relações Públicas EsACosAAe, Relações Públicas da 1ª BdaAAe e Fontes abertas da internet

**REVISÃO:** Cel Art R/1 Marcelo Freire da Silva **Osorio**

143

Informativo antiaéreo: publicação científica/ 1 Brigada de Artilharia Antiaérea, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.-v. 13, n. 13 (2021)--Rio de Janeiro: 1ª Bda AAAe, EsACosAAe, 2021-  
Anual

ISSN 1982-6117 (Impresso)

1. Artilharia antiaérea. 2. Brasil - Artilharia antiaérea.

I. 1 Brigada de Artilharia Antiaérea, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea. I. 1 Bda AAAe, EsACosAAe.

CDD 358.1 3

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

Aponte a câmera do seu celular para ser redirecionado para todas as edições do Informativo Antiaéreo



Figura 001: GUEPARD

Fonte: Comunicação Social da EsACosAAe, 2022.



# Sumário

■	Editorial	6
■	Doutrina de emprego da Artilharia de Campanha na Defesa do Litoral: possibilidades e limitações atuais da artilharia brasileira e visão prospectiva	
	Maj Art QEMA Rodrigo Bizerra Calado	7
■	As novas perspectivas em relação à doutrina de Defesa do Litoral brasileiro frente às operações anfíbias inimigas, à luz do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020.	
	Maj Art QEMA Renato Rocha Drubsky de Campos	17
■	Prospecção tecnológica: tendências e visão de futuro em sistemas anti SARP	
	TC QEM Ricardo Wagner Amorim Guimarães, Cap QEM Ligia Lopes Fernandes, Cap QEM Fernanda Castello Branco Madeu	35
■	Combate anti SARP: o emprego da Artilharia Antiaérea alocada ao SISDABRA.	
	Maj Art QEMA Eduardo Luiz Biavaschi	57
■	O Sistema anti SARP.	
	Maj Art QEMA Paulo Davi de Barros Lima	71
■	Iron Dome: o estado da arte da Defesa Antiaérea	
	STen Antonio Vagner Machado Pires	85
■	A Bateria Avenger na Defesa Antiaérea de baixa altura/muito curto alcance de uma Brigada em 1º escalão: ensinamentos colhidos no curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea dos EUA.	
	Maj Art Rafael Ferraz Pinto	91
■	Apontamentos para estudos do futuro da Defesa Antiaérea das Brigadas Blindadas e Mecanizadas no Brasil.	
	Maj QEM Alexandre Serio Buscher	111
■	Bateria de Artilharia Antiaérea Mecanizada: uma proposta da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea fruto da apreciação doutrinária realizada no exercício no terreno “Simulação VIVA-FORPRON/2021 4ª Bda C Mec”	
	TC Art QEMA Alexndre Duarte de Paiva, Cap Claiton Rovian Dutra, 1º Ten Daniel Keven Santos Martins, 1º Ten Danilo Augusto Gomes Santos, 1º Ten Douglas Chaves Reis, Cap Iury Sá Barroso, 1º Ten Rafael Nazareno de Caetano	139
■	O conflito de Nagorno-Karabakh de 2020: lições aprendidas para a Defesa Antiaérea do século XXI	
	Maj Art QEMA George Koppe Eiriz	153



# Editorial

Prezado leitor:

O emprego militar das inovações tecnológicas incrementa as possibilidades das ameaças aeroespaciais, demandando da Defesa Aeroespacial tempos de resposta mais curtos e, principalmente, que haja uma integração eficaz entre seus componentes aéreo e terrestre, no exercício da soberania do espaço aéreo brasileiro, tanto preservando as infraestruturas estratégicas do Território Nacional, quanto possibilitando a liberdade de ação às tropas de um Teatro de Operações. A Defesa Antiaérea, integrante ativa da Defesa Aeroespacial, tem a finalidade de impedir, anular ou neutralizar ações hostis de vetores aéreos, valendo-se de meios acionados a partir da superfície, devendo adaptar-se e agregar novas capacidades que aumentem sua eficácia em ambientes de Guerra Eletrônica, interferência cibernética e ativo emprego de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), por exemplo.

O litoral brasileiro concentra considerável número das cidades com grande densidade demográfica, além dos meios de produção e transporte que garantem as relações comerciais internacionais do Brasil, por meio do transporte marítimo, além da navegação de cabotagem. A biodiversidade e a pujança de suas reservas minerais são recursos vultosos, cuja exploração deve ser garantida por ser essencial para o exercício da soberania territorial. O Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAaz) é uma iniciativa que reflete a dimensão da importância dessa faixa do território nacional.

A Defesa anti SARP e o emprego da Força Terrestre na Defesa do Litoral foram temas de discussão por meio de eventos acadêmicos ocorridos no presente ano de instrução na EsACosAAe, sob a orientação e patrocínio do

Comando de Operações Terrestres (COTER) e do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX). Esses eventos contaram com a participação de diversas OM das três Forças Armadas e do próprio Ministério da Defesa, além do EME, de ODS e Diretorias da Marinha do Brasil, Exército e Força Aérea Brasileira.

A 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1ª Bda AAAe) e a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) apresentam esta edição do Informativo Antiaéreo em que os eixos temáticos dos eventos acadêmicos do ano de 2021 voltam à baila, por serem tão atuais quanto imprescindíveis para a soberania do país.

São dez artigos em que se abordam temas como as possibilidades da Artilharia e as perspectivas do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 na Defesa do Litoral; as tendências e visão de futuro numa visão prospectiva sobre sistemas anti SARP; o combate anti SARP empregando a Artilharia Antiaérea alocada ao SISDABRA, o sistema israelense de defesa Iron Dome, ensinamentos sobre a Defesa Antiaérea estadunidense com foco na baixa altura, estudo sobre o futuro dos materiais blindados e mecanizados, proposta de emprego para Baterias de Artilharia Antiaérea Mecanizadas, além de lições aprendidas para a Defesa Antiaérea a partir do conflito de Nagorno-Karabakh.

Os comandos da 1ª Bda AAAe e da EsACosAAe sentem-se honrados com as valiosas contribuições aqui registradas, confiantes que essas publicações contribuirão para o desenvolvimento da Defesa Antiaérea e da Defesa do Litoral.

Boa leitura!

O Sol é o CZA!

“E na costa a lutar os primeiros somos nós, somos seus artilheiros!”



## **DOCTRINA DE EMPREGO DA ARTILHARIA DE CAMPANHA NA DEFESA DO LITORAL: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES ATUAIS DA ARTILHARIA BRASILEIRA E VISÃO PROSPECTIVA**

**Maj Art QEMA RODRIGO BIZERRA CALADO<sup>1</sup>**

No âmbito do Exército Brasileiro, desde o ano de 2005, a Artilharia Divisionária da 1ª Divisão de Exército, sediada na cidade de Niterói-RJ, é detentora das atribuições de formulação e desenvolvimento da doutrina de emprego da Artilharia na Defesa do Litoral e de hidrovias interiores, somando esforços com a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea nesse tema de importância crescente para a Defesa Nacional. Nesse sentido, o presente artigo tem por objetivo

apresentar as atuais possibilidades e limitações da Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro em relação à Defesa do Litoral, bem como uma visão prospectiva do seu preparo e emprego. Uma vez confrontadas as condições atuais da Artilharia para essa tarefa com as características da moderna ameaça naval, é possível elaborar uma visão prospectiva estruturada em dois possíveis cenários futuros, a fim de que se possa concluir sobre

<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN 2003; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe 2007; Curso de Comando e Estado-Maior do Exército – ECEME 2019/2020.



o que se pode esperar do emprego nas condições atuais e o que se deve enfatizar no preparo para as condições futuras. Este artigo foi elaborado com base em palestra proferida pelo autor no dia 12 de agosto de 2021, por ocasião do II Seminário “A Força Terrestre nas Operações de Defesa do Litoral”, organizado pela EsACosAAe.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução recente da Artilharia de Costa no Brasil tem como marco temporal de grande relevância o ano de 2005. Naquele momento, o Estado-Maior do Exército consolidou a opção estratégica de centralizar os meios da Artilharia de Mísseis e Foguetes e, em consequência, desativar seu último grupo de Artilharia de Costa (SENA, 2018, p. 23). A Portaria nº 092-EME formalizou, à época, a transferência das atribuições de formulação e desenvolvimento da doutrina de emprego da Artilharia na Defesa do Litoral e de Hidrovias Interiores para o Comando da Artilharia Divisionária da Primeira Divisão de Exército (AD/1). Cabe ressaltar que o ensino e a pesquisa relacionados à Defesa do Litoral foram preservados, sob a guarda da Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe), com quem a AD/1 vem

somando esforços desde então. Dessa forma, respeitadas as condicionantes operativas, logísticas e administrativas, isso representou para a Força Terrestre não mais manter Organizações Militares exclusivamente dedicadas às tarefas de Defesa do Litoral, mas sim um modelo de emprego dual, no qual as Organizações Militares de Artilharia de Campanha pudessem ser alocadas para se contrapor a uma eventual ameaça naval.

No ano de 2007, a EsACosAAe promoveu uma Jornada de Estudos sobre esse tema, tendo sido identificada a necessidade de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) que pudessem ser empregados com eficácia para a busca de alvos, juntamente com sensores de detecção e vigilância. Ademais, foi verificada a importância e conveniência do desenvolvimento de Centros de Operações de Artilharia contra alvos navais.

Em 2013, por ocasião do Simpósio de Defesa do Litoral, conduzido pela mesma Escola, na Colina Longa, foi reconhecido que a Artilharia de Campanha, no estado da arte, não era capaz de prestar o apoio às operações de Defesa do Litoral. Havia, portanto, a necessidade de aquisição de sistemas de mísseis antinavio, baseados em plataformas terrestres. Foi proposto que a atualização dos



estudos continuasse a ser realizada pela EsACosAAe e pela AD/1, de modo a se construir um banco de dados útil sobre o assunto.

Uma breve análise desses antecedentes permite inferir que, à luz dos Fatores Geradores de Capacidade, a Defesa do Litoral no âmbito da Força Terrestre encontra-se significativamente limitada. Enquanto os fatores Doutrina, Educação e Pessoal vem sendo minimamente preservados pelo trabalho das Organizações Militares citadas, os fatores Infraestrutura, Material, Organização e Adestramento permanecem fortemente impactados.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 POSSIBILIDADES ATUAIS DA ARTILHARIA DE CAMPANHA BRASILEIRA**

Segundo o Manual de Campanha Fogos (BRASIL, 2015, p. 2-5), são características dos sistemas de Apoio de Fogo: a operação sob quaisquer condições de ambiente, a precisão, a flexibilidade de emprego, a aplicação conjunta, a integração e a coordenação do espaço aéreo sobrejacente. Tais possibilidades devem ser consideradas em conjunto com algumas particularidades da Defesa do Litoral. A precisão dos fogos é mais efetiva sobre os alvos terrestres do que

sobre os alvos navais. Da mesma forma, a flexibilidade de emprego se dá em função do alcance do material empregado.

### **2.2 LIMITAÇÕES ATUAIS DA ARTILHARIA DE CAMPANHA BRASILEIRA**

São citadas como limitações da Artilharia de Campanha, segundo o Manual de Campanha Artilharia de Campanha nas Operações:

#### **2.4.3 LIMITAÇÕES ESPECÍFICAS DA ARTILHARIA DE CAMPANHA:**

- a) reduzida capacidade de autodefesa antiaérea, podendo tornar-se vulnerável à ação aérea do inimigo, particularmente durante os deslocamentos;
- b) limitada capacidade de transporte de munição;
- c) redução do apoio de fogo, durante as mudanças de posição;
- d) eficiência reduzida, quando forçada a engajar-se no combate aproximado; e
- e) limitada capacidade de se furar em face dos modernos meios de busca de alvos, obrigando a constantes mudanças de posição. (BRASIL, 2019, p. 2-3).

Quando considerada a Artilharia de Mísseis e Foguetes, verificam-se, adicionalmente, as seguintes limitações específicas:

- b) dificuldade de manutenção do sigilo de sua posição após o tiro, devido aos efeitos de clarão, poeira, fumaça, ruído e emissões no espectro eletromagnético; (...)
- e) dependência de um apoio logístico especializado, principalmente, quanto ao suprimento de classe V (munições) e na manutenção a partir do 3º escalão, o que dificulta a descentralização do comando das unidades de tiro (*ibid.* p. 2-8).





Dessa forma, conforme apontado por SENA (2018, p. 46) os meios de Artilharia constituem um alvo compensador e, ao mesmo tempo, vulnerável à ação inimiga, o que demanda medidas para a mitigação dos riscos decorrentes.

### 2.3 A MODERNA AMEAÇA NAVAL

Conforme apontado por CAMPOS (2019, p. 30-33), algumas das principais marinhas do mundo atual buscam continuamente soluções que favoreçam a capacidade de combater em águas rasas ou litorâneas. O autor cita como exemplo o conceito de *Litoral Combat Ship* (LCS), desenvolvido nos Estados Unidos da América desde 2001. Dentre as características mais marcantes desse conceito, pode-se apontar a expressiva rapidez e manobrabilidade, associada a estruturas furtivas a radares. Acrescentam-se a esse modelo as vantagens proporcionadas por modernos sistemas de Comunicações e Guerra Eletrônica, bem como variados sistemas de armas que podem proporcionar um eficiente apoio de fogo ao assalto anfíbio. É notório, portanto, que alguns dos mais expressivos avanços em Pesquisa e Desenvolvimento, voltados à modernização ou construção das belonaves da atualidade direcionam-se à tarefa básica do Poder Naval de projetar poder sobre terra, o que eleva a importância da Defesa do

Litoral para dissuadir ou mesmo se contrapor a ações dessa natureza.

A necessidade de conter as ameaças vindas do mar vem suscitando, a partir da década de 2000, um expressivo desenvolvimento de sistemas de armas dedicados negar o uso do mar. Isso poderia ser atingido neutralizando-se, desde um longo alcance e com elevada precisão, vetores hostis que pudessem se aproximar, seja pelo ar ou pela superfície, de um ponto ou área sensível a defender. Tais sistemas ensejaram uma doutrina de emprego particular, propagada desde a Ásia a diversas partes do mundo, que se convencionou chamar de anti-acesso e negação de área (A2/AD, do inglês *anti-access/area denial*), como descrito por MORAIS JÚNIOR (2019, p. 14-17). Na década de 2010, em contraponto a essa tendência, alguns autores como ROWDEN *et al* (2015) defenderam uma concepção de emprego diferenciada para o Poder Naval: o conceito de Letalidade Distribuída. Sob essa nova concepção, belonaves dotadas de potentes armamentos e recursos de Comunicações e GE de alto desempenho poderiam atuar em um dispositivo mais disperso e ofensivo, de modo a incutir no defensor a incerteza sobre o local do ataque. Isso forçaria a desconcentrar os meios de defesa e anular a vantagem dos meios A2/AD. Como resultado



é possível que a moderna ameaça naval imponha nos próximos anos, de forma cada vez mais contundente, o desafio de defender vastas faixas litorâneas com meios limitados.

É possível constatar, portanto, que as evoluções recentes das marinhas mais avançadas da atualidade, tanto em termos materiais como em novas estratégias de emprego, tendem a acentuar as características do Poder Naval, quais sejam: a Mobilidade, a Permanência, a Flexibilidade e a Versatilidade. Tais características, quando em comparação com algumas limitações da Artilharia de Campanha, como a reduzida mobilidade terrestre e as dificuldades de suprimento e manutenção do sigilo, resultam em considerável desvantagem para os meios de Apoio de Fogo terrestres, principalmente no contexto brasileiro, dada a dimensão do litoral a defender, superior a sete mil quilômetros de extensão. Põe-se, dessa forma, para o planejador do componente terrestre da Defesa do Litoral, o desafio de reverter essa assimetria.

## **2.4 CENÁRIOS FUTUROS PARA A ARTILHARIA NA DEFESA DO LITORAL**

Uma visão de futuro se faz necessária para o papel da Artilharia de Campanha na Defesa do Litoral, considerando-se por extensão, para efeitos do

presente estudo, a Defesa da Costa e das Hidrovias Interiores. Sob esse enfoque, serão abordados a seguir dois possíveis cenários. O primeiro deles considera a continuidade do desenvolvimento das capacidades da Artilharia de Campanha e o emprego desses meios de forma dual, ou seja, tanto para tarefas típicas de Artilharia de Campanha nas operações terrestres como para as tarefas de Defesa do Litoral, com o mínimo de alterações entre si. Num segundo cenário, vislumbra-se a possibilidade do desenvolvimento de capacidades específicas para esse fim, por meio da aquisição de armamento anti-navio e ativação das estruturas necessárias para o emprego desses meios.

### **2.4.1 Cenário Nr 1: desenvolvimento das capacidades da Artilharia de Campanha para o emprego dual.**

Considerando-se esse primeiro cenário, os meios disponíveis para a Defesa do Litoral seriam os mesmos que a Artilharia de Campanha já desenvolve, por meio dos diversos Programas Estratégicos do Exército em curso. Assim, um eventual planejamento incluiria os meios de busca de alvos, os Grupos de Mísseis e Foguetes e os Grupos de Artilharia de Campanha dotados de obuseiros autopropulsados ou autorrebocados, com calibre 155mm.

Os meios de Busca e Aquisição de alvos são



indispensáveis para que se atinja algum sucesso nesse cenário. Nesse sentido, a desvantagem dos meios terrestres ante a moderna ameaça naval, como verificada anteriormente, só poderá ser mitigada com a obtenção da superioridade de informações. A interoperabilidade com os demais sistemas de Controle e Alerta disponibilizados para a Defesa do Litoral também é fundamental, a fim de assegurar o alerta antecipado. Destaca-se, particularmente, a importância da integração com o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz) operado pela Marinha do Brasil.

Para os meios da Artilharia de tubo, será necessário o prosseguimento do Programa Estratégico do Exército de Obtenção da Capacidade Plena (OCOP), por meio do subprograma Sistema Artilharia de Campanha. Atingindo-se os objetivos propostos para sua modernização, tais meios seriam prioritariamente empregados para se contrapor ao desembarque anfíbio, posto que são pouco eficazes contra alvos situados na superfície marítima. A aquisição de armamentos e munições com alcance estendido proporcionará maior flexibilidade para o apoio de fogo sobre uma frente mais ampla. Além disso, a automação dos recursos de direção e controle do tiro, como se vem buscando com o sistema Gênesis, poderá conferir uma resposta mais ágil. Não obstante, a mobilidade permanecerá reduzida ante a incerteza quanto ao local do

desembarque inimigo, podendo-se perder a oportunidade de ocupar a posição mais favorável para a defesa.

Os meios de mísseis e foguetes, por sua vez, deverão se valer das entregas do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020, particularmente o foguete guiado SS-40G e o Missil Tático de Cruzeiro MTC 300. A saturação de área com os demais foguetes que integram o sistema poderia restar menos eficaz, dado o elevado consumo de munição, o erro circular provável a cada disparo e a possibilidade de danos colaterais às Forças Amigas. Os meios de maior precisão como o foguete guiado e o Missil Tático de Cruzeiro poderão conferir uma possibilidade de acerto maior, embora dependam de estruturas de coordenação e controle que viabilizem a realização do tiro com segurança para as forças amigas no mar, por meio de medidas de coordenação como o estado da ação Fogo Designado (ROSÁRIO, 2011, p. 54). Tal integração poderá ser obtida, incluindo-se uma desejável interface com o SisGAAz, como defendido por BRANDT (2018, p. 27).

Uma vez concretizadas as condicionantes do Cenário Nr 1, é possível antecipar oportunidades e desafios para o emprego da Artilharia de Campanha na Defesa do Litoral, conforme o quadro-resumo a seguir:



OPORTUNIDADES	DESAFIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aproveitamento de capacidades que já estão em desenvolvimento.</li> <li>- Aproveitamento de estruturas existentes.</li> <li>- Aplicação da característica da Modularidade da Força Terrestre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar as capacidades em desenvolvimento, inclusive para a Defesa do Litoral.</li> <li>- Mitigar o elevado consumo de munição.</li> <li>- Adequar a precisão ao estado de ação <i>Fogo Designado</i>.</li> <li>- Estabelecer um eficiente Sistema de Controle e Alerta.</li> </ul>

Quadro-resumo do Cenário Nr 1: desenvolvimento das capacidades da Artilharia de Campanha para o emprego dual  
Fonte: o autor

#### 2.4.2 Cenário Nr 2: obtenção de capacidades específicas para a Defesa da Costa e do Litoral.

Esse cenário considera o pleno atendimento das necessidades vislumbradas desde o primeiro Simpósio de Defesa do Litoral, realizado em 2013, na EsACosAAe, como evidenciado no relatório da Assessoria de Doutrina do Departamento de Educação e Cultura do Exército, conforme consta a seguir:

Torna-se importante, ainda, no contexto da participação da Força Terrestre na Defesa do Litoral, a aquisição de mísseis antinavio lançados a partir de baterias situadas nas regiões litorâneas e de sistemas de defesa antimísseis, assim como o desenvolvimento de uma doutrina militar para o emprego desses tipos de armamentos de avançada tecnologia embarcada. (BRASIL, 2013, p. 5)

Existem variados sistemas de mísseis antinavio disponíveis e em desenvolvimento. Dentre as características principais desse armamento, CUNHA (2012, p. 47) destaca que *“devem ser capazes de selecionar um alvo em águas congestionadas, detectar e atingir um navio ao redor de ilhas, posicionado contra a costa ou parado em um porto e também atacar alvos em terra.”* Alguns exemplos são o Exocet MM-40 Block III, que possui uma versão brasileira (MANSUP) em desenvolvimento, e o RBS15, cuja versão MK4 *Gungnir* pode atingir alcance superior a 300 quilômetros, segundo o fabricante (SAAB, 2021).



Cabe ressaltar que o desenvolvimento dessa capacidade demandará ações estratégicas em todos os seus fatores geradores. A Doutrina de emprego deverá ser revisada, a Organização deverá reativar Organizações Militares para o emprego do novo Material, cuja gestão do ciclo de vida deverá ser cuidadosamente planejada. Da mesma forma os fatores Educação e Pessoal, minimamente preservados até o momento, demandarão a intensificação do ensino e pesquisa, bem como a especialização nos novos sistemas. Some-se a isso o investimento nas Infraestruturas necessárias e, finalmente, o Adestramento capaz de tornar o sistema

plenamente operativo. Nesse sentido, o elevado investimento necessário é um desafio importante a ser considerado, para o qual a Base Industrial de Defesa poderá contribuir significativamente. Não obstante, dado o alcance e a precisão dos meios a serem adquiridos, é evidente que tal cenário é o que garante o mais elevado poder dissuasório para a manutenção da integridade do litoral, podendo ser uma capacidade conjunta entre as Forças Singulares, particularmente pela integração com a Força Naval, ator protagonista na Defesa do Litoral.

OPORTUNIDADES	DESAFIOS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Alto poder dissuasório.</li><li>- Melhor integração com a Força Naval.</li><li>- Maior alcance e precisão, resultando maior efetividade.</li><li>- Fomento à Base Industrial de Defesa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alto custo de investimento.</li><li>- Necessidade de desenvolvimento de novas estruturas operativas.</li><li>- Necessidade atuação em todos os fatores geradores da capacidade (DOAMEPI).</li></ul>

Quadro-resumo do Cenário Nr 2: obtenção de capacidades específicas para a Defesa da Costa e do Litoral

Fonte: o autor



### 3. CONCLUSÃO

Como visto, o emprego da Artilharia de Campanha Brasileira na Defesa do Litoral, segundo as condições atuais, contempla a possibilidade de combater o desembarque anfíbio, como previsto na Base Doutrinária em vigor:

#### 7.13 OPERAÇÃO CONTRA DESEMBARQUE ANFÍBIO

7.13.1 É uma operação eminentemente conjunta, executada por forças destinadas à defesa do litoral contra ações de desembarque anfíbio inimigo.

7.13.2 A Artilharia de Campanha presta apoio de fogo às Operações Contra Desembarque Anfíbio (Op C Dbq Anf), utilizando-se das mesmas técnicas, táticas e procedimentos de uma defesa de área.

7.13.3 Para se contrapor a um desembarque anfíbio inimigo, a Artilharia deve ter a capacidade de prestar o apoio de fogo suficiente, visando a impedir a abordagem da praia, limitar a cabeça de praia e repelir a força invasora. (BRASIL, 2019, p. 7-12)

Os meios atuais oferecem como possibilidades a flexibilidade de emprego condicionada ao alcance do material, bem como a maior precisão contra alvos terrestres. Isso condiciona ao emprego mais eficaz contra uma força no momento em que tenta estabelecer uma cabeça de praia. Para a neutralização da ameaça naval que se propõe a projetar poder sobre terra, desde o mais linge possível, os meios de mísseis e foguetes são os mais adequados, guardadas as limitações do elevado consumo de munição e da dificuldade de assegurar o sigilo, em detrimento do princípio de guerra da Surpresa. Dessa forma, a superioridade de informações, com ampla exploração e

integração dos meios de Busca e Aquisição de Alvos navais é fundamental para reverter a assimetria em que a Artilharia de Campanha se coloca ante a ameaça naval altamente fugaz e em contínuo desenvolvimento técnico e tático.

Ao se vislumbrar o preparo desejável para as condições futuras, verifica-se que embora o cenário Nr 1, de desenvolvimento dos meios da Artilharia de Campanha para o emprego dual, seja o mais provável no curto prazo, dadas as vantagens de se contar com capacidades que já estão em desenvolvimento na Força Terrestre, tem-se o cenário Nr 2, de desenvolvimento de capacidades específicas, particularmente a de emprego de armamento antinavio, como o de maior potencial dissuasório no longo prazo.

Assim, em face à importância da Defesa do Litoral, da Costa e das Hidrovias interiores, é necessário que o preparo da Força enfatize:

- A concepção de um modelo de dissuasão consistente;
- A interoperabilidade entre as Forças Singulares;
- A busca da eficiência com economia de meios;
- A Superioridade de Informações;
- O fortalecimento da Base Industrial de Defesa com vistas à pesquisa e desenvolvimento de soluções, e
- O Desenvolvimento de massa crítica capaz de pensar sobre como combater e vencer.

Finalmente, é imperioso destacar que a continuidade do estudo da Defesa do Litoral





em todos os seus aspectos é de fundamental importância para que a Força Terrestre some às demais Componentes da Defesa esforços compatíveis com a dimensão dos desafios da atualidade e dos tempos futuros.

## REFERÊNCIAS

BRANDT, Mathias Vargas. **Utilização do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul no alerta antecipado para o emprego do ASTROS na Defesa do litoral: viabilidade de emprego.** Rio de Janeiro: Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2018.

BRASIL, Estado-Maior do Exército. **Portaria nº 092-EME, de 20 jul 2005.** Boletim do Exército nº 29, de 22 jul 2005. Brasília: Estado-Maior do Exército, 2005.

\_\_\_\_\_. **Manual de Campanha EB20-MC-10.206 - Fogos.** 1ª Ed. Brasília: Estado-Maior do Exército, 2015.

\_\_\_\_\_. **Manual de Campanha EB70-MC-10.224 – Artilharia de Campanha nas Operações.** 1ª Ed. Brasília: Comando de Operações Terrestres, 2019.

\_\_\_\_\_, Departamento de Educação e Cultura do Exército. **Simpósio de Defesa do Litoral.** Relatório Nr 010/13, 20f. Rio de Janeiro: DECEX, 2013.

CAMPOS, Renato Rocha Drubsky de. **As novas perspectivas em relação à doutrina de defesa do litoral brasileiro frente às operações anfíbias inimigas, à luz do programa estratégico do exército astros 2020.** Monografia, 61f. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2018.

CUNHA, Eduardo de Souza. **O Emprego da Artilharia Divisionária na Defesa do Litoral/**

**Costa.** Monografia, 56f. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2012.

ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA. **Jornada de Estudo de Defesa do Litoral.** Ata Nr 01/2007. 7f. Rio de Janeiro: EsACosAAe, 2007.

LAMPERT, João Alberto de Araujo. COSTA, Edwaldo. **SisGAaz: Proteção e Monitoramento das Águas Jurisdicionais Brasileiras.** Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul - A importância estratégica e o aprimoramento. Disponível em <https://www.marinha.mil.br/sisgaaz-protecao-e-monitoramento-das-aguas-jurisdicionais-brasileiras>\_Acesso em 28/07/2021.

MORAIS JÚNIOR, Martim Bezerra de. **Anti-access/ Area denial X Airsea Battle.** O confronto entre estratégias no Mar do Sul da China dos anos 2000 até os dias atuais - Um estudo comparativo. Dissertação, 61f. Rio de Janeiro: Escola de Guerra Naval, 2019.

SAAB. **The RBS15 Family.** Disponível em <https://www.saab.com/products/the-rbs15-family>. Acesso em 26/10/2021.

SENA, Rodrigo Leonardo de. **O papel da Artilharia na Defesa do Litoral no contexto de defesa do Mar Territorial.** Monografia, 75f. Rio de Janeiro: Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2019.

ROSÁRIO, Yuri Lucchesi Veiga. **O Comando e Controle da Artilharia na Defesa da Amazônia Azul.** Monografia, 65p. Rio de Janeiro: Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2011.

ROWDEN, Thomas; GUMATAOTAO, Peter; FANTA, Peter. **Distributed lethality.** Proceedings. January 2015. Vol 141/1/1,343. US Navy Institute: 2015. Disponível em <https://www.usni.org/magazines/proceedings/2015/january/distributed-lethality> Acesso em 22 set 21.



# **AS NOVAS PERSPECTIVAS EM RELAÇÃO À DOCTRINA DE DEFESA DO LITORAL BRASILEIRO FRENTE ÀS OPERAÇÕES ANFÍBIAS INIMIGAS, À LUZ DO PROGRAMA ESTRATÉGICO DO EXÉRCITO ASTROS 2020**

Maj Art QEMA RENATO ROCHA DRUBSKY DE CAMPOS<sup>1</sup>

## **1. Introdução**

O Brasil possui um litoral de cerca de 7.408 km de extensão, no qual está contida a “Amazônia Azul”, também conhecida como Zona Econômica Exclusiva do Brasil. Tal porção litorânea contempla dimensões de área marítima com mais de 4 milhões de km<sup>2</sup>, as quais são equivalentes ao tamanho da “Amazônia Verde”.

A Amazônia Azul possui singular importância para o protagonismo geopolítico

do país no cenário internacional, em função, principalmente, das riquezas naturais que possui. Esse imenso patrimônio natural brasileiro demanda uma atenção especial por parte da Política Nacional de Defesa, em especial, no que se refere a possíveis ameaças de potências navais estrangeiras, caracterizadas, nos dias atuais, pelos elevados níveis de desenvolvimento tecnológico e de poder de combate.

Nesse contexto, merece destaque o fato de algumas embarcações possuírem

<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN 2004, Curso de aperfeiçoamento de oficiais ESAO/2012, Curso de Comando e Estado-Maior ECEME/2019/2020). Instrutor da Disciplina Defesa do Litoral na EsAcosAAe/2018.



grande capacidade de manobra, aptidão para procedimentos furtivos em relação à captação de radares, além de variado arsenal de armamentos e munições de que são dotadas. Diante desse cenário, cresce de importância o estabelecimento de uma efetiva doutrina de defesa do litoral, associada ao Sistema ASTROS II (*Artillery Saturation Rocket System*), particularmente após os incrementos advindos do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020.

Mundialmente reconhecido como um dos melhores meios de saturação de área da atualidade, a versão moderna do Sistema ASTROS combina elevado poder de fogo, alto grau de letalidade e de precisão sobre alvos em profundidade. As capacidades operacionais e tecnológicas incorporadas pelo Sistema permitem o engajamento de embarcações em diferentes fases de uma operação anfíbia, o que faz das Baterias de Mísseis e Foguetes um nobre meio para a defesa do litoral.

Desse modo, espera-se que tais meios destinados à defesa do litoral agreguem novas possibilidades à doutrina vigente de proteção das águas jurisdicionais brasileiras e dos recursos naturais nelas contidos.

Diante disso, decorre a imprescindibilidade de se analisar as novas perspectivas voltadas para a doutrina de defesa do litoral brasileiro, contra ameaças

advindas das operações de natureza anfíbia, tudo à luz do Programa Estratégico supracitado.

## 2. A ameaça naval

O término da Segunda Guerra Mundial proporcionou um considerável desenvolvimento da ameaça naval, especialmente em relação à capacidade de manobra, autonomia e velocidade de deslocamento das belonaves. Essa realidade recrudescceu ainda mais após a Guerra Fria, ocasião em que o vetor naval, de uma maneira geral, aumentou significativamente a eficiência de seus armamentos, e consequentemente, seu poder dissuasório (BRASIL, 1998).

Nesse contexto, serão ressaltadas, no presente Artigo, em função do grau de ameaça que representam, as operações anfíbias. Essas se referem ao ataque lançado do mar por força naval e por Força-Tarefa Anfíbia (ForTarAnf) sobre o litoral adversário, defendido ou não, cujos principais propósitos são a conquista de posição para lançamento de ofensiva terrestre, a instalação de base naval ou a negação do uso de uma área terrestre ao inimigo (BRASIL, 1998).

Ainda, as referidas operações necessitam fundamentalmente de superioridade aérea local e de controle efetivo da área marítima,



por meio de eficiente apoio de fogo naval e aéreo, até a conquista da cabeça-de-praia, tudo a fim de reduzir ou anular a resistência imposta pela defesa terrestre.

Por essas razões, dentre todas as operações da Guerra Naval que o inimigo pode realizar, as operações anfíbias são as que mais exigem um eficiente dispositivo de defesa que contenha a participação da força terrestre e, em particular, de sua artilharia (BRASIL, 2014).

O desenvolvimento de uma operação anfíbia apresenta dois momentos marcantes, que são a travessia e o assalto. A travessia é caracterizada pelo movimento de uma Força-Tarefa Anfíbia desde os pontos de embarque até os pontos ou áreas previstos dentro da Área de Desembarque. O assalto, por sua vez, corresponde ao período entre a chegada do Corpo Principal da Força-Tarefa Anfíbia à Área de Desembarque e o término da operação anfíbia, compreendendo o Movimento Navio-para-Terra (MNT), as ações de reconhecimento e as ações em terra (BRASIL, 1994).

Enquanto os navios de apoio de fogo preparam a área de desembarque pelo fogo, as primeiras vagas de desembarque começam a ser lançadas (geralmente valor Cia Fzo) para ocupar acidentes capitais e contribuir para a neutralização de focos de defesa ainda existentes. Nesse instante, tem início um momento crítico da operação: o transbordo da

tropa dos navios de transporte de tropa (NTrT) para as embarcações de desembarque (ED). O transbordo é um momento crítico porque a tropa está vulnerável, sem proteção e os navios e embarcações permanecem parados por muito tempo (BRASIL, 2014, p.2-7).

## 2.1 Perspectivas da nova batalha naval

Segundo Junior (2019), o Teatro de Operações vem passando por uma série de mudanças em todas as suas áreas e dimensões, nas duas últimas décadas. Nesse contexto, tratando especificamente do ambiente marítimo, a indústria naval, dentre inúmeros projetos, busca fomentar a evolução da miniaturização de belonaves, conservando as mesmas capacidades que, até então, só eram encontradas em navios de grande porte.

Atuando na vanguarda dessa vertente de defesa, os EUA desenvolvem, desde 2001, um novo tipo de navio multifunção, voltado para a guerra no litoral, chamado Litoral Combat Ship (LCS), ou navio de combate no litoral. A empresa Lockheed Martin participou desse desenvolvimento ao construir a embarcação USS Freedom (JUNIOR, 2019, p.26).

A USS Freedom é dotada de inúmeras possibilidades, como expressiva rapidez de 83 Km/h e manobrabilidade; estrutura



externa furtiva a radares; utilização de sonar de elevada efetividade na guerra submarina e de radar de alta capacidade de detecção de minas navais e de navios de superfície; além de moderno sistema de comunicações, por meio de voz e de dados.

O seu variado sistema de armas é composto por um canhão multifunção de 57 mm de calibre, com elevada cadência de 220 tiros por minuto, por um sistema de lançador de mísseis de alta precisão, além de torpedos MK-50, imunes à detecção por radar e de metralhadoras calibre .50. A belonave possui, ainda, um sistema antiaéreo de baixa altura RAM (Rolling Airframe Missile), guiado por feixe infravermelho e por rádio, destinado a neutralizar mísseis de cruzeiro e aeronaves de asa fixa e rotativa.

Uma importante peculiaridade da USS Freedom se relaciona à sua capacidade de manobra e propulsão. Tal capacidade é obtida devido ao fato de o navio não possuir hélices convencionais, sendo a impulsão feita por jatos de água vetoráveis lateralmente, favorecendo a velocidade e a capacidade de manobra, essenciais, por exemplo, para a aproximação do litoral, em apoio a uma operação anfíbia.

Desse modo, percebe-se que as evoluções tecnológicas e operacionais promovidas por forças navais como a dos EUA favorecem, entre outras, as operações

anfíbias, motivo pelo qual a doutrina e os meios de defesa do litoral brasileiro buscam adequar-se a essa realidade, em termos de geração das capacidades de defesa atualmente requeridas e, conseqüentemente, de um maior poder de combate.



Figura 01 – USS Freedom

Fonte: [http://www.seaforces.org/usnships/lcs/LCS-1\\_DAT/LCS-1-USS-Freedom-pic168.jpg](http://www.seaforces.org/usnships/lcs/LCS-1_DAT/LCS-1-USS-Freedom-pic168.jpg)

### 3. A defesa do litoral brasileiro

A defesa das águas jurisdicionais brasileiras é uma missão voltada diretamente para a soberania do território nacional, cuja responsabilidade é compartilhada entre as três Forças Singulares, as quais atuam de forma integrada, complementando suas possibilidades.

No tocante à Força Terrestre e, de



acordo com Brasil (2014), o principal papel da artilharia na defesa do litoral é o emprego eficaz de todos os seus sistemas de armas disponíveis para engajar os vetores navais inimigos de acordo com as suas características de emprego e como parte de uma força sob um comando conjunto.

O emprego da artilharia na defesa do litoral preconiza que os mísseis e foguetes sejam utilizados, desde o mais longe possível, em uma primeira etapa, contra embarcações em aproximação, por ocasião da tomada do dispositivo para início do desembarque. Esses fogos visam retardar, desorganizar e, se possível, neutralizar a aproximação do inimigo, saturando a área de reunião.

Em uma segunda etapa, por ocasião do transbordo e do início do Movimento Navio-para-Terra, a artilharia deve realizar uma intensificação de fogos, pois se trata do momento mais crítico para a operação anfíbia. Essas concentrações são normalmente lançadas sobre as primeiras vagas que iniciam o deslocamento para a linha de partida. Conduzidas geralmente pela artilharia de mísseis e foguetes, elas têm como objetivo desorganizar o dispositivo da tropa atacante.

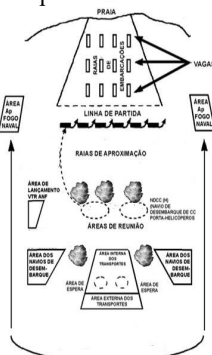


Figura 02 – Fogos de Art na tomada do dispositivo e no transbordo

Fonte: BRASIL, 2008

Na etapa seguinte, durante o assalto anfíbio, a artilharia integra o plano de barreiras da Força Terrestre que participa da defesa do litoral com fogos à frente dos obstáculos.

A finalidade do apoio de fogo, nesse momento, é destruir as formações de ataque da Força de Desembarque, desde a transposição da linha de partida até as ações em terra, além de barrar e repelir o assalto, limitando a penetração na cabeça de praia dos meios de combate e de seus apoios. Admite-se ainda, nessa fase, a realização de fogos dos diversos materiais de artilharia, desde que observados o alcance mínimo e as distâncias de segurança em relação às tropas em defesa.

Por ocasião da quarta e última etapa, a qual corresponde à fase dos contra-ataques, as tarefas da artilharia visam destruir o inimigo no interior da cabeça de praia e interditar as vias de aproximação de reforços.

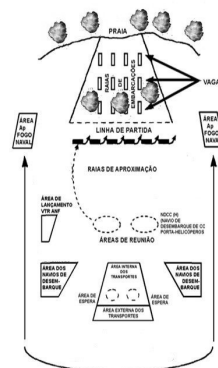


Figura 03 – Fogos de Art na transposição da linha de partida e nas ações em terra

Fonte: BRASIL, 2008





Com relação ao desdobramento de uma estrutura de defesa do litoral, busca-se uma íntima coordenação entre os meios das forças singulares participantes desse tipo de operação. Para que essa coordenação seja eficiente é necessário haver um sistema de controle e alerta integrado que explore, ao máximo, as possibilidades de cada um dos referidos meios, a fim de receber o alerta antecipado do movimento da ForTarAnf em alto-mar e de possíveis incursões da ameaça anfíbia.

Nesse contexto, vale destacar a parceria entre a Marinha do Brasil e a empresa brasileira IACIT – Empresa Estratégica de Defesa, localizada em São José dos Campos-SP, no desenvolvimento do Radar OTH 0100, capaz de monitorar as águas jurisdicionais brasileiras além do horizonte.

Com relação aos meios de controle e alerta do Exército, além dos radares e postos de vigilância da artilharia antiaérea e dos diversos sensores do Sistema de Inteligência do Exército, a Força Terrestre também pode contar com os meios da Bateria de Busca de Alvos, em especial dos Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados (SARP), a serem incorporados ao Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020. Vale salientar ainda que, segundo Santos (2017), a efetivação do Satélite Geoestacionário de Defesa e

Comunicações Estratégicas-1 (SGDC-1) minimiza a possibilidade de a força atacante obter uma surpresa estratégica nas operações anfíbias. Nesse contexto, o SGDC-1, cujo controle, monitoramento e operação são integralmente nacionais, foi adquirido para prover um fluxo seguro e rápido de informações estratégicas ao longo de todo o território nacional e do mar territorial brasileiro, conferindo ao país um incremento significativo no poder aeroespacial, assim como na defesa do litoral (DEFESANET, 2019).

#### **4. O Sistema de Saturação de Área ASTROS II e a defesa do litoral**

O sistema ASTROS II (Artillery Saturation Rocket System) foi concebido no início dos anos de 1980 pela empresa brasileira AVIBRAS para Suprir a demanda de um sistema de saturação de área versátil multicalibre capaz de atingir alvos de grandes dimensões e grandes distâncias (BRASIL, 2014, p.B-15).

Em meio aos demais materiais da Artilharia de Campanha do Exército Brasileiro, seus meios são os mais adequados para se contraporem a uma operação anfíbia do oponente. Tal assertiva se justifica pela possibilidade de engajamento do inimigo, desde o mais longe possível e antes que este faça uso do seu armamento, aplicando, assim, o fundamento de emprego “Engajamento Antecipado”.

Além disso, alia a capacidade de



saturação de área à desejável precisão de engajamento e ao efeito carga oca de suas submunições, especialmente eficaz contra belonaves (FERREIRA; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2013).

O Sistema ASTROS II, nas versões originais utilizadas pelo Exército Brasileiro, é constituído por diversos elementos, sendo dotado de alto grau de flexibilidade, o que permite incorporar novos equipamentos e tecnologia de acordo com suas necessidades operacionais (NEVES, 2004). Seguem, abaixo, as viaturas que integram as Baterias e Grupos de Mísseis e Foguetes, com suas principais características.

#### 4.1 AV-LMU Lançadora Múltipla Universal

Projetada para carregar 04 contêineres lançadores em sua plataforma e realizar o disparo dos foguetes neles contidos em 16 segundos, cada viatura Lançadora Múltipla Universal pode disparar uma quantidade variada de munições, de acordo com o tipo de alvo a ser engajado e a respectiva distância em relação às Baterias do Sistema.

Segundo Santos (2017), o Sistema ASTROS II, em sua versão original, foi inicialmente concebido para utilizar as munições SS-09TS, SS-30, SS-40, SS-60 e SS-80.

Foguete	SS-09 TS	SS-30	SS-40	SS-60	SS-80
Alc Max (Km)	11	39	34	69	90
Submunições (70 mm)	0	0	20	65	52

Tabela 01 – Munições do Sistema ASTROS

Fonte: o Autor

O fato de a Plataforma Lançadora Múltipla admitir a utilização de vários calibres vem a demonstrar a desejável flexibilidade de emprego, em face dos diversos tipos de embarcações de uma Força-Tarefa Anfíbia, de suas formações e das diferentes fases de um assalto anfíbio.



Figura 04 – Viatura AV-LMU

Fonte: EPEX, 2019

#### 4.2 AV-RMD Viatura Remuniçadora

Constituída pelo Conjunto do Compartimento de Carga (AV-CCA) montado em uma Viatura Básica (AV-VBA), a AV-RMD foi projetada para operar em conjunto com a Lançadora Múltipla Universal, suprimindo-a com 8 (oito) contêineres lançadores de foguetes.



#### 4.3 AV-UCF Unidade de Controle de Fogo

A Unidade de Controle de Fogo destina-se a calcular os elementos para o tiro da Bateria Astros II, bem como realizar a ajustagem do tiro com foguetes piloto, conferindo rapidez e precisão durante o desencadeamento de uma missão de tiro.



Figura 05 – Viatura AV-UCF

Fonte: EPEX, 2019

#### 4.4 AV-MET Viatura Meteorológica

A Viatura Posto Meteorológico é responsável por realizar todos os trabalhos de levantamento meteorológico de superfície e das altas camadas, em um curto espaço de tempo. Cabe ressaltar que as informações geradas pela AV-MET são imprescindíveis para a condução eficaz do tiro com o Sistema Astros II.

#### 4.5 AV-PCC Posto de Comando e Controle e AV-VCC Veículo de Comando e Controle

A Viatura Posto de Comando e Controle destina-se à direção de tiro de 1

(uma) Bateria ASTROS, de forma descentralizada. Já o Veículo de Comando e Controle destina-se ao controle e coordenação de 3 (três) Baterias, assim como à centralização da direção de tiro do Grupo ASTROS a até 3 (três) Baterias.

#### 4.6 AV-OFVE Viatura Oficina Eletrônica

A Viatura Oficina Eletrônica acompanha as demais viaturas do Sistema em todas as atividades de instrução e de emprego, prestando o devido suporte logístico, por meio do fornecimento de peças para reposição e realizando a manutenção do sistema ASTROS, seja ela mecânica, elétrica, ou eletromecânica das viaturas e de suas munições.

No tocante à concepção geral de emprego do Sistema ASTROS II na defesa do litoral, esta se baseia na elevada mobilidade de suas viaturas para entrar e sair das posições de tiro e na capacidade de saturação de área a longas distâncias, valendo-se do efeito “carga oca” das submunições de seus foguetes, capaz de acarretar expressivos danos às embarcações inimigas (FERREIRA; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2013).

Cabe destacar que a elevada cadência de tiro e o grande volume de fogos desencadeados sobre um alvo naval em um curto intervalo de tempo compensam a dispersão das submunições, ratificando a



efetividade do Sistema ASTROS na Defesa do Litoral.

O estudo das características gerais do Sistema ASTROS II, além de suas possibilidades, aponta também para as seguintes limitações, no tocante ao seu emprego em ações de defesa do litoral diante de um assalto anfíbio:

- Limitada capacidade de engajamento de “alvos-ponto”, devido ao fato de os foguetes empregados na versão original do Sistema possuírem uma maior aptidão para saturação de área, em detrimento de fogos de maior precisão. Essa limitação dificulta a neutralização de alvos compensadores da ForTarAnf inimiga, como embarcação de apoio de fogo atuando além do horizonte em proveito do desembarque anfíbio;

- Elevado consumo de munição, demandando um eficiente apoio logístico. Isso ocorre em função da maior aptidão do Sistema para a saturação de área, em detrimento de ataques mais precisos sobre alvos de menores dimensões;

- Limitada mobilidade estratégica proporcionada pelos meios da Força Aérea Brasileira. Nesse contexto, somente as viaturas AV-LMU e AV-RMD das versões originais do Sistema podem ser embarcadas

nas aeronaves C-130 e KC-390, após serem adotados procedimentos pré-embarque, como desacoplamento de componentes e retirada de rodas;

- Inexistência de uma viatura diretora de tiro, para orientar munição disparada até alvos considerados fugazes, como embarcações de uma ForTarAnf inimiga; e

- Limitada estrutura de controle e alerta, devido à inexistência de meios de Bateria de Busca de Alvos (Bia BA), principalmente no que se refere à localização de alvos e acompanhamento das rajadas, somada à impossibilidade de se empregar observadores avançados, em profundidade no terreno inimigo ou no alto-mar.

## **5. O Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 e a defesa do litoral brasileiro**

Reconhecendo a capacidade dissuasória alcançada pelo Sistema ASTROS II, o Exército Brasileiro criou, em 2012, o Programa Estratégico ASTROS 2020, como parte integrante do Projeto de Força do Exército Brasileiro (ProForça).

Nesse contexto, o Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 como uma inovação na artilharia de foguetes, por meio da modernização do Sistema ASTROS II, que, além de poder empregar as munições



adotadas na versão original do Sistema, tem como escopo a capacidade de lançamento do foguete guiado SS-40 G e do MTC-300, com alcance nominal de 300 km (GRAVINA, 2015).

Outra consequência do Prg EE ASTROS 2020, a fim de incrementar a capacidade tecnológica e a operacionalidade do Sistema ASTROS, se refere à fabricação das novas viaturas MK6, além da modernização das viaturas MK3, que passaram a receber a denominação MK-3M (JUNIOR; CAIAFA, 2018).

O Programa conta, ainda, com a criação do Forte Santa Bárbara, na cidade de Formosa-GO, que comporta, atualmente, o Comando da Artilharia do Exército e sua Bateria Comando; os 6º e 16º Grupos de Mísseis e Foguetes; o Centro de Instrução de Artilharia de Mísseis e Foguetes; e o Centro de Logística de Mísseis e Foguetes. A curto e médio prazo, serão incorporadas, serão incorporadas ainda, a Base Administrativa e a Bateria de Busca de Alvos.

Particularmente em relação à criação da Bateria de Busca de Alvos, vale destacar que a mesma está diretamente associada à aquisição de um Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada, meio nobre a ser empregado em proveito dos mísseis e foguetes. A Bia BA permitirá que o Comandante do Teatro de Operações

Marítimo, assim como o Comandante da Força Terrestre Componente, durante um conflito naval, possam intervir decisivamente no combate, por meio da identificação de alvos navais, condução de fogos sobre navios de desembarque, de apoio de fogo ou aeródromos, analisando seus danos, além do reconhecimento de áreas de concentração de embarcações, como as destinadas ao transbordo, além das próprias raia de aproximação.

### **5.1 As novas viaturas MK6 e MK3-M**

Segundo AVIBRAS (2017), os principais aspectos da evolução do Sistema ASTROS para as versões MK6 e MK3-M com aplicação nas ações de defesa do litoral, ocorrem, de uma maneira geral, nas seguintes áreas:

- Desenvolvimento de novas munições guiadas, com novas cabeças de guerra antipessoal e antimaterial, favorecendo o engajamento de embarcações inimigas, de maneira precisa e em profundidade;
- Fabricação de sistema de tiro computadorizado de última geração, capaz de controlar o tiro das novas munições guiadas, o que inclui o Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300, assim como das munições convencionais atualmente utilizadas,



contribuindo para a neutralização efetiva de alvos compensadores da ForTarAnf;

- Introdução de sistema de navegação veicular baseada em GPS, integrado ao sistema inercial, permitindo planejamento de rotas e controle de navegação e posicionamento dos veículos, fomentando a maior precisão do Sistema;

- Desenvolvimento de novos *softwares* e *hardwares* capazes de suportar condições climáticas adversas de operação e fornecer dados precisos com extrema rapidez;

- Implantação de novo guindaste para viatura remuniadora AV-RMD com capacidade de 1.800 kg, para carga do míssil tático, essencial para o engajamento de embarcações a longas distâncias;

- Desenvolvimento de um novo sistema de comunicações, baseado em equipamento radio digital, favorecendo as ações de comando, controle e coordenação com outras tropas e Forças Singulares que participam das ações de defesa do litoral;

- Implementação de novas antenas e sensores para a viatura AV-MET que possibilitam a coleta de dados meteorológicos em altitudes maiores, o que contribui para aumentar a precisão do disparos contra embarcações inimigas;

- Fabricação de viaturas com maior capacidade de manobra e de transposição de terrenos difíceis, como vaus de cerca de 1,0 metro, o que otimiza a rapidez na entrada e saída das posições de tiro, fator essencial para as ações de defesa do litoral;

- Desenvolvimento de novo equipamento rastreador de foguetes para a AV-UCF, do tipo Fieldguard FG3, o que proporciona um acompanhamento mais preciso da trajetória das munições, assim como um incremento na precisão do cálculo dos elementos de tiro e uma maior

efetividade das salvas de foguete, favorecendo o engajamento de embarcações inimigas que se apresentem além do horizonte para apoiar uma operação anfíbia; e

- Adoção de maior proteção blindada e balística nas viaturas, chegando a oferecer proteção de cerca de 90% contra impactos de projéteis do tipo 7,62 mm e 5,56 mm, permitindo que as referidas viaturas estejam mais protegidas em um contexto de desembarque anfíbio.

## 5.2 O MTC-300 e o SS-40 G

O MTC-300 é um míssil do tipo superfície-superfície capaz de neutralizar ou destruir alvos de alto valor tático, operacional ou estratégico, em grande profundidade, com elevada precisão e reduzida taxa de danos colaterais (EPEX, 2019).

Com o alcance determinado de 300 km e um grau de precisão em relação ao alvo menor ou igual a 30 metros, o MTC-300 é considerado o projeto mais sofisticado da família ASTROS (JUNIOR, 2015). Utilizando um sistema de guiamento inercial por GPS, possibilita a adoção de uma trajetória precisa até o alvo selecionado. O voo de cruzeiro do MTC-300 é realizado por trajetórias predefinidas por pontos de controle (*waypoints*).

Além disso, o referido míssil possui em sua cabeça de guerra submunições, que proporcionam importante flexibilidade de emprego contra diferentes tipos de embarcações de uma ForTarAnf, nas diversas fases de um assalto anfíbio. Destaca-se, ainda, o fato de que cada AV-LMU pode comportar e disparar dois mísseis MT-300 (JUNIOR; CAIAFA, 2018).





Cabe salientar que o sistema de guiamento do MTC-300, por utilizar sinais de GPS, é passível de interferência pela guerra eletrônica inimiga. Além disso, o míssil carece de um sistema de guiamento na fase final de aproximação até o alvo, o que se constitui uma importante limitação que prejudica sua efetividade contra embarcações em movimento (AVIBRAS, 2017).

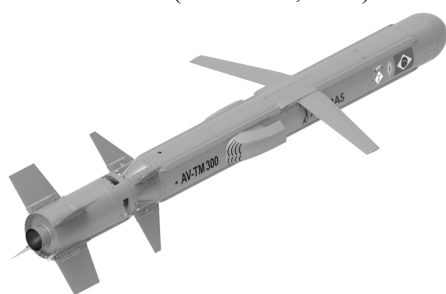


Figura 06 – Míssil Tático de Cruzeiro MTC-300

Fonte: EPEX, 2019

Em relação ao foguete SS-40 G, sua criação advém da evolução do foguete SS-40, particularmente quanto ao seu comprimento e em função do acréscimo de *canards*, uma espécie de aleta, na parte dianteira, a fim de incrementar a precisão do referido foguete (GRAVINA, 2015).

Os ensaios realizados com o SS-40 G mostram que a munição realiza, eficazmente, todas as correções em voo, a fim de anular o desvio angular proposital inserido em relação ao alvo. Assim, observa-se uma baixa dispersão de impactos, com grande precisão

e baixa taxa de letalidade (JUNIOR; CAIAFA, 2018).

Dessa maneira, observa-se que o SS-40 G, devido à sua capacidade de correção da rota de voo para um determinado alvo, torna-se um meio capaz de engajar embarcações de alto valor para a operação anfíbia inimiga, como um navio de apoio de fogo ou um navio aeródromo, especialmente se as mesmas não estiverem em movimento, como no momento do transbordo, por exemplo. Semelhantemente ao MTC-300, o SS-40 G também utiliza um sistema de guiamento inercial por GPS, vulnerável à interferência da guerra eletrônica inimiga, além do fato de que ambos apresentam limitações técnicas para engajar embarcações isoladas em deslocamento (AVIBRAS, 2017).

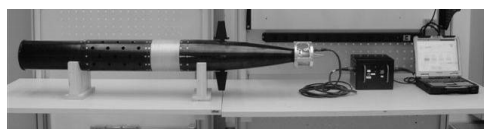


Figura 07 – Foguete Guiado SS-40 G

Fonte: EPEX, 2019

### 5.3 Contribuições do Prg EE ASTROS 2020 para a defesa do litoral brasileiro

Além das possibilidades agregadas pelo Programa que são diretamente associadas às novas viaturas MK3-M e MK6, merecem destaque outras importantes capacidades incorporadas ao Sistema ASTROS que favorecem o engajamento de alvos navais. A seguir, serão apresentadas as



principais contribuições advindas do Programa:

- Aumento da efetividade de engajamento de Alvos Altamente Compensadores navais, do tipo “Alvo-Ponto”, por meio do emprego do MTC-300 e do SS-40 G, munições dotadas de sistemas de navegação e de guiamento de alta precisão, além da implementação de novo equipamento rastreador de foguetes da AV-UCF;

- Aumento da capacidade de neutralização de embarcações localizadas a grandes distâncias em alto-mar, tendo em vista o alcance de 300 Km do MTC-300, restringindo a liberdade de ação da ForTarAnf inimiga;

- Perda de raio de ação das belonaves que executam o Movimento Navio-para-Terra, assim como de apoio de fogo naval, uma vez estando enquadradas no alcance do míssil táctico;

- Ampliação da área de cobertura do litoral brasileiro, devido ao expressivo alcance proporcionado pelo MTC-300, associado ao acréscimo de meios do Sistema ASTROS, advindos da criação do 16º GMF;

- Possibilidade de minimizar o elevado consumo de munição, devido à nova capacidade proporcionada pelo MTC-300 de

engajar, de forma precisa, “alvos-ponto”, altamente compensadores, sendo uma alternativa à tradicional saturação de área;

- Desenvolvimento da capacidade de comando, controle e coordenação com outras tropas e Forças Singulares que participam das ações de defesa do litoral, em função da aquisição de um novo sistema de comunicações baseado em equipamento rádio digital, favorecendo, dentre outros aspectos, a integração entre os diversos meios participantes da defesa do litoral e a capacidade de recebimento de alerta antecipado de uma ameaça naval desde o mais longe possível;

- Obtenção de uma maior rapidez para as baterias de mísseis e foguetes ocuparem suas posições de tiro contra um inimigo naval fugaz e também de mudarem de posição, evitando serem engajadas por navios de apoio de fogo do oponente;

- Expressiva flexibilidade de emprego proporcionada pela capacidade de executar fogos de saturação de área e sobre “alvos ponto”, assim como pela possibilidade de seleção de munições com diferentes alcances e quantidade de submunições; e

- Aumento do poder dissuasório exercido



sobre o inimigo naval, em função das novas capacidades tecnológicas e operacionais adquiridas pelo citado Programa Estratégico, em especial, a aquisição do MTC-300 e do SS-40 G.

Cabe ressaltar que, embora o Prg EE ASTROS 2020 tenha agregado um expressivo aumento na operacionalidade do Sistema, há oportunidades de melhoria a serem observadas, dentre as quais merecem destaque:

- Necessidade de obtenção de um sistema de guiamento terminal, particularmente para o MTC-300, a fim de viabilizar o engajamento preciso sobre alvos de pequenas dimensões, em deslocamento, a longa distância (AVIBRAS, 2017); e

- Necessidade de aquisição de um sistema de guiamento inercial mais protegido das ações de guerra eletrônica inimiga, complementando ou mesmo substituindo o uso do GPS implementado no MTC-300 e no SS40-G, o qual é vulnerável à interferência por parte do inimigo naval (WERDAN, 2014).

Além disso, após identificadas as possibilidades e oportunidades de melhoria do Sistema ASTROS, advindas do Prg EE ASTROS 2020, salienta-se a importância de sua integração com outras tecnologias e sistemas também voltados à defesa do litoral,

a fim de que suas possibilidades se complementem e se potencializem, sob o contexto de uma Operação Conjunta.

Dessa maneira, merecem destaque, dentre outros, o Sistema RBS-15 e o míssil antinavio MANSUP.

No tocante ao Sistema RBS-15, embora não tenha sido adquirido pelas Forças Armadas Brasileiras, salienta-se que o mesmo proporciona ao seu míssil especificidades que o torna resistente à guerra eletrônica inimiga, condição essa ainda a ser alcançada pelos MTC-300 e SS-40 G, tais como:

- Capacidade de reprogramar e replanejar uma rota de engajamento do alvo, ao ser atacado pelas ações de interferência inimiga;

- Utilização de radar de alta potência de emissão e agilidade de frequência, minimizando as chances de bloqueio inimigo;

- Reduzidas assinatura infravermelha, seção reta radar e assinatura visual.

Além disso, ressalta-se a existência no RBS-15 de um sistema de guiamento terminal para o alvo, capaz de prover máxima precisão de engajamento sobre alvos navais.



Em relação ao projeto brasileiro MANSUP, abreviatura de Missil Antinavio de Superfície, trata-se de uma importante aquisição por parte da Marinha do Brasil, dotada também de importantes capacidades não encontradas nas mais modernas munições do Prg EE ASTROS 2020. Dentre elas, destacam-se a resistência à guerra eletrônica inimiga e o “buscador” ou *seeker* do míssil, extremamente acurado e sensível, sendo responsável pelo seu guiamento na trajetória final até o alvo, o que favorece o engajamento de belonaves se deslocando em alto-mar (WERDAN, 2014).

## 5. Conclusão

As novas perspectivas em relação à doutrina de defesa do litoral brasileiro frente às operações anfíbias inimigas e à luz do Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020 apontam para um expressivo aumento da operacionalidade da Força Terrestre, calcada, sobretudo, nas novas possibilidades tecnológicas e operacionais que o referido Programa incorporou à artilharia de mísseis e foguetes.

O referido Programa Estratégico, ao incorporar novas estruturas voltadas ao preparo, ao emprego e à gestão dos meios existentes no Forte Santa Bárbara, além de modernizar viaturas e desenvolver munições dotadas de maior alcance, precisão e

letalidade, desempenha um papel fundamental para agregar novas possibilidades à doutrina vigente de defesa do litoral do país.

Ademais, o Prg EE ASTROS 2020 permitiu conjugar as mais recentes inovações tecnológicas e operacionais do Sistema com algumas importantes possibilidades da tradicional versão MK3, como sua elevada capacidade de saturação de área e de gerar danos na estrutura de embarcações localizadas a dezenas de quilômetros de distância, em função das características das submunições empregadas, além do poder dissuasório do Sistema.

Nesse contexto, o desenvolvimento do MTC-300 e do SS-40 G proporciona uma maior precisão às munições do Sistema ASTROS, associado a um expressivo aumento de alcance para engajamento de “alvos-ponto” em profundidade e a uma maior flexibilidade de emprego, restringindo, com isso, a liberdade de manobra da ForTarAnf inimiga. Salienta-se, ainda, que o referido Programa Estratégico investiu no aumento da mobilidade dos meios de uma Bateria ASTROS e na incorporação de novas capacidades, com destaque para a criação de uma Bateria de Busca de Alvos, que, por meio do seu SARP, aperfeiçoará, consideravelmente, a estrutura de controle alerta da artilharia de mísseis e foguetes.



Ressalta-se, por outro lado, a existência de algumas oportunidades de melhoria do Sistema ASTROS, como a proteção contra ações de guerra eletrônica inimiga, além da implementação de um sistema de guiamento terminal no MTC-300 e no SS-40 G, que permita o engajamento preciso de alvos de pequenas dimensões, a longas distâncias e em deslocamento.

O estudo do tema do presente Artigo aponta para a necessidade de um acompanhamento do desempenho e da evolução dos componentes do Prg EE ASTROS 2020, em especial do MTC-300 e do foguete guiado, a partir dos resultados obtidos nas diversas experimentações doutrinárias e exercícios de tiro a serem realizados. Ademais, os futuros estudos sugeridos acerca do presente tema devem buscar a constante atualização dos principais meios navais utilizados por tropas anfíbias pelo mundo, com destaque para as principais inovações tecnológicas e operacionais, cuja amplitude, confiabilidade e profundidade de informações, geralmente, constituem uma importante limitação a este tipo de trabalho de pesquisa.

Por fim, após a análise da evolução operacional proporcionada pelo Programa Estratégico do Exército ASTROS 2020, conclui-se que cabe à estrutura militar de defesa do país continuar fomentando projetos

e investimentos que potencializem os meios e a doutrina de defesa do litoral brasileiro, a fim de contribuir com a soberania nacional e com a ascensão do país no cenário geopolítico mundial.



## REFERÊNCIAS

BRASIL. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-1-1 Manual de Operações Anfíbias dos Grupamentos Operativos de Fuzileiros Navais**. 1. Ed. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

\_\_\_\_\_. Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil. **CGCFN-1301 Instrução de Operações de Forças de Desembarque**, 2ª Edição, Brasília: 2014.

\_\_\_\_\_. Marinha do Brasil. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN 1301: Manual para Instrução de Operações de Forças de Desembarque**, 1994.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **Manual de Ensino EB60-ME-23.003 Emprego da Artilharia na Defesa da Costa e do Litoral**, 2ª Edição, Brasília: EGGCF, 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Exército. **Instruções Provisórias IP 31-10 Operações Contra Desembarque Anfíbio**, 2ª Edição, Brasília: EGGCF, 1998.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Histórico das Viaturas do Sistema ASTROS ao Escritório de Projetos do Exército: evolução das versões do Sistema ASTROS**. São José dos Campos, 2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Histórico das Viaturas do Sistema ASTROS ao Escritório de Projetos do Exército: evolução da AV-MET**. São José dos Campos, 2017

\_\_\_\_\_. **Relatório do Histórico das Viaturas do Sistema ASTROS ao Escritório de Projetos do Exército: evolução da AV-RMD**. São José dos Campos, 2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório do Histórico das Viaturas do Sistema ASTROS ao Escritório de Projetos do Exército: evolução das AV-UCF, AV-VCC e AV-PCC**. São José dos Campos, 2017.

CAIAFA, Roberto; JUNIOR, Paulo Roberto Bastos. ASTROS 2020, o “O Martelo de Bater”. **Revista Tecnologia e Defesa**, Brasília, p.2, 2018.

DEMENICIS, Luciene da Silva. SGDC-1: Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas. **Defesanet**, 26 de junho de 2019. Disponível em: <http://www.defesanet.com.br/space/noticia/33372/SGDC-1--SateliteGeoestacionario-de-Defesa-e-Comunicacoes-Estrategicas/>. Acesso em: 14 set. 2019.

EXPOSIÇÃO SOBRE A DISSUAÇÃO EXTRARREGIONAL PARA A DEFESA DO BRASIL NA ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS, 2019, Rio de Janeiro. [Anais]. Rio de Janeiro, RJ: Escritório de Projetos do Exército, 2019.

EXPOSIÇÃO SOBRE O EMPREGO DO SISTEMA ASTROS NA DEFESA DO LITORAL, NA FEIRA INTERNACIONAL DE DEFESA E SEGURANÇA LAAD, 2019, Rio de Janeiro. [Anais]. São José dos Campos, SP: Empresa AVIBRAS, 2019.

JUNIOR, João Antônio Estácio de Oliveira. **O Emprego do Míssil Antinavio RBS-15 na Defesa do Litoral Brasileiro em Conjunto com o Sistema ASTROS 2020**. 2015, 48 f, Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2015.

NEVES, Carlos Eduardo de Moura. **A Utilização do Sistema ASTROS II na Defesa do, Estreitamente ligada às Características Ligada às Características**



**do Material.** 2004, 109 f, Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2004.

SANTOS, Diogo Furtado dos. **O Emprego do Sistema ASTROS na Defesa da Costa e do Litoral do Brasil.** 2017, 64 f, Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2017.

TORRES, Leonardo Werdan. **A Reorganização da Artilharia da Divisão de Exército para o Emprego nas Operações Conjuntas de Defesa do Litoral Brasileiro.** 2014, 65 f, Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2014.



## **PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA: TENDÊNCIAS E VISÃO DE FUTURO EM SISTEMAS ANTI-SARP\***

TC QEM **RICARDO WAGNER AMORIM GUIMARÃES**

Cap QEM **LIGIA LOPES FERNANDES**

Cap QEM **FERNANDA CASTELLO BRANCO MADEU**

O desafio do combate às aeronaves remotamente pilotadas civis e militares cresceu exponencialmente à medida que o estoque mundial de UAV aumentou em mais de dez vezes nos últimos vinte anos. Portanto, para garantir a privacidade pessoal, comercial, de instalações públicas e militares contra SARPs maliciosos, torna-se necessário um sistema de proteção, aqui referido como um sistema anti-SARP. Nesse contexto, o presente estudo teve por premissa explorar informações ostensivas, a produção científica e os ativos de propriedade

intelectual, com o objetivo de estabelecer o estado de desenvolvimento e tendências futuras de tecnologias anti-SARP. Utilizando recursos bibliométricos, são apresentados os cenários científico e tecnológico, além da análise das tecnologias extraídas de documentos de patentes e publicações científicas. Para tanto, utilizou-se uma metodologia de elaboração de mapa de rotas tecnológicas. Foi identificado que países como China, Estados Unidos e Alemanha dominam o mercado e o cenário acadêmico das tecnologias anti-SARP.

\*Artigo elaborado por oficiais que compõem a Agência de Gestão e Inovação Tecnológica (AGITEC)





Além disso, tecnologias como Rádio frequência, Radar, *Jamming*, *Spoofing*, IoT, *Deep Learning*, Fusão de dados, Aprendizado de máquina e Inteligência de enxames foram apontadas como algumas das principais tendências em tecnologias anti-SARP. Finalmente, o amplo rol de aplicações tecnológicas com consequências comerciais ou de interesse de Defesa possibilitadas pelas tecnologias anti-SARP, desde o operacional ao estratégico, enseja o desafio de um projeto de Estado para robustecer o desenvolvimento tecnológico autóctone e assim aumentar a competitividade das atividades econômicas do País, ao passo que também é fulcral para salvaguardar os interesses e a segurança nacional.

## 1. INTRODUÇÃO

Um Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) é um conjunto de meios que constituem um elemento de emprego de aeronaves remotamente pilotadas para o cumprimento de uma determinada missão (BRASIL, 2014). O SARP é geralmente formado por três elementos básicos: um módulo de voo que corresponde à aeronave; o módulo de controle do veículo remotamente pilotado, responsável pela operação dos sensores embarcados; e o módulo de comando e controle, responsável por manter o enlace com a aeronave e com os órgãos de

coordenação do espaço aéreo (LIMA FILHO, 2020).

Os primeiros SARP foram testados pelos Estados Unidos no período da Primeira Guerra Mundial, embora não tenham sido usados durante o combate (GERTLER, 2012). A partir de então, as aeronaves remotamente pilotadas foram utilizados como alvos móveis para treinamento das guarnições das armas antiaéreas (LIMA FILHO, 2020). Somente na Guerra do Vietnã, os Estados Unidos empregaram o SARP AQM-34 *Firebee* em combate (GERTLER, 2012).

Nos últimos cinco anos, os SARP, muitas vezes referidos popularmente como drones, têm experimentado um crescimento nos Estados Unidos e em todo o mundo (WANG; LIU; SONG, 2021). Em particular, o número de países detentores de SARP aumentou cerca de 58% entre 2010 e 2019 (GETTINGER, 2019). Por estimativa da Administração Federal da Aviação dos Estados Unidos (*Federal Aviation Administration* – FAA), a frota de SARP americana deve crescer de 1,25 milhão de unidades, para cerca de 1,39 milhões de unidades até 2023 (WANG; LIU; SONG, 2021).

Acredita-se que os SARP ofereçam como principais vantagens sobre as aeronaves tripuladas fatores como: a eliminação do



risco à vida de um piloto; suas capacidades aeronáuticas, como resistência, não estão vinculadas a limitações humanas; menores custos de aquisição e ciclo de vida; menores restrições para seu emprego; e drones menores poder voar em baixas altitudes com velocidades menores e carga útil limitada (GERTLER, 2012; ZHANG et al., 2018 e KANG et al., 2020). Devido a suas vantagens, os SARP tornaram-se importantes armas militares.

O desafio do combate às aeronaves remotamente pilotadas civis e militares cresceu exponencialmente à medida que o estoque mundial de UAV cresceu de aproximadamente 20 tipos de sistema e 800 aeronaves em 1999, para mais de 200 tipos de sistema e aproximadamente 10.000 aeronaves não tripuladas em 2010 (ZHANG et al., 2018). As ameaças impostas por SARPs inimigos vão desde a vigilância ilegal de pessoas e instalações até ataques não tripulados a alvos (WANG; LIU; SONG, 2021). Ademais, os SARP em emprego em um sistema de defesa ou em uma operação podem ser desligados remotamente, sequestrados, levados para longe ou roubados (CHAMOLA et al., 2021).

Portanto, para garantir a privacidade pessoal, comercial, de instalações públicas e militares contra SARPs maliciosos, torna-se necessário um sistema de proteção, aqui referido como um sistema anti-SARP. O crescimento das tecnologias anti-SARP está diretamente ligado a crescentes preocupações sobre a ameaça que a proliferação do uso de aeronaves remotamente pilotadas representa tanto no meio civil como no meio militar (MICHEL, 2018).

As tecnologias chamadas coletivamente de tecnologias anti-SARP empregam uma variedade de sensores e processos que explicam ou exploram os componentes físicos de uma aeronave remotamente pilotadas e as comunicações entre o SARP e seu centro de comando (PATEL e RIZER, 2019). Assim, as tecnologias anti-SARP são empregadas na prevenção a ataques potenciais de SARP, capturando-os ou bloqueando seu canal de comunicação para interromper seu padrão de voo ou forçar sua aterrissagem (CHAMOLA et al., 2021 e WANG; LIU; SONG; 2021).



Figura 1 – Cadeia de processamento de uma ameaça SARP (Fonte: Patel e Rizer (2019, p. 13)).



Assim, o subsistema de detecção de SARP ideal, irá detectar, rastrear, identificar uma aeronave não tripulada (WANG; LIU; SONG, 2021). Radares militares antiaéreos são projetados principalmente para detectar objetos grandes e que se movem rapidamente e, conseqüentemente, eles nem sempre podem detectar SARP pequenos, lentos, voando em baixas altitudes (MICHEL, 2018 e SAYLER, 2021).

Por sua vez, o subsistema de mitigação anti-SARP ideal irá desativar, interromper ou assumir o controle de uma aeronave não tripulada ou SARP, garantindo baixos danos colaterais e baixo custo por engajamento (WANG; LIU; SONG, 2021). Embora os sistemas de mísseis sejam preferidos por muitos países, o emprego de sistemas de defesa antiaérea e/ou de caças pode ser impraticável, pois, além de não serem geralmente projetados para detectar alvos pequenos como os SARP, uma tentativa de destruir um SARP pode custar centenas de milhares de dólares por tiro (MICHEL, 2018 e ZHANG et al., 2018).

As tecnologias de mitigação anti-SARP incluem, além da defesa aérea tradicional, sistema de armas, guerra eletrônica, ARPs com armas ou meios de guerra eletrônica embarcados, armas a laser, entre outras (ZHANG et al., 2018). Contudo, esses esforços não estão maduros: falta de

escalabilidade, modularidade ou acessibilidade (WANG; LIU; SONG, 2021).

As tecnologias anti-SARP já foram amplamente utilizadas em certas aplicações. No campo de batalha, os sistemas anti-SARP até agora têm sido mais comumente usados para proteção de instalações, complementando as armas como sistemas de antimorteiros e plataformas de vigilância. Também há um interesse crescente em sistemas portáteis e móveis que podem ser usados para proteger unidades terrestres e comboios. Em ambientes civis, a tecnologia de anti-SARP até agora tem sido usada principalmente para proteção do espaço aéreo em aeroportos, segurança durante grandes eventos, como convenções partidárias e jogos esportivos, proteção VIP e operações de anti-contrabando em prisões (MICHEL, 2018).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo consiste em evidenciar os esforços científicos e tecnológicos empreendidos por países, instituições científicas e empresas, a partir dos ativos de propriedade intelectual como artigos e patentes e fontes de notícias e relatórios de mídia especializada sobre as tecnologias anti-SARP. Para efeito de organização, esse trabalho



divide-se como segue: a Seção 2 pormenoriza a Metodologia empregada; a Seção 3, apresenta e discute os resultados; a Seção 4 trata de limitações do estudo, e; por fim, a Seção 5, apresenta as Conclusões.

## 1. METODOLOGIA

Pretende-se revelar o estado tecnológico atual. Para isso, por intermédio da bibliometria de patentes, da literatura científica (artigos, capítulos de livros, anais de congressos etc.) e de fontes ostensivas de informações atuais, buscam-se evidências

que colaborem com a área em questão. Para tanto, serão empregadas as bases de dados *Derwent Innovation* e *Scopus*, além de refinamentos sucessivos de modo a produzir novos conhecimentos acerca do tema alvo.

Para a condução deste estudo, adaptou-se a metodologia de elaboração de mapa de rotas tecnológicas elaborada por Borschvier e da Silva (2016). Nesta metodologia, o estudo é dividido em três fases: etapa pré-prospectiva; etapa prospectiva e etapa pós-prospectiva, conforme a Figura 2.

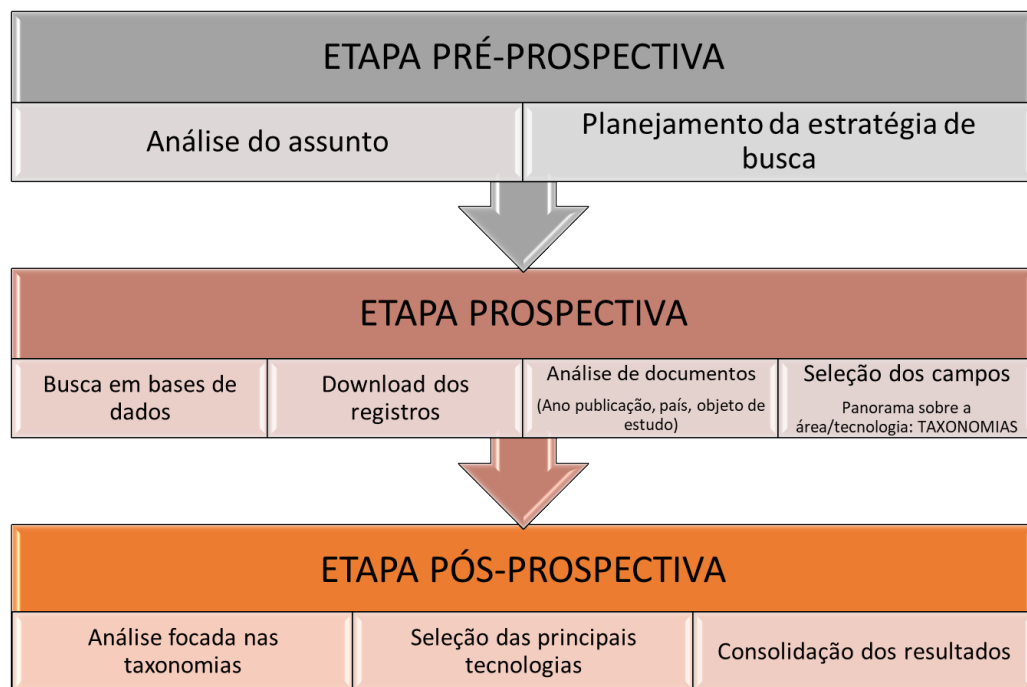


Figura 2 – Etapas da metodologia (Fonte: autores)



A etapa pré-prospectiva envolve uma busca livre para se ter o primeiro contato com o assunto do estudo e obter uma visão geral do estado da arte. O objetivo desta etapa é definir a abordagem adequada para os estudos e as estratégias de busca que serão adotadas na recuperação dos documentos nas etapas posteriores.

A etapa prospectiva, ilustrada na Figura 3, inicia-se com a busca direcionada de informações em bases de dados especializadas de artigos científicos, patentes e notícias, norteados pelos resultados obtidos na fase anterior. Nesta etapa pretende-se identificar a inter-relação entre as informações obtidas e sua aplicação tecnológica.



Figura 3 - Níveis de segmentação da análise por períodos de tempo (Fonte: autores)

Dessa forma, busca-se alocar a sua concretização e maturidade das tecnologias em estudo em quatro períodos de tempo:

- Estágio atual (tempo presente): engloba os documentos da mídia especializada; sítios de empresas, associações de classe, organizações governamentais e não governamentais, relatórios de mercado, entre outros.
- Curto prazo: envolve a análise de patentes concedidas, que, teoricamente, demonstram um grau avançado do desenvolvimento da tecnologia, pois, se já houve tempo suficiente para concessão e a tecnologia foi considerada patenteável, o

objeto já está mais próximo da possível comercialização.

- Médio prazo: refere-se à análise de patentes depositadas ou pedidos de patentes, que, apesar de demonstrarem um grau avançado do desenvolvimento da tecnologia, pois já houve a concretização da patente, a proteção ainda está em análise, o que faz com que o objeto da patente esteja mais distante da comercialização.
- Longo prazo: inclui as publicações científicas que demonstram um grau inicial do desenvolvimento da tecnologia. No entanto, cabe ressaltar que a publicação de artigos acompanha grande parte do ciclo de



vida de tecnologias em seus diferentes estágios de maturidade tecnológica, o que permite estabelecer interessantes associações e extrapolações-abordagem linear e restrita a áreas que dependem de pesquisa básica e aplicada (LINDEN; BARBOSA; DIGIAMPIETRI, 2020; ERNST, 1997; NIETO; LOPÉZ; CRUZ, 1998).

Ainda na etapa prospectiva, após a pesquisa, a análise dos resultados requer uma sistematização para que se consiga extrair todas as informações necessárias para o estudo. A metodologia adotada preconiza a segmentação da análise em três níveis, conforme ilustrado na Figura 4 e listados a seguir:

- **Nível macro:** são as informações mais imediatas do documento, como título, ano de publicação, autores, entre outras. Não é necessária uma leitura profunda do documento para extrair estas informações.
- **Nível meso:** são extraídas as informações principais dos documentos após a leitura de, pelo menos, seu resumo. Neste nível, torna-se necessária a criação de taxonomias de forma a definir o assunto do documento, possibilitando classificar os documentos.
- **Nível micro:** dentro de cada classe criada na taxonomia do nível anterior, devem-se extrair informações mais detalhadas para melhor classificar os documentos dentro da taxonomia.



Figura 4 – Níveis de segmentação da análise por taxonomia (Fonte: autores)

Na etapa pós-prospectiva, as informações identificadas e organizadas nas etapas anteriores são melhor estudadas e organizadas na forma de um mapa de rotas tecnológicas. Este é objetivo final da metodologia proposta por Borschvier e da Silva (2016).

No presente estudo, a metodologia descrita foi adaptada de modo a incluir as primeiras duas etapas. O mapa de rotas tecnológicas da etapa pós-prospectiva não foi construído por não fazer parte do escopo deste estudo, porém as análises desta etapa foram realizadas.



## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 PANORAMA GERAL

O estudo evidenciou 876 publicações científicas indexadas na base Scopus, publicadas até o março de 2021. A busca na plataforma *Derwent Innovation* revelou 4.796 depósitos e concessões de patentes até o ano de 2020.

Somente duas publicações sobre tecnologias anti-SARP com autores vinculados a instituições brasileiras foram identificadas na base Scopus. Estudos recentes mostram que o Brasil vem aumentando substancialmente a quantidade de publicações científicas, evoluindo de uma contribuição mundial inferior a 1%, no início do século, para algo em torno de 3,5% nos últimos anos, movimento que alçou o Brasil a 13ª posição no ranking mundial de publicações (DE NEGRI; SQUEFF, 2016). Porém, na área deste estudo, o Brasil contribui com apenas 0,23% da produção científica mundial indexada na base.

Os países com maiores números de publicações foram a China, com 278 publicações (cerca de 31,7% do total), os Estados Unidos, com 219 publicações (25% do total), o Reino Unido com 62 publicações (7,1%), a Alemanha, com 50 documentos (5,7%) e a Coreia do Sul com 37 documentos (4,2%).

Entre as dez instituições com mais publicações, nove são chinesas, incluindo a *Northwestern Polytechnical University*, dirigida pelo Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação da República Popular da China, que apresentou o maior número de documento, 20 no total. A única instituição não-chinesa entre as dez que mais publicaram foi o Instituto *Fraunhofer* de Optrônica, Tecnologias de Sistema e Exploração de Imagens (*Fraunhofer – IOSB*) da Alemanha. A instituição apresentou 14 publicações indexadas.

Em relação ao perfil tecnológico, a jurisdição com o maior número de patentes publicadas também foi a China, com 156 documentos (53,98%), apontando que o interesse mercadológico é maior nesse país. Os Estados Unidos também se destacaram por receber 11,76% dos depósitos de patentes sobre o tema (34 patentes). O terceiro maior número de patentes foi a Coreia do Sul, com 25 documentos (8,65%).

Não foram identificadas patentes sobre tecnologias anti-SARP depositadas no Brasil ou com prioridade no Brasil. Este é um indicativo que não houve desenvolvimento dessas tecnologias no País e que o mercado brasileiro não é considerado prioridade pelos seus detentores.



Percebe-se uma predominância de publicações de documentos de patentes na China, assim como foi observado para as publicações científicas. Isto pode ser um indicativo de intensivo desenvolvimento tecnológico na área anti-SARP na região, além de interesse em proteger o mercado do país contra depósitos de patentes por empresas estrangeiras.

A empresa com o maior número de documentos foi a *Boeing*, sendo os pedidos de proteção protocolados pela sua subsidiária INSITU INC, empresa de sistemas autônomos. Em segundo lugar, com 11 documentos, estão a empresa alemã *Diehl Stiftung* e a chinesa *Chengdu Aviation and Aerospace*, também do setor de aviação.

No âmbito mercadológico, os Estados Unidos detêm a maior parte dos produtos comerciais, 126 produtos, seguido pelo Reino Unido, com menos da metade de produtos ofertados (37). A Europa é a próxima região geográfica mais ativa para o mercado anti-SARP. O mais forte impulsionador do mercado europeu é a presença de corporações de defesa tradicionais mundialmente conhecidas, como o *Grupo Thales* da França, *Saab AB* da Suécia e *BSS Holland BV* dos Países Baixos (MICHEL, 2019).

Já no Brasil, a pesquisa identificou dois produtos para detecção por câmera de

vídeo, imagem termal, radar, radiofrequência e acústica e neutralização por *jamming* da empresa IACIT (MICHEL, 2019).

## 2.2 TECNOLOGIAS IDENTIFICADAS POR SUBSISTEMA

Com a finalidade de identificar a taxonomia para classificação das tecnologias relatadas em documentos de patentes e publicações científicas sobre sistemas anti-SARP, buscou-se na literatura a segmentação mais comum destes sistemas. Os estudos da fase pré-prospectiva permitiram identificar que vários autores (MICHEL, 2018; MICHEL, 2019; KANG et al., 2020; PARK et al., 2021 e WANG; LIU; SONG, 2021) empregam a taxonomia que divide os sistemas anti-SARP em:

- subsistemas de detecção, que engloba as tecnologias de detecção, monitoramento e identificação;
- subsistema de neutralização / destruição; e
- tipos de plataforma que os subsistemas anteriores seriam embarcados.

A Figura 5 ilustra a taxonomia adotada, baseada nas bibliografias consultadas, bem como exemplos de cada uma delas.





Figura 5 – Taxonomia adotada (Fonte: autores)

As patentes concedidas e depositadas publicadas depois de 2016 foram analisadas individualmente por meio da leitura de seus resumos e, eventualmente, de seu texto completo. Ademais,

foram extraídas as informações de nível macro e meso conforme exemplificados na Tabela 1. As informações das tecnologias de cada subsistema correspondem, neste estudo, ao nível micro e foram extraídas durante a análise.

DADOS MACRO							DADOS MESO			
Número da patente	Título	Resumo	Ano de publicação	País	Depositantes	Inventor	Detecção	Neutralização / Destruição	Plataforma	TPF

Tabela 1 – Exemplo de dados extraídos nas análises de nível macro e meso da etapa prospectiva

Ao final da etapa prospectiva, 28 patentes concedidas e 81 pedidos de patentes foram analisadas e as tecnologias de detecção; neutralização/destruição e suas plataformas foram extraídas e sistematizadas. Registrrou-se o número de menções a cada tecnologia

do nível micro e computou-se o resultado final para estimar a interesse em seu desenvolvimento e emprego para aplicações anti-SARP. Adicionalmente, foram extraídas tecnologias portadoras de futuro (TPF) como tecnologias relacionadas a inteligência



artificial (IA), cibernética e laser, as quais têm sido de grande impacto no desenvolvimento de produtos inovadores em diversos setores.

Pela grande quantidade de artigos científicos publicados nos últimos cinco anos (375 documentos), não foi possível analisá-los individualmente nos mesmos moldes do que foi feito para patentes. A análise limitou-se a buscar por tecnologias anti-SARP e tecnologias portadoras de futuro previamente identificadas na análise micro dos documentos de patentes.

Nas Seções a seguir, serão apresentados os resultados da análise realizada na etapa prospectiva deste estudo. Os resultados das tecnologias para cada um dos subsistemas serão apresentados, assim como as tecnologias portadoras de futuro observadas nas análises.

### 2.2.1 Tecnologias de Detecção

O subsistema de detecção envolve as tecnologias para detectar, rastrear e identificar um sistema ou aeronave não tripulada (WANG; LIU; SONG, 2021). As principais tecnologias que foram propostas para a detecção de SARP são sensores acústicos ou sonares, câmeras de vídeo, sensores eletro-ópticos, sensores infravermelhos, sensores passivos de

radiofrequência (RF), radares, LIDARS (*laser detection and ranging* – radar por laser), além da fusão de dados e algoritmos para identificação de SARPS inimigos (KRATKY; FRALIK, 2018; KANG et al., 2020; PARK et al., 2021; e WANG; LIU; SONG, 2021).

Assim como foi observado nos relatórios de produtos comercializados, a tecnologia de detecção mais comum foi o emprego de sensores passivos de radiofrequência (18 patentes concedidas e 49 pedidos de patentes) e de radar (9; 41), seguidas pelas câmeras de vídeo e infravermelho (8;24). Também se observou uma pequena fração de patentes que contemplavam a detecção por ondas sonoras (acústica) nos dois casos (3;8).

À diferença do relatado para produtos comerciais, foi possível verificar uma incidência maior de tecnologias baseadas em laser. As tecnologias identificadas tratam de telêmetros laser incorporados a sistemas anti-SARP para medir a distância de SARP inimigos, o que ocorreu em 4 patentes concedidas e 13 pedidos de patentes. Além disso, observaram-se patentes que empregavam LIDARS, que são radares a lasers que fornecem maior precisão na medida de distâncias, velocidades e deslocamentos angulares do que os radares



de radiofrequência (KUASHAL; KADDOUM, 2017).

A presença das mesmas tecnologias nos produtos comercializados e nas patentes concedidas (curto prazo) e nos pedidos de patentes (médio prazo) indicam um estágio de maior maturidade tecnológica. Possivelmente, os sistemas anti-SARP comercializados e patenteados integram tecnologias de detecção desenvolvidas para outros fins e adaptadas para atender a seus requisitos, o que poderia justificar o aparecimento quase concomitante de produtos e patentes.

Diferentemente dos resultados de patentes, verifica-se uma predominância de artigos que tratam de algoritmos de detecção em substituição às tecnologias tradicionais de radar, vídeo e radiofrequência. Este resultado associado às palavras-chave mais frequentes em cada documento, indica um maior interesse das publicações científicas em possivelmente melhorar a capacidade de identificação de SARP maliciosos por meio de algoritmos aplicados a imagens ou sinais produzidos por várias tecnologias de detecção como sinais de radar, imagens de vídeo e termais, assim como sinais de rádio.

### **2.2.2 Tecnologias de Neutralização / Destruição**

As tecnologias de neutralização de SARP, também denominados mitigadores não-físicos, não cinéticos ou não destrutivos, referem-se a operações que suprimem os movimentos de SARP ameaçadores, sem causar danos a seu. Por sua vez, as tecnologias de destruição, ou métodos físicos, cinéticos ou destrutivos, são o conjunto de tecnologias que interrompem a trajetória de um SARP infligindo danos ou destruindo sua estrutura funcionamento (KANG et al., 2020 e PARK et al., 2021).

Das tecnologias de neutralização/destruição extraídas a partir da análise dos documentos de patentes concedidas e depositadas, a mais comum foi o emprego de *jamming* de sinais de radiofrequência (18 patentes concedidas e 50 pedidos de patentes). A tecnologia de *jamming* vem sendo empregada como um ataque de guerra eletrônica para provocar a interferência nas comunicações de forças inimigas. A familiaridade com a tecnologia pode ser um motivo para sua predominância nas patentes e a sua rápida adaptação e incorporação aos sistemas anti-SARP comerciais.

Nas duas análises, sistemas para captura de aeronaves remotamente pilotadas por redes foram a segunda tecnologia mais empregada (12 concedidas; 26 pedidos). A captura por rede pode ser feita pelo lançamento da rede a



partir do solo, como a patente WO2019048074A1 da alemã *Diehl*, ou ser lançada a partir de uma aeronave remotamente pilotada, como a patente US9896221B1 da empresa americana *Lockheed Martin*.

A participação de sistemas com fogos cinéticos diminuiu de 17,9% (5 documentos) entre os documentos de curto prazo (patentes concedidas) para cerca de 6,2% (5 documentos) entre os documentos de médio prazo (pedidos de patentes). Isto pode indicar um menor interesse no emprego de fogos cinéticos em sistemas anti-SARP em desenvolvimento.

Por outro lado, o número de documentos que empregavam o *spoofing* de SARP como neutralização aumentaram de 1 (cerca de 3,5%) entre as patentes concedidas para 16 (19,8%) dos pedidos de patentes. Isso indica um maior interesse em integrar esta tecnologia da área de cibernética aos sistemas anti-SARP para neutralização.

O interesse no emprego de pulsos eletromagnéticos ou armas laser na destruição de SARP foi modesto tanto para patentes concedidas como para depositadas, com um pequeno crescimento da participação (de 3,5 para 6%) entre os dois horizontes temporais considerados. Entre os documentos que especificavam a radiação

utilizada, foram identificados 2 pedidos de patentes que empregavam pulsos eletromagnéticos de micro-ondas para destruir os circuitos eletrônicos dos SARP e 1 pedido de patente que previa uma arma laser embarcada em uma aeronave remotamente pilotada para a destruição de SARP inimigos.

Verificou-se uma patente concedida sobre o uso de balões para neutralizar SARP. Este documento (RU2721815C1) prevê a liberação de balões de ar para dificultar o voo de SARP e para neutralizá-lo. Outra tecnologia insólita é o uso de ondas sonoras para a neutralização de drones inimigos, a qual é objeto da patente chinesa CN107339914A.

A tecnologia de *geofencing* apareceu pela primeira vez nos pedidos de patentes. Foram quatro documentos que tratavam de sistemas para proteção de instalações contra SARP, sendo duas patentes chinesas (CN105842717A e CN11692922A) e duas patentes da mesma família (US2020111374A1 e WO2020072387A1) da empresa de telefonia celular *T-Mobile* referentes a um sistema de *geofencing* que emprega as torres de telefonia da empresa. Também foram identificadas 3 publicações científicas sobre *geofencing*

Assim como foi observado nos documentos



de patentes, a tecnologia de *jamming* também foi objeto do maior número de artigos científicos (30 documentos). Entretanto, as publicações científicas sobre *jamming* correspondem somente a 8% do total. As publicações trataram frequentemente do uso de rádios definidos por software para selecionar o canal para provocar a interferência e de redes neurais, a associação de redes neurais e testes de formas de onda para interferir em sinais de radiofrequência e navegação por satélite.

A segunda tecnologia mais frequente foram os ataques por *spoofing* (24 documentos). Os temas predominantes nas publicações são a identificação de vulnerabilidades de sistemas SARP que podem ser exploradas e simulações de ataques de *spoofing* para planejamento de sistemas de defesa.

É possível observar uma modesta fração de artigos sobre uso de radiação eletromagnética contra SARP. Dos cinco documentos recuperados, quatro trataram de uso de armas laser para destruir aeronaves remotamente pilotadas e um documento sobre emprego de pulso eletromagnético de alta energia para destruir os circuitos eletrônicos do SARP.

A tecnologia de captura por rede apresentou três artigos cujo foco principal

seria o controle de um conjunto de drones para capturar ou envolver em uma rede o SARP inimigo. A rede, objeto da neutralização, não é em si uma tecnologia em desenvolvimento, mas o seu lançamento tem sido foco de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico.

### 2.2.3 Plataformas

As plataformas dos sistemas anti-SARP podem ser de duas categorias mais abrangentes: plataforma terrestre e aérea (KANG et al., 2020). As plataformas terrestres podem ser ainda subdivididas em estática, móvel ou portáteis (MICHEL, 2019).

A análise das plataformas foi realizada somente para os documentos de patente. De maneira geral, os artigos recuperados não relatavam a plataforma em que a tecnologia objeto da pesquisa científica seria embarcado, tornando inviável a sua classificação por tipo de plataforma.

Assim como identificado nos produtos comercializados, a maioria das patentes tratava de sistemas de plataformas terrestres tanto para pedidos de patentes (53 documentos) como para patentes concedidas (23 documentos). Dentre estas, 14 pedidos de patentes e 3 patentes concedidas revelaram empregar algo semelhante a uma arma portátil



como plataforma para as tecnologias do sistema. Além destas, 7 pedidos de patente eram referentes a um sistema anti-SARP embarcado em veículos.

Neste estudo, consideramos as munições lançadoras de rede como uma plataforma separada. Este tipo particular de plataforma terrestre consiste em uma ogiva contendo uma rede para captura no ar de SARP inimigo, que é disparada de uma estação fixa no solo. Este tipo de plataforma foi objeto de 21 pedidos de patentes e 3 patentes concedidas.

Vinte pedidos de patente e dezenove patentes concedidas tratavam de tecnologias anti-SARP embarcadas em uma aeronave remotamente pilotada. O sistema embarcado pode ser somente de detecção, como sensores ou câmeras, sistemas de neutralização/destruição como redes para captura, lasers ou os dois subsistemas.

#### **2.2.4 Tecnologias Portadoras de Futuro**

As tecnologias portadoras de futuro, também chamadas de tecnologias habilitadores têm a característica particular de, decisivamente, influir na criação do futuro, são pré-requisitos para o desenvolvimento de outras tecnologias, produtos e processos que serão impactantes nas tecnologias existentes (ALENCAR,

2008). Para este estudo, foram identificadas tecnologias portadoras de futuro para a área de defesa que foram empregadas em patentes concedidas, depositadas e publicações científicas sobre tecnologias anti-SARP.

Ressalta-se que, apesar de ter sido realizada a análise temporal, considera-se que todas elas são tecnologias emergentes, sendo vislumbradas no médio/longo prazo. As quantidades de documentos referentes aos períodos atual e de curto prazo (patentes concedidas), as quais foram ínfimas, corroboram para essa interpretação.

Nas patentes concedidas, identificaram-se poucas tecnologias, com somente três patentes que empregam técnicas de cibernética (neste caso, ataques de spoofing) Adicionalmente, recuperou-se uma patente concedida sobre uso de uma arma laser (WO2019164556 A2) e além de uma menção ao uso de técnicas de big data aplicadas à análise de dados de sensores para identificação de SARP inimigos (CN111447038B).

As tecnologias portadoras de futuro identificadas nos pedidos de patentes são em maior variedade quando comparadas às encontradas na análise de patentes concedidas. O maior número de documentos é relacionado a ataques cibernéticos de *spoofing*, com 16 pedidos de patentes.



A tecnologia de laser para detecção ou destruição de alvos foi objeto de oito depósitos de patentes, já comentados nas seções anteriores.

Destaque deve ser feito para as tecnologias de IA (3 documentos), fusão de dados (2 documentos) e *deep learning* (1 documento). Como foi discutido anteriormente, estas tecnologias de IA estão sendo frequentemente empregadas para associar os dados captados pelas várias tecnologias de detecção para identificar SARP inimigos. Também uma tecnologia de IA, a inteligência de enxame, foi empregada no depósito de patente (CN111581878A) como um método de otimização do poder de fogo contra SARP, além de patentes sobre 5G (CN111812625A) e internet das coisas (CN111600674A) que se referem a possíveis protocolos de comunicação entre aeronaves em enxames.

Nas publicações científicas, identificaram-se também tecnologias portadoras de futuro associadas majoritariamente à IA. Identificaram-se 24 artigos relacionados a ataques cibernéticos de *spoofing* e 20 documentos sobre laser, já comentados anteriormente.

As tecnologias de IA, *deep learning*, aprendizado de máquinas e fusão de dados tiveram uma alta incidência. Estas tecnologias são empregadas na identificação de SARP ameaçadores e têm assumido um protagonismo na pesquisa científica da área.

À diferença do que foi observado nos pedidos de patentes, a inteligência de enxame foi a tecnologia com maior número de documentos (39; 10,4%), indicando que esta tecnologia pode ter uma relevância a longo prazo.

## 2.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS – TENDÊNCIAS EM ANTI-SARP

De forma geral, pode-se dizer que as tecnologias que mais se destacaram no curto prazo foram:

- Tecnologias de Detecção: Rádio frequência, Radar, Vídeo, Óptica (telemetria laser), Eletromagnética e Acústica;
- Tecnologias de Neutralização/Destruição: *Jamming*, Rede (captura), Acústica; Eletromagnética (laser), Fogos cinéticos, *Spoofing* e Balões;
- Tipos de Plataforma: Terrestre, UAV, Munição lançadora de rede, Arma Portátil;
- Tecnologias portadoras de futuro: IA, Cibernética, Laser, *Big Data*.

Tanto para o médio, quanto para o longo prazo, as tecnologias são semelhantes, destacando-se, além das anteriormente mencionadas, as seguintes que surgiram apenas no longo prazo:

- Tecnologias de Detecção: Algoritmos de detecção;
- Tecnologias de Neutralização/Destruição: *Geofencing*;
- Tipos de Plataforma: Veículo;
- Tecnologias portadoras de futuro: 5G, RDS, IoT, *Deep Learning*, Fusão de dados, Aprendizado de máquina, Inteligência de enxames.

Ressalta-se que, conforme mencionado anteriormente, todas as tecnologias portadoras de futuro, apesar de analisadas por período temporal, representam



tecnologias emergentes que podem causar impacto no desenvolvimento e aplicações de outras tecnologias.

As Figuras 6 e 7 resumem as tendências em Anti SARP no tempo atual/curto prazo e médio/longo prazos, respectivamente.

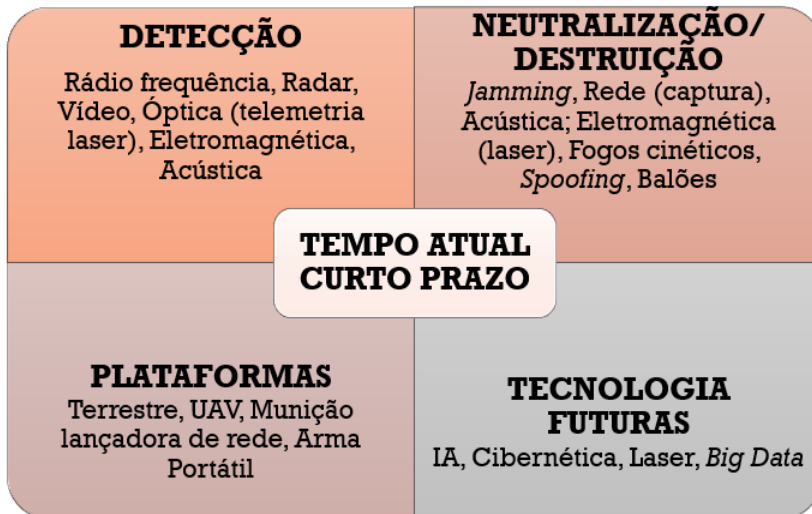


Figura 6 – Tendências tecnológicas em Anti SARP no curto prazo (Fonte: autores)

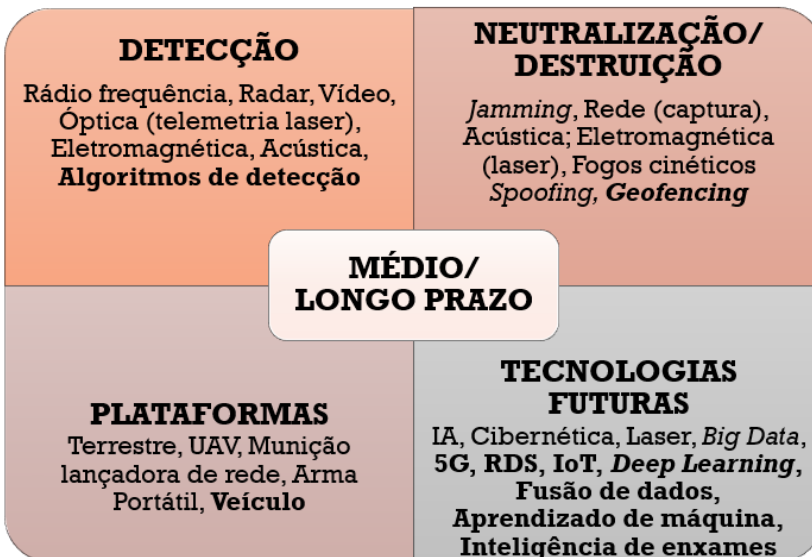


Figura 7 - Tendências tecnológicas em Anti SARP no médio/longo prazo (Fonte: autores)





### 3. CONCLUSÃO

O presente estudo teve por premissa explorar informações ostensivas, a produção científica e os ativos de propriedade intelectual, com o objetivo de estabelecer o estado de desenvolvimento e tendências futuras de tecnologias anti-SARP. Nesse sentido, as informações constantes deste trabalho apresentam os cenários científico e tecnológico, além da análise das tecnologias extraídas de documentos de patentes e publicações científicas.

Instituições de ciência e tecnologia e empresas chinesas dominaram as publicações científicas e documentos de patentes publicados nos últimos vinte anos. Nove das dez instituições que mais publicaram artigos científicos em periódicos indexados na base Scopus e seis das dez organizações que mais depositaram patentes nos últimos vinte anos eram de origem chinesa. Apesar disto, o país com o maior número de produtos comercializados são os Estados Unidos, com mais de doze vezes mais produtos relatados do que a China.

Foram identificadas somente duas publicações científicas com autores vinculados a instituições nacionais. Ademais, nenhuma patente sobre o tema foi depositada no país, apesar de haver dois produtos de fabricante brasileiro sendo comercializados.

Isto indica que o interesse do mercado de tecnologias anti-SARP no Brasil ainda é modesto e que a pesquisa científica sobre o tema ainda é limitada.

A análise das patentes de tecnologias de detecção permitiu identificar que a tecnologia mais frequentemente empregada foram sensores passivos de radiofrequência, radares e câmeras de vídeo e infravermelho, mesmas tecnologias predominantes nos produtos comercializados. À diferença do relatado para produtos comerciais, foi possível verificar uma incidência maior de tecnologias baseadas em laser, como telêmetros e LIDARS.

A congruência entre as tecnologias de detecção de patentes e dos produtos comercializados indica um estágio de maior maturidade tecnológica. Possivelmente, os sistemas anti-SARP comercializados e patenteados integram tecnologias de detecção desenvolvidas para outros fins e adaptadas para atender a seus requisitos, o que poderia justificar o aparecimento quase concomitante de produtos e patentes.

Diferentemente dos resultados de patentes, verificou-se uma maioria de artigos que tratam de algoritmos de detecção em substituição às tecnologias tradicionais de radar, vídeo e radiofrequência.



Este resultado, associado às palavras-chave, corrobora com um maior interesse das publicações científicas em possivelmente melhorar a capacidade de identificação de SARP maliciosos por meio de algoritmos aplicados a imagens ou sinais produzidos por várias tecnologias de detecção como sinais de radar, imagens de vídeo e termais, assim como sinais de rádio.

As tecnologias de neutralização/destruição de *jamming* e de sinais de radiofrequência foram as mais frequentemente observadas na análise dos documentos de patentes concedidas e depositadas, artigos e produtos comercializados. A tecnologia de *jamming* vem sendo empregada como um ataque de guerra eletrônica para provocar a interferência nas comunicações de forças inimigas. A familiaridade com a tecnologia pode ser um motivo para sua predominância nas patentes e a sua rápida adaptação e incorporação aos sistemas anti-SARP comerciais.

A segunda tecnologia mais incidente em patentes depositadas e em artigos foi *spoofing* (24 documentos). Os temas predominantes nas publicações são a identificação de vulnerabilidades de sistemas SARP que podem ser exploradas e simulações de ataques de *spoofing* para

planejamento de sistemas de defesa.

A maioria das patentes tratou de sistemas de plataformas terrestres tanto para pedidos de patentes como para patentes concedidas. A análise de plataformas não foi possível para artigos, pois observou-se que os autores normalmente se ocupam da análise das tecnologias independentemente da plataforma em que estão embarcadas.

Entre as tecnologias portadoras de futuro, deve-se destacar a IA. Isto foi identificado tanto para pedidos de patente como para publicações científicas. Como foi discutido anteriormente, tecnologias como *deep learning*, *machine learning* e fusão de dados estão sendo frequentemente empregadas para associar os dados captados pelas várias tecnologias de detecção para identificar SARP inimigos. Também uma tecnologia de IA, a inteligência de enxame, ganhou um espaço maior entre as publicações científicas, considerados indicativos de impactos no longo prazo.

Finalmente, o amplo rol de aplicações tecnológicas com consequências comerciais ou de interesse de Defesa possibilitadas pelas tecnologias anti-SARP, desde o operacional ao estratégico, enseja o desafio de um projeto de Estado para robustecer o desenvolvimento tecnológico autóctone e assim aumentar a competitividade



das atividades econômicas do País, ao passo que também é fulcral para salvaguardar os interesses e a segurança nacional. Trata-se de uma oportunidade para o Estado Brasileiro, que, a exemplo de China, Estados Unidos e Alemanha, pode adotar medidas para orquestrar ações sinérgicas em prol do desenvolvimento acadêmico e das aplicações industriais, de modo a otimizar diversos setores produtivos com resultantes multisetoriais e econômicas favoráveis ao país.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M.S.M, **Estudo de Futuro Através da Aplicação de Técnicas de Prospecção Tecnológica: O Caso da Nanotecnologia**. 2008, 193f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, área de Gestão e Inovação Tecnológica) – Escola de Química, Rio de Janeiro, 2008.
- BORSCHIVER, S.; da SILVA, A.L.R. **Technology Roadmap–planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia**. 1ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20-MC-10.214: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. 1. ed. Brasília, 2014a.
- CHAMOLA, V. ET AL. A comprehensive review of unmanned aerial vehicle attacks and neutralization techniques. **Ad Hoc Networks**, p. 102324, 2020.
- DE NIGRI, F.; SQUEFF, F.H.S. O mapeamento da infraestrutura científica e tecnológica no Brasil In: \_\_\_\_\_. **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília, IPEA, 2016. p. 15-62.
- ERNST, H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. **Small Business Economics**, v. 9, n. 4, p. 361-381, 1997.
- GERTLER, J. **US unmanned aerial systems**. Washington D.C.: Congressional Research Service, 2012. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA566235>>. Acesso em 30 JUN 2021.
- GETTINGER, D. **The Drone Databook**. 1. ed. Washington D.C.: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf>>. Acesso em 27 JUN 2021.
- GETTINGER, D. **The Drone Databook**. 1. ed. Washington D.C.: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf>>. Acesso em 27 JUN 2021.



KANG, H. et al. Protect your sky: A survey of counter unmanned aerial vehicle systems. **IEEE Access**, v. 8, p. 168671-168710, 2020.

KRATKY, M.; FARLIK, J. Countering UAVs-the Mover of Research in Military Technology. **Defence Science Journal**, v. 68, n. 5, p. 460-466, 2018.

LIMA FILHO, P.D.B. **A defesa anti-SARP na Força Terrestre**. 2020. Trabalho de Conclusão

LINDEN, R.; BARBOSA, L. F.; DIGIAMPIETRI, L. A. "Brazilian style science"—an analysis of the difference between Brazilian and international Computer Science departments and graduate programs using social networks analysis and bibliometrics. **Social Network Analysis and Mining**, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2017.

MICHEL, A.H. **Counter-drone systems**, 1 ed. Annadale-on-Hudson: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2018. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/projects/counter-drone-systems-project/counter-drone-systems/>>.

MICHEL, A.H. **Counter-drone systems**, 2 ed. Annadale-on-Hudson: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/12/CSD-CUAS-2nd-Edition-Web.pdf>>

NIETO, M.; LOPÉZ, F.; CRUZ, F. Performance analysis of technology using the

S curve model: the case of digital signal processing (DSP) technologies. **Technovation**, v. 18, n. 6-7, p. 439-457, 1998.

PARK, S. ET AL. Survey on Anti-Drone Systems: Components, Designs, and Challenges. **IEEE Access**, v. 9, p. 42635-42659, 2021.

PATEL, B.; RIZER, D. **Counter-Unmanned Aircraft Systems Technology Guide**. Nova Iorque: National Urban Security Technology Laboratory, 2019. Disponível em: <<https://www.dhs.gov/publication/st-c-uas-technology-guide>>.

SAYLER, K.M. **Department of Defense Counter-unmanned Aircraft Systems**. Washington D.C.: Congressional Research Service, 2021. Disponível em <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11426>>. Acesso em 30 JUN 2021.

WANG, J.; LIU, Y.; SONG, H. Counter-Unmanned Aircraft System (s)(C-UAS): State of the Art, Challenges, and Future Trends. **IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine**, v. 36, n. 3, p. 4-29, 2021.

ZHANG, W. ET AL. The development of counter-unmanned aerial vehicle technologies. In: **Global Intelligence Industry Conference (GIIC 2018)**. International Society for Optics and Photonics, 2018. p. 108351O, 2018.



## COMBATE ANTI SARP: O EMPREGO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA ALOCADA AO SISDABRA

Maj Art QEMA EDUARDO LUIZ BIAVASCHI<sup>1</sup>

Como seria o emprego da Artilharia Antiaérea (AAAE) alocada ao Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) no combate contra Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP)? O presente artigo busca trazer reflexões ao leitor sobre este assunto tão complexo. O SARP, comumente denominado de *drone*, constitui-se em uma das principais ameaças aéreas na atualidade. Os *drones* apresentam baixa seção reta radar, além de serem lentos, pequenos e com perfil de voo baixo, o que dificulta sobremaneira a sua detecção e o

seu engajamento pela AAAe. Desta forma, o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) tem o grande desafio de assegurar a soberania do espaço aéreo contra essa ameaça tão difusa e imprevisível. Quando se adensa o estudo, faz-se necessária a definição do problema a ser enfrentado pela AAAe, recorrendo-se a ferramentas da Metodologia de Concepção Operativa do Exército (MCOE) no Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres (PPCOT), levando-se em consideração o ambiente operacional

<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2002; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2006; Instrutor da EsACosAAe, 2010; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais na República da Argentina, 2014; Mestrado em Ciências Militares – Curso de Comando Estado-Maior – ECEME, 2019/2020; Oficial de Doutrina da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea.



complexo em que vivemos, com a participação de diversos atores e usuários de *drones*. Somente conhecendo melhor o que será enfrentado permitirá evoluir na doutrina e no emprego do combate anti SARP no Brasil, em atualização permanente com o cenário mundial.

## 1. INTRODUÇÃO

O SARP, comumente chamado de *drone* ou *UAS (Unmanned Aircraft System)*, representa uma das principais ameaças aéreas na atualidade. Devido às características de terem perfil de voo baixo, serem lentos e de pequenas dimensões, trazem sérias dificuldades de identificação, detecção e engajamento por parte das defesas antiaéreas (DA Ae) de Forças Armadas (FA) em diversas partes do mundo.

Os sistemas que se contrapõem aos SARP são denominados de *Counter Unmanned Aircraft Systems (C-UAS)*; em português Sistemas Anti SARP) e agem principalmente na detecção e rastreamento, através de radar, radiofrequência (RF), Eletro-ótico (EO), Infravermelho (IR), Acústico e pela combinação de sensores; e no engajamento, por Interferência por RF, Interferência em Sistemas Satelitais de GPS, Falsificação (*Spoofing*), Laser, Redes, Projéteis e pela combinação de métodos

(MICHEL, 2019). Assim, pode-se notar que são diversas técnicas no combate *antidrone*, sendo que a combinação de duas ou mais técnicas é o ideal, em vista da complementaridade das capacidades.

O Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) compreende os meios de defesa aérea e antiaérea a fim de manter a soberania do espaço aéreo contra vetores aeroespaciais hostis, tendo como órgão central o Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE). A AAAe alocada ao SISDABRA é representada pelas unidades e subunidades de AAAe do Exército Brasileiro (EB), da Força Aérea Brasileira (FAB) e da Marinha do Brasil (MB). Quanto à AAAe do EB, ela tem como Grande Comando de AAAe e órgão central a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea, com as suas Organizações Militares Subordinadas (OMDS), representadas pelos Grupos de Artilharia Antiaérea (GAAAe), pelo Batalhão de Manutenção e Suprimento de Artilharia Antiaérea (Btl Mnt Sup AAAe) e pela Bateria Comando (Bia C). Também são elos as Baterias de Artilharia Antiaérea (Bia AAAe) orgânicas das Brigadas de Infantaria e Cavalaria. A AAAe alocada ao SISDABRA pode ser melhor compreendida através da figura a seguir:



Figura 1- AAAe alocada ao Sisdabra

Fonte: o autor.

A AAAe atua no amplo espectro das operações, tanto estando diretamente alocada ao Sisdabra na DAAe de infraestruturas críticas no Território Nacional/Zona do Interior (TN/ZI), quanto na DA Ae de tropas e de áreas sensíveis no Teatro de Operações/Área de Operações (TO/A Op). A missão da AAAe, em qualquer ocasião, é sempre a mesma: impedir, neutralizar ou dificultar um ataque de um vetor aeroespacial hostil (BRASIL, 2017). Sendo o SARP considerado uma aeronave e que atua em qualquer dos cenários

(TN-ZI-TO-A Op), faz-se necessário refletir como combater ameaça tão difusa e complexa através da AAAe brasileira.

Desta forma, surge o questionamento: como seria o emprego da AAAe alocada ao Sisdabra no combate anti SARP? O presente artigo busca responder ou trazer reflexões sobre o assunto, dado o protagonismo da utilização dos *drones* nos conflitos recentes. Além desta introdução, o artigo está estruturado nas seguintes seções:



procedimentos metodológicos; a definição do problema; o emprego da AAAe no combate anti SARP; e considerações finais.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo teve abordagem qualitativa, usando como fontes de dados a pesquisa documental e bibliográfica sobre a temática, em literatura nacional e estrangeira. Teve como foco a AAAe do EB, o que pode, em certa medida, ser generalizado para a AAAe das demais FA, o que não foi objetivo desta pesquisa.

A fim de melhor compreensão do problema a ser enfrentado no combate anti SARP, foi utilizada a Metodologia de Concepção Operativa do Exército (MCOE), pois permite a “aplicação do pensamento crítico e criativo para entender, visualizar e descrever os problemas militares e, assim, desenvolver abordagens para solucioná-los” (BRASIL, 2020d, p.4-22), valendo-se de ferramentas da arte operacional. No presente estudo, foram utilizados: o Diagrama de Relações da situação atual e da desejada, a fim de realizar a avaliação do ambiente operacional no qual o SARP está inserido; a definição do Estado Final Desejado (EFD) militar; e a formulação do problema, o qual é definido por “uma questão, um obstáculo, ou um óbice que

dificulta alcançar um objetivo desejado ou uma meta” (BRASIL, 2020d, p.4-29).

Ferramentas do Planejamento Detalhado da fase 2 “A situação e sua compreensão, do PPCOT”, também foram utilizadas, como a Matriz de Três Colunas. Esta Matriz utiliza os termos FATO x DEDUÇÃO x CONCLUSÃO, gerando “[...] deduções lógicas, consequências, [...] as conclusões serão as ações/tarefas/coordenações, que deverão ser tomadas em virtude das deduções alcançadas” (BRASIL, 2020d, p.3-3). Com isso, pode-se ter de forma mais clara o que fazer a partir dos fatos que envolvem os SARP.

Adicionalmente, a prova de Adequabilidade, Praticabilidade e de Aceitabilidade (APA) foi outra ferramenta do planejamento detalhado utilizada (BRASIL, 2020d). Com ela, pôde-se refletir a respeito dos reflexos do emprego da AAAe contra SARP em áreas urbanizadas, fator que deve ser levado em consideração por todos os Comandantes Táticos.

Nesta pesquisa, optou-se somente por buscar responder ao questionamento proposto, visto que não há ainda doutrina consolidada de combate anti SARP em manuais nacionais.





No EB70-MC-10.365- Manual de Campanha: Grupo de Artilharia Antiaérea, recentemente lançado no corrente ano, há a previsão da Seção anti SARP no GAAAe, o que representa grande avanço no assunto. Desta forma, podem-se abrir oportunidades para estudos futuros sobre a temática antidrone no EB.

### 3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Dada a complexidade do assunto, houve a necessidade de entender e formular o problema a ser enfrentado. Para tal, o ambiente operacional no qual atuam os *drones* foi estudado, chegando ao Diagrama de Relações atual, onde os atores foram organizados e as relações entre eles estabelecida, conforme será explicitado a seguir.



Figura 2- Diagrama de relações da situação atual

Fonte: o autor



Primeiramente, verificamos à esquerda do Diagrama os atores pertencentes ao SISDABRA, representados pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DCEA), o COMAE e a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea. Não foram expostos todos os elos do SISDABRA por não ser o foco deste artigo. Na parte central, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), além de alguns usuários de *drones* das Forças Armadas. Na direita, o SARP e sua aplicação civil; sua utilização por parte de Órgãos de Segurança Pública (OSP), Defesa Civil e Receita Federal; uso ilícito (crime organizado, terrorismo e tráfico); e por fim o uso militar do *drone*, com o agrupamento dos SARP em dois grupos: categorias 0 (zero) a 2 (dois), e 3 (três) a 5 (cinco).

O DCEA define as normas para que o SARP voe no espaço aéreo brasileiro e como “uma aeronave que não possua tripulação a bordo é uma aeronave [...] deverá seguir as normas estabelecidas pelas autoridades competentes da aviação nacional” (BRASIL, 2020a, p. 21). A solicitação do acesso ao espaço aéreo deverá ser realizada pelo Sistema de Autorização de Acesso ao Espaço Aéreo por Aeronaves Não Tripuladas (SARPAS). Assim, o uso de

*drones* deve ser solicitado, inclusive com a confecção de plano de voo, de acordo com a sua categoria. É importante entender esta sistemática para os SARP “amigos” em nosso território.

O DCEA também normatiza o uso de *drones* por parte de OSP, da Defesa Civil e da Receita Federal, os quais muitas vezes operam juntamente com a Força Terrestre em operações, particularmente as de não-guerra. Trata-se de um cadastro para Órgãos Especiais, que realizam as missões de policiamento, inteligência, escoltas, controle de tráfego, prevenção de incêndios, e atividades de fiscalização, dentre outras (BRASIL, 2020b). Representam outros SARP “amigos” no ambiente operacional.

A ANATEL realiza a certificação das frequências utilizadas no enlace de pilotagem. Desde o ano de 2017 ocorre o cadastro dos equipamentos, por Declaração de Conformidade, pois tanto a aeronave quanto o controle utilizam frequências de rádio e podem causar interferência em outros dispositivos de aeronaves (BRASIL, 2018). É mais um ator regulador dos SARP no Brasil.



A ANAC é órgão responsável por certificar os Exploradores/Operadores, definindo regras básicas para que a operação de *drones* possua mais segurança, além da proteção dos bens. A principal legislação que regula o assunto é o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial- RBAC-E nº 94: Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil. O sistema de aeronaves não tripuladas (SISANT) é o portal de acesso para tal regulamentação (BRASIL, ANAC, 2017). Com isso, a utilização dos SARP deve ser registrada por mais este ator estatal.

O crime organizado, ações terroristas, atores não estatais, organização transnacionais e até mesmo o tráfico valem-se dos SARP para consecução dos suas atividades (MICHEL, 2019; COMMITTEE, 2020), visto a sua dificuldade de detecção por parte das forças de segurança, além do fato de poderem preservar a vida dos executantes. “Pequenos *drones* disponíveis comercialmente, em particular, estão sendo usados extensivamente e têm produzido efeitos profundos em conflitos em curso na Síria, Iraque, Gaza e Iêmen” (MICHEL, 2018a, tradução nossa). Também, “entre os grupos criminosos, os *drones* se tornaram uma ferramenta popular para contrabandear para as prisões e através de fronteiras

fortemente protegidas” (MICHEL, 2019, p.9, tradução nossa).

O Brasil se encontra no universo de pelo menos 102 (cento e dois) países com programas militares de *drones* ativos, o que demonstra o amplo uso militar desta aeronave no mundo (GETTINGER, 2020). Os usuários de SARP nas FA brasileiras são bastante diversos, cada um operando o equipamento com finalidades semelhantes e por vezes distintas. Não há, até o presente momento, uma doutrina de emprego conjunta, com cada Força pesquisando e desenvolvendo seus próprios *drones*. Caberia uma maior sinergia no assunto, com o Ministério da Defesa (MD) podendo ser o indutor do processo. Como exemplos de OM com SARP, de maneira sintética, podemos citar:

- na MB, o 1º Esquadrão de Aeronaves Remotamente Pilotadas de Esclarecimento (EsqdQE-1) e o Batalhão de Combate Aéreo (Btl Cmb Ae);

- no EB, a Aviação do Exército (Av Ex), o 6º Batalhão de Inteligência Militar (6º BIM), e a Companhia de Precursores Paraquedista (Cia Prec Pqdt); e

- na FAB, o 1º/12º Grupo de Aviação (1º/12º GAV).



Os SARP são categorizados de acordo com “a massa da aeronave e seu tamanho, formas de lançamento/recuperação, alcance e capacidade para receber a carga paga” (BRASIL, 2020c, p.4-5). A Força Terrestre emprega os *drones* em todos os escalões, adotando as categorias de 0 (zero) a 5 (cinco). Os SARP 0 a 2 são de menores dimensões e os de 3 a 5 maiores, sendo que estes últimos são aeronaves muito semelhantes às convencionais de asa fixa. A categorização também se vale do padrão do Grupo da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), conforme se observa a seguir:

Grupo	Categoria (Cat)	Elemento de Emprego	Nível de Emprego
III	5	MD/EMCFA	Estratégico
	4	C Cj	Operacional
II	3	CEx/DE	Tático
I	2	DE/Bda	
	1	Bda/U	
	0	até SU	

Quadro 1- Categorias de SARP na Força Terrestre

Fonte: (BRASIL, 2020c, p. 4-5).

Os SARP têm diversas aplicações com finalidade militar, tais como: inteligência; vigilância; reconhecimento; ataque ao solo; Guerra Eletrônica (GE); e na detecção/iluminação de alvos (RAMOS, 2021). O amplo emprego deste tipo de aeronave pode ser atestado pelo recente

conflito de Nagorno-Karabakh, entre a Armênia e o Azerbaijão, no ano de 2020, com o uso intenso de *drones* por parte do Azerbaijão, “[...] incluindo equipamentos adquiridos da Turquia e Israel, para identificar, mirar e atacar posições defensivas armênias e unidades blindadas” (WELT; BOWEN, 2021, p.9, tradução nossa).

Os *drones* apresentam características gerais, cujo conhecimento é muito importante quando é planejada uma DA Ae a se contrapor. De forma geral, os SARP:

- possuem pequena assinatura radar, visual e de IR;
- podem adotar baixa velocidade;
- têm custos reduzidos, com facilidade de acesso comercial e de adaptação aos mais variados *payloads*. Como exemplo, “um único míssil *Patriot* custa até 1 milhão de dólares, enquanto um *drone* comercial pequeno chega a custar 500 dólares” (MICHEL, 2018a, tradução nossa).
- permitem a guerra sem o combatente, “sem coturnos no chão, [...] denominado engajamento militar sem o desdobramento de tropas” (PERON; DIAS,



2018, p. 54, tradução nossa), como foi o caso do amplo uso do SARP *Predator MQ-9 Drone* por parte da Força Aérea dos Estados Unidos da América (EUA) no Paquistão e no Oriente Médio, de acordo com Peron e Dias (2018).

- podem vir de todas as direções;
- apresentam baixa emissão de calor;
- impõem dificuldade de detecção de Destruição;

- são utilizados em áreas urbanizadas, o que aumenta o risco de danos colaterais à população em caso de engajamento.

Desta forma, como situação desejada, a utilização militar dos SARP por parte do inimigo/Força adversa deve ser impedida ou neutralizada pela DA Ae, como é demonstrado a seguir:



Figura 4- Diagrama de relações da situação desejada

Fonte: o autor



A definição dos problemas a serem enfrentados é realizada após a análise do ambiente operacional, através do entendimento do relacionamento entre os diversos atores. Trata-se da “[...]” formulação de um enunciado claro e conciso para o problema a ser solucionado, abordando, de forma geral, quais as transformações a serem realizadas no ambiente operacional para atingir o EFD” (BRASIL, 2020d, p. 4-29). Baseado nisso, segue-se uma proposta de formulação dos problemas no combate anti SARP pela AAAe.

Os SARP das categorias 0 a 2 constituem o principal óbice na defesa anti SARP, devido aos seguintes fatores: furtividade, reduzidas assinaturas IR, visual e acústica, além de serem baratos, lentos e pequenos.

Os SARP das categorias 3 a 5 também se constituem em óbice, porém apresentam elevada seção reta radar, em comparação com os de categoria 0 a 2, assinatura IR e visual mais significativas. São *drones* maiores, recebendo o tratamento de aeronaves de asa fixa, contra as quais a DA Ae já tem certa *expertise*.

A utilização de *drones* nas mais variadas áreas, tais como na infraestrutura, mídia/entretenimento, telecomunicações,

agricultura, segurança, busca e salvamento, mineração e aerolevantamento, são problemas para a correta identificação de *drones* em situação hostil. Isso ocorre devido à possibilidade de um drone “pacífico” poder rapidamente mudar a sua atitude, dificultando o seu engajamento o mais longe possível pela DAAe.

O uso de *drones* em áreas urbanizadas é uma problemática a ser considerada também, visto que podem ocorrer danos colaterais à população e repercussões negativas na mídia, no caso de engajamento dos SARP. Eles podem cair e causar estragos materiais e ferimentos a civis, ao mesmo tempo em que a munição antiaérea também pode causar danos semelhantes junto às localidades.

O Estado Final Desejado (EFD) militar é um “conjunto de condições futuras (objetivos finais) que o comandante almeja atingir ao final da operação (BRASIL, 2020d, p.4-12). Poderíamos estipular um EFD genérico contra os *drones* da seguinte forma: quanto ao TERRENO, o espaço aéreo defendido de SARP; quanto ao INIMIGO, SARP neutralizados; e quanto às CONSIDERAÇÕES CIVIS, população protegida e opinião pública favorável à atuação contra os SARP.



#### 4. O EMPREGO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA NO COMBATE ANTI SARP

A AAAe alocada ao SISDABRA, particularmente a da Força Terrestre, apresenta o material canhão, nos calibres de 35 e de 40mm, além do míssil “atire e esqueça”, com atração passiva por IR, e do míssil telecomandado por atração de fecho laser.

Conta também com o Radar SABER M60 para detecção dos alvos. Assim, pode-se engajar os *drones* de forma primordialmente cinética, face às possibilidades dos materiais existentes.

O emprego contra *drones* pode ser resumido na Matriz de Três Colunas, levando-se em consideração todo o raciocínio até agora realizado.

Categoria SARP	FATO	DEDUÇÃO	CONCLUSÃO
Todas	Uso civil variado.	-Dificuldade de controle do espaço aéreo; e -Dificuldade de identificar <i>drones</i> em situação hostil.	-Necessidade de aprimoramento do adestramento dos P Vig; e -Necessidade de aprimoramento na Análise de Inteligência de Combate (AIC).
	Podem cair no solo com grande velocidade em áreas urbanizadas, caso sejam engajados.	Possibilidade de danos colaterais à população e repercussão negativa na mídia.	Realizar a prova de APA no planejamento, a respeito das regras de engajamento de <i>drones</i> em tais áreas.
0 (zero) a 2 (dois)	Furtividade (baixa seção reta radar).	- Necessidade de grande volume de fogo para neutralização;	-Utilização do canhão <del>AAA</del> , prioritariamente;
	Reduzida assinatura IV.	- Dificuldade na detecção radar; e - Dificuldade na identificação visual e acústica.	-Adestramento dos P Vig na identificação dos <i>drones</i> ; -Necessidade de atuação não cinética pela GE; e -Maior dificuldade de coordenação do espaço aéreo.
	Reduzida assinatura visual.		
	Reduzida assinatura acústica.		
	Reduzido valor financeiro.	Facilidade de aquisição no mercado.	Uso militar facilitado (adaptação de <i>drones</i> comerciais)
3 (três) a 5 (cinco)	Elevada seção reta radar.	- Maior facilidade de detecção radar; e -Engajamento de precisão mais facilitado.	-Utilização do míssil <del>AAA</del> , prioritariamente; -Coordenação do espaço aéreo mais facilitada; -Identificação dos <i>drones</i> mais facilitada
	Assinatura IV significativa.		
	Assinatura visual significativa.		

Quadro 2- Emprego da AAAe anti SARP das Categorias 0 a 2 (Matriz de Três Colunas)Fonte: o autor



Quanto ao combate anti SARP em áreas urbanizadas, deve-se levar em consideração possíveis danos colaterais à população do local. Para tal, no levantamento das linhas de ação, elas são verificadas pela prova de Adequabilidade, Praticabilidade e Aceitabilidade (APA) (BRASIL, 2020). Particularmente na “Aceitabilidade”, deve-se verificar se a ação antidrone cinética, com canhões e mísseis, seria a melhor forma de combate. Os SARP podem cair em locais densamente povoados, além do fato de as munições poderem causar estragos materiais devido à sua trajetória, ao mesmo tempo em que podem ferir civis. Assim, coloca-se na “balança” se é aceitável, junto à opinião pública, este tipo de enfrentamento de *drones* nas cidades.

A GE pode ser utilizada no combate anti SARP, interferindo nos enlaces entre o operador e o *drone*, como foi o caso nos Jogos Olímpicos em 2016. Naquela ocasião, foram utilizados o interferidores SCE 0100-D da empresa brasileira IACIT Soluções Tecnológicas, pertencentes ao 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE), sob autorização da ANATEL (EIRIZ; CAMPOS, 2017). Em termos doutrinários e pensando em exercícios futuros, o BGE poderia ceder um módulo interferidor em controle operacional (Ct Op) da AAAe, a

fim de atuar como uma Unidade de Tiro (UT), sob coordenação e controle dos Centros de Operações Antiaéreas (COAAe). Desta forma, a GE poderia atuar de forma mais respaldada, visto que a decisão do seu uso, em se tratando de espaço aéreo, deveria passar pela AAAe e por conseguinte pelo COMAE.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O SARP é uma realidade cada vez mais presente nos conflitos, devido ao seu relativo baixo custo e por não se valer de piloto embarcado, em comparação com as aeronaves tradicionais. Conhecê-lo para melhor enfrentá-lo torna-se primordial para o cumprimento da difícil missão da DA Ae.

Vislumbra-se a necessidade de exercícios conjuntos envolvendo os SARP, aproveitando-se o SISDABRA e o MD, visto que as Forças ainda atuam de forma isolada tanto no desenvolvimento quanto no combate anti SARP. Adicionalmente, pode-se pensar inclusive em exercícios interagências, pois são muitos os usuários de *drones* no espaço aéreo brasileiro, conforme verificado na pesquisa. Um protocolo conjunto e interagência pode ser implementado, a fim de padronizar e compartilhar experiências sobre o tema.





A AAAe alocada ao SISDABRA deve adestrar seus quadros a essa ameaça aérea tão difusa e imprevisível. Para tal, deve haver a combinação das armas antiaéreas, com o canhão para os SARP menores e os mísseis para os maiores, além da identificação primordial por parte do Postos de Vigilância (P Vig), visto que muitas das vezes são eles que efetivamente fornecem o alerta antecipado, pela grande dificuldade de detecção dos nossos radares. A GE também aparece como importante vetor *antidrone*, devendo estar em Ct Op da AAAe como uma UT bastante nobre na DA Ae.

A necessidade de constante atualização da doutrina anti SARP, inclusive com a pesquisa de materiais específicos contra *drones* a serem implementados no futuro, é fator fundamental para todo antiaéreo. A combinação de métodos de detecção e de engajamento é a chave para uma defesa anti SARP eficiente, atingindo o EFD almejado.

A artilharia do primeiro minuto do combate tem no SARP sua constante preocupação, tendo que se adaptar às tecnologias disruptivas deste verdadeiro “mundo dos *drones*”. Ao mesmo tempo em que novas funcionalidades e *payloads* surgem, a AAAe deve se antecipar o mais

rápido possível, “*semper primus*” na DA Ae do espaço aéreo brasileiro.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Orientações para usuários de DRONES**. 1. ed. Brasília, 2017. Disponível em: [https://www.cobra.org.br/documentos/arquivos/orientacao\\_usuarios\\_drone.pdf](https://www.cobra.org.br/documentos/arquivos/orientacao_usuarios_drone.pdf). Acesso em 14 out. 2021.

BRASIL. (ANATEL), Brasil. Agência Nacional de Telecomunicações. **Manual de Orientações Homologação de DRONES Uso próprio/pessoal- Declaração de Conformidade**. Brasília: ANATEL, 2018. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=347841&pub=original&filtro=1&documentoPath=347841.pdf>. Acesso em 18 out. 2021.

BRASIL. COMANDO DA AERONÁUTICA. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO. **ICA 100-40-Tráfego Aéreo**:

**Espaço Aéreo Brasileiro**.. Rio de Janeiro: Departamento de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro, 2020a.

\_\_\_\_\_. **MCA 56-4- Aviação: Aeronaves Não Tripuladas para uso exclusivo em proveito dos Órgãos de Segurança Pública, da Defesa Civil e de fiscalização da Receita Federal**.. Rio de Janeiro: Departamento de Controle do Espaço Aéreo, 2020b.

BRASIL. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB70-MC-10.231 Manual de Campanha: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília: Exército Brasileiro, 2017.

\_\_\_\_\_. **EB70-MC-10.214- Manual de Campanha: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. 2. ed. Brasília: Exército Brasileiro, 2020c.



\_\_\_\_\_. **EB70-MC-10.211- Manual de Campanha: Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres (PPCOT)**. 2. ed. Brasília: Exército Brasileiro, 2020d.

COMMITTEE, Interagency Security. **Protecting Against The Threat of Unmanned Aircraft Systems (UAS)- An Interagency Security Committee Best Practice**. [s.l.] 2020. Disponível em: [https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/Protecting Against the Threat of Unmanned Aircraft Systems November 2020\\_508c.pdf](https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/Protecting%20Against%20the%20Threat%20of%20Unmanned%20Aircraft%20Systems%20November%202020_508c.pdf). Acesso em 18 out.2021.

EIRIZ, George Koppe; CAMPOS, Renato Rocha Drubsky De. O emprego da Artilharia Antiaérea contra ameaças assimétricas em grandes eventos. **Informativo Antiaéreo: Publicação Científica- 1ª Bda AAAe-EsACosAAe**, Rio de Janeiro, v. 10/2017, p. 43-54, 2017.

GETTINGER, Dan. **Drone Databook Update: March 2020**. [s.l.] : Center for the Study of the Drone at Bard College, 2020. Disponível em: Center for the Study of the Drone-March-2020.pdf. Acesso em 14 out. 2021.

MICHEL, Arthur Holland. Counter-Drone Capabilities in the Middle East and Beyond: A Primer. **The Washington Institute for Near East Policy**, Washington, v. PolicyWate, n. 3045, 2018a. Disponível em: <https://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/counter-drone-capabilities-middle-east-and-beyond-primer>. Acesso em 18 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Counter-Drone Systems**. 1.ed. Estados Unidos: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2018b.

\_\_\_\_\_. **Counter-Drone Systems**. 2. ed. Estados Unidos: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-36150-1%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.184>.

PERON, Alcides Eduardo dos Reis; DIAS, Rafael de Brito. 'No Boots on the Ground': Reflections on the US Drone Campaign through Virtuous War and STS Theories. **Contexto Internacional**. v. 40, n. 1, p. 53-71, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cint/a/GNZskbRwBWdmxdjQtr3pMZm/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 14 out.2021.

RAMOS, Edmur Benites. As novas tendências tecnológicas dos Sistemas de Aeronave Remotamente Pilotada. **Doutrina Militar Terrestre**. n. 25, p. 4-11, 2021.

WELT, Cory; BOWEN, Andrew S. Azerbaijan and Armenia: The Nagorno-Karabakh Conflict. **Congressional Research Service**. v. R46651, n. 1, p. 1-23, 2021. Disponível em: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46651>. Acesso em 18 out. 2021.



## O SISTEMA ANTI-SARP

Maj Art QEMA PAULO DAVI DE **BARROS LIMA FILHO**<sup>1</sup>

Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) têm sido utilizados cada vez mais nos conflitos do século XXI, constituindo-se em uma séria ameaça às forças terrestres. Suas características, como reduzida dimensão, baixa velocidade e menor altitude de voo os tornam difíceis de serem neutralizados pela defesa antiaérea convencional. Assim, o trabalho teve por objetivo identificar os sistemas anti-SARP

existentes e as etapas envolvidas no processo contra os drones por meio de uma pesquisa bibliográfica sobre os sistemas anti-SARP de outros países. Como resultado, o trabalho concluiu sobre a necessidade de haver um único sistema anti-SARP que permita detectar, identificar e neutralizar aeronaves remotamente pilotadas de forma integrada e automatizada.

<sup>1</sup>Curso de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME 2020-2021). Curso de formação de oficiais (AMAN 2004). Curso Básico de Emergências, na Unidade Militar de Emergências (UME 2007), do Reino da Espanha, além de ter servido como instrutor de Artilharia na Escola das Armas, do Exército Argentino, em 2015.



## 1. INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP), comumente conhecidos como drones, têm aumentado seu protagonismo em ações militares. Atuando como elementos de Inteligência, Reconhecimento, Vigilância e Aquisição de Alvos (IRVA) ou como plataforma de armas, eles tornaram-se fator importante no poder de combate das forças.

A utilização de SARP em situações de guerra e de não-guerra já é uma realidade. Os Estados Unidos da América (EUA) já os empregaram em várias ações, como o ataque a um comboio iraniano em Bagdá, objetivando a morte do General Qassem Soleimani, em 2019 (JAHANBANI, 2020). Por sua vez, a Rússia mostrou a eficiência desses equipamentos no conflito de Dunbass, em 2014, usando-os como meios de busca de alvos, o que permitiu localizar e neutralizar batalhões de infantaria mecanizados ucranianos (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016). Além disso, uma

ação terrorista atacou com SARP uma refinaria de petróleo da estatal saudita Aramco em 2019, afetando a produção mundial dessa *commodity* (HUBBARD; KARASZ; REED, 2019).

Os sistemas anti-SARP são utilizados em conflitos, complementando os armamentos de defesa antiaérea, para proteção de comboios, de unidades dispostas no terreno e de bases militares. Já em situações de não-guerra, têm se mostrado eficazes na proteção do espaço aéreo de aeroportos, de grandes eventos e de locais especiais, como sedes de governos (INSTITUTE FOR DEFENSE AND GOVERNMENT ADVANCEMENT, 2019a).

As ações contra aeronaves não tripuladas mostram ser cada vez mais importantes face às ameaças existentes. Por isso, vários países estão aumentando os investimentos nessa área, como os EUA, Israel e Arábia Saudita, buscando soluções que atendam às suas demandas (ALMADON, 2018; HELOU, 2020; MUNOZ, 2020).



O acelerado desenvolvimento tecnológico contemporâneo reflete na evolução tanto dos SARP quanto dos sistemas para contrapô-los. Assim, este trabalho tem por objetivo identificar os sistemas anti-SARP existentes e as etapas envolvidas no processo contra os drones.

## **2. O SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA**

O SARP é uma excelente ferramenta para variadas aplicações, sendo utilizado em múltiplas tarefas, possuindo uma funcionalidade dual, ou seja, tanto para uso civil quanto militar (LIMA FILHO, 2012). Esta afirmação explica o grande crescimento do seu mercado global, em que as vendas de drones alcançaram o valor de 3,2 milhões de dólares em 2015, com a tendência a chegar a 10 bilhões de dólares em 2020 (KOWRACH, 2018). Estima-se que, atualmente, haja cerca de 171 tipos de SARP (GETTINGER, 2019).

O SARP é formado por três elementos básicos: o módulo de voo, o de controle em solo e o de comando e controle. O primeiro corresponde às

aeronaves propriamente ditas. O segundo, por sua vez, é responsável pelo controle do veículo aéreo e pela operação dos sensores embarcados, como câmeras e radares. Por último, o módulo de comando e controle engloba os equipamentos necessários para estabelecer o enlace com a aeronave e com os órgãos de coordenação do espaço aéreo (BRASIL, 2014a).

Os SARP possuem categorias distintas. Brasil (2014a) estabelece sete, considerando o nível do elemento de emprego, que vai desde o escalão subunidade até o do Estado Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), no contexto da Estrutura Militar de Defesa (Quadro 1). O Departamento de Defesa norte-americano, por sua vez, leva em consideração a velocidade, o peso e a altitude de operação para distribuir os SARP em cinco categorias (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2011). A Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) simplifica os tipos em apenas três, tomando-se por base apenas o seu peso (REINO UNIDO, 2017).



Categoria	Nomenclatura Indústria	Atributos				
		Altitude de Operação	Modo de Operação	Raio de Ação (km)	Autonomia (horas)	Nível do elemento de emprego
6	Alta altitude, grande autonomia, furtivo, para ataque	~ 60.000 pés (19.800 m)	LOS <sup>4</sup> /BLOS <sup>5</sup>	5.550	> 40	MD/EMCFA <sup>3</sup>
5	Alta altitude, grande autonomia	Até ~ 60.000 pés (19.800 m)	LOS/BLOS	5.550	> 40	
4	Média altitude, grande autonomia	Até ~ 30.000 pés (9.000 m)	LOS/BLOS	270 a 1.110	25 – 40	C Op
3	Baixa altitude, grande autonomia	Até 18.000 pés (5.500 m)	LOS	~ 270	20 – 25	F Op
2	Baixa altitude, grande autonomia	Até 10.000 pés (3.300 m)	LOS	~ 63	~ 15	GU/Bia BA/Rgt <sup>2</sup>
1	Pequeno	Até 5.000 pés (1.500 m)	LOS	27	~ 2	U/Rgt <sup>1</sup>
0	Micro	Até 3.000 pés (900 m)	LOS	9	~ 1	Até SU

QUADRO 1 – Classificação e categoria dos SARP para a F Ter

Fonte: BRASIL, 2014a, p. 4–5.



Legenda:

- 1 – Orgânicos de Grande Unidade.
- 2 – Atuando em proveito da F Op ou na vanguarda de GU.
- 3 – No contexto da Estrutura Militar de Defesa.
- 4 – Linha de Visada Direta (*Line of Sight* – LOS).
- 5 – Além da Linha do Horizonte (*Beyond Line of Sight* – BLOS).

No tocante às atividades militares desempenhadas, os SARP são utilizados em uma gama de operações. As aeronaves podem atuar em missões de IRVA, segurança, apoio às comunicações e apoio à manobra. Os drones armados ainda podem contribuir com a interdição do espaço aéreo, apoio aéreo aproximado, apoio à busca e salvamento em combate e supressão das defesas aéreas inimigas (ORGANIZAÇÃO DO TRATADO DO ATLÂNTICO NORTE, 2014).

Os SARP, em razão das suas potencialidades, tornaram-se sérias ameaças às forças que são alvo de suas ações. Isto ocorre tanto com drones comerciais como com militares. O Institute for Defense And Government Advancement (2019b) listou os quinze principais incidentes envolvendo

SARP comerciais, como os ataques à principal base aérea russa na Síria, a de Hemeimeem, e a suposta tentativa de assassinato do presidente da Venezuela, Nicolás Maduro, com a explosão de dois drones durante uma cerimônia militar, ambos em agosto de 2018.

### 3. SISTEMAS ANTI-SARP

As ações contra os SARP podem variar conforme a categoria da aeronave. As de maiores dimensões são passíveis de serem neutralizadas pela Defesa Antiaérea (DA Ae) já existente nos diferentes exércitos. Por outro lado, drones menores, que voam a velocidades reduzidas e a baixas altitudes – *Low, Slow and Small* (LSS) – são mais difíceis de serem detectados, identificados e neutralizados pelos sistemas antiaéreos convencionais. Tais tipos enquadram-se nas categorias de 0 a 3 (ESPANHA, 2019; ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016; KOWRACH, 2018; NARANG, 2019; PASLEY, 2018; TEDESCO, 2015).

A atividade antidrone envolve diferentes etapas. A maioria dos autores considera três fases: detectar, identificar

e neutralizar (CÁTEDRA ISDEFE-UPM, 2018; MICHEL, 2019). Estados Unidos da América (2016), Espanha (2019) e Marfo *et al.* (2015) acrescentam ainda a ação de “decidir”, após a identificação

da ameaça. Este trabalho adotará a concepção do sistema anti-SARP em quatro fases por entender que seja o mais completo didaticamente (Figura 1).

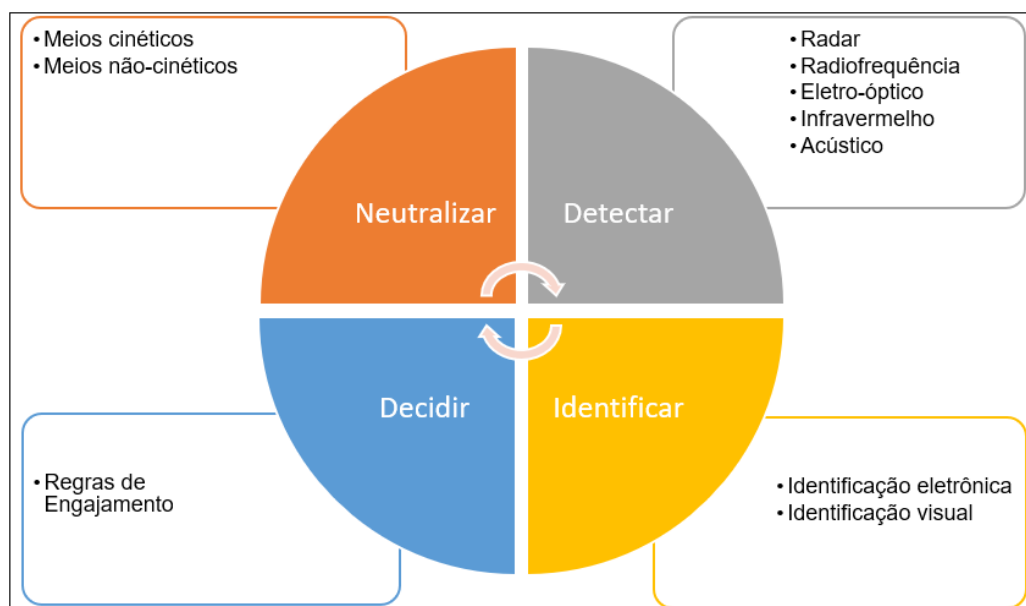


FIGURA 2 – Fases da atividade anti-SARP

FONTE: o autor.

### 3.1 DETECTAR

A detecção de um SARP LSS seja, talvez, a etapa mais difícil da atividade antidrone. Além das reduzidas dimensões, baixa altitude e velocidade, este tipo de aeronave não-tripulada é lançada a uma curta distância do seu objetivo, diminuindo o tempo disponível para detectá-la (PRAISLER, 2017).

Segundo Kowrach (2018), a observação visual para detectar uma aeronave não-tripulada LSS é pouco efetiva. Esta afirmação é reforçada por Michel (2019), que diz que as aeronaves tornam-se invisíveis a olho nu a uma distância de centenas de metros. Dessa maneira, impõe-se a necessidade de um sistema antidrone que possa detectar e rastrear múltiplos SARP, que desloquem-se a reduzidas velocidades e baixas altitudes, entre obstáculos e edifícios em





zonas urbanas, pois os radares atuais foram otimizados para detectar e acompanhar aeronaves maiores e mais rápidas (NARANG, 2019).

A fase da detecção contempla a utilização de diferentes tipos de sensores. O radar detecta a presença de SARP LSS por meio da assinatura radar. Junto com o de radiofrequência, é um dos meios mais utilizados pelos sistemas antidrone no mundo, havendo aproximadamente 147 produtos no mercado (MICHEL, 2019). Contudo, Narang (2019) afirma que, mesmo sendo adaptado para SARP LSS, não é um meio infalível para detecção em razão da baixa assinatura radar desse tipo de aeronave não-tripulada.

O sensor de radiofrequência é um dos mais utilizados no mundo, juntamente com o radar, existindo aproximadamente 159 produtos no mercado (MICHEL, 2019). Ele opera realizando uma varredura nas frequências de operação dos SARP e, por meio de algoritmos, detecta a posição das aeronaves (NARANG, 2019). Possui seu emprego limitado em zonas urbanas em virtude das interferências eletromagnéticas causadas pela presença de várias antenas de comunicação e linhas de energia elétrica (MICHEL, 2019).

O sensor eletro-óptico, por sua vez, detecta aeronaves não-tripuladas por meio de sua assinatura visual (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). Para isso, utiliza uma câmera que monitora seu campo de visão a procura de SARP. Narang (2019) afirma que sua efetividade é reduzida durante períodos de baixa visibilidade, como quando há neblina, além de necessitar de visada direta para o SARP para poder detectá-lo (MICHEL, 2019).

Outro importante equipamento é o de infravermelho. Ele detecta o SARP por meio de sua assinatura térmica. Além disso, é capaz de também identificar aeronaves não-tripuladas de acordo com o banco de dados de assinaturas conhecidas (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). Ele não costuma ser empregado isoladamente, atuando em conjunto com outros, de forma complementar, principalmente com o eletro-óptico. Atualmente, cerca de 111 sistemas antidrone o utilizam (MICHEL, 2019).

O sensor acústico detecta SARP por meio do reconhecimento do som específico produzido pelos motores das aeronaves, captado por microfones muito sensíveis. Para isso, depende de uma biblioteca de sons dos drones conhecidos, que são comparados com os detectados pelos sensores (MICHEL, 2019). Normalmente, não é usado isoladamente,



mas sim em conjunto com outros. Contudo, não é muito empregado nos sistemas antidrone, sendo encontrado em apenas 34 dentre os cerca de 537 existentes atualmente (MICHEL, 2019).

Conforme observado, os sensores costumam ter algumas limitações no seu emprego. Por essa razão, torna-se importante a utilização de mais de um tipo para superar os óbices de cada tipo de equipamento (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). O sistema anti-SARP AUDS é um exemplo. Ele conta com radar, sensor eletro-óptico e infravermelho, todos atuando de forma conjunta e complementar (EVERYTHINGRF, 2017).

### 3.2 IDENTIFICAR

A fase da Identificação ocorre logo após a detecção de um SARP. Seu objetivo é determinar se a aeronave não tripulada pertence à força amiga ou se é uma ameaça. Segundo Estados Unidos da América (2016), a identificação pode ser eletrônica, visual ou por procedimentos.

A identificação eletrônica é, normalmente, o meio mais seguro e rápido de estabelecer se um SARP é uma ameaça, embora necessite de mais recursos tecnológicos para isso. Assim, um sistema antidrone deve possuir sensores capazes de

identificar as aeronaves por meio de sua seção radar, assinatura infravermelha ou outras assinaturas eletrônicas, de acordo com um banco de dados de aeronaves conhecidas (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016).

A aviação civil já busca soluções para realizar o controle do tráfego aéreo de SARP de todas as categorias, incluindo os LSS. Os *Unmanned Aircraft Systems Traffic Management* (UTM) são uma iniciativa global para o desenvolvimento de um sistema automatizado de gerenciamento do tráfego aéreo de aeronaves não tripuladas (INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, 2019). Nesse sentido, eles podem ser utilizados pelos meios antidrone para a rápida identificação eletrônica dos SARP.

A identificação visual é realizada por meio de observadores treinados no reconhecimento dos tipos de drones (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016, 2017; LAMPORT e SCOTTO, 2016). Embora Michel (2019) afirme que essa forma não é muito eficiente em razão das características dos SARP LSS, Diniz (2019) relatou que foi largamente utilizado pelo EB durante os Jogos Olímpicos de 2016, no Rio de Janeiro.



A identificação por meio de procedimentos baseia-se no comportamento das aeronaves não-tripuladas em relação às medidas de coordenação do espaço aéreo estabelecidas. Assim, torna-se muito importante que tais medidas abarquem todos os escalões presentes no Teatro de Operações (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2016).

### 3.3 DECIDIR

A fase de Decidir tem por finalidade estabelecer qual o procedimento a ser adotado face à ameaça de drones. Os decisores possuem pouco tempo para identificar o tipo de SARP, sua carga útil, a viabilidade de atacar as posições amigas e prever a direção e o tempo do ataque, se for o caso (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). Assim, nota-se a necessidade de possuir ferramentas que possibilitem a avaliação do risco causado pelos SARP LSS por parte dos responsáveis pela defesa antiaérea (NARANG, 2019). Nesse sentido, Marfo *et al.* (2015) desenvolveram um *software* para avaliar o risco de um potencial ataque de múltiplos SARP contra navios da Marinha norte-americana.

A decisão sobre como responder à ameaça de um SARP cabe a um operador humano, baseado nas informações dos

sensores. Segundo Lamport e Scotto (2016), tal autoridade deve ser, preferencialmente, no menor nível tático possível. Ainda, estes autores afirmam que o estabelecimento de Regras de Engajamento específicas regulando as ações antidrone podem otimizar o processo decisório. Destaca-se que a neutralização nem sempre será realizada, principalmente em ambientes urbanos (MICHEL, 2019).

### 3.4 NEUTRALIZAR

A neutralização refere-se à capacidade de engajar um ou mais SARP com a eficiência necessária para impedir que possa causar algum dano às forças amigas (KOWRACH, 2018). Segundo Michel (2019), há cerca de 362 sistemas de neutralização atualmente, que utilizam meios cinéticos, não cinéticos ou a combinação de ambos. O mesmo autor ainda afirma que quase todas as técnicas de neutralização podem ser perigosas em certas circunstâncias, o que exige atenção quanto ao seu emprego.

Segundo Meserve (2019), os meios cinéticos são aqueles que envolvem o deslocamento de algum corpo para chocar-se com um SARP com o intuito de danificar os componentes físicos (*hardware*) da aeronave. Um exemplo são os mísseis terra-ar, como o



Pantsir russo utilizado na Síria para neutralizar o ataque de múltiplos drones a suas bases (NARANG, 2019). Outro meio são os projetis regulares ou especialmente desenvolvidos para destruir aeronaves não tripuladas, devendo ser incrivelmente precisos para acertar um SARP em movimento, podendo provocar sérios danos colaterais caso errem o alvo (MICHEL, 2019).

Um outro meio cinético utilizado é o de armas que disparam redes, havendo cerca de 27 produtos no mercado (MICHEL, 2019). Eles foram desenvolvidos para envolver o SARP totalmente ou apenas seus rotores, impedindo que consiga manter-se no ar (MICHEL, 2019; NARANG, 2019).

Os SARP de colisão, ou de sacrifício, referem-se a aeronaves não tripuladas desenvolvidas para chocarem-se com drones inimigos (MICHEL, 2019). Tal meio não é muito utilizado, havendo apenas cerca de oito produtos no mercado (MICHEL, 2019).

Os meios não cinéticos, por sua vez, não envolvem um movimento físico, mas sim uma interferência eletrônica ou mesmo laser e micro-ondas (MESERVE, 2019). Esse tipo de neutralização é o mais utilizado atualmente, havendo cerca de 300 produtos

no mercado, de um total de 362 (MICHEL, 2019).

A interferência na radiofrequência (RF), conhecida como *jamming*, é o método de neutralização mais comum (MICHEL, 2019). Seu funcionamento baseia-se na interrupção da conexão via RF entre a aeronave e seu operador por meio da geração de um grande volume de interferência (MICHEL, 2019). Isso faz com que o SARP pouse ou inicie o retorno automático para sua base (NARANG, 2019).

A interrupção na conexão satelital (GNSS *jamming*) é um dos métodos de neutralização mais comuns, juntamente com a interferência na RF (MICHEL, 2019). Ele atua no bloqueio do *link* satelital entre o SARP e os sistemas de geoposicionamento, como o GPS, Glonass ou BeiDou. Isto faz com que a aeronave permaneça na posição, pouse ou inicie o retorno para a sua base (MICHEL, 2019).

A falsificação do sinal, ou *spoofing*, permite que se controle um SARP por meio do envio de comunicações ou *links* de satélites falsos. Atualmente, há cerca de trinta produtos no mercado que o utiliza. Contudo, pode haver dano colateral em áreas onde dependa-se do sinal de GPS (MICHEL, 2019).



O ofuscamento, ou *dazzling*, corresponde à utilização de um feixe de luz ou *laser* de alta intensidade para cegar a câmera de um SARP (Figura 14) (MICHEL, 2019). Neste caso, o emissor de *laser* é de menor potência para não destruir o *hardware* da aeronave não tripulada (OBERING III, 2019), possuindo um alcance entre 500 metros e 2 quilômetros (NARANG, 2019).

A Arma de Energia Direcionada, ou *Directed Energy Weapons* (DEW), é um emissor de *laser* ou de micro-ondas de alta potência que danifica os circuitos elétricos das placas-mãe dos SARP e paralisam seus sistemas de comando e controle (NARANG, 2019). A energia *laser*, ou *High-energy Laser* (HEL) transfere uma quantidade de energia para o alvo pelo tempo necessário para danificá-lo, o que variará conforme a potência de emissão e o tipo de SARP. Seu alcance é limitado, como no caso do canhão *laser* chinês, que alcança até 4 km (MICHEL, 2019; NARANG, 2019).

O armamento de micro-ondas de alta potência, ou *High Power Microwave* (HPM), emite feixes de energia eletromagnética, normalmente na faixa de frequência entre 10 megahertz e 100 gigahertz (OBERING III, 2019). Desse modo, conseguem passar através das estruturas externas do SARP e atuam

diretamente sobre os circuitos semicondutores, que superaquecem e se disformam, inutilizando o sistema de comando e controle (MICHEL, 2019; NARANG, 2019). Diferente dos armamentos a *laser*, o armamento HPM pode ser emitido com um feixe em forma de cone, podendo neutralizar vários drones simultaneamente, sendo útil contra “enxames” de SARP (*swarm drones*).

A maioria dos sistemas anti-SARP empregam diferentes meios de neutralização simultaneamente, totalizando aproximadamente 215 de um total de 362 produtos conhecidos no mercado (MICHEL, 2019). Por exemplo, vários empregam interferência na RF e interrupção na conexão satelital no mesmo produto, bem como podem utilizar meios não cinéticos como primeira opção e cinéticos como última defesa (MICHEL, 2019).

#### 4. CONCLUSÃO

Os SARP apresentam-se como desafios a serem enfrentados na atualidade, já tendo sido empregados em situações de guerra e de não guerra. Dessa forma, o desenvolvimento de sistemas antidrone eficazes passou a ser uma necessidade premente dos países.



As fases das atividades anti-SARP demandam modernos meios para permitir opor-se à esta nova ameaça. Contudo, as aeronaves não tripuladas têm apresentado um crescente desenvolvimento tecnológico, o que exige uma evolução constante dos sistemas antidrones. Dessa forma, este trabalho concluiu sobre a necessidade de haver um único sistema anti-SARP que permita detectar, identificar e neutralizar drones de forma integrada e automatizada.

## REFERÊNCIAS

- ALMADON, E. **The Israeli Air Force: The Counter-Drone Task Force**. Disponível em: <<https://www.iaf.org.il/4476-50374-en/IAF.aspx>>. Acesso em: 9 abr 2020.
- ARANGO, T; BERGMAN, R; HUBBARD, B. **Quem foi Qassim Suleimani, general iraniano morto pelos EUA**. Folha de São Paulo, São Paulo, 3 Jan 2020. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2020/01/quem-foi-qassem-soleimani-general-iraniano-morto-pelos-eua.shtml?origin=folha>>. Acesso em: 21 jun 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20-MC-10.214: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. 1. ed. Brasília: Estado-Maior do Exército, 2014.
- CÁTEDRA ISDEFE-UPM. **Estado del Arte de las Tecnologías Antidróon**. Madri: Universidade Politécnica de Madri, 2018. Disponível em: <[https://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/ccdc/documentos/08\\_ESTADO\\_DEL\\_ARTE\\_DE\\_TECNOLOGIAS\\_ANTIDRON\\_JUN\\_18.pdf](https://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/ccdc/documentos/08_ESTADO_DEL_ARTE_DE_TECNOLOGIAS_ANTIDRON_JUN_18.pdf)>.
- DINIZ, R. M. F. **Proposta de concepção das Seções Anti-SARP nos Grupos de Artilharia Antiaérea**. 2019. 121 f. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2019.
- ESPANHA. **Concepto Nacional C-UAS LSS: Counter Unmanned Aerial Systems Low Slow Small**. . Madrid: Ministério da Defesa, 2019. Disponível em: <[https://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/ccdc/documentos/01\\_CONCEPTO\\_NACIONAL\\_C-UAS\\_LSS\\_xPARA\\_WEBx.pdf](https://www.defensa.gob.es/ceseden/Galerias/ccdc/documentos/01_CONCEPTO_NACIONAL_C-UAS_LSS_xPARA_WEBx.pdf)>.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **ATP 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System Techniques**. 2017. Disponível em: <<https://fas.org/irp/doddir/army/atp3-01-81.pdf>>.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **Unmanned Aircraft System Airspace Integration Plan**. 2. ed. Washington D.C.: Government Printing Office, 2011. Disponível em: <[https://web.archive.org/web/20160121155841/http://www.acq.osd.mil/ssts/docs/DoD\\_UAS\\_Airspace\\_Integ\\_Plan\\_v2\\_\(signed\).pdf](https://web.archive.org/web/20160121155841/http://www.acq.osd.mil/ssts/docs/DoD_UAS_Airspace_Integ_Plan_v2_(signed).pdf)>.

EVERYTHINGRF. **AUDS Counter-drone System Achieves TRL-9 Status**. Disponível em: <<https://www.everythingrf.com/News/details/3473-AUDS-Counter-drone-System-Achieves-TRL-9-Status>>. Acesso em: 28 abr 2020.

GETTINGER, D. **The Drone Databook**. 1. ed. Washington D.C.: Center for the Study of the Drone at Bard College, 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/10/CSD-Drone-Databook-Web.pdf>>.

HELOU, A. **Saudi Arabia is developing a new counter-drone system.pdf**. Defense News. 8. jan. 2020. Disponível em: <[https://www.defensenews.com/unmanned/2020/01/08/saudi-arabia-is-developing-a-new-counter-drone-system/?utm\\_source=Sailthru&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Unmanned01.15.19&utm\\_term=Editorial - Unmanned Systems with C4](https://www.defensenews.com/unmanned/2020/01/08/saudi-arabia-is-developing-a-new-counter-drone-system/?utm_source=Sailthru&utm_medium=email&utm_campaign=Unmanned01.15.19&utm_term=Editorial%20-%20Unmanned%20Systems%20with%20C4)>. Acesso em: 17 jan 2020.

HUBBARD, B; KARASZ, P; REED, S. **Two Major Saudi Oil Installations Hit by Drone Strike, and U.S. Blames Iran.** The New York Times, p. 1–4, 2019. Disponível em: <[https://www.nytimes.com/2019/09/14/world/middleeast/saudi-arabia-refineries-d r o n e - attack.html?action=click&module=TopStories&pgtype=Hom...1/4](https://www.nytimes.com/2019/09/14/world/middleeast/saudi-arabia-refineries-d-r-o-n-e-attack.html?action=click&module=TopStories&pgtype=Hom...1/4)>. Acesso em: 9 abr 2020.

INSTITUTE FOR DEFENSE AND  
GOVERNMENT ADVANCEMENT. **Global**

**Counter UAS Outlook.** Washington D.C., 2019a. Disponível em: <<https://www.idga.org/events-counter-uas-usa-winter/downloads/counter-uas-global-outlook-ebook?-ty-m>>.

INSTITUTE FOR DEFENSE AND  
GOVERNMENT ADVANCEMENT. **Top 15  
Global Drone Incidents 2018 - 2019.**  
Washington D.C., 2019b. Disponível em:  
<[https://www.idga.org/events-counter-uas-  
usa-winter/downloads/top-15-drone-  
incidents-2018-2019?-ty-m](https://www.idga.org/events-counter-uas-usa-winter/downloads/top-15-drone-incidents-2018-2019?-ty-m)>.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. **Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) – A Common Framework with Core Principles for Global Harmonization.** 2019. Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/UA/Documents/UTM-JAHANBANI>>, N. **Beyond Soleimani: Implications for Iran’s Proxy Network in Iraq and Syria.** CTC Perspectives, 2020. Disponível em: <<https://ctc.usma.edu/beyond-soleimani-implications-irans-proxy-network-iraq-syria/>>. Acesso em: 9 abr 2020.[Framework.en.alltext.pdf](#)>.

JAHANBANI, N. **Beyond Soleimani: Implications for Iran's Proxy Network in Iraq and Syria.** CTC Perspectives, 2020. Disponível em: <<https://ctc.usma.edu/beyond-soleimani-implications-irans-proxy-network-iraq-syria/>>. Acesso em: 9 abr 2020.



KOWRACH, J. M. **US Army Counter-Unmanned Aerial Systems: More Doctrine Needed**. 2018. US Army Command and General Staff College, 2018. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1071111.pdf>>.

LAMPORT, J; SCOTTO, A. **Countering the UAS Threat: A Joint Perspective**. Defense Systems Information Analysis Centre, v. 3, n. 4, 2016. Disponível em: <[https://www.eglin.af.mil/Portals/56/documents/JDAT\\_docs/Countering UAS Threats from a Joint Perspective \(JDAT\).pdf](https://www.eglin.af.mil/Portals/56/documents/JDAT_docs/Countering_UAS_Threats_from_a_Joint_Perspective_(JDAT).pdf)>. Acesso em: 14 abr 2020.

LIMA FILHO, P. D. B. **O emprego dual da Bateria de Busca de Alvos em missões subsidiárias e de garantia da lei e da ordem**. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2012.

MARFO, S. *et al.* **UAV Swarm operational risk assessment system**. Monterey: Naval Postgraduate School, 2015.

MESERVE, L. **cUAS Technology Series: Mitigation Strategies**. Disponível em: <<https://www.dedrone.com/blog/cuas-technology-series-mitigation-strategies>>. Acesso em: 17 maio 2020.

MICHEL, A. H. **Counter-drone systems**. Washington D.C.: Bard College, 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/12/CSD-CUAS-2nd-Edition-Web.pdf>>.

MUNOZ, C. **US DoD acquisition chief makes counter-UAS top priority**. Jane's International Defence Review. fev. p. 1–2, 2020. Disponível em: <[https://emagazines.janes.com/login?ReturnUrl=%2Fwebviewer%2F#janesinternationaldefencereviewfebruary2020/us\\_dod\\_acquisition\\_chief\\_makes\\_counter\\_uas\\_top\\_pri...](https://emagazines.janes.com/login?ReturnUrl=%2Fwebviewer%2F#janesinternationaldefencereviewfebruary2020/us_dod_acquisition_chief_makes_counter_uas_top_pri...)>. JAHANBANI, N. **Beyond Soleimani: Implications for Iran's Proxy Network in Iraq and Syria**. CTC Perspectives, 2020. Disponível em: <<https://ctc.usma.edu/beyond-soleimani-implications-irans-proxy-network-iraq-syria/>>. Acesso em: 9 abr 2020.

KOWRACH, J. M. **US Army Counter-Unmanned Aerial Systems: More Doctrine Needed**. 2018. US Army Command and General Staff College, 2018. Disponível em: <<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1071111.pdf>>.





## IRON DOME: O estado da arte da Defesa Antiaérea

STen Art ANTONIO VAGNER MACHADO PIRES<sup>1</sup>

O propósito principal deste artigo é apresentar o Sistema de Defesa Antiaérea conhecido como Iron Dome (I-Dome), das Forças de Defesa de Israel, através da análise do conflito recentemente ocorrido. No qual este sistema interceptou e destruiu centenas de foguetes disparados pelo grupo terrorista Hamas, situado na Faixa de Gaza, os quais tinham como objetivo atingir cidades densamente povoadas de Israel.

### 1. INTRODUÇÃO

Nos conflitos contemporâneos, a Defesa Antiaérea tornou-se essencial para a estratégia de defesa de qualquer nação, por

tratar-se de um sistema de grande dissuasão, além de salvaguardar recursos valiosos, sejam militares ou civis.

A Defesa Antiaérea compreende o conjunto de ações de defesa aeroespacial ativa desencadeadas da superfície, com o objetivo de impedir, anular ou neutralizar a ação de vetores aéreos hostis, tripulados ou não. Exige elevado grau de coordenação e controle do tiro dos sistemas de armas antiaéreas (Brasil, 2017).

No mês de maio do corrente ano, ocorreu mais um capítulo do longínquo

<sup>1</sup>Curso de Formação de Sargentos – ESA 1999; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe 2006; Curso de Aperfeiçoamento de Sargentos – EASA 2010; *Sergeant Major Course* – USASMA 2018 (EUA).



conflito entre as forças militares de Israel e o Hamas, grupo terrorista palestino que atualmente controla a Faixa de Gaza e que tem como objetivo, em seu estatuto, a destruição total de Israel (BBC News, 2021).



Rockets from Gaza, on right, are seen in the night sky fired towards Israel from Beit Lattia in the northern Gaza Strip on May 14, 2021, while Iron Dome interceptor missiles, on left, rise to meet them. (Anas Baba/AFP)

À direita, foguetes disparados pelo Hamas. À esquerda, mísseis do Sistema Iron Dome são disparados para realizar a interceptação. Maio de 2021 (Fonte: Anas Baba/AFP)

Neste conflito em particular o mundo assistiu, ao vivo, o lançamento de centenas de foguetes, por parte do Hamas, em direção a cidades densamente povoadas de Israel, como Tel Aviv, uma cidade com mais de um milhão de habitantes. Através das mídias convencionais e redes sociais, foi possível acompanhar, em tempo real, o sistema de defesa antiaérea israelense, conhecido como Iron Dome (I-Dome), interceptando e destruindo os foguetes, ainda no ar, com uma eficácia impressionante de 90% (Army Technology, 2021).

Contudo, o presente texto pretende analisar tão somente a defesa antiaérea das Forças de Defesa de Israel, com foco no sistema Iron Dome, e não visa analisar o conflito em si, seus antecedentes históricos, questões políticas e religiosas que motivam essa guerra quase centenária.

## 2. DESENVOLVIMENTO

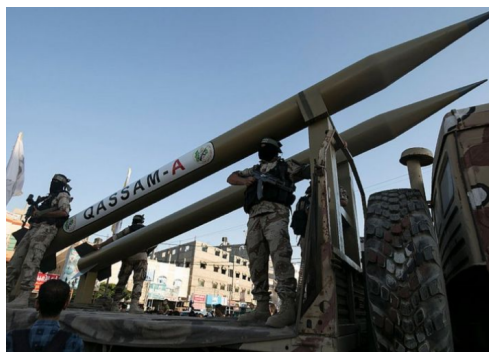
### 2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS – defesa antiaérea de Israel antes do I-Dome

Analisando as décadas de conflito entre Israel e o Hamas, com foco nos ataques realizados pelo grupo terrorista com a utilização de foguetes superfície-superfície, verifica-se uma mudança drástica na batalha desde a implantação do sistema de defesa Iron Dome.

Antes desse sistema, Israel dependia apenas do sistema de alerta por sirenes e abrigos antiaéreos para proteger-se contra ataques de foguetes. Mesmo ainda precários, esses artefatos atingiam localidades fronteiriças à Faixa de Gaza, alcançando distâncias de até 20km, causando baixas, em sua maioria de civis (Military Wikia, 2021).



Foguete Qassam 1 (Fonte: military.wiki.org)



Foguete Qassam - A (Fonte: BBC News)

À medida que esses foguetes se tornaram mais sofisticados, evoluindo em alcance e precisão, localidades importantes de Israel, como as cidades de Tel Aviv e Jerusalém, mesmo mais distantes da Faixa de Gaza, ficaram expostas a esses ataques,

aumentando a urgência por um sistema de defesa antiaérea eficiente. Atualmente o Hamas opera uma diversidade de foguetes de longo alcance, entre estes o Fajr com alcance de 100 km, o R-160 alcançando 120 km e o M302s alcançando 200 km (Marcus, 2021).

Acrescido a ameaça do Hamas ao sudoeste de Israel, no ano de 2006, durante a segunda guerra do Líbano, o grupo terrorista Hezbollah lançou cerca de 4000 foguetes na cidade israelense de Haifa, ao norte do país (Army Technology, 2021). Essas constantes ameaças ao país levaram o Ministro da Defesa de Israel a decidir, em 2007, desenvolver um sistema de defesa antiaéreo.

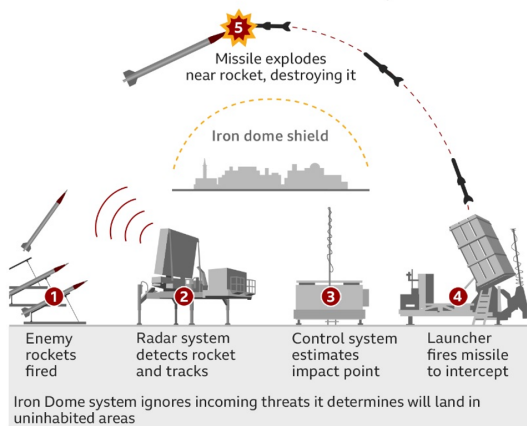
## 2.2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA IRON DOME

Desenvolvido e colocado em funcionamento em 2011, pela empresa israelense *Rafael Advanced Defence Systems*, o sistema Iron Dome foi projetado com o objetivo de proteger o país de mísseis balísticos, mísseis de cruzeiro, foguetes, aeronaves, helicópteros e veículos aéreos não tripulados. As baterias são constituídas de mísseis interceptores, radares e sistemas de comando que analisam os lugares que os foguetes inimigos podem atingir. Caso o computador identifique que o foguete pode atingir áreas habitadas ou infraestrutura estratégica, uma bateria do I-Dome é acionada



para interceptar e destruir o artefato, o mais longe de áreas povoadas, minimizando os possíveis danos colaterais, pela queda de estilhaços.

#### How Israel's Iron Dome defence system works



Subsistemas do I-Dome (Fonte: Rafael Advanced Defence Systems)

A figura acima traz um esquema sobre a estrutura e funcionamento de uma bateria do I-Dome, com os seus três principais componentes: radar de detecção e rastreamento ELM-2084; sistema de gerenciamento de batalha e controle de armas (*battle management and weapon control system* - BMC); e plataformas lançadoras de mísseis (*missile firing unit* - MFU). O sistema automatizado é capaz de ignorar ameaças quando verificar que foguetes inimigos irão atingir áreas não habitadas, economizando

recursos, uma vez que cada míssil disparado custa em torno de 60 mil dólares.



Radar ELM-2084 (Fonte: Israel Defense)

O radar, após detectar e identificar uma ameaça, passa as informações de velocidade e trajetória do artefato para o sistema de controle BMC, um computador capaz de calcular o ponto de impacto do foguete e decidir se deverá abate-lo ou não. Esse computador, que possui um rápido tempo de reação, é capaz de analisar várias ameaças simultaneamente, designando as baterias que devem engajá-los.



I-Dome MFU (Fonte: Army Technology)



## REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70-MC-10.235 Defesa Antiaérea nas Operações**. 1ª Edição, 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **MD35-G-01 – Glossário das Forças Armadas**. 5ª Edição, 2015.

HAMAS: O QUE É O GRUPO PALESTINO QUE ENFRENTA ISRAEL. **BBC News**, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57114157>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

IRON DOME AIR DEFENCE MISSELE SYSTEM. **Army Technology**, 2021. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/iron-dome/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

IRON DOME FAMALY. **Rafael Advance Defense System Ltd**, 2021. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/worlds/air-missile-defense/short-range-air-missile-defense/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

MARCUS, Jonathan. Qual o verdadeiro poder de fogo do Hamas contra Israel. **BBC News**, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57110074>>. Acesso em: 17 de

outubro de 2021.

QASSAM ROCKET. **Military Wikia**, 2021. Disponível em: <[https://military.wikia.org/wiki/Qassam\\_rocket](https://military.wikia.org/wiki/Qassam_rocket)>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70-MC-10.235 Defesa Antiaérea nas Operações**. 1ª Edição, 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **MD35-G-01 – Glossário das Forças Armadas**. 5ª Edição, 2015.

HAMAS: O QUE É O GRUPO PALESTINO QUE ENFRENTA ISRAEL. **BBC News**, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57114157>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

IRON DOME AIR DEFENCE MISSELE SYSTEM. **Army Technology**, 2021. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/iron-dome/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

IRON DOME FAMALY. **Rafael Advance Defense System Ltd**, 2021. Disponível em: <<https://www.rafael.co.il/worlds/air-missile-defense/short-range-air-missile-defense/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.



MARCUS, Jonathan. Qual o verdadeiro poder de fogo do Hamas contra Israel. **BBC News**, 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-57110074>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

QASSAM ROCKET. **Military Wikia**, 2021. Disponível em: <[https://military.wikia.org/wiki/Qassam\\_rocket](https://military.wikia.org/wiki/Qassam_rocket)>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.





## **A Bateria *Avenger* na Defesa Antiaérea de baixa altura/Muito curto alcance de uma Brigada em 1º Escalão: ensinamentos colhidos no Curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea dos Estados Unidos da América.**

Maj Art RAFAEL FERRAZ PINTO<sup>1</sup>

O propósito do presente artigo é apontar os ensinamentos do *Air Defense Artillery Captains Career Course* (ADA CCC), que é o Curso de Aperfeiçoamento para capitães da Arma de Artilharia Antiaérea dos Estados Unidos da América (EUA). Dois aprendizados que valem para os oficiais de qualquer arma, quadro ou serviço da linha bélica são a ferramenta *Military Decision Making Process* (MDMP), que se assemelha ao processo de Exame de Situação de Comandante; e o conceito de *Mission*

*Command*, um estilo de comando que auxilia a condução das operações de maneira adequada. O modelo de ensino-aprendizagem do curso também foi retratado neste artigo. Foram abordados aspectos da estrutura e missão das Brigadas modulares e expedicionárias do Exército estadunidense, as *Brigade Combat Team* (BCT). As possibilidades, limitações e características do material *Avenger* foram levantadas. A recente valorização e a importância da Artilharia Antiaérea de baixa altura e curto alcance dos

<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN 2006; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe 2009; Curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea – *Fort Sill*-OK, EUA 2018, Aluno do Curso de Estado Maior - ECEME 2021/2022.



EUA também são aspectos retratados no presente artigo. Por fim, concluiu-se sobre a relevância da AAAe de baixa altura curto e muito curto alcance ( Very Short-Range Air Defence - VSHORAD/ Short Range Air Defense - SHORAD) para os elementos de manobra na vanguarda das operações terrestres, sobre a necessidade de integração entre AAAe e elemento apoiado, sobre a mobilidade tática e a capacidade de missão de superfície da AAAe que apoia os elementos de manobra, e sobre as lacunas de capacidade de defesa antiaérea que serão trabalhadas pelo Exército norte-americano nos próximos anos.

## 1. INTRODUÇÃO

A Artilharia Antiaérea (AAAe) do Exército Brasileiro (EB) tem experiência na Defesa Antiaérea (DA Ae) de Pontos Sensíveis (P Sen), desenvolvida ao longo de anos de exercícios de dupla ação entre Força Aérea e EB, exercícios de Planejamento de DA Ae de infraestrutura crítica e estratégica do Território Nacional (TN), bem como operações reais de proteção de grandes eventos, como a Copa da Confederações de 2013, Copa do Mundo de 2014 e Jogos Olímpicos de 2016. Esses acontecimentos de envergadura trouxeram grandes ganhos para a doutrina e preparo da AAAe brasileira.

De outro lado, a DA Ae de tropas em combate, especialmente aquelas em primeiro escalão, é tarefa essencial da AAAe

de baixa altura/muito curto e curto alcance, como ocorre nos países considerados como potências bélicas no cenário internacional, como os Estados Unidos da América (EUA) e a Rússia. No caso da AAAe do EB, percebe-se que há uma lacuna entre as possibilidades das tropas brasileiras e as capacidades dos sistemas de armas antiaéreas a serem utilizados para a sua proteção, em caso de emprego no TO. É o caso do sistema de armas *Bofors* 40mm C/70, RBS-70 e IGLA-S.

Portanto, verifica-se que, numa situação de emprego no TO ou Área de Operações (A Op), as tropas motorizadas e mecanizadas geralmente têm maior mobilidade e proteção blindada que as frações de AAAe utilizadas para protegê-las – à exceção das brigadas blindadas, as quais foram dotadas com as VBC DAAe Gepard 1A2 entre 2014 e 2015.

Sabendo dessa limitação, cabe analisar como países considerados potências bélicas utilizam a sua AAAe de muito curto alcance para mitigar essa deficiência que porventura também ocorre na proteção de tropas em 1º escalão nas suas operações militares. Dessa forma, o principal objetivo deste trabalho é apontar os ensinamentos colhidos no Curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea nos EUA sobre a DAAe de baixa altura/muito curto alcance de elementos de manobra em 1º escalão realizada com o material *Avenger*.





Para tanto, é necessário explicar como uma Brigada em 1º Escalão é estruturada e empregada de acordo com a doutrina do Exército dos EUA e explicar a AAAe estadunidense de muito curto alcance com o material *Avenger* e a sua importância para a DAAe dos elementos de manobra.

Ainda, o curso no exterior traz uma abordagem diferente de como implementar o processo de ensino-aprendizagem e também aponta conteúdos que possam ser pertinentes e ainda pouco trabalhados no EB. Desse modo, cabe ressaltar conhecimentos relevantes no que diz respeito à doutrina e ao ensino.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 O CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA CAPITÃES DE AAAe NOS EUA

O EB envia anualmente um Capitão da arma de Artilharia, especializado em Artilharia Antiaérea, para realizar o Curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea no *Fort Sill*, Lawton, Oklahoma, EUA.

O período de estada no exterior pode ser dividido em sete fases, ao longo de cerca de seis meses. As duas fases iniciais se aplicam somente aos Estudantes Militares Internacionais e consistem numa ambientação e num Curso Preparatório. As

próximas etapas consistem no Curso de Aperfeiçoamento propriamente dito.

Conhecido como ADA CCC, o curso conta com aproximadamente 30 alunos por turma, entre Norte-americanos e estudantes internacionais. Normalmente, cinco turmas se formam por ano, em datas distintas ao longo do ano. As fases do ADA CCC são: Núcleo Comum (*Common Core*) e Exercício de Estado Maior (*Staff Ride*) – etapas comuns em todos os CCC – seguidos de: módulo de Planejamento da Artilharia Antiaérea da Brigada (*ADA Planning Brigade Module*), fase de Planejamento do Apoio ao Time de Combate da Brigada (*Brigade Combat Team – BCT, Support Planning Module*) e, por último, o Exercício de Artilharia Antiaérea de Conclusão de Curso (*ADA Capstone Exercise*) – etapas específicas da Artilharia Antiaérea.

A meta do ADA CCC é formar, tecnicamente e taticamente, líderes proficientes numa gama de sistemas de armas antiaéreas, capazes de empregar pensamento crítico e criativo em conjunção com fundamentos doutrinários, por meio do *Military Decision-Making Process* (MDMP). A intenção é que o instruendo, ao final do curso, produza ordens sincronizadas que permitam aos comandantes de todos os níveis exercitar efetivamente sua liderança e comando. Os instruendos são ativamente



encorajados a buscar todas as oportunidades de aprendizado, com a finalidade de evoluir ao longo do curso. O plano de estudos visa formar líderes ágeis e flexíveis, capazes de operar como elementos do Estado Maior em ambientes complexos. (EUA, 2018d).

As avaliações do curso visam três principais aspectos: o atitudinal, o cognitivo e o trabalho em equipe. O instruendo realiza algumas provas individuais, apresenta trabalhos sobre os mais variados temas, como materiais militares,

planejamento de operações ou princípios de liderança. Além disso, produz dissertações e acumula pontos de participação e notas coletivas geradas pelos trabalhos em equipe. Todas essas avaliações somam pouco mais de 3100 pontos, dos quais o instruendo deve obter, pelo menos, 80% para ser aprovado, ou grau 8 nas avaliações a que for sujeito. E o treinamento físico militar é exigência constante e diária do curso (EUA, 2018c).

O quadro 1 resume a distribuição dos pontos das avaliações do ADA CCC:

Módulos do ADA CCC	Participação em sala	Apresentações de tarefas individuais ou em grupo	Dissertações / Papers	Avaliações escritas
<i>Common Core</i>	225	120	205	300
<i>Staff Ride</i>	---	75	---	---
<i>ADA Planing Brigade</i>	200	700	100	---
<i>BCT Support</i>	100	600	100	200
<i>ADA Capstone Exercise</i>	75	75	50	---
Total Parcial	600	1570	455	500

Quadro 1 – Distribuição da pontuação da matéria acadêmica do ADA CCC.

Fonte: *Individual Student Assessment Plan* (Plano de Avaliação Individual do Aluno), 12 Jul 2018.

Pelo estudo do quadro acima constata-se que o foco das avaliações do ADA CCC é voltado para participação em sala de aula e para as apresentações de tarefas individuais ou trabalhos em grupo. É uma abordagem diferente da proposta apresentada pelos estabelecimentos de ensino do EB, onde as avaliações evidenciam, basicamente, os graus obtidos nas provas escritas.

Alguns ensinamentos são extraídos do método estadunidense. Ao se

ênfatar a participação e a apresentação de tarefas, o instruendo é forçado a: falar e portar-se adequadamente em público; pesquisar; trabalhar bem em equipe e possuir grande inteligência interpessoal; e conhecer os meios auxiliares informatizados e digitais. Para obter bons graus, não basta apenas memorizar e saber expressar conhecimentos na escrita, deve-se acima de tudo, ser influente nos trabalhos em grupo e ser comunicativo.



### 2.1.1 Ensino e uso constante do MDMP

O uso intensivo do MDMP é outra grande lição do curso. Trata-se do principal processo de tomada de decisão utilizado incessantemente pelos Estados-Maiores do Exército Norte-americano. É uma metodologia de planejamento interativa para entender a situação e a missão, desenvolver Linhas de Ação, e produzir um Plano ou Ordem de Operações (EUA, 2016b).

O MDMP ajuda os líderes a aplicar rigor, clareza, bom senso, lógica e conhecimento profissional para entender situações, desenvolver opções para resolver problemas e tomar decisões. O processo ajuda os comandantes e as equipes a pensar de forma crítica e criativa ao planejar. Em muito se assemelha ao Exame de Situação do Comandante retratado no manual EB20-MC-10.211 (BRASIL, 2014b).

Key inputs	Steps	Key outputs
<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher headquarters' plan or order or a new mission anticipated by the commander</li> </ul>	<b>Step 1: Receipt of Mission</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commander's initial guidance</li> <li>Initial allocation of time</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher headquarters' plan or order</li> <li>Higher headquarters' knowledge and intelligence products</li> <li>Knowledge products from other organizations</li> <li>Army design methodology products</li> </ul>	<b>Step 2: Mission Analysis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problem statement</li> <li>Mission statement</li> <li>Initial commander's intent</li> <li>Initial planning guidance</li> <li>Initial CCIRs and EEfIs</li> <li>Updated IPB and running estimates</li> <li>Assumptions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mission statement</li> <li>Initial commander's intent, planning guidance, CCIRs, and EEfIs</li> <li>Updated IPB and running estimates</li> <li>Assumptions</li> </ul>	<b>Step 3: Course of Action (COA) Development</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>COA statements and sketches</li> <li>Tentative task organization</li> <li>Broad concept of operations</li> <li>Revised planning guidance</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Updated running estimates</li> <li>Revised planning guidance</li> <li>COA statements and sketches</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>	<b>Step 4: COA Analysis (War Game)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Refined COAs</li> <li>Potential decision points</li> <li>War-game results</li> <li>Initial assessment measures</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Updated running estimates</li> <li>Refined COAs</li> <li>Evaluation criteria</li> <li>War-game results</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>	<b>Step 5: COA Comparison</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluated COAs</li> <li>Recommended COAs</li> <li>Updated running estimates</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Updated running estimates</li> <li>Evaluated COAs</li> <li>Recommended COA</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>	<b>Step 6: COA Approval</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commander-selected COA and any modifications</li> <li>Refined commander's intent, CCIRs, and EEfIs</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Commander-selected COA with any modifications</li> <li>Refined commander's intent, CCIRs, and EEfIs</li> <li>Updated assumptions</li> </ul>	<b>Step 7: Orders Production, Dissemination, and Transition</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Approved operation plan or order</li> <li>Subordinates understand the plan or order</li> </ul>
CCIR COA	commander's critical information requirement course of action	EEfI IPB essential element of friendly information intelligence preparation of the battlefield

INSUMOS	FASE	PRODUTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recebimento da ordem escrita ou verbal do escalão superior.</li> <li>- Conhecimentos e EEI do Escalão Superior.</li> <li>- Produtos da MCOE.</li> <li>- Informações de outras organizações.</li> </ul>	<b>01 Análise da Missão e Considerações Preliminares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diretriz inicial do comandante.</li> <li>- PJI inicial da utilização de tempo.</li> <li>- Sumário do problema.</li> <li>- Enunciado da Missão.</li> <li>- Intenção inicial do Comandante.</li> <li>- Levantamento dos EEI.</li> <li>- Conclusões</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definição da missão.</li> <li>- Intenção inicial do Comandante.</li> <li>- Diretriz inicial do comandante.</li> <li>- EEI.</li> <li>- Conclusões</li> </ul>	<b>02 A situação e sua compreensão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consciência Situacional do Ambiente Operacional.</li> <li>- Novas Nec EEI.</li> <li>- Diretriz Cmt Atualizada.</li> <li>- Composição Inicial dos Meios</li> <li>- Linhas de ação e esquemas de manobra.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abordagem Operativa, linhas de operações/forças, EFD e Pontos de Decisivos (MCOE).</li> <li>- Estimativas correntes atualizadas.</li> <li>- Atualização das diretrizes do Cmt</li> </ul>	<b>03 Possibilidades do Inimigo, Linhas de Ação e Confronto (Jogo da Guerra)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composição dos meios.</li> <li>- Conceito geral da operação.</li> <li>- Atualização das diretrizes do Cmt.</li> <li>- Confirmação dos Pontos Decisivos.</li> <li>- Linhas de ação aperfeiçoadas.</li> <li>- Resultados do Jogo da Guerra.</li> <li>- Conclusões atualizadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimativas correntes atualizadas.</li> <li>- Linhas de ação aperfeiçoadas.</li> <li>- Critérios de avaliação.</li> <li>- Resultados do Jogo da Guerra.</li> <li>- Conclusões atualizadas</li> </ul>	<b>04 Comparação das Linhas de Ação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimativas correntes atualizadas.</li> <li>- Linhas de ação avaliadas e suas variantes.</li> <li>- Linha de ação recomendada.</li> <li>- Conclusões atualizadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimativas correntes atualizadas.</li> <li>- Linhas de ação avaliadas e suas variantes.</li> <li>- Linha de ação recomendada.</li> <li>- Conclusões atualizadas</li> </ul>	<b>05 Decisão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linha de ação escolhida pelo comandante e modificações.</li> <li>- Intenção do Comandante atualizada.</li> <li>- Diretriz de Planejamento.</li> <li>- EEI atualizados.</li> <li>- Conclusões atualizadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Linha de ação escolhida pelo comandante e modificações.</li> <li>- Intenção do Comandante atualizada.</li> <li>- Conceito Final da Operação.</li> <li>- EEI atualizados.</li> <li>- Conclusões atualizadas</li> </ul>	<b>06 Plano/Ordem de Operações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprovação dos planos e ordens.</li> <li>- Emissão dos planos e ordens</li> <li>- Compreensão completa pelos subordinados dos planos e ordens</li> </ul>

Figura 1 – Semelhança entre as etapas do MDMP e do Exame de Situação do Comandante.

Fontes: adaptado dos manuais *Field Manual* (FM) 6-0, página 9-3; e EB20-MC-10.211, p. 5-4.



O MDMP não é um procedimento exclusivo do planejamento de missão da Artilharia Antiaérea, pelo contrário, é processo fundamental para todas as armas, utilizado para todos os tipos de missão, especialmente para as missões de combate. Por isso, o MDMP é ensinado na fase do Núcleo Comum (*Common Core*), e cobrado em todas as fases subsequentes.

A aplicação do MDMP por parte dos instruendos se deu, primeiramente, durante a fase do Núcleo Comum, onde ocorreram os primeiros exercícios práticos de Estado Maior. Em outras ocasiões, O MDMP foi aplicado pelos alunos de maneira individual, quando planejaram e apresentaram uma DA Ae de uma instalação ou elemento de manobra. Em verdade, o uso do MDMP facilita a criação de Linhas de Ação, a respectiva comparação entre elas e adoção de um plano para cumprir as missões recebidas (EUA, 2016b).

Exercitar o processo de tomada de decisão é algo muito importante para Oficiais, ainda mais para aqueles que comporão Estados Maiores. A frequente execução do processo de tomada de decisão é uma lição de grande valia, podendo ser implementada na Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO), escola do EB que prepara os Oficiais para compor Estados Maiores.

### 2.1.2 Mission Command - uma Função de Combate e uma Filosofia do Comando

*Mission Command*, cuja tradução *ipsis litteris* é Comando da Missão, é encarado como uma Função de Combate e, ao mesmo tempo, é uma Filosofia de Comando. Sua tradução literal não corresponde ao seu real significado. Trazendo para termos militares do EB, *Mission Command* consiste na ideia de comando baseado na missão, ou comandar tendo a “missão pela finalidade”.

De acordo com o *Army Doctrine Reference Publication 6-0* (ADRP), *Mission Command* é o exercício da autoridade e da direção pelo Comandante, utilizando as ordens da missão para permitir a iniciativa disciplinada e em conformidade com a intenção do Comandante, com a finalidade de capacitar líderes ágeis e adaptáveis na condução de operações terrestres conjuntas. O conceito enfatiza a ideia de que a intenção do Comandante seja compartilhada por todos os envolvidos, ao mesmo tempo que permite a execução descentralizada por meio da iniciativa disciplinada. Este preceito guia os líderes em direção ao cumprimento da missão (EUA, 2012a).

Devido à natureza complexa, em constante mudança e incerta das operações militares, *Mission Command* é o método preferido do Exército Norte-americano para



exercer o comando e controle. O *Mission Command* é constantemente abordado em todos os discursos de comandantes de variados escalões e sintetiza alguns princípios relevantes para todas as Forças Armadas ao redor do mundo, como a construção de equipes coesas por meio da confiança mútua, a criação de um entendimento compartilhado, o exercício da iniciativa disciplinada, o claro entendimento da intenção do comandante e a aceitação do risco calculado (EUA, 2012a).

O estudo desse conceito durante o ADA CCC recorda ao ensino da Liderança Militar na Academia Militar das Agulhas Negras (AMAN). Do mesmo modo que *Mission Command* é fundamental para o cumprimento de missão das tropas Norte-americanas, a Liderança Militar é o alicerce em que os comandantes em todos os níveis do EB se amparam quando procuram realizar suas tarefas.

O ADRP 6-22 esclarece que a Liderança se trata do processo de influenciar pessoas, fornecendo propósito, direção e motivação para cumprir a missão. Como elemento do poder de combate, a Liderança unifica os outros elementos (Informação, *Mission Command*, Movimento e Manobra, Inteligência, Fogos, Logística e Proteção). Liderança confiante, competente e informada

intensifica a eficácia de outros elementos do poder de combate (EUA, 2012b).

Pelos estudos e apresentações realizadas em sala, em todos os fatos históricos onde se teve exercício adequado do *Mission Command* pelos comandantes nos diversos escalões, houve resultados positivos em prol das frações ou vitórias em combate. De fato, o entendimento que se tem é que o Comandante que exerce *Mission Command* de maneira eficiente tende a se tornar o líder da tropa, além de cumprir a missão recebida. Assim, cresce de valor o estudo mais detalhado e o amplo entendimento deste conceito e sua adequação para a doutrina militar brasileira, caso se constate a importância que lhe é devida.

## 2.2 A Brigada em 1º escalão

Primeiramente, cabe apresentar a Brigada do Exército Norte-americano. Denominada de *Brigade Combat Team* (BCT), ou Equipe de Combate Brigada, trata-se da unidade de manobra modular básica mobilizável do Exército dos EUA. Uma BCT consiste numa Brigada de arma base, e suas unidades de apoio responsáveis por sustentar suas operações. A BCT deve ser capaz de se sustentar sozinha, como uma pequena Divisão. Os soldados designados para uma BCT lá permanecerão por três anos visando aumentar a prontidão e coesão da unidade.



As BCT são organizadas para conduzir ações decisivas, que são as contínuas e simultâneas combinações de tarefas Ofensivas, Defensivas, de Estabilização ou de Apoio à Defesa de Autoridades Cíveis. A BCT é a tropa primária de armas combinadas e de combate aproximado do Exército dos EUA. Ela frequentemente opera como parte de uma Divisão ou Força Tarefa Conjunta (EUA, 2015).

A modularidade e flexibilidade de organização das BCT permite que cumpram missões dentre os variados tipos de operações militares. Os três tipos de BCT são a *Infantry* BCT (IBCT), a *Stryker* BCT (SBCT) e a *Armored* BCT (ABCT), ou BCT de Infantaria, BCT de material *Stryker* e a BCT Blindada, respectivamente.

A IBCT trata-se de uma formação otimizada para operações desembarcadas (ou à pé) em terrenos complexos, como centros urbanos maiores que uma vila ou locais com dois ou mais tipos de terrenos restritivos ocupando o mesmo espaço. (EUA, 2015). A título de comparação, as IBCT seriam algo semelhante às Brigadas Leves (Aeromóvel, Paraquedista ou Selva) do Brasil.

Já a SBCT é constituída basicamente pela Infantaria embarcada. A título de esclarecimento, uma SBCT não é uma Brigada Mecanizada do EB. A SBCT é

uma Brigada de Infantaria em que o meio de transporte básico é a viatura *Stryker*, existindo mais de oito variações deste tipo de viatura destinadas a atender as especificidades das missões da Brigada SBCT. (EUA, 2015).

Quanto à ABCT, trata-se da Brigada que está organizada para concentrar poder de combate esmagador. Esta brigada conduz tarefas ofensivas para derrotar, destruir ou neutralizar o inimigo. A ABCT é composta por três Batalhões de armas combinadas, cada um a duas Companhias de Infantaria Mecanizada e duas Companhias de Cavalaria Blindada. Esta brigada não necessita de poder de combate adicional, podendo ser reorganizada conforme as especificidades de suas missões, e se destacando no esforço expedicionário Norte-americano.

Em síntese, os três tipos de brigadas modulares e expedicionárias do Exército estadunidense cumprem uma variada gama de missões, por meio da correta adequação das especificidades das brigadas aos requerimentos de cada tarefa. Entender a finalidade e a composição da BCT é fundamental para melhor planejar a sua DAAe.

### **2.3 A AAAe de muito curto alcance na proteção da BCT**



As unidades de AAAe em solo executam a maioria das operações antiaéreas e antimísseis do Exército dos EUA, embora os meios de defesa antiaérea e antimísseis das BCT possam ser limitados (EUA, 2015). O elemento do Exército dos EUA encarregado de conduzir missões típicas de Defesa Antiaérea é a *Air Defense Artillery*, ou ADA (Artilharia Antiaérea). O papel da ADA é, por meio do fogo, proteger a força e os alvos geopolíticos de ataques aéreos, ataques de mísseis e atividades de reconhecimento (EUA, 2013).

A *Short Range Air Defense Artillery*, ou SHORAD (Artilharia Antiaérea de Curto Alcance/baixa altura) é aquela que é empregada em apoio aos elementos de manobra para defesa do pessoal e dos meios contra ataques de plataformas aéreas. Podem ainda ser empregados na retaguarda para defender bases aéreas, tropas, P Sen e outras instalações vitais (EUA, 2000). Ressalta-se que, pela doutrina da AAAe do EB, o *Avenger* é classificado como baixa altura/muito curto alcance, já que o alcance do seu armamento não ultrapassa o limite dessa faixa, que é 6.000 metros (BRASIL, 2017b).

### 2.3.1 O sistema de armas *Avenger*

O *Avenger* é o primeiro sistema de armas de DAAe de tiro em movimento norte-americano a entrar em produção em grande

escala. Ele saiu das linhas de montagem da *Boeing*, pela primeira vez, no outono de 1988 (EUA, 1987). Desde então, o sistema passou por diversas atualizações para manter sua interoperabilidade e sua efetividade no combate (MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE, 2020).

A missão do *Avenger* é neutralizar Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) de baixa altitude, aeronaves de asa fixa e rotativa de alta velocidade e os meios de reconhecimento, inteligência, vigilância e busca de alvos. O *Avenger* é um sistema versátil organizado em Batalhões de Guarda Nacional ou como parte de uma Batalhão *Patriot* ou IFPC. No Exército dos EUA não há mais batalhões que possuam somente o sistema de armas *Avengers*. (EUA, 2016a).



Figura 2 – *Avenger* estacionado.  
Fonte: *Air and Missile Defense (AMD) Organizations and Weapons System* (instrução do ADA CCC), slide 9.



O *Avenger* é o sistema SHORAD mais adequado para fornecer DAAe à baixa altura/muito curto alcance às armas base. Embora possam compor um Batalhão independente, as Baterias de *Avengers* são organizadas para o combate com outros sistemas de ADA. Um exemplo é o emprego do *Avenger* para proteger a área operacional do *Patriot* diante das ameaças contra as quais este não pode se defender (EUA, 2016a).

Os alvos do *Avenger* são adquiridos utilizando a mira ótica, o FLIR, e um telêmetro *laser* aliado a um rastreador automático de vídeo, ou o *Avenger* pode receber os seus alvos por meio do HTU, que é a unidade terminal portátil. O HTU exibe o rastreamento e informações de comando e controle da rede digital de alerta antecipado. (EUA, 2018a). Nesse caso, a sequência de tiro é totalmente automatizada, bastando ao Atirador apenas puxar o gatilho, mesmo que o veículo esteja em movimento. (EUA, 1987).

Devido à pouca proteção blindada do *Avenger* e sua consequente vulnerabilidade ao fogo direto inimigo, a guarnição pode operar o sistema de armas de uma unidade de controle remoto, denominada RCU, a até 50 metros de distância da linha de fogo (MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE, 2020).

As Baterias *Avengers* normalmente defendem o nível Divisão ou Brigada. O Grupo de Comando da Bateria ligar-se-á com o Estado Maior do elemento apoiado e com o Elemento de Defesa Aérea para planejar, integrar e empregar os meios *Avenger* para proteger as prioridades de DA Ae. As relações de comando e apoio para cada nível irão determinar o apoio logístico para as Baterias *Avenger* (EUA, 2016a). Essas relações podem ser entendidas na doutrina do EB como as Missões Táticas.

- **PC do Pel**
- **1ª Esquadra**
- **2ª Esquadra**
- **Sec *Sentinel***

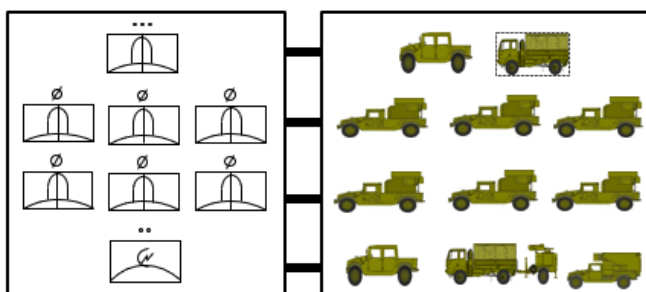


Figura 3 – Composição normal de um Pel *Avenger*.

Fonte: *Air and Missile Defense (AMD) Organizations and Weapons System* (instrução do ADA CCC), slide 6.





A composição da Bateria *Avenger* pode variar. Caso, a Bateria pertença a um Batalhão misto *Patriot*, ela possuirá quatro pelotões; caso ela seja orgânica de um Batalhão unicamente SHORAD da Guarda Nacional, ela possuirá três pelotões, e se ela

for orgânica de um Batalhão misto IFPC, ela possuirá apenas dois pelotões. Os pelotões de *Avengers* geralmente são empregados destacados de sua Bateria e passados em reforço para a BCT ou Batalhão de arma base (EUA, 2018a).



Figura 4 – *Avenger* com posição camuflada.

Fonte: *Air and Missile Defense (AMD) Organizations and Weapons System* (instrução do ADA CCC), slide 9.

A maioria dos *Avengers* norte-americanos estão na Guarda Nacional, responsável pela DA Ae do território dos EUA, enquanto o Exército tem cerca de três Batalhões ativos. O *Avenger* foi implantado na OTAN em 1991 durante a Operação Tempestade no Deserto, e

também foi empregado na Bósnia e na Coreia do Sul. Em 2003, apoiou a Operação *Iraqi Freedom*, com a missão de DA Ae e missão de tiro de superfície (MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE, 2020). O quadro a seguir foi elaborado para esclarecer as possibilidades e limitações do sistema *Avenger*:



<i>Avenger</i>	Possibilidades	Limitações
Viatura HMMWV	- Operações continuadas (24 horas) - Autonomia de 560 km - Velocidade de 88 km/h	- Centro de gravidade elevado, facilitando a viatura tombar em terrenos inclinados - Altura de 2,66 m – veículo difícil de esconder
Torre (Posto do Atirador)	- Giro de 360° em direção - Elevação de -10° a 68°	- Unidade de Controle Ambiental pode causar o superaquecimento do Posto do Atirador
Armamento principal	- 8 mísseis <i>Stinger</i> prontos para disparo - Atira em movimento	- Muito curto alcance – cerca de 4 km - Entre 6 e 7 minutos para recarregar - Deixa rastro de fumaça após o disparo
Armamento Secundário	- Metralhadora M3P calibre .50, com alcance efetivo de 1500 m - Cadência de tiro de 1025 tiros por minuto	- Capacidade de somente 250 cartuchos - Cerca de 8 minutos para recarregar - Recarregamento expõe a tripulação
Controle Remoto	- RCU possibilita o controle remoto da U Tir a 50 metros de distância - Aumenta a segurança da tripulação	- Instalação da RCU requer 3 minutos - Ajustes do FLIR não podem ser feitos pela RCU
FLIR	- Capacita a operação diuturna - Capacita operar em condições climáticas adversas (névoa, fumaça e chuva) - Ressalta o contorno do alvo no plano de fundo - O rastreador automático de vídeo possibilita o acompanhamento automático de alvos do FLIR	- Alcance aproximado de 10 km
Telêmetro Laser	- Fornece dados precisos da aeronave a ser engajada - Facilita o engajamento do alvo no alcance máximo - Não oferece risco aos olhos humanos	- Pode denunciar a posição do <i>Avenger</i>
Operação	- Pode funcionar inteiramente por meio de suas baterias para manter a disciplina de ruídos - O Computador de Controle de Tiro automatiza e simplifica diversas tarefas do Atirador - Em caso de pane do Computador de Controle de Tiro, os mísseis <i>Stinger</i> podem se tornar MANPADS - O <i>Avenger</i> pode operar de maneira autônoma, quando as comunicações são perdidas	- Apesar das modernizações e atualizações, o sistema possui uma certa idade, o que lhe confere maior probabilidade de panes e defeitos de operação
Segurança das Anv	- Uso de IFF <sup>1</sup> auxilia a identificação dos vetores aéreos	- Pode denunciar a posição do <i>Avenger</i>
Mobilidade	- Elevada velocidade – Vtr sobre rodas 4x4 - Aerotransportado por C-130 / 141 / 5 / 17 e por helicóptero CH-47	- Não tem a mesma mobilidade de uma viatura sobre lagartas
Proteção Blindada	- Viatura torna-se mais leve	- Pouca proteção blindada - Maior vulnerabilidade a tiros tensos
Sistema Com EPLRS <sup>1</sup>	- Fornece comunicações resistentes às interferências - Dá o posicionamento do <i>Avenger</i> em tempo real - Amplia a consciência situacional do usuário e seu Cmt - Possibilita aos Cmt o gerenciamento preciso da batalha - Compartilha informações de amigos e inimigos. - Integração com o sistema de comando e controle FAAD C3I <sup>2</sup> que permite receber informações da localização de alvos aéreos por outros radares, não-orgânicos	- Necessita o estabelecimento de uma rede digital EPLRS - Necessita de uma viatura estação de controle para criar a rede digital - Alcance aproximado de 10 km
Sistema Com SINGARS <sup>3</sup>	- Não necessita o estabelecimento de uma rede digital - Sistema rádio que permite o envio de mensagens a voz ou dados - Emprega medidas de proteção eletrônica	- Não integra com o sistema FAAD C3I - Rádio SINGARS portátil com alcance voz entre 5 e 10 km e dados entre 3 e 5 km - Rádio SINGARS embarcado com alcance voz entre 10 e 40km e dados entre 5 e 25 km



No decorrer do estudo e com a finalidade de mostrar as capacidades do *Avenger*, viu-se então a necessidade de tecer comparações entre os sistemas de armas

comparados podem atirar sem dados dos radares de tiro. Os tempos de reação dos armamentos *Bofors* e Gepard dependem do modo de operação em que estão trabalhando.

Sistemas de Armas	Armamento principal	Armamento secundário	Tempo para entrar em posição	Tempo de reação	Capacidade de atirar em movimento	Capacidade de visão termal (FLIR)
Sistema <i>Bofors</i> 40mm	Can Au AAe 40mm C70 AR <i>Bofors</i>	Não possui	20 min	-	Não	Não
IGLA-S	Missil IGLA (guiado por IR)	Não possui	13 seg	6 seg	Não	Não
RBS-70	Missil RBS-70 Mk2 (guiado por <i>laser</i> )	Não possui	30 seg	4 seg	Não	Não
VBC DAAe Gepard 1A2	Can Au AAe Geminado 35mm AP	Missil <i>Stinger</i> (guiado por IR)	1 a 6 min	-	Sim	Sim
<i>Avenger</i>	Missil <i>Stinger</i> (guiado por IR)	Mtr M3P (calibre .50)	Até 3 min	-	Sim	Sim

*Enhanced Position Location Reporting System* (EPLRS) é um dispositivo de comunicações. O nome significa Sistema de Retransmissão do Localização Aprimorada da Posição (EUA, 2016a, p. 2-3)

*Forward Area Air Defense Command, Control, Communications, Computer and Intelligence* (FAAD C3I) significa Sistema de Comando, Controle, Comunicações e Inteligência da Área Avançada de Defesa Antiaérea. É um sistema de comando e controle que permite executar as funções de engajamento das operações de um determinado elemento de manobra. Assemelha-se ao C2 em Combate do EB.

*Single-Channel Ground And Airborne Radio System* (SINCGARS) é um dispositivo de comunicações. O nome significa Sistema Rádio Terrestre e Aéreo de Canal Único (EUA, 2016a, p. 2-4)

Cabe esclarecer que, dentre os sistemas de armas acima, o único com proteção blindada e sobre lagartas é o Gepard, o que lhe confere capacidades ímpares. Todos os sistemas de armas empregados pela AAAe brasileira e o sistema norte-americano, levando em conta alguns quesitos, conforme dispostos no quadro abaixo:

comparados podem atirar sem dados dos radares de tiro. Os tempos de reação dos armamentos *Bofors* e Gepard dependem do modo de operação em que estão trabalhando. Normalmente, este tempo é de poucos segundos quando o canhão funciona no modo automático (recebendo dados dos radares para o tiro preciso). Corresponde ao tempo gasto pelo atirador realizar o disparo, pressionando um botão ou pedal para isso.

De maneira semelhante, o tempo para o *Avenger* entrar em posição e o seu tempo de reação dependem de como será a aquisição dos dados do alvo. O uso da rede EPLRS ou do SINCGARS permitem às U Tirreecer dados dos alvos adquiridos pelos radares orgânicos ou não orgânicos (EUA, 2016a). Nessas situações, o tempo de reação é pequeno, pois se assemelha ao modo automático dos canhões.

Caso o *Avenger* possa ocupar posição, o tempo para tanto corresponde aos 3 minutos para a instalação e a operação da



RCU a uma distância segura do *Hum-vee*. Normalmente, o engajamento antecipado e a situação de movimento preterem a instalação da RCU, obrigando ao Atirador disparar o quanto antes, assim que receber o sinal de que a cabeça de guiamo do míssil adquiriu a ameaça aérea em questão.

Se a fração *Avenger* (Batalhão, Bateria ou Pelotão) não estiver em posição, com os sensores instalados, vai gastar entre 15 e 30 minutos para que o radar *Sentinel* seja instalado e esteja pronto para operação. O radar *Sentinel* transmite os dados dos vetores aéreos para a U Tir por meio da EPLRS ou pelo SINCGARS (EUA, 2018a).

Os *Avengers* devem ser sempre empregados em operações de combate e são mais eficazes quando trabalhando em pares (EUA, 2018a).

Tal premissa pode ocasionar a reorganização do Pel de forma que passe a ter três

esquadras (e não apenas duas), com a esquadras a duas U Tir cada ao invés de três.

Quando possível, o Cmt Pel deve planejar os locais das U Tir de maneira que pelo menos 2/3 do alcance do Stinger estejam à frente do meio defendido – o desejável são 3 km. O setor de tiro dos *Avengers* deve ser sempre voltado para as rotas de aproximação aéreas inimigas mais prováveis. Mesmo que o *Avenger* podendo engajar alvos a 360°, o setor de tiro deve ser restrito entre 45 e 60 graus à esquerda e à direita da PTL (EUA, 2018a).

O Cmt Pel ou fração *Avenger* deve sempre seguir os princípios e fundamentos de emprego da AAAe para garantir a máxima eficácia do sistema de armas. Outra condição é que as U Tir devem estar a menos de 40 km do centro nodal mais próximo, que via de regra é a viatura de *Mission Command* orgânica do Pel. Devem também ter linha de visada direta para este centro nodal. (EUA, 2018a).

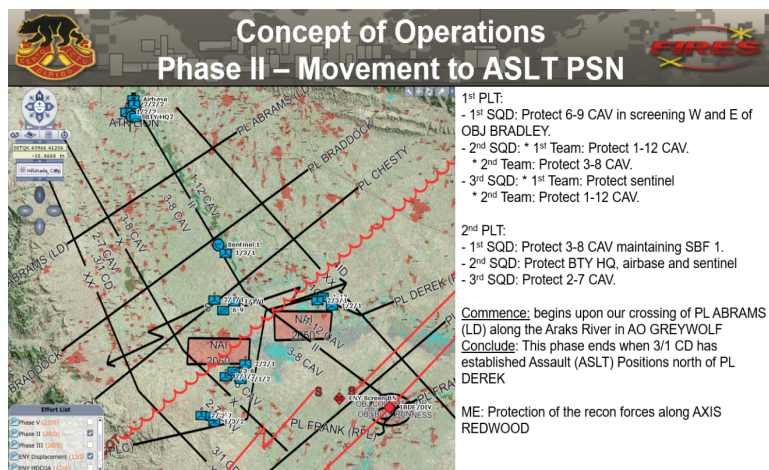


Figura 5 – Apresentação de slides sobre a 2ª fase do Conceito da Operação da DAAe realizada pela E/2-43 BTY.  
Fontes: E 2-43 AD OPORD *Brief* (material produzido em sala de aula), slide 25.



Dependendo da disponibilidade de DA Ae a média e grande altura/médio e longo alcance (*Patriot*), do terreno e do inimigo aéreo, dentre outros fatores, os meios SHORAD podem ser mais descentralizados, respeitando a distância de estabelecimento de comunicações. Isso pode ser visto na figura 5, que retrata a segunda fase do exercício *Greywolf Strike*, durante a última etapa do curso. Nessa fase, as U Tir das 2ª e 3ª esquadras do 1º Pelotão teriam missões distintas e atuariam separadamente.

Todas essas considerações denotam as capacidades e limitações do sistema *Avenger*. As observações levantadas por ocasião da estada no ADA CCC permitem estabelecer comparações com a doutrina e material brasileiro e possibilitam extrair relevantes ensinamentos sobre a DA Ae de baixa altura/muito curto alcance.

### 2.3.2 A importância do *Avenger* e da SHORAD para o Exército dos EUA

Atualmente, a superioridade aérea nas operações dos EUA é contestada por aeronaves de combate altamente sofisticadas, como o Chengdu J-20 e o Su-57, que se aliam a tecnologia de guerra eletrônica e cibernética, permitindo à China e à Rússia negar o uso e o acesso a determinados locais do campo de batalha. Isto afeta sobremaneira a habilidade da ADA detectar e engajar os

vetores aéreos hostis, especialmente os sistemas de armas que necessitam de dados dos radares.

Neste caso, o *Avenger* se sobressai em relação aos outros sistemas de armas dos EUA para a DA Ae de baixa altura/muito curto alcance de elementos de manobra em 1º escalão. Isto se dá pelo fato de que os outros sistemas de armas requerem o emprego do radar para detectar, identificar e engajar os vetores aéreos, enquanto o *Avenger* pode engajar seus alvos por meio de aquisição visual. O emprego do radar incrementa a capacidade do *Avenger*, mas a sua falta não o inabilita. (WIGGINS JR., 2015).

De outro lado, as futuras ameaças aéreas serão um adversário sofisticado de capacidades múltiplas e assimétricas e, diante disso, a DA Ae assume diferentes formas, sendo essencial para proteger a arma base. A evolução da ameaça aérea obrigou o Exército dos EUA a reverter a eliminação da SHORAD (BEARD, 2019).

Sob outro ponto de vista, percebe-se a importância da SHORAD na obtenção de uma iniciativa agressiva da BCT. O Exército norte-americano está mudando sua concepção em relação à importância da DA Ae de baixa altura/curto e muito curto alcance dos elementos em 1º escalão. Essa afirmação se justifica, em parte, pelo fato de:



Os comandantes normalmente buscam manter um maior Ritmo Operativo do que o inimigo. Um Ritmo Operativo elevado pode sobrepujar a habilidade inimiga de combater as ações aliadas. É a chave para obter vantagem temporal durante as manobras de armas combinadas. (WIGGINS JR., 2015, p. 56, tradução nossa)

Esse é o segundo motivo que coloca o *Avenger* na vanguarda da defesa da BCT em 1º escalão. É o fato de possuir mobilidade tática e capacidade de atirar em movimento, a qual inexistente em sistemas como o HIMAD e o sistema IFPC Inc 2-I. O HIMAD requer muito tempo para ser posicionado e preparado, enquanto o IFPC Inc 2-I, ainda em fase de desenvolvimento, não foi projetado para promover um Ritmo Operativo agressivo, pois carece de mobilidade tática. (WIGGINS JR., 2015).

Ainda, a combinação da M3P e do FLIR permite ao *Avenger* proficiência na identificação de posições inimigas e dispositivos explosivos improvisados (IED). Tal experiência foi relevante no apoio à arma base no combate irregular, durante as operações norte-americanas no Iraque. (WIGGINS JR., 2015).

Para diminuir a janela de tempo entre a exposição da BCT às ameaças aéreas e a efetiva realização da DA Ae, Wiggins Jr. (2015) afirma que a DA Ae de muito curto

alcance precisa estar modernizada, com grande quantidade de meios e integrada à BCT. Nesse sentido, o 5º Batalhão do 4º Regimento de ADA (5-4 ADAR) foi ativado na Alemanha em novembro de 2018. Esse regimento é subordinado ao 10º Comando de Defesa Aérea e de Mísseis do Exército dos EUA. O ideal é que se atinja a proporção de um Batalhão de ADA para cada Divisão de elementos de manobra.

Contudo, a reativação de Batalhões *Avenger* é uma solução paliativa, pois o *Avenger* é vulnerável aos tiros tensos. A solução mais adequada será o surgimento de um sistema de médio e curto alcance baseado em plataforma *Striker*, nos moldes da Brigada SBCT, resolvendo o problema da sobrevivência do material no campo de batalha. A vantagem da reativação dos Batalhões *Avengers* é que, à medida que o novo sistema de armas na plataforma *Stryker* for produzido, será diretamente recebido nos Batalhões reativados (MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE, 2020).

### 3. CONCLUSÃO

O principal objetivo deste artigo é ressaltar os ensinamentos do Curso de Aperfeiçoamento de Capitães de Artilharia Antiaérea nos EUA sobre a DAAe de baixa altura/muito curto alcance de elementos de manobra em 1º escalão realizada com o *Avenger*. Os objetivos secundários consistem



em explicar como uma Brigada em 1º escalão é estruturada e empregada e em explicar como ocorre a DAAe de muito curto alcance com o material *Avenger* e a sua importância para a os elementos de manobra.

Ainda, o curso no exterior traz uma abordagem diferente de como implementar o processo de avaliação do ensino-aprendizagem. As avaliações do ADA CCC estão voltadas para participação em sala de aula e para as apresentações de tarefas individuais ou trabalhos em grupo. Desse modo, infere-se que o bom rendimento nas provas escritas depende de o instrutor ser influente nos trabalhos em grupo e ser comunicativo. Tal metodologia, apesar de gerar resultados mais subjetivos, possibilita o desenvolvimento de áreas atitudinais importantes para o militar.

Quanto aos conhecimentos pertinentes aos oficiais de carreira da linha bélica, conclui-se que os conceitos de *Mission Command* e MDMP são extremamente importantes. Pela relevância dada ao *Mission Command* durante o curso, infere-se que possui grande importância para o Exército dos EUA. Assim, sugere-se que o estudo deste conceito seja aprofundado pelos elaboradores da doutrina militar do EB.

Em relação ao aprendizado do MDMP, infere-se que o método de Exame de Situação do EB está alinhado com o do

Exército dos EUA por conta das similaridades entre o referidos processos, conforme se vê no manual EB20-MC-10.211. Isso pode ser visto positivamente no sentido de que a doutrina militar brasileira busca se espelhar na doutrina do país considerado potência militar global.

Quanto aos tipos de brigadas norte-americanas, verifica-se que existem três distinções, a IBCT, a SBCT e ABCT. Cada uma delas tem uma composição e missões específicas. Verifica-se que os três tipos de brigadas carecem de DAAe de baixa altura/muito curto alcance, o que lhes é garantida com a distribuição de meios de AAAe *Avenger*.

Como exemplos de qualidades, o *Avenger* tem a capacidade de atirar em movimento o que lhe confere mobilidade tática essencial para acompanhar os elementos de manobra apoiados, assegurando a obtenção de Ritmo Operativo à campanha executada. Essa qualidade do *Avenger* assegura que a BCT obtenha a agressividade e a iniciativa desejadas, que não podem ser obtidas caso o a DAAe seja realizada com o *Patriot* ou com IFPC.

Além disso, o *Avenger* também é capaz de detectar e adquirir os seus alvos por meio de FLIR com o auxílio do telêmetro *laser* e do rastreador automático de vídeo. Pode também ser operado remotamente através da RCU, o que confere maior segurança



à guarnição da U Tir. Pode ainda receber os dados de alvos por meio da rede EPLRS ou do SINCGARS, o que lhe confere vantagem no ambiente operacional.

Ainda, o uso do sistema FAAD C3I (Forwad Area Air Defense Command, Control, Communications And Inteligence) permite ao Avenger efetivar sua integração ao esquema de manobra do elemento apoiado. Ambos, AAAe e tropa apoiada ampliarão sua consciência situacional, exercendo um melhor gerenciamento do campo de batalha, e compartilhando informações das tropas amigas e inimigas em tempo próximo do real. É aspecto a ser almejado pelo EB, e sugere-se que o preenchimento dessa lacuna seja uma das prioridades no âmbito da AAAe brasileira.

Com uma Bateria composta normalmente por dois pelotões a seis U Tir cada, totalizando doze U Tir, o *Avenger* é empregado na dosagem de uma Bateria para uma BCT. Por meio de sua metralhadora FN M3P (.50 pol /12.7x99mm) aliada ao FLIR, os *Avengers* aumentam consideravelmente o poder de combate das Brigadas que apoiam, pois permitem visão termal diuturna e em condições climáticas adversas.

Nos tempos atuais, diferentes atuadores podem negar o uso do espectro eletromagnético. O *Avenger* está no rol de sistemas de armas que podem operar em ambiente de sinal negado pela guerra eletrônica ou cibernética inimiga, tendo em vista a sua capacidade de operar isoladamente e conseguir engajar ameaças

aéreas sem o uso de radares de busca ou de tiro. Ainda, o míssil *Stinger* tem guiamento passivo, pela emissão de infravermelho (IR) da ameaça aérea. Significa que o míssil não emite sinais, tornando-o menos suscetível às interferências eletrônicas.

O Exército dos EUA tem atuado para minimizar as lacunas de capacidades críticas por meio da reativação de Batalhões de SHORAD, onde o *Avenger* assume importante papel. Por fim, conclui-se que o sistema de armas *Avenger* apresenta qualidades que tornam expressivo o seu uso na atualidade. Sugere-se que as vantagens do *Avenger* sejam estudadas por ocasião da aquisição de futuros sistemas de armas de baixa altura/muito curto alcance, podendo-se constituir em requisitos operacionais.

Cabe destacar, que a DA Ae deve ser planejada em camadas sobrepostas, desde o muito curto alcance até o longo alcance. É fundamental a existência de um plano integrado de DA Ae, evitando que os elementos de manobra sejam atacados pelas ameaças aéreas. Neste caso, sugere-se que a AAAe do EB invista primeiramente na aquisição de meios de médio e longo alcance/média altura e grande altura.

## REFERÊNCIAS

BEARD, Gary. *Maneuver Air and Missile Defense in multi-domain operations*. **Fires**, Fort Sill-OK, EUA, p. 3 a 5, Set-Out 2019. Disponível em: <<http://sill-www.army.mil/firesbulletin>>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.





BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB20-MF-10.211**: Processo de Planejamento e Condução das Operações Terrestres. 1ª ed. Brasília, 2014b.

\_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. **Manual de Ensino EB60-ME-11.401**: Manual de Ensino Dados Médios de Planejamento Escolar (DAMEPLAN). 1ª ed. Brasília, 2017a.

\_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. **Manual de Ensino EB70-MC-10.231**: Manual de Campanha Defesa Antiaérea. 1ª ed. Brasília, 2017b.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Exército dos EUA. ***Air and Missile Defense (AMD) Organizations and Weapons System***. Instrução ministrada durante a fase *Brigade Combat Team Support– BCT Support* (Apoio à Equipe de Combate da Brigada) do ADA CCC, turma 003-18. Fort Sill-OK, EUA, 2018a.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***Army Doctrine Reference Publication 3-09: Fires*** (Publicação de Referência de Doutrina do Exército Norte-americano 3-09: Fogos). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 08 de fevereiro de 2013.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***Army Doctrine Reference Publication 6-0: Mission Command*** (Publicação de Referência de Doutrina do Exército Norte-americano 6-0:

Comando da Missão). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 17 de maio de 2012a.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***Army Doctrine Reference Publication 6-22: Army Leadership*** (Publicação de Referência de Doutrina do Exército Norte-americano 6-22: Liderança do Exército). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 10 de setembro de 2012b.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***Army Techniques Publication 3-01.64: Avenger Battalion and Battery Techniques*** (Publicação de Técnicas do Exército Norte-americano 3-01.64: Técnicas dos Batalhões e Baterias de *Avenger*). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 10 de março de 2016a.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***FAAD News – A 'First Big Step'***. ***Air Defense Artillery***, Fort Bliss-TX, EUA, Vol. 1, nº 101, p. 9 a 15, Nov-Dez 1987.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. ***Field Manual 3-01.11: Air Defense Artillery Reference Handbook*** (Manual de Campanha 3-01.11: Manual de Referência de Artilharia Antiaérea). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 31 de outubro de 2000.



\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. **Field Manual 3-96: Brigade Combat Team** (Manual de Campanha 3-96: Equipe de Combate Brigada). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 08 de outubro de 2015.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. **Field Manual 6-0: Command and Staff Organization and Operations** (Manual de Campanha 6-0: Organização e Operações do Comandante e do Estado Maior). Washington, DC, EUA: Quartel General do Exército Norte Americano, 22 de abril de 2016b.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. **Individual Student Assessment Plan** (Plano de Avaliação Individual do Aluno). Fort Sill-OK, EUA, 12 de julho de 2018c.

\_\_\_\_\_. Exército dos EUA. **Memorandum for the Air Defense Artillery Captain's Career Course** (Memorando para o Curso de Capitães de Carreira de Artilharia Antiaérea). Fort Sill-OK, EUA, 25 de junho de 2018d.


MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE. **Avenger Air Defense System. US – Air Defense, Intercept.** 2 de julho de 2020. Disponível em: <<https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/avenger-air-defense-system/>>. Acesso em: 07 de agosto de 2020.

MIZOKAMI, Kyle. **The U.S. Army Plans to Field The Most Powerful Laser Weapon Yet.**

7 Ago 2019. Disponível em: <<https://www.popularmechanics.com/military/weapons/a28636854/powerful-laser-weapon/>>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2020.

TURMA 003-18 DO ADA CCC. **E 2-43 AD OPOD Brief** (apresentação de slides produzida em sala de aula). Fort Sill-OK, EUA, 2018.

WIGGINS JR, Vincent R. **Balancing Air and Missile Defense do Better Support Maneuver. Military Review**, Fort Leavenworth-KS, EUA, Vol. 95, nº 6, p. 55 a 63, Nov-Dez 2015. Disponível em: <[https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/English/MilitaryReview\\_20151231\\_art011.pdf](https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/English/MilitaryReview_20151231_art011.pdf)>. Acesso em: 30 de setembro de 2019.



## **APONTAMENTOS PARA ESTUDOS DO FUTURO DA DEFESA ANTIAÉREA DAS BRIGADAS BLINDADAS E MECANIZADAS NO BRASIL**

Maj Art ALEXANDRE SERIO BUSCHER<sup>1</sup>

A exponencial evolução tecnológica vivida no último século impactou severamente o ambiente de combate: tecnologias cada vez mais complexas passaram a ser agrupadas para a construção de sistemas de armas cada vez mais modernos e eficientes, fazendo frente às antigas, atuais e futuras ameaças. O país vive momento de inflexão no setor político e no militar, à luz das atividades do Subprograma Forças Blindadas, proporcionando uma visão holística acerca dos rumos das Brigadas Mecanizadas (Bda Mec) e Blindadas (Bda Bld). Além disso, avaliando erros do passado

e almejando cada vez maior autonomia e obtenção de tecnologias críticas no solo pátrio, discute-se maior participação das empresas da Base Industrial de Defesa (BID). É conduzida reflexão e são levantadas possibilidades para o futuro da Viatura Blindada de Combate Antiaérea (VBC AAe) que apoiaria as Bda Bld e a homóloga Média Sobre Rodas (VBC AAe – MSR) já prevista para desenvolvimento no Programa Estratégico do Exército Guarani, pensando na destinação do material atual, seus pontos fortes e de melhoria; avaliando as capacidades industriais nacionais atingidas até o momento;

<sup>1</sup>Curso de Artilharia (AMAN, 2009); Artilharia de Costa e Antiaérea para Oficiais (EsACosAAe, 2012); Graduação em Engenharia Eletrônica (IME, 2017); Aperfeiçoamento Militar (EsAO, 2018); Estágio de Adaptação à VBC AAe Gepard 1 A2 (6ª Bia AAAe Ap, 2018); Chefe da Seção de Estudos e Projetos (Pq R Mnt/3, 2018); Adjunto do Centro de Operações de Suprimento e Manutenção (Pq R Mnt/3, 2019); Colaborador dos subgrupos Vtr SL e logística do GT Nova Couraça;



comparação com materiais em uso fora do Brasil; e, observando as possibilidades de destinação da frota apoiada. Verifica-se, mesmo não exaustivamente, que o país já reúne capacidades de integrar nacionalmente tão complexos sistemas, e que é possível aproveitar várias tecnologias ou equipamentos já atualmente empregados de forma esparsa pelo Exército Brasileiro. Evidentemente tratam-se de decisões de projeto onde devem ser avaliados conceitos como independência tecnológica, interesse de exportação, orçamento disponível, tempo de desenvolvimento e implantação entre outros.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos objetivos atuais do Estado-Maior do Exército (EME), conforme item 1.2.3 do Plano Estratégico do Exército 2020-2023, é reestruturar as Forças Blindadas, através de aquisições e/ou modernizações, visando a capacidade militar terrestre de superioridade no enfrentamento (BRASIL, 2019a).

Operacionalizando o plano, foi aprovada a Portaria Nº 162-EME, de 12 de junho de 2019, Diretriz Estratégica para a Formulação Conceitual dos Meios Blindados do Exército Brasileiro – Subprograma Forças Blindadas – SPrg F Bld (BRASIL, 2019b). Uma das metas descritas para o Subprograma é “minimizar o hiato tecnológico atual dos

componentes digitais e optrônicos embarcados nos blindados do Exército e demais sistemas das Viaturas Blindadas e Mecanizadas ou que tenham relação direta com seu emprego”.

Nesse ínterim, equipes de trabalho multidisciplinares do ODG, dos ODOp/ODS e da Força Terrestre tem discutido no âmbito do “Grupo de Trabalho Nova Couraça”, GT Nova Couraça, a atualização de requisitos operacionais, técnicos, logísticos, industriais, contratuais e várias outras documentação referentes à gestão do ciclo de vida dos materiais de emprego militar de forma sistêmica, para promover o atingimento desses objetivos.

Um dos pontos de estudo elencados nessa portaria é a “grande diversidade na Força Terrestre de tipos e famílias de blindados de diferentes origens, nacionais e estrangeiras”. E, ainda, dentro da concepção dos trabalhos do GT:

levantar estratégias, de médio e longo prazos, que estimulem a indústria brasileira a apresentar propostas de desenvolvimento de uma família de blindados, com base na efetiva participação do parque industrial nacional, tanto para o desenvolvimento de novos MEM blindados, quanto para a modernização e/ou revitalização dos blindados existentes (BRASIL, 2019b).



Longe de caráter taxativo e terminativo, este artigo busca promover reflexão acerca das futuras Viaturas Blindadas de Combate Antiaéreas Sobre Lagartas (VBC AAe) que acompanharão essa evolução das Brigadas Blindadas e das Viaturas Blindadas de Combate Antiaéreas – Médias Sobre Rodas (VBC AAe – MSR) que mobilizarão as Brigadas Mecanizadas. Considerar-se-á ainda a destinação da VBC AAe Gepard 1 A2, pautado por critérios logísticos, industriais e tecnológicos, sob a égide dos preceitos que norteiam o SPrg F Bld. Compuseram o escopo comparativos com materiais estrangeiros, as capacidades de desenvolvimento nacional de tecnologias e as já alcançadas.

Os critérios operativos eventualmente elencados também refletem opinião do autor, não se tratando necessariamente de requisitos operacionais elaborados para quaisquer sistemas de armas de interesse da Instituição. Pretende-se o aprofundamento e discussão do tópico para qualquer tomada de decisão, se assim se fizer necessário.

Atualmente, as Brigadas Mecanizadas não dispõem de viaturas especializadas para a missão antiaérea; já nas Brigadas Blindadas, foi introduzida a VBC

AAe Gepard 1 A2. Mesmo em se tratando de aquisição recente, o ciclo de vida do material, particularmente sua destinação, já deve ser pensado com antecedência, a fim de que haja planejada e controlada substituição, no intuito de que não sejam criados vácuos operativos. Conforme o parágrafo 1º do artigo 9º das Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018):

a fase de produção, utilização e manutenção se encerra quando o sistema ou material atinge o fim da vida útil ou, por motivos logísticos, doutrinários, técnicos ou por uma combinação desses, deixa de cumprir adequadamente suas funções [...] (BRASIL, 2016).

Os pontos elencados como vulnerabilidades do Gepard para fins desse estudo não obscurecem de forma alguma os ganhos operativos agregados pelo sistema de armas, amplamente divulgados e reconhecidos desde sua aquisição. Espera-se, em verdade, que seu apontamento seja motivador, que contribua num contexto de estudos e de melhoria contínua para que o ramo antiaéreo esteja sempre olhando e preparado para o futuro.



## **2. DESENVOLVIMENTO**

De forma a melhor organizar as diversas temáticas aqui abordadas, será apresentado o sumário do estudo:

2.1 – Considerações iniciais sobre a VBC AAe Gepard 1 A2 BR;

2.2 – GT Nova Couraça;

2.3 – Linhas de ação para obtenção das plataformas VBC AAe e VBC AAe – MSR;

2.4 – Outras possibilidades técnicas e operativas;

2.5 – Outros tópicos logísticos e industriais;

2.6 – Considerações sobre o sistema TORC30;

### **2.1 Considerações iniciais sobre a VBC AAe Gepard 1 A2 BR**

#### **2.1.1 Idade do projeto e países operadores**

Conforme o próprio sítio da empresa Krauss Maffei-Wegmann, os blindados Gepard foram entregues à Alemanha, Bélgica, Holanda e Romênia (KRAUSS, 2019). Informação notadamente desatualizada, uma vez que o Brasil recebeu o material há ao menos cinco anos.

Certamente tal incorreção não passaria despercebida se o produto se tratasse de carro-chefe da empresa. Outras fontes apontam como utilizadores atuais desse veículo, além de nosso país, a Romênia, a Jordânia e a Holanda (MILITARY, 2019).

A entrega do primeiro lote da VBC data de 1973. Na década de 1990 houve uma atualização, principalmente referente aos sistemas eletrônicos do carro; entretanto, parcela razoável desses sistemas permaneceu com os componentes originais puramente analógicos (CULLEN e FOSS, 1992, p. 71).

O fato de parte dos circuitos do carro possuírem componentes analógicos não é necessariamente uma desvantagem do ponto de vista tecnológico ou técnico. Os problemas surgem com o tempo: capacitores podem vazar/deteriorar, resistores e potenciômetros oxidar, indutores sofrer outros tipos de danos, transistores podem ter os ganhos modificados. Sistemas digitais também são vitimados pois, em última análise, também são formados por componentes analógicos.

Tal idade para aparelhos eletrônicos é fulminante em termos de desempenho. As falhas, mesmo que em componentes isolados, acarretam desvios da precisão ou comportamento esperados e seu acúmulo



acarreta erros de processamento. Este óbice foi verificado na prática, elencado nos estudos de Carneiro (2017, p. 130), apontado por parcela significativa dos entrevistados como uma limitação da viatura em seu emprego real durante os Grandes Eventos. Analogia simples em relação a esse tipo de falha por “fadiga” pode ser ilustrada observando-se a insatisfação que temos com o desempenho de nossos *smartphones* ao fim de poucos anos, apesar de estimar-se sua vida útil de 5 a 10 anos (MITCHEL, 2017 *apud* PAIANO, LAGIOIA e CATALDO, 2013).

Para um sistema de armas regido pela acurácia isto é indesejável. Então, devido à quantidade de substituições necessárias (cada componente de cada módulo, de cada subsistema de cada sistema) a solução seria obtida através da substituição praticamente completa dos módulos/sistemas do carro.

Agrega-se a essa análise, que a baixa quantidade de operadores e a baixa demanda de carros ocasiona desinteresse industrial de manter certas linhas de produção e manutenção, já que implica em altos custos (retenção de pessoal especializado, treinamento, manutenção de equipamento, espaço físico) conjugados à baixa expectativa de retorno financeiro.

Em termos de tecnologias operativas, a VBC não dispõe de aparelhos de visão noturna, assim, o modo de acompanhamento radar é o mais indicado para combates noturnos (RODRIGUES, 2013). Indo além, é interessante destacar que o radar é a única forma de acompanhamento automatizado de alvos pela viatura – apesar de a tecnologia de acompanhamento por imagem, termal ou TV, já estar disponível quando de sua modernização (os Equipamentos de Direção de Tiro FILA que mobilizam as Seções Antiaéreas de Canhões Bofors 40mm possuem tal capacidade, por exemplo).

Cita-se, ainda, que, por seu tempo em operação, suas assinaturas radar já constam em Bibliotecas de Emissões (BEM) de Guerra Eletrônica de diversos países. Isso facilita a identificação do equipamento permitindo ao inimigo estudar as melhores técnicas de degradação de seu emprego.

### 2.1.2 Concepção original de operação

Conforme aponta Military (2019), esse sistema de armas foi concebido para enfrentamento das ameaças de asa rotativa do Pacto de Varsóvia que ameaçavam as colunas de blindados da OTAN. Tal observação pode ser inferida também analisando-se a composição do sistema de armas: canhões



geminados 35mm Oerlikon modelo KDA – exceto pela munição AHEAD, todas as outras (HE-T/HEI-T, HE/HEI, SAPHEI/SAPHEI-T, APDS/FAPDS, TP-T/TP) tem por característica a detonação por impacto contra o alvo.

A taxa de acerto em aeronaves de asa fixa aumenta ao custo de rajadas maiores o que sacrifica o estoque de munição e obriga a unidade de tiro a sair de operação para executar o remuniciamento – operação apontada como ponto fraco da VBC (CARNEIRO, 2017, p.130), por conta do tempo necessário para a operação e sua complexidade.

Ainda, apesar de o fabricante ter previsto uma integração com mísseis antiaéreos, o EB não dispõe de tal pacote. Portanto, fica evidente que a VBC, isoladamente, possui uma capacidade limitada de enfrentamento de ameaças relativamente ao esperado para operações no amplo espectro dos conflitos. É provável que por esse motivo a Bateria Gepard alemã era acompanhada por seções de mísseis portáteis Stinger (CARNEIRO, 2017, p. 86), como pode ser observado no detalhe da figura 1. Essa configuração, contudo, limita a atuação dos mísseis por não disporem dos mesmos sensores e nível de automação que o Gepard.

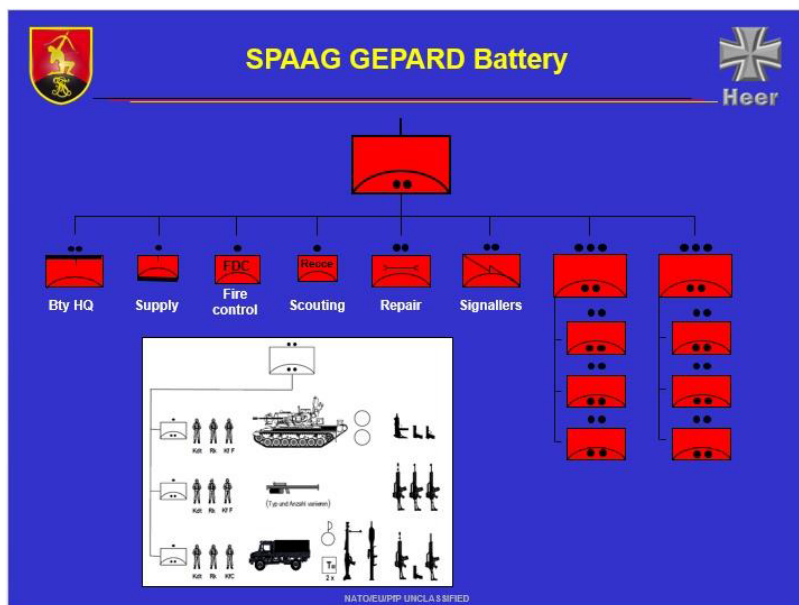


Figura 1: Bateria Gepard alemã.

Fonte: Carneiro, 2017 *apud* Deutschland, 2011.





### 2.1.3 Situação de operação no EB

A VBC AAe Gepard 1 A2 recebeu ainda a denominação “BR” por conta da tradução de algumas telas para o português e pela instalação de um “sistema de comando e controle” aptos para utilização interoperativa no âmbito EB. A instalação de 2 rádios RF-7800V da família Falcon III permite comunicação efetiva e com segurança com outros escalões, pela padronização do equipamento, e, principalmente, com os Centros de Operações Antiaéreas Eletrônicos (COAAe Elt). Esta evolução caracteriza-se como melhoria em comparação à aquisição da VBCCC Leopard 1 A5 que emprega os rádios nativos VRC-120S.

A VBC AAe, na versão alemã (dotada de equipamento rádio SEM-93), possuía elevada capacidade de coordenação antiaérea, sendo capaz de receber designações de seu COAAe, obter síntese radar – situação aérea local (CUNHA, 2018),

e, inclusive, de realizar a alternância/ programação de utilização do radar de busca (plano de emissões) no âmbito da seção no intuito de mitigar localização e atuação eletrônica inimiga (CARNEIRO, 2017, p. 72).

Entretanto, tais funcionalidades não podem ser exploradas no momento pois não se dispõe do protocolo de comunicação do sistema de controle e alerta nativos do veículo, e consequentemente, da própria República Federativa da Alemanha – *HflaAFüSys* (CUNHA, 2018). Apesar da proposta de Cunha (2018) de utilizar um *tablet* para interfaceamento do COAAe Elt com os Gepard, trata-se de uma integração manual, não desejável para operações na Era do Conhecimento, dada a alta probabilidade de erro humano e alto tempo de resposta (devido à inserção manual dos dados). A artilharia antiaérea requer alerta, análise, decisão e engajamento em reduzido espaço de tempo.



Figura 2: Exemplo da intercomunicação do sistema de controle e alerta.

Fonte: Cunha, 2018.



O carro ainda é dotado sistema GPS, cujas informações também não possuem utilidade conjuntural para nosso sistema de controle e alerta.

Nesse momento, portanto, não há aproveitamento da capacidade de vários sensores lançados no terreno, uma vez que os radares de vigilância e de busca dos COAAe não possuem *data link* com os radares de busca de cada unidade de tiro Gepard, tampouco há difusão das informações de IFF e geoposicionamento entre esses elementos.

Ainda sim constitui perigo significativo para quaisquer ameaças aéreas devido à sua mobilidade, baixo tempo de respostada unidade de tiro e a atual capacidade de comando e controle já obtida.

#### **2.1.4 Custos de operação**

O alto consumo de combustível é característica ainda não superada das tropas blindadas sobre lagartas, portanto não será relevante nessa análise, assim como necessidade de escolta e utilização de pranchas para movimentos longos, bem como, em locais urbanos com restrição ou cuja ocorrência de danos no entorno não é aceitável.

Em termos de manutenção, em que pese as dificuldades elencadas no tópico 2.1.1 devido à idade do projeto e da baixa demanda, a estrutura logística do Exército mantém-se na busca pela solução dos percalços que eventualmente surgem. O Parque Regional de Manutenção da 3ª Região Militar (Pq R Mnt/3), Organização Militar de referência na manutenção da família de blindados alemã (série Alfa) recebeu investimentos em equipamentos e treinamento, além de ter recebido também (nos últimos 3 anos) engenheiros militares da especialidade de eletrônica, que lhe tem permitido avançar na manutenção de alguns de seus módulos.

Porém, não há curso que especialize engenheiros e técnicos (manutenção eletrônica) em tal atividade, nem documentação de apoio dos fabricantes: cada sucesso depende do esforço, dedicação e estudo da equipe. Dessa forma, não se trata de solução global que combate o rol de itens com deficiência. Como exemplo, verifica-se na figura 4 abaixo, o trabalho de recuperação de inversores estáticos de frequência da rede, que teve bom índice de sucesso.



Figura 3: Estudo de sinais eletrônicos com engenheiros na VBC AAe Gepard.

Fonte: Pq R Mnt/3, 2019.

Também, ainda não há cursos regulares de especialização em manutenção mecânica e de armamento do carro, o que dificulta a consolidação de uma metodologia e disseminação dos conhecimentos e boas práticas em tais atividades no âmbito do Exército. Já há movimentação e estudos para reciclagem dos recursos humanos (novos cursos já em realização junto à KMW do Brasil) e a implementação de tais atividades no Centro de Instrução de Blindados.



Figura 4: Investigação e reparo utilizando equipamentos de diagnóstico universal no Pq R Mnt/3.

Fonte: Pq R Mnt/3, 2019.

Estes são alguns dos motivos pelos quais ainda há forte dependência do fabricante para subsistência da frota. A título exemplificativo verifica-se que, para o primeiro ano do contrato 024/2017 - COLOG/DMAT (COMANDO, 2017; referente à prestação de serviços para viaturas Leopard, Escola e Gepard), 49% da contratação mínima de manutenções preventivas – materiais e serviços – e 53% dos serviços de manutenção corretiva, o equivalente a € 1,374 milhão, destinam-se exclusivamente para metade da frota Gepard.

Excetuou-se dessas fatias contratuais a aquisição de peças para manutenção corretiva, uma vez que trata de valor compartilhado com os Carros de Combate Leopard, as viaturas escola e os Gepard. Foram retirados, também, os custos com assistência técnica, já que possui igual valor por hora contratada (Leopard e Gepard). Ou seja, os gastos com o sistema AAAe em tela superam o registrado acima tanto contratualmente quanto para as atividades executadas exclusivamente pelo Exército.



## 2.2 GT Nova Couraça

### 2.2.1 Premissas do GT Nova Couraça

O Subprograma Forças Blindadas é integrante do Programa Estratégico do Exército Obtenção da Capacidade Operacional Plena (Prg EE OCOP) e aponta na direção das Brigadas Mecanizadas e Blindadas. Vários dados técnicos interessantes são elencados no item 5.a. da Portaria nº 309-EME de 18 outubro de 2019 (BRASIL, 2019c), porém, destaca-se os mais atinentes ao escopo desse artigo:

[...] 4) Material:

[...] b) possibilidades e impactos do custeio de sistemas e materiais obtidos [...], considerando-se o ciclo de vida do SMEM;

c) modernização e obtenção de MEM, priorizando a Base Industrial de Defesa (BID);

d) redução do hiato tecnológico e da dependência externa de MEM a serem obtidos, por meio de maiores investimentos em C&T;

[...] f) impactos logísticos de novos SMEM na cadeia logística do Exército Brasileiro;

g) possibilidade de contratos de Off-Set, de acordo com a Portaria Nº 245-EME, de 6 AGO 19;

h) possibilidade de integração de sistemas de C<sup>2</sup> e C<sup>2</sup> em Combate nas VBC [...].

Em termos do tópico 5.b. Premissas ressalta-se:

3) Os estudos e propostas sobre aquisições e desenvolvimento de matérias seguirão o preconizado nas Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vid dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018).

[...] 7) A equipe do estudo deverá trabalhar em coordenação com o Escritório de Projetos do Exército (EPEx) para garantir a interoperabilidade com os demais Programas Estratégicos do Exército.

8) Tanto quanto possível, o EV [Estudo de Viabilidade] deve contemplar a adoção de plataformas comum, a fim de propiciar a simplificação dos processos de suprimento e de manutenção, e a otimização dos recursos humanos, dos equipamentos e da infraestrutura de manutenção.

No tocante à amplitude (5.c.), os parágrafos 3) e 4) incluem no escopo do estudo as variantes de apoio das famílias de blindados sobre lagartas e também da Nova Família de Blindados sobre Rodas, portanto, cabível a discussão de uma Viatura Blindada de Combate Antiaérea Sobre Lagartas (VBC AAe) e uma Viatura Blindada de Combate Antiaérea – Média Sobre Rodas (VBC AAe – MSR).

Relativamente às restrições, salienta-se “2) Os estudos devem verificar a sustentabilidade logística para todo o ciclo de vida, identificando, se possível, o custo das soluções selecionadas ao longo dos próximos 10 (dez anos)”.



A avaliação de riscos destaca “4) Aquisição de SMEM cuja linha de produção encontra-se encerrada, que acarretará futura dificuldade de aquisição de suprimentos e, conseqüentemente, necessidade prematura de novas aquisições.”

Constata-se, assim, que não se trata apenas de adquirir MEM, mas sim, de aprofundado estudo de racionalização, planejamento e visão de futuro. Pesa nessa direção a prioridade para as “ações iniciais para um projeto de fabricação de um carro de combate (CC) com base no parque industrial nacional” (BRASIL, 2019b), contida na Diretriz Estratégica.

### **2.2.2 Possibilidades de dotação da tropa apoiada**

Antes de se discutir pela repotencialização, modernização ou desfazimento do Gepard (e possível aquisição de nova plataforma), deve ser avaliada a decisão tomada com relação aos Carros de Combate (VBCCC) e de Fuzileiros (VBC Fuz) no ramo dos blindados sobre lagartas; e, de Transporte de Pessoal (VBTP) e outras como Reconhecimento (VBR), e/ou de Cavalaria (VBC Cav), e/ou Anticarro (VBCCAC), no caso dos blindados sobre rodas.

Isto dá-se pela característica de espinhas dorsais de suas Brigadas, constituindo a referência em termos de desempenho de deslocamento para todas as demais plataformas. Assim pretende-se atender ao fundamento mobilidade para emprego das unidades de defesa antiaérea (BRASIL, 2020).

No tocante às viaturas blindadas sobre rodas, está previsto o desenvolvimento de uma versão antiaérea média sobre rodas com base no chassi 6x6, dentro da Nova Família de Blindados Sobre Rodas, advinda do Programa Estratégico Guarani (Prg EE Guarani). Ademais, a Portaria Nº 014-EME, de 7 de fevereiro de 2020 (BRASIL, 2020), constituiu grupo de trabalho para iniciar os trabalhos de formulação conceitual dessa e de outras viaturas.

Já o futuro das VBCCC Leopard 1 A5 permanece em debate: são possíveis tanto a substituição – obtenção de novo SMEM), a modernização (atendendo a novos requisitos em relação à versão 1 A5), como ambas as alternativas, mobiliando os quartéis com os dois SMEM em diferentes proporções.

Para a alternativa de obtenção de novo SMEM por aquisição, é prudente avaliar a variante destinada à proteção antiaérea pertencente ao país de origem, para



então decidir-se por adquirir (exigindo-se integrações ao nosso sistema de comando e controle e sistema de controle e alerta). Aqui, pretende-se aventar e avaliar, ainda, o desenvolvimento de versões nacionais, aproveitando certas capacidades, como será observado nos tópicos seguintes.

Já para os casos que contemplam a modernização da plataforma Leopard 1 A5, há outras possibilidades envolvidas no contexto de obtenção por desenvolvimento nacional, mesmo da versão sobre rodas, que também se aplicam para modernização dos Gepard.

## **2.3 Linhas de ação para obtenção das plataformas VBC AAe e VBC AAe – MSR**

### **2.3.1 Análise da linha de ação modernização da VBCCC Leopard 1 A5**

#### **2.3.1.1 Destinação do chassi, motorização e trens de rolagem**

Esta opção certamente acarretará desenvolvimento de fornecedores locais para fornecimento de suprimento para esses conjuntos, modernizados ou não, para atender ao novo tempo de ciclo de vida esperado para esse carro de combate.

Nesse viés, conceder-se-á sobrevida aos chassis dos atuais Gepard 1 A2, devido à compatibilidade de componentes (larga lista de itens é intercambiável, incluindo todo conjunto de força e rolamento).

O investimento no chassi abre a possibilidade de modernização desta VBC AAe, cortando custos de projeto e sua duração, possibilitando focar em outras áreas de interesse para a atividade de defesa antiaérea, uma vez que o pacote de atualização do conjunto carcaça, trens de rolagem e motorização já viria praticamente completo da modernização dos Leopard.

#### **2.3.1.2 Destinação dos sistemas de radares**

Como abordado anteriormente, a idade dos radares é uma desvantagem em termos de demanda energética, tecnologias de supressão de lóbulos laterais e traseiro, desempenho de processamento, capacidade de enfrentamento de ambiente de Guerra Eletrônica, dentre outros.

O assunto é de tal importância e sigilo, que a Holanda, apesar de ter adquirido também as VBC Gepard, optou por utilizar outros radares, de fabricação daquela nação – daí a designação do blindado PRTL ou Gepard CA1 (CULLEN e FOSS, 1992, p. 70).



Dispondo dessas variáveis, e considerando que o Brasil já fabrica sistemas de detecção baseados em emissão de radiofrequência como o Saber M60, Sentir M20, além do desenvolvimento do Radar Multimissão M200, é razoável especular que a empresa nacional Bradar é capaz de desenvolver uma versão reduzida do M60 para instalação nessa nova plataforma. Soma-se a necessidade de desenvolvimento de um radar de direção de tiro para o sistema canhão, ou, inclusive, propor tecnologia mais sofisticada que atenda aos requisitos de múltiplos programas do Exército (AAe, SISFRON, vigilância terrestre), e quiçá da Força Aérea e Marinha.

Essa alternativa facilita a integração de nosso atual sistema de controle e alerta que é baseado justamente nos protocolos do M60 e do COAAe Elt nacional. Originando-se os novos radares dessa VBC AAe do mesmo fabricante ocorrerá a simplificação da cadeia de formação de recursos humano, unificação de sistemas e redução de tempo de reação de todo sistema de defesa antiaérea.

Isso também pode favorecer a integração com os sistemas da Força Aérea uma vez que quaisquer conflitos são solucionados apenas em um ponto de interfaceamento entre dois macrosistemas, e

não em vários, como temos atualmente, e que, por vezes gera perda de informações, e necessidade de transposição manual de dados.

### **2.3.1.3 Destinação do sistema de armas e computadores de tiro**

Os canhões Oerlikon 35mm KDA (atualmente Rheinmetall) são armas de desempenho consagrado mundialmente, sendo possível, em caso de interesse e vida útil remanescente, seu aproveitamento no desenvolvimento de uma torre nacional. Questão desafiadora nesse ponto reside no custo de manutenção de cada arma, tomando-se como referência o contrato 024-COLOG/DMAT com a KMW.

Opção possível para o desenvolvimento nacional de nova torre é a redução de 2 canhões para 1. Dessa forma reduzir-se-ia os custos de manutenção por VBC além de dobrar a quantidade de armamento disponível (na possibilidade de todos estarem com boa vida útil remanescente e optar-se pela sua utilização numa plataforma nacional).

No entanto, essa opção implica na redução da probabilidade de acerto devido à diminuição no volume de fogos. Isso pode ser minimizado com a instalação de um kit,



disponibilizado pelo próprio fabricante (RHEINMETALL, 2020b), que possibilita a utilização da munição AHEAD – fragmentável e com tempo de detonação programável. Essa opção torna a arma capaz, inclusive, de engajar vetores aéreos com dimensões reduzidas (VANT, SARP, mísseis, *drones*).

A solução de agregar munições fragmentáveis com programação de detonação de forma a maximizar os efeitos sobre o alvo e reduzir a quantidade de tiros já é uma alternativa viável em vista a *benchmarking* com outros sistemas: MANTIS C-RAM (*Counter Rocket, Artillery and Mortar*) System, Millennium Naval Gun, Oerlikon Skyranger, Oerlikon Skyshield (estes quatro utilizam o mesmo canhão Rheinmetall 35mm KDG – figuras 5 e 6) e o Can AAe Au 40mm Bofors, são exemplos de sistemas que possuem eficiência com menores volumes de fogos



Figura 5: VBC AAe Oerlikon Skyranger (plataforma Boxer).

Fonte: Rheinmetall, 2020a.



Figura 6: Oerlikon Skyshield (MANTIS C-RAM).

Fonte: Rheinmetall, 2020a

Dadas essas observações, verifica-se que é possível utilizar os canhões, com as citadas ressalvas, em um modelo de desenvolvimento nacional de uma plataforma antiaérea embarcada.

No escopo de desenvolvimento e produção de tais armas, figura o Centro Tecnológico do Exército juntamente com a empresa Ares (Elbit) que desenvolveram o REMAX 3 e a TORC30, sendo este baseado em armamento 30mm.

#### 2.3.1.4 Destinação de sistemas de telemetria laser e ópticos

O telêmetro Laser dos Gepard possuem alcance máximo de utilização de pouco mais de 5 quilômetros. Comparativamente com as estações como TORC30 e UT30BR, que utilizam canhões de 30mm, possui capacidades semelhantes, com





o detalhe que estes últimos, mais modernos, demandam menos energia e possuem tecnologia *eye safe* possibilitando redução significativa de procedimentos e segurança para operação e manutenção.

Quanto aos instrumentos ópticos é provável que sua continuidade seja indesejável em vista ao suporte não disponível, porém os equipamentos podem ser integrados a um novo projeto, com redesenho dos motores elétricos para inserção adequada na malha de controle a ser utilizada.

Conforme as considerações acima, em se optando pela consequente modernização do Gepard, é interessante a maior comunalização possível com outros SMEM, nesse sentido, a utilização de telêmetros já aplicados a outros sistemas simplifica as cadeias logística e de formação de recursos humanos (seja para manutenção, seja para operação).

A empresa OPTO Space & Defense é apta a trabalhar nessa seara, já sendo fornecedora do governo brasileiro ou considerar a utilização dos mesmos telêmetros empregados pela Ares em seus projetos.

### **2.3.1.5 Destinação de equipamentos de comando e controle**

Os rádios Harris Falcon 3 RF-7800V adquiridos para o projeto Gepard podem e devem ser reaproveitados numa atualização da plataforma tanto para uniformização do sistema de comando e controle com outros escalões do EB, como para integração da infraestrutura do sistema de controle e alerta, inclusive com a Força Aérea.

É possível que à época da instalação na versão modernizada seja necessária apenas a atualização do *firmware* desses conjuntos, porém não haveria necessidade de aquisição de novos produtos.

### **2.3.2 Análise da linha de ação aquisição de nova VBCCC**

Devem ser considerados aqui os requisitos nacionais para o apoio às brigadas blindadas uma vez que, por exemplo, nem a família Leopard 2, nem M1 Abrams dispõe de plataformas antiaéreas. Estas estão instaladas em outras viaturas como variantes do Ozelot (LeFlaSys) e Bradley (Bradley M6 Linebacker).

Portanto, deve ser avaliado, conforme os requisitos operacionais, se a VBC AAe será baseada no chassi da VBCCC ou VBC Fuz, conforme os exemplos acima. Aventam-se duas possibilidades: adquirir a



VBC AAe da mesma família ou adquirir chassis extras de CC ou VBC Fuz para desenvolvimento nacional próprio do conjunto torre, ambos dependentes das condições de negociação e requisitos do EB.

Serão avaliados nos tópicos abaixo as alternativas relacionadas ao desenvolvimento nacional de uma torre. Na eventualidade de aquisição de um sistema pronto, cada item pode ser considerado independentemente caso haja interesse de nacionalização de subsistemas isolados.

#### **2.3.2.1 Chassi, motorização e trens de rolagem**

Avalia-se que nesse quesito, para fins de padronização logística, e redução de custos e de tempo de desenvolvimento é mais vantajoso selecionar uma das plataformas (CC ou VBC Fuz) e desenvolver a solução antiaérea.

#### **2.3.2.2 Sistemas de radares**

Para essa alternativa, é razoável admitir que seria possível, dentro do considerado no item 2.3.2., o desenvolvimento nacional do sistema de radares para a obtenção de um novo carro, à exemplo da opção holandesa quando da adoção da VBC AAe PRTL, que é, na

realidade, um Gepard com radares nativos desse país (Gepard CA1).

#### **2.3.2.3 Sistema de armas e computadores de tiro**

Nesse quesito também cabem as mesmas observações do item 2.3.3.

#### **2.3.2.4 Destinação de sistemas de telemetria laser e ópticos**

Idem caso anterior, vide 2.3.4.

#### **2.3.2.5 Destinação de equipamentos de comando e controle**

Em se aposentando as atuais VBC AAe simultaneamente à aquisição de novos sistemas, é possível retirar e aproveitar os sistemas rádio, sem impactos de perda de continuidade de capacidade de DA Ae. No caso de desenvolvimento de nova torre, é ponderável a paulatina desativação por lotes mediante as entregas das viaturas novas, ou a aquisição de novos equipamentos, uma vez que, enquanto não forem substituídos, é necessária a permanência dos conjuntos nos Gepard.

#### **2.3.3 Implicações para a VBC AAe – MSR**

A parte de motorização, carcaça e trens de rolagem dificilmente apresentará



compatibilidade entre as versões sobre rodas e sobre lagartas, uma vez que as demandas, potências de trabalho, cargas elétricas, dimensões e pesos são bastante diferentes. Porém, como será discutido nos tópicos subsequentes, há desenvolvimentos, aquisições (componentes, sistemas e subsistemas) compatíveis para as versões SL e SR no que tange à torre.

### **2.3.3.1 Chassi, motorização e trens de rolagem**

Aqui, conforme verificado no escopo da Nova Família de Blindados Sobre Rodas e conforme o publicado na Portaria Nº 014-EME, de 7 de fevereiro de 2020 (BRASIL, 2020), verifica-se que a VBC AAe – MSR será baseada no chassi 6x6 da VBTP Guarani.

### **2.3.3.2 Sistemas de radares**

Considerando que é desejável desenvolver sistemas de sensores embarcados nacionais tanto para a opção de modernização dos Leopard 1 A5 quanto para outra família de CC/VBC Fuz, então é plausível desejar que os mesmos sensores sejam requisitados para a VBC AAe – MSR. E isso também independentemente da forma de obtenção (aquisição ou desenvolvimento).

Essa opção acarreta, além das vantagens destacadas nos dois itens correlatos anteriores, um maior interesse da indústria para produção e assistência técnica de maior tiragem de componentes, bem como simplificação logística já que se têm duas plataformas diferentes que comungam de várias peças, facilitação e unificação dos treinamentos de operação e manutenção.

### **2.3.3.3 Sistema de armas e computadores de tiro**

Novamente, há possibilidade de utilização dos mesmos canhões para mobiliar uma versão de rodas, como pode-se verificar nos russos Pantsir S1 e Tunguska M1, que utilizam o mesmo par de canhões automáticos 30mm 2A38M. Não apenas os tubos, mas é possível compartilhar vários outros equipamentos como os computadores de tiro, painéis de controle e comandos, sistemas de alimentação, sensores inerciais.



Figura 7: Sistema Pantsir S1.

Fonte: NPO, 2020.



Figura 8: VBC AAe Tunguska M1.

Fonte: KBP, 2020.

A título de comparação, a empresa ARES utiliza o mesmo TCEU (*Turret Control and Eletronic Unit*) para as REMAX 3, UT30BR e TORC30, com diferenças de programação (versão de *software*) e de algumas placas internas ao módulo. Verifica-se então as mesmas vantagens já elencadas acima em termos de redução de custos de aquisição, manutenção, treinamento e controle de descontinuidade (*phase out*) durante o ciclo de vida esperado.

#### 2.3.3.4 Sistemas de telemetria laser e ópticos

Novamente a obtenção da plataforma antiaérea da NFBR seria favorecida com um possível desenvolvimento conjunto.

#### 2.3.3.5 Equipamentos de comando e controle

Como não se dispõe de VBC AAe – MSR nas Brigadas Mecanizadas, há necessidade de aquisição de tais equipamentos.

### 2.4 Outras possibilidades técnicas e operativas

#### 2.4.1 Integração com mísseis

Como mencionado anteriormente o Gepard possui capacidade de integração com sistemas de mísseis como o Stinger, desenvolvido porém não adquirido pela Alemanha. De forma semelhante, é possível desenvolver uma torre nacional que integre os sistemas de mísseis portáteis que empregamos atualmente no país.

O IGLA S, do tipo *fire-and-forget* possibilita a modalidade *hit-and-run*; como não há necessidade de prover qualquer dado ou controle para o míssil após o disparo, proporciona-se maior capacidade de sobrevivência ao veículo e sua tripulação pois, este pode abandonar a posição logo após o lançamento.

O RBS-70, por outro lado, permite o engajamento a maior distância e, sendo instalado



na plataforma, pode ser favorecido com o acompanhamento automático por radar – a plataforma *Man Portable Air Defense System* (MANPADS) já possui acompanhamento assistido por contraste de imagem. Integração ao radar possibilita a atuação do míssil em quaisquer condições climáticas. Entretanto, estudos devem ser conduzidos para avaliar os efeitos da dinâmica do míssil se for requisitado disparo em movimento, uma vez que acarretará desvio da trajetória de guiamento original; trata-se de uma opção operativa.

Desmistificando a questão da integração, constata-se dos exemplos reais abaixo (figuras de 9 a 13) as possibilidades de adaptação de tais mísseis portáteis em variadas plataformas, em particular dos mísseis portáteis que já possuímos como dotação.



Figura 9: Lançadores IGLA duplos na VBC AAe Shilka.

Fonte: KBM, 2020.



Figura 10: Lançadores IGLA duplos na Vtr NIMR (Turca).

Fonte: KBM, 2020.



Figura 11: Lançador IGLA quádruplo em helicóptero Mi-28N.

Fonte: KBM, 2020.



Figura 12: Lançadores IGLA duplos em torreta Gibka-R (plataforma naval).

Fonte: KBM, 2020



Figura 13: Lançador RBS70 RWS do Sistema Saab MSHORAD (plataforma Iveco LMV).

Fonte: SAAB, 2020.

Dessa maneira é possível potencializar uma mesma unidade de tiro com a combinação de armas, efeitos e pontos fortes sem, contudo, necessitar de vultosa soma de investimentos. Também, não há necessidade,

Dessa maneira é possível potencializar uma mesma unidade de tiro com a combinação de armas, efeitos e pontos fortes sem, contudo, necessitar de vultosa soma de investimentos. Também, não há necessidade, em curto prazo, do desenvolvimento de um míssil antiaéreo nacional para atender ao desenvolvimento de uma torre ou plataforma de defesa antiaérea dentro do solo pátrio.

Para essa tarefa também há capacidade de desenvolvimento e produção no Brasil, já demonstrada pelo conglomerado que desenvolve o Míssil Antinavio de Superfície para a Marinha (MANSUP): Fundação Ezute, Omnisys, Avibras e SIATT. Cabe o detalhe de que a SIATT contratou boa parcela dos funcionários da antiga Mectron – Odebrecht Defesa, tendo trabalhado com o Míssil Anticarro MSS 1.2 em parceria com o Centro Tecnológico do Exército (CTEx).

Por fim, também não é excluída a possibilidade de integração com mísseis mais modernos ou com maior alcance; nem de que tais VBC AAe/ VBC AAe – MSR sejam dotadas exclusivamente de mísseis.

#### 2.4.2 Conceito eletrônico anti-drones

A título exemplificativo de novas capacidades em estudo em outros países,



aproveitando as reflexões conduzidas aqui de desenvolvimentos nacionais, cita-se o conceito Bradley M-SHORAD. Tal viatura foi apresentada pela BAE Systems na *Association of the United States Army* (AUSA) em 2017. Para o enfrentamento de SARP ele está equipado com um conjunto de interferidores, *jammers* (ARMY, 2017).



Figura 14: Bradley M-SHORAD.

Fonte: ARMY, 2020.

Trata-se de uma mudança de paradigma operativo, passando a artilharia antiaérea a operar ativamente armas eletrônicas. Para reflexão, a empresa estratégica de defesa brasileira IACIT tem em seu portfólio interferidores de *drones* militarizados que, inclusive, já foram utilizados pelas forças de segurança dos jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016 (DEFESANET, 2016 e IACIT, 2020).

## 2.5 Outros tópicos logísticos e industriais

### 2.5.1 Opções de padronização nível Ministério da Defesa

Além de atender às demandas do Exército, deve-se verificar que tal desenvolvimento pode ser de interesse também do Corpo de Fuzileiros Navais (Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea) e de navios.

Mais uma opção para o desenvolvimento dessa torre, seria a sua utilização como sistema içado em caminhão ou prancha (como o exemplo do MANTIS, figura 6), reboque (como os desativados Skyguard GDF-001 com CDT Superfledermaus que o país operava) ou sobre viatura não blindada (exemplo da figura 7: Pantsir em caminhão militarizado) ou levemente blindada (chassi tipo sistema ASTROS) – exemplo do sistema americano Patriot. O intuito é possivelmente atender às necessidades dos Grupos de Defesa Antiaérea da Força Aérea (GDAAe) e possivelmente Grupos de Artilharia Antiaérea (GAAAE) do EB vocacionados à atuação na Zona de Interior.

Nesse contexto de desenvolvimento de plataformas vocacionadas para a Zona de Interior, pode-se avaliar alternativas com menores custos, como por exemplo, a utilização de apenas um radar de tiro e de





busca para a Seção Antiaérea, à exemplo do sistema Skyguard ou MANTIS. (figura 6)

Tal gama de aplicações em diferentes plataformas pode ser verificada da análise do sistema MANTIS ou Skyshield – plataformas terrestres fixas ou rebocadas, do sistema Oerlikon Skyranger – plataforma veicular (VBC AAe sobre chassi Boxer) e do Millennium Naval Gun – montado sobre navio. Todos os três utilizando o mesmo canhão e sistemas agregados da Rheinmetall.

Em caráter de integrador final, apontam-se as empresas Avibrás, Equitron e Iveco como potenciais *prime contractors* para os desenvolvimentos aqui elencados, principalmente para a versão sobre rodas.

### 2.5.2 Problemática da munição

É necessária uma ramificação do projeto de obtenção dessas novas plataformas para fabricação nacional de tal insumo fundamental para operação.

Citam-se a Emgepron, que atualmente fabrica munições 40mm utilizadas nos canhões Bofors; e a CBC, que fabrica munições de variados calibres, trabalhando inclusive com desenvolvimento de munição 30mm para provimento da UT30BR.

Esta consideração recai sobre a herança recebida da aquisição do Gepard e Leopard, no qual observa-se uma oportunidade de melhoria em termos de gestão do ciclo de vida e atendimento de necessidades operativas de todas as naturezas (treinamento, emprego).

### 2.5.3 Casos concretos de fomento à indústria

A modalidade de desenvolvimento parcial de SMEM (possível desenvolvimento de torre completa ou do subsistema sensores, armas, eletrônica embarcada, ou combinação deles) é bastante comum para obtenção de tecnologias e conhecimento pela BID de forma a subsidiar o projeto de SMEM mais complexos num próximo passo.

Isso pode ser observado, a título ilustrativo, pelo ocorrido com a modernização Leopard 1T Volkan, na Turquia. A empresa Aselsan trabalhou no desenvolvimento de um novo computador de tiro e estabilização para os Leopard 1 A5 (canhão 105mm) turcos na década de 2000. Em sequência, foi contratada para o fornecimento de computador de tiro para a VBCCC Altay (canhão 120mm), da Otokar, lançado na década de 2010 – fabricação e desenvolvimento no próprio país.





Um exemplo nacional se dá com a empresa Ares: a parceria com o CTEEx iniciou com o desenvolvimento dos reparos automatizados REMAX (para metralhadoras 7,62mm e .50) que rendeu frutos culminando com o desenvolvimento da torre TORC30, equipada com canhão automático de 30mm.

## 2.6 Considerações sobre o sistema TORC30

Conforme declaração do fabricante, verifica-se que este sistema tem a capacidade de utilizar munição destinada ao engajamento de vetores aéreos denominada ABM (*Air Burst Munition* – a própria Rheinmetall informa que essa munição fragmentável, de detonação programável é uma variante da munição AHEAD). Ainda, possui amplitude de movimento de  $-5^{\circ}$  à  $+85^{\circ}$  na vertical e  $360^{\circ}$  em direção, capacidade de *autotracking* por contraste de imagem, telemetria laser com alcance de 20km em boas condições, visão termal e capacidade *hunter/killer* (comandante do carro faz a busca e encontrando um alvo o designa para o atirador de forma que a torre automaticamente vai para a direção do novo objetivo (ARES, 2020).

O alcance útil do canhão 30mm (30 mm x 173 mm) Rheinmetall Mk30-2 é de 3 quilômetros – referência PUMA IFV (PSM-SPZ, 2020). As velocidades angulares não estão disponíveis na ficha técnica do material (provavelmente por depender da plataforma no qual é instalada). Sua cadência de disparo é de 200 tiros por minuto. A capacidade de munição anunciada é de dois carregadores, um com 150 e outro de 50 cartuchos na torre e há possibilidade de reserva adicional no chassi.

Comparativamente, o Gepard dispõe de amplitude de movimento de  $-4^{\circ}$  à  $+84^{\circ}$  na vertical e  $360^{\circ}$  em direção, velocidades angulares de 90°/s na horizontal, 56°/s na vertical, não possui capacidade de *autotracking* por contraste de imagem, também possui telemetria laser com alcance de cerca de 5 km, visão termal e uma capacidade de busca de alvos óptica com transferência da direção e azimuth para a apreensão pelo radar de tiro – semelhante com a funcionalidade *hunter/killer*.

O alcance de utilização dos canhões Oerlikon (Rheinmetall) 35mm (35mm x 228 mm) KDA é de 3 a 4 km, dispondo de uma cadência de 550 tiros por minuto por arma. O Gepard também possui dois carregadores sendo 320 tiros (utilizados normalmente os antiaéreos)



e mais 20 tiros (normalmente terrestres) por arma,

Constata-se que ambos os sistemas de armas guardam semelhanças muito fortes em termos de desempenho físico e funcionalidades.

Mediante emprego majoritário de munição ABM, instalação e integração de sistema de radares e interligação com os sistemas de controle e alerta, poder-se-ia dizer que o país já possui uma plataforma de armas apta para reconfiguração para versão antiaérea.

Quanto ao óbice do quantitativo de munição, deve-se recordar que a munição ABM é de fragmentação com arrebetamento programável, portanto, além de mais interessante para o engajamento de vetores aéreos menores, ainda garante maior probabilidade de acerto com menor volume de fogos. O que não impede, sendo requisitado, expansão da capacidade de armazenagem da plataforma. Mais além, poder-se-ia desenvolver plataforma integrando sistemas de mísseis que garantiriam o engajamento de vetores aéreos maiores e a distâncias mais longas.

Breve estudo indica que, vindo o EB a empregar a TORC30 noutra plataforma

(Viatura Blindada de Combate de Fuzileiros ou Viatura Blindada de Combate de Apoio de Fogo, por exemplo) haveria boa comunalidade de componentes de torre, bem como de munição, resgatando as vantagens de volume de produção, treinamento, manutenção já elencadas noutras seções deste artigo.

### 3. CONCLUSÃO

Em que pese a aquisição do Gepard ter sido efetivada no início da década de 2010 e, apesar de não ter sido contemplado inicialmente como parte dos estudos do GT Nova Couraça, a análise do futuro do material se faz necessária a fim de se evitar descontinuidade e perda de capacidades já obtidas.

Além disso, o estudo traz pontos de reflexão interessantes no sentido estratégico e político para atingimento dos objetivos propostos tanto na diretriz de iniciação do SPrg F Bld em questão e, principalmente do Planejamento Estratégico do Exército e da Estratégia Nacional de Defesa.

Na breve reflexão até aqui conduzida no âmbito plataforma de artilharia antiaérea, verifica-se que existem evidências apontando que, tecnicamente, há viabilidade de aprofundamento de estudos que azimutem



para o desenvolvimento por parte da Base Industrial de Defesa (BID) de uma torre para equipar sistemas antiaéreos blindados de rodas e de lagartas.

Entretanto, os pontos aqui elencados tratam-se de um compilado, não definitivo, de opções. A melhor configuração será aquela que atender aos requisitos determinados na fase de formulação conceitual dos SMEM e atender à critérios de projeto como custo, tempo, tecnologias envolvidas, relações de compromisso (valoração de determinadas vantagens em detrimento a outras).

Por fim, ressalta-se que o item 7) das premissas apresentadas na Diretriz de Iniciação do Subprograma Forças Blindadas menciona que o GT “deverá trabalhar em coordenação com o Escritório de Projetos do Exército (EPEx) a fim de garantir a interoperabilidade com os demais Programas Estratégicos do Exército”. Dessa forma, há possibilidade de coordenação entre o Prg EE Defesa Antiaérea e o OCOP (SPrg F Bld) no intuito de obter as melhores soluções de planejamento e orçamento na busca das vantagens interoperativas e logísticas aqui levantados.

## REFERÊNCIAS

ARES. **TORC30**. Brasil, 2020. Disponível em: <<http://ares.ind.br/new/pt/sistemas-terrestres/torc30.php>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

ARMY RECOGNITION. **BAE Systems presents Bradley M-SHORAD air defense AUSA 2017**. EUA, out. 2017. Disponível em: <[https://www.armyrecognition.com/ausa\\_2017\\_show\\_daily\\_news\\_tv\\_coverage\\_report/bae\\_systems\\_presents\\_bradley\\_m-shorad\\_air\\_defense\\_ausa\\_2017.html](https://www.armyrecognition.com/ausa_2017_show_daily_news_tv_coverage_report/bae_systems_presents_bradley_m-shorad_air_defense_ausa_2017.html)>. Acesso em: 20 fev. 2020.

BRASIL. Exército. **EB10-IG-01.018: Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar**. 1. ed. Brasília, DF, 2016.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB10-P-01.007: Plano Estratégico do Exército 2020-2023**. Brasília, DF, 2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria n. 14-EME, de 7 de fev. de 2020. **Constitui o Grupo de Trabalho para regular as atividades de Elaboração de Requisitos Operacionais e Requisitos Técnicos, Logísticos e Industriais das viaturas do PrgEE Guarani**. Brasília, DF, fev. 2020.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria n. 162-EME, de 12 de jun. de 2019. **Aprova a Diretriz Estratégica para a Formulação Conceitual os Meios Blindados do Exército Brasileiro e dá outras providências**. Brasília, DF, jun 2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Portaria n. 309-EME, de 18 de out. de 2019. **Aprova a Diretriz de Iniciação do Subprograma Forças Blindadas**. Brasília, DF, out 2019.



\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB70-MC-10.231: Manual de Campanha Defesa Antiaérea.** Brasília, DF, 2017.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **Nova família de blindados sobre rodas – Programa Guarani**”. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.epex.eb.mil.br/index.php/guarani>. Acesso em: 09 fev. 2020.

CARNEIRO, Gabriel Porto Silva Artiles. **O emprego da viatura blindada de combate antiaéreo GEPARD 1A2 nos Grandes Eventos: um legado para os planejamentos de emprego da artilharia antiaérea em operações de não guerra.** 2017. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2017.

COMANDO LOGÍSTICO. **Contrato 024/2017-COLOG/DMat.** Brasília, 16. mai. 2017.

CULLEN, Tony; FOSS, Christopher F. **JANE'S LAND-BASED AIR DEFENSE:** 1992-93. 5. ed. p. 69-72. Coulsdon: 1992.

CUNHA, Elisandro Rodrigues de Freitas. A integração da Bateria de Artilharia Antiaérea Blindada com o Centro de Operações Antiaéreas. **Informativo Antiaéreo**, Rio de Janeiro, n. 11, p. 81-92, 2018.

DEFESANET. **IACIT - Exército adquire bloqueador de drones para Jogos Olímpicos Rio 2016.** Brasil, jun. 2016.

Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/22533/IACIT---Exercito-adquire-bloqueador-de-drones-para-Jogos-Olimpicos-Rio-2016/>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

IACIT. **Sistemas Contramedida Jammer - DRONEBlocker.** Brasil, 2020. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/sistemas-contramedida-jammer-droneblocker>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

KBM. **Strelets set of control equipment and launch modules.** Rússia, 2019. Disponível em: <<https://www.kbm.ru/en/production/pzrk/pupzrk/365.html>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

KBP. **Tunguska-M1.** Rússia, 2019. Disponível em: <<http://www.kbptula.ru/en/productions/air-defense-weapon-systems/tunguska-m1>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

KRAUSS MAFFEI-WEGMANN. **GEPARD 1A2.** Alemanha, 2019. Disponível em: <<https://www.kmweg.com/home/tracked-vehicles/air-defence-systems/gepard-1-a2/product-specification.html>>. Acesso em: 07 fev. 2020.

MILITARY FACTORY. **Flugabwehrkanonenpanzer Gepard (Flakpanzer).** EUA, 2019. Disponível em: <[https://www.militaryfactory.com/armor/detail.asp?armor\\_id=103](https://www.militaryfactory.com/armor/detail.asp?armor_id=103)>. Acesso em: 07 fev. 2020.



MITCHEL, Alex. **The social and environmental impact of mobile phones.** RESET, nov. 2017. Disponível em: <<https://en.reset.org/knowledge/ecological-impact-mobile-phones>>. Acesso em: 07 fev. 2020.

NPO. **Pantsir-C1.** Rússia, 2020. Disponível em: <<https://www.npovk.ru/en/produktsiya/zenitnye-raketno-pushechnye-kompleksy/pantsir-s1/>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

PSM-SPZ. **The Puma:** armament. Alemanha, 2020. Disponível em: <<http://www.psm-spz.de/en/features/armament.html>>. Acesso em: 13 fev. 2020.

RODRIGUES, Júlio Cezar Diniz. Possibilidades da VBC DA AE GEPARD na defesa antiaérea de baixa altura das brigadas blindadas. **Informativo Antiaéreo**, Rio de Janeiro, n. 08, p. 71-76, 2013.

RHEINMETALL. **Mobile air defense.** Suíça, 2019. Disponível em: <[https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall\\_defence/systems\\_and\\_products/air\\_defence\\_systems/mobile\\_air\\_defence/index.php](https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/air_defence_systems/mobile_air_defence/index.php)>. Acesso em: 13 fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **Rheinmetall's family of medium calibre cannons.** Suíça, 2019. Disponível em: <[https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall\\_defence/systems\\_and\\_products/weapons\\_and\\_ammunition/direct\\_fire/medium\\_calibre/index.php](https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/weapons_and_ammunition/direct_fire/medium_calibre/index.php)>. Acesso em: 13

fev. 2020.

\_\_\_\_\_. **Rheinmetall's family of medium calibre ammunition** Suíça, 2019. Disponível em: <[https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall\\_defence/systems\\_and\\_products/weapons\\_and\\_ammunition/direct\\_fire/mittelkalibermunition/index.php](https://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/weapons_and_ammunition/direct_fire/mittelkalibermunition/index.php)>. Acesso em: 13 fev. 2020.

SAAB. **Mobile short-range air defence solution.** Rússia, 2019. Disponível em: <<https://saab.com/land/ground-based-air-defence/air-defence-missile-systems/mshorad/>>. Acesso em: 13 fev. 2020.



## **BATERIA DE ARTILHARIA ANTIAÉREA MECANIZADA: UMA PROPOSTA DA 3ª BATERIA DE ARTILHARIA ANTIAÉREA FRUTO DA APRECIACÃO DOUTRINÁRIA REALIZADA NO EXERCÍCIO NO TERRENO “SIMULAÇÃO VIVA-FORPON/2021 4ª Bda C Mec”\***

TC Art QEMA **ALEXANDRE DUARTE DE PAIVA** <sup>1</sup>

Cap Art **CLAITON ROVIAN DUTRA** <sup>2</sup>

1º Ten OCT **DANIEL KEVEN SANTOS MARTINS** <sup>3</sup>

1º Ten OCT **DANILO AUGUSTO GOMES SANTOS** <sup>3</sup>

1º Ten OCT **DOUGLAS CHAVES REIS** <sup>3</sup>

Cap Art **IURY SÁ BARROSO** <sup>4</sup>

1º Ten Art **RAFAEL NAZARENO DE CAETANO** <sup>5</sup>

Este trabalho é fruto de estudos realizados no âmbito da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea e, principalmente, na Apreciação Doutrinária realizada no Exercício de Simulação Viva da Força de Prontidão da 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada realizada em maio de 2021. Durante o desenvolvimento, são apresentadas algumas características da VBTP MR GUARANI, do sistema de mísseis antiaéreos telecomandados RBS 70 e o consequente incremento de operacionalidade para o subsistema de armas da Artilharia Antiaérea com sua

utilização conjunta. Por fim, são apresentadas as conclusões tiradas como uma possibilidade muito viável, corroborada no estudo de caso, mostrando-se econômica, se comparada aos sistemas mecanizados de prateleira apresentados, e exequível, ao observar a característica mecanizada das tropas da 4ª Bda C Mec. O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma alternativa para minimizar o déficit decorrente da inexistência de uma Bateria de Artilharia Antiaérea Mecanizada na doutrina do Exército Brasileiro.

\*Artigo elaborado por Oficiais da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea.

<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 1998; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2002; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Artilharia – ESAO, 2006; Especialização em Gestão – EsIE, 2013; Mestrado em Administração – UFF, 2016; Pós-Graduação em Gestão Pública – UNIS, 2017; Curso de Comando e Estado-Maior do Exército – ECEME, 2018/19.

<sup>2</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2014; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2018.

<sup>3</sup> Curso de Formação de Oficiais da Reserva – 4º GAAe, 2016.

<sup>4</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2014; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2019.

<sup>5</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2016; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2020.



## 1. INTRODUÇÃO

A Estratégia Nacional de Defesa (END), aprovada no ano de 2008, estabelece as diretrizes de capacitação e preparo das Forças Armadas, afirmando que a tecnologia não deve ser uma alternativa ao conflito moderno e, sim, deve ser instrumento de combate. Tendo a segurança da nação, tanto em tempos de paz, quanto em momentos de crise como principal objetivo, a END menciona a necessidade de ofertar ao combatente a devida tecnologia e o conhecimento para a obtenção de mobilidade no teatro de operações (TO). Assim, com essa possibilidade no TO, aliada às apropriadas capacidades de combate, adequadas plataformas e sistemas de armas devem ser postas à disposição do combatente.

Como forma de atender suas demandas, o Exército Brasileiro iniciou um processo de modernização tendo como base de emprego, módulos de brigadas, constituídas por meios modernos e por efetivos bem adestrados. Nesse sentido, a mobilidade das brigadas implica no desenvolvimento de meios dotados com proteção e agilidade, obtidos nos elementos blindados e mecanizados. Além disso, é fundamental conjugar tais qualidades com a precisão e com a estabilidade do tiro, refletindo nos equipamentos de apoio de fogo e de proteção, como a artilharia antiaérea.

O Exército Brasileiro, face às imposições surgidas da END, decidiu que seu processo de transformação seria baseado em iniciativas estratégicas de médio e longo prazos, atualmente suportadas por um amplo portfólio de Programas Estratégicos do Exército (Prg EE). Nessa linha, dois grandes processos de transformação: a modernização das Grandes Unidades de Cavalaria Mecanizada com a VBTP GUARANI e reequipagem da Unidades e Subunidades de Artilharia Antiaérea. (EPEx, 2019, p.09)

Procurando atender as novas imposições e o contexto de emprego nasceram os programas GUARANI e Defesa Antiaérea. O primeiro consiste no desenvolvimento da viatura blindada sobre rodas que compõe as Brigadas de Cavalaria Mecanizadas, recuperando suas capacidades operacionais. Já o programa Defesa Antiaérea procura, com a aquisição e desenvolvimento de meios modernos, reequipar seus elementos de artilharia antiaérea recuperando sua capacidade operacional.

Na intercessão desses dois grandes projetos encontra-se o emprego da Artilharia Antiaérea na defesa das Grandes Unidades mecanizadas. Uma defesa antiaérea (DA Ae) é necessidade fundamental para garantir o emprego com máxima eficiência, liberdade e flexibilidade para as Brigadas de Cavalaria



Mecanizada, além de proporcionar o livre exercício do comando, uma maior disponibilidade e eficiência das unidades de apoio ao combate e apoio logístico. (BRASIL, 2019)

Os recentes conflitos têm demonstrado a prioridade que o vetor aéreo inimigo dedica à destruição das forças blindadas e mecanizadas do seu oponente. No transcurso das operações ofensivas e defensivas, o inimigo aéreo realiza missões de cobertura, de ataque, de reconhecimento armado e de reconhecimento aéreo, incidindo sobre colunas de marcha, pontos sensíveis nos itinerários, blindados, órgãos de comando e controle, elementos de apoio de fogo e órgãos de apoio logístico. Particularmente nas situações de movimento, tais como na marcha para o combate, no aproveitamento do êxito e nos movimentos retrógrados, avulta de importância o emprego eficiente de todos os meios antiaéreos e de autodefesa antiaérea. (BRASIL, 2019, p. 8-4 e 8-5)

Por fim, de acordo com o Manual de Campanha EB70-MC-10.309, BRIGADA DE CAVALARIA MECANIZADA, “os meios antiaéreos da Bda devem possuir mobilidade igual ou superior à dos seus elementos, sendo, normalmente, empregados canhões, mísseis autopropulsados e mísseis portáteis”. (BRASIL, 2019, p. 8-3)

Dessa forma, do enlace proporcionado por esse cenário, verifica-se

uma possibilidade de integração dos meios do subsistema de armas da artilharia antiaérea ao Programa Estratégico do Exército GUARANI, buscando integrar as capacidades nas operações realizadas pelas Brigadas de Cavalaria Mecanizadas.

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de meio de transporte para a Bateria Antiaérea, orgânica de Brigada de Cavalaria Mecanizada, que atenda às necessidades já apresentadas. A importância deste trabalho é aproveitar a apreciação doutrinária realizada pela 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea, organização militar subordinada à 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada, que buscou unir a utilização dos materiais desenvolvidos pelos Programas Estratégico do Exército: Defesa Antiaérea e Guarani.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 A 3ª BATERIA DE ARTILHARIA ANTIAÉREA**

A missão principal da 3ª Bia AAAe é realizar a defesa antiaérea da fronteira oeste, atuando na defesa dos elementos de manobra e instalações da 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada e demais elementos do Comando Militar do Oeste, permanecendo em constante prontidão para ser empregada na Garantia da Lei e da Ordem e em ações subsidiárias na sua área de responsabilidade.





Conforme disserta Pereira (2018), a subordinação da 3ª Bia AAAe à 4ª Bda C Mec reveste-se de vital importância, não só na Função de Combate Proteção, mas também com seu papel de dissuasão e repressão aos crimes transfronteiriços:

Tendo como lema “Defesa e Preservação da Fronteira Oeste”, a 4ª Bda C Mec é responsável por cerca de 650 km de faixa de fronteira que se estende desde o município de Mundo Novo — MT até a cidade de Caracol — MS, sendo uma das áreas mais críticas relativas aos crimes transfronteiriços do país. (PEREIRA, 2018).

Por ora, não existe uma doutrina que aborde a utilização da VBTP-MR GUARANI pelas Baterias Antiaéreas orgânicas de Brigadas de Cavalaria Mecanizada, muito embora já existam alguns Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) nas Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais e Escola de Comando e Estado-Maior que sugerem a utilização da supracitada viatura. Países como Estados Unidos e Canadá, por exemplo, já utilizam o sistema de defesa antiaérea sobre rodas LAV-AD, que garante suas tropas mecanizadas.

## 2.2 MÍSSIL ANTIAÉREO TELECOMANDADO RBS-70

Dentro no contexto da supremacia aérea, observa-se a importância do aprimoramento das tecnologias de defesa

aeroespacial, no que se refere aos mísseis antiaéreos de baixa altura para fazer frente ao acelerado desenvolvimento das aeronaves de ataque, que por sua vez, estão cada vez mais modernas, complexas e aprimoradas. Estas aeronaves são dotadas de recursos furtivos como *Chaff*, *Jamming* e *Flares*, que são contramedidas de ataque da Força Aérea ou Artilharia Antiaérea. Estas contramedidas alteram a assinatura eletromagnética ou acústica de determinado alvo, evitam a detecção das aeronaves por radares e sua destruição através de mísseis antiaéreos guiados por emissão de calor.

Diante deste cenário, o Programa Estratégico do Exército de Defesa Antiaérea (Prg EE DA Ae), a fim de dar continuidade às aquisições previstas no escopo do Projeto Seção de Artilharia Antiaérea, adquiriu, por intermédio do Comando Logístico e da Comissão do Exército Brasileiro em Washington, o Sistema de Mísseis Antiaéreos Telecomandados RBS 70, de origem sueca. Através desta nova aquisição, o Exército Brasileiro promoverá a Defesa Antiaérea de baixa altura de pontos de interesses do Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA) e da Força Terrestre.

Diferentemente dos mísseis guiados por emissão de calor, o míssil Telecomandado RBS 70 é guiado por feixe laser. Tal característica torna este armamento



extremamente eficaz no engajamento de aeronaves, pois o laser não pode ser interferido pelos métodos de bloqueio atualmente conhecidos. O sistema do míssil RBS 70 também possui baixa vulnerabilidade, grande mobilidade, curto tempo de entrada em posição e reação, pesados efeitos causados aos alvos e capacidade de engajar diversos tipos de aeronaves.

A unidade de emprego do RBS 70 é a seção, que é composta de 03 postos de tiro denominadas de Unidades de Tiro (U Tir) e sua guarnição é de três militares, um Sargento Chefe de Unidade de Tiro e Rádio Operador, um Cabo Operador e um Soldado Observador, Carregador e Motorista.

Em se tratando de engajamento de alvos aéreos, se a visibilidade do atirador o permitir, o sistema é capaz de engajar alvos aéreos dentro da faixa de velocidade de 0-300 metros por segundo dentro de uma distância de até 7.000 metros e uma altura de até 4.000 metros. Ainda assim, é capaz de engajar helicópteros de ataque num alcance de até sete quilômetros e operar durante o dia e à noite com a utilização do aparelho de visão noturna. A guarnição adestrada entra em posição em até trinta segundos e realiza o disparo em até sete segundos após a identificação do alvo.

O sistema de armas possui três tubos de lançamento com características diferentes umas das outras no que diz respeito ao alcance de interceptação e altura. A versão MK1 alcança de 5 quilômetros de distância e altura de 3 mil metros, o MK2 7 quilômetros de distância e 4 mil metros e altura e o BOLIDE alcança 8 quilômetros de distância e 5 mil metros de altura. O Exército Brasileiro adotou o sistema composto pelo míssil MK2.

Os componentes básicos do posto de tiro (U Tir) são o pedestal, o tubo de lançamento com o míssil MK2, o aparelho de pontaria e o equipamento de visão noturna, que pode ser do tipo BORC ou COND. Esta tecnologia de visão noturna utiliza um escâner infravermelho que detecta a radiação de calor e a converte para uma imagem visível que é refletida na janela de visada do RBS 70 para que o operador possa enxergá-la em seu telescópio.

Acerca das características estruturais do míssil, destaca-se que a cabeça de guerra possui em sua espoleta ambas as funções, de impacto ou de proximidade, que deve ser selecionada antes do disparo. O sistema ainda conta com o pino de acionamento da trajetória elevada, que é utilizado em caso de obstáculos no setor de tiro. Esta função provoca uma elevação na parte inicial da trajetória do míssil, depois,



gradualmente, o mesmo retorna à linha de visada do corredor de fecho laser.

Pode-se observar que o Msl Tcmdo RBS 70 atende aos Requisitos Operacionais Básicos da Defesa Antiaérea da Força Terrestre que, integrado ao Centro de Operação Antiaérea Eletrônico (COAAe) e ao Radar de Busca SABER M60, forma o módulo de emprego de míssil de baixa altura correspondente à Seção de Artilharia Antiaérea.

### 2.3 VBTP-MR 6X6 GUARANI

A Viatura Blindada de Transporte de Pessoal Guarani surgiu mediante a necessidade de complementar e substituir a frota de Blindados Médios de Rodas, de incrementar a capacidade destes blindados frente ao surgimento de novas ameaças, a fim de possibilitar maior proteção balística, proteção antiminas e otimizar o desempenho operacional por meio da utilização de novas tecnologias como visão noturna, estabilização, traqueamento, telêmetro laser e computador balístico. Além das características supracitadas, a Viatura Blindada de Transporte de Pessoal Guarani possui tração em todos os seus eixos (6x6), capacidade anfíbia, transmissão automática, freio a disco com ABS, calibração de pneus remotos, gerenciamento eletrônico do carro, proteção balística e antiminas, além de contar com autonomia de 600 quilômetros. O

conjunto ainda conta com equipamentos de comunicação, como o rádio Harris Falcon III RF 7800 V-HH capaz de transferir dados e voz, sistema de armas remoto com calibre .50 e 7,62mm perfurante e sistema automático de proteção contra incêndio.

A Viatura Blindada Guarani apresenta alto índice de nacionalização por suas características como a simplicidade e robustez, possibilidade de ser aerotransportável em aeronaves C-130 e KC-390, antropometria padrão internacional e baixas assinaturas visuais, de radar e térmica, por contar com materiais absorventes de radiação eletromagnética. Possui ampla porta traseira, que permite o embarque e desembarque da carga transportada e o rápido embarque e desembarque da tropa. Possui o compartimento de combate, porta de acesso ao compartimento do motor ou painel removível que permite a realização de trabalhos de manutenção sem sair da viatura e sem a necessidade da abertura da tampa externa do compartimento do motor.

O Reparo de Metralhadora Automatizado X (REMAX) é o componente fundamental que permite a defesa passiva da guarnição embarcada na Viatura Guarani. Com peso em torno de 217 quilos sobre o teto sem arma e munição o sistema suporta dois armamentos, um por vez: a *Machine Gun*



M240 7,62 mm (MAG) ou M2 HB QCB .50, além de possui lançador de granadas 76mm. Pode-se verificar que a capacidade de angulação de azimute é 360° e possui ângulos de elevação que variam de -20° a +60°. Sua velocidade em elevação e azimute é 45° por segundo. A Torre REMAX possui câmera diurna e termal para o atirador, e possui telêmetro laser. Esta ainda comporta um módulo optrônico, utilizado como sistema de observação, medição de distâncias e pontaria por meio da câmera diurna, câmera termal, telêmetro Laser e Unidade Eletrônica.

A principal característica da Viatura Guarani é sua proteção balística nível 3 (7,62mmX51 Pf / 30 milímetros) de alta tecnologia, capaz de deter munições de energia cinética por contar com aço balístico homogêneo. Ainda assim, possui blindagem nível 2 contra estilhaços de artilharia (155 milímetros / 80 milímetros).

Suporta ainda blindagem adicional capaz de aumentar o nível de proteção da viatura. Ao ser equipado com as placas balísticas externas a viatura se torna blindada acima do nível 3 e abaixo do nível 4 (12,7mmX99 Pf/100m) contra munições de energia cinética. Ainda assim, contra estilhaços de artilharia a proteção aumenta para acima do nível 3 e abaixo do nível 4

(155mm / - 80m) com o revestimento interno com material *Spall Liner*.

Dentre os diversos sistemas de proteção e segurança da Viatura Blindada Guarani, destaca-se a sua proteção antiminas nível 2A, capaz de suportar a explosão de uma carga de 6 quilos de explosivos sob qualquer uma das rodas, além de contar com bancos antiminas também de nível 2 com cintos de 5 pontas presos no teto. A viatura ainda fornece maior altura do compartimento de combate.

## **2.4 MATERIAIS DE DEFESA ANTIAÉREA MECANIZADA DISPONÍVEIS NO MERCADO**

Nesta seção, serão apresentados dois materiais de defesa antiaérea mecanizada disponíveis no mercado, com possibilidade de suprir as necessidades das Brigadas de Infantaria e Cavalaria Mecanizadas do Exército Brasileiro.

### **2.4.1. MSHORAD**

Este material é de origem sueca, produzido pela SAAB. Segundo a SAAB (2021), ele é composto de uma torre com mísseis e outra torre com um radar, podendo este material ter como plataforma quase todos os tipos de veículos, como por exemplo os 4x4 e 8x8.



## MSHORAD Safe sky – secure ground



Figura 1  
Fonte: SAAB, 2021.

Ainda segundo SAAB (2021), a torre que acomoda os mísseis antiaéreos utiliza o RBS-70 NG e torre que acomoda o radar, utiliza uma antena AESA, sendo a parte de C2 e detecção integradas numa mesma viatura.

Nota-se que tal material tem a possibilidade de ser utilizado na VBTP Guarani, bastando apenas pequenas modificações, além do mais esse material utiliza um míssil que o Exército Brasileiro já conhece e sabe operar.

### 2.4.2 LAV-AD

Este material de origem Norte Americana é produzido pela *General Dynamics Armament and Technica l Products*. Segundo a ARMY TECHNOLOGY (2021), trata-se de um veículo blindado 8x8 LAV-25 e uma torre

com uma metralhadora de 25mm e dois lançadores de mísseis Stinger ou Mistral.



Figura 2  
Fonte: ARMY TECHNOLOGY, 2021.

Ainda segundo ARMY TECHNOLOGY (2021), cada veículo vem equipado com seu próprio radar e sistemas de mira com visão noturna e termal.

Trata-se de um sistema que só foi



utilizado em veículos 8x8, que utiliza mísseis que nunca foram utilizados pelo Exército Brasileiro. No caso deste material, seriam necessários mais estudos e testes para verificar a compatibilidade com a VBTP Guarani, que, não sendo possível, obrigaria a aquisição do sistema junto com a viatura plataforma.

## 2.5 ESTUDO DE CASO

Desde a primeira participação no exercício de Simulação Viva da Força de Prontidão da 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada (4ª Bda C Mec), em 2018, a tropa da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea (3ª Bia AAAe) percebeu suas limitações em relações aos meios mecanizados da tropa apoiada. Em vista deste desafio, durante o ano de 2020 foram estudadas as possibilidades que aprimorassem a Defesa Antiaérea (DA Ae) da 4ª Bda C Mec contra a ameaças aéreas de baixa altura, na área de responsabilidade da GU.

A partir desse estudo, percebeu-se que a 3ª Bia AAAe, como tropa orgânica da

4ª Bda C Mec, deveria buscar soluções para melhor atender as características de uma Brigada Mecanizada, quais sejam: mobilidade tática e estratégica, potência de fogo, proteção blindada, ação de choque, flexibilidade e sistema de comunicações amplo e flexível.

Em vista disto, em março de 2021, a 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea realizou um estágio de adaptação à VBTP-MR 6x6 GUARANI com o apoio do 17º R C Mec, localizado em Amambai-MS. Neste episódio, uma guarnição do Míssil Telecomandado RBS70 (Msl Tlcmd RBS70) recebeu instruções gerais sobre a viatura, a utilização do compartimento da tropa, do sistema de comunicações interno e externo, da torre REMAX, do sistema de navegação e da segurança no uso da viatura, principalmente balizamento e áreas de risco. Esse primeiro contato foi essencial para estabelecer as possibilidades e limitações da VBTP-MR 6x6 GUARANI em conjunto com o Míssil Telecomandado RBS70, que atualmente é utilizado com a Viatura Marruá.



Figura 3

Fonte: Relatório de Apreciação Doutrinária 3ª Bia AAAe (Estágio de Adaptação à VBTP Guarani).



O primeiro contato da guarnição do Msl Tlcmd RBS70 com a VBTP-MR 6x6 GUARANI foi de grande valia por conseguir levantar as principais possibilidades da utilização da antiaérea com o GUARANI, bem como as possíveis adaptações, sem grandes custos, para melhor acondicionar o material antiaéreo. Além disso, foi possível realizar o adestramento da guarnição no meio mecanizado, a aferição dos tempos de entrada e saída em posição, a melhor maneira de acondicionar o material, bem como as características da utilização do novo material. Este contato constatou o que o estudo preliminar já havia cogitado: é possível utilizá-los em conjunto.

Em maio de 2021, para coroar o estudo iniciado em 2020, a 3ª Bia AAAe utilizou, na Simulação Viva da FORPRON da 4ª Bda C Mec, a VBTP-MR 6X6 GUARANI na composição da 1ª Seção de Artilharia Antiaérea, composta por três Unidades de Tiro (U Tir) de Msl Tlcmd RBS70, um radar de busca SABER M60 e um Centro de Operações Antiaéreas Eletrônico (COAAe Elt).

Durante o exercício, a Seção foi empregada na defesa móvel e estática da Artilharia de Campanha, um meio nobre e alvo altamente compensador para a Força Aérea oponente. Neste contexto tático foram evidenciadas algumas capacidades da AAAe

ao utilizar a combinação de diversos tipos de materiais como o míssil Antiaéreo combinado com a torre REMAX (calibre 7,62mm e .50).

Com a utilização da VBTP GUARANI, é possível acomodar, com segurança, todo o material essencial da Unidade de Tiro de Msl Tlcmd RBS70. Para isso, é necessário apenas a adaptação dos bancos e do tapete anti-minas.

Após alguns testes, percebeu-se que o melhor local para o transporte do material individual seria nos pontos de fixação na parte externa da viatura e que o material da Unidade de Tiro de Msl Tlcmd RBS70 ficou melhor disposto no interior do Guarani, sem adaptações, da seguinte maneira:



Figura 4

Fonte: Relatório de Apreciação Doutrinária 3ª Bia AAAe (Acomodação da U Tir no interior do GUARANI).



Figura 5

Fonte: Relatório de Apreciação Doutrinária 3ª Bia AAAe (Guarnição do RBS 70 juntamente com o material da U Tir)

Percebe-se claramente nestas imagens que a guarnição da Unidade de Tiro pode se deslocar de forma mais segura no interior da VBTP-MR Guarani. Seu maior espaço possibilita a acomodação de militares e materiais de maneira separada. Além disso, o blindado apresenta cinto de cinco pontas para todos os passageiros, sistema de proteção QBN (química, biológica e nuclear) e sistema automático contra incêndio, propiciando maior conforto e segurança para a tropa.

Neste interim, outra capacidade evidenciada foi a mobilidade tática

compatível com a manobra da força, pois a partir da utilização da VBTP-MR 6x6 GUARANI, a Artilharia Antiaérea pode ser empregada nas mesmas condições que o escalão apoiado, uma vez que o terreno, as roçadas e condições climáticas não foram fatores limitantes para emprego dos armamentos. Em contrapartida, se o RBS70 fosse transportado pela Vtr  $\frac{3}{4}$  Marruá, poderia limitar a mobilidade tática, pois não possui a mesma robustez, blindagem e tração. Esses fatores poderiam tornar a manobra da força supracitada mais vagarosa e vulnerável a ataques aéreos.

Outro aspecto é de que com a utilização da VBTP-MR 6x6 GUARANI foi facilitada às operações futuras e a garantia da flexibilidade, pois o Estado Maior da 4ª Bda C Mec pôde planejar a utilização da Antiaérea como um módulo de apoio com a mesma mobilidade dos escalões de combate.

Além disso, o sistema de comunicações da VBTP-MR 6X6 GUARANI conta com comunicação externa e interna. Possui rádios da família Falcon III, modelo 7800V-HH, bem como a base amplificada e base de antena veicular. Estes equipamentos são os mesmos utilizados no Centro de Operações Antiaéreas (COAAe) e, portanto, compatíveis com todo o sistema já em uso. Com esse material é possível o envio de dados, voz e geoposicionamento em tempo





real.

Em virtude da presença da base amplificada no interior da VBTP-MR Guarani o subsistema de controle e alerta ganhará em distância de conexão e poderá transmitir o alerta antecipado para as unidades de tiro com maior oportunidade. Com essa capacidade, a 3ª Bia AAAe otimizará seu fluxo de mensagens, detectando a ameaça aérea e designando a U Tir desde o mais longe possível.

Uma das limitações da Artilharia Antiaérea é a dificuldade em realizar a defesa aproximada da posição. Neste aspecto, com a utilização da torre REMAX, foi constatada a capacidade de abordar ameaças de pequenas

dimensões a muito curto alcance e a baixa altura como SARPS, além do mesmo mecanismo possibilitar defesa pessoal perante as tropas terrestres que podem desencadear ações de sabotagem a posição do armamento antiaéreo. A defesa é aprimorada pela presença de blindagem na VBTP-MR 6x6 GUARANI, o que não seria eficiente utilizado a VTR ¾ marruá.

Por fim, com a mobilidade intensificada por um material de alto valor militar como a VBTP-MR 6x6 GUARANI e o apoio mútuo entre as U Tir distribuídas na coluna de marcha puderam ser constatadas garantindo defesa em todas as direções, com um tempo de reação adequado.



Figura 5

Fonte: Relatório de Apreciação Doutrinária 3ª Bia AAAe.



### 3. CONCLUSÃO

A proteção blindada, a grande mobilidade tática, a possibilidade de armazenagem e fixação do posto de tiro e sua palamenta no interior da VBTP-MR Guarani e a maior capacidade de fluxo de informações-rádio proporcionaram, durante apreciação doutrinária, à 3ª Bia AAAe a realização das atividades de defesa antiaérea, durante a marcha para o combate e o ataque coordenado, em muito melhores condições.

São características dominantes no sistema RBS 70, em utilização no Exército Brasileiro desde 2015, o seu destacado sistema de guiamento, facilidade de montagem, transporte modular, pequena guarnição e baixo custo por disparo em relação ao míssil IGLA-S. Além disso, sua capacidade de realizar disparos diretos (funcionalidade não executável pelo IGLA-S) pode ser utilizada, em caráter excepcional, até mesmo contra alvos terrestres.

O incremento da VBTP MR GUARANI, com sua operação consolidada no âmbito da 4ª Bda C Mec, teria sua capacitação, operação, logística e manutenção facilitadas se distribuídos à 3ª Bia AAAe. O 17º R C Mec, organização militar diretamente subordinada à 4ª Bda C Mec já ministra, anualmente, estágio de capacitação de operação da VBTP MR 6X6 GUARANI.

A combinação destes dois produtos de defesa, em utilização plena no Exército Brasileiro, é uma possibilidade muito viável, como observado no estudo de caso, econômica, se comparada aos sistemas mecanizados de prateleira apresentados, e exequível, ao observar a característica mecanizada das tropas da 4ª Bda C Mec.

Durante o exercício de SIMULAÇÃO VIVA da FORPON da 4ª Bda C Mec, as guarnições do míssil RBS 70 verificaram *in loco* que a utilização do blindado propiciou maior agilidade no deslocamento junto a coluna de marcha e na entrada em posição. Ademais, seu interior com boas dimensões, hermético e refrigerado, proporcionaram maior proteção e segurança ao material e guarnição, bem como melhores condições para grandes deslocamentos com a diminuição da exposição dos militares a poeira e calor.

Do exposto acima, pode-se concluir que a utilização do Míssil Antiaéreo Telecomandado RBS 70 em conjunto com a Viatura Blindada de Transporte de Pessoal Média Sobre Rodas Guarani é uma alternativa efetiva que pode aumentar sobremaneira o poder de combate da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea. A união da proteção blindada e elevada mobilidade da VBTP MR Guarani com a expertise que os quadros da 3ª Bia AAAe já possuem na



operação do referido míssil possibilitam a defesa antiaérea da 4ª Bda C Mec de forma mais satisfatória.

## REFERÊNCIAS

Aquisição do Sistema de Mísseis RBS 70 na Suécia. **Defesanet**, 07 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.defesanet.com.br/terrestre/noticia/27602/Aquisicao-do-Sistema-de-Misseis-RBS-70-na-Suecia/>> Acesso em: 22 jul. 21.

BRASIL. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.309: Brigada de Cavalaria Mecanizada**. 3. ed. Brasília, 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.231: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília, 2017a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **EB70-MC-10.235 Defesa Antiaérea nas Operações**. 1. ed. Brasília, 2017b.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **EB70-MT-11.406 – Lista de Procedimentos da Viatura Blindada de Transporte de Pessoal – MR 6X6 “GUARANI”**. Ed Experimental. Brasília, 2020a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Defesa. **EB70-MT-11.407 – Lista de Procedimentos do Reparo de Metralhadora Automatizada X – “REMAX”**. Ed Experimental. Brasília, 2020b.

\_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. **Operação do Míssil Antiaéreo Telecomandado RBS**

**70 (Minuta)**. 1. ed. Brasília, DF, 2015.

EPEX. **Portfólio Estratégico do Exército**. Brasília. 2019

LAV-AD, **ARMY TECHNOLOGY**. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/projects/blazer/>>. Acesso em: 02 ago. 21.

MSHORAD: Safe Sky – Secure Groung, **SAAB**. Disponível em: < <https://www.saab.com/site-settings/html5/mshorad/index.html>>. Acesso em: 02 ago. 21.

PEREIRA, Alan Carlos Alexandre. **A implantação da 3ª Bateria de Artilharia Antiaérea na 4ª Brigada de Cavalaria Mecanizada e sua integração ao projeto do Projeto Piloto do Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras: uma proposta de emprego nas operações de busca aérea na faixa de fronteira**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, EsAO, Rio de Janeiro, 2018.

**Relatório da Apreciação Doutrinária de Utilização do Sistema de Mísseis Antiaéreos Telecomandados RBS 70 em conjunto com a VBTP MR 6x6 GUARANI**. 3ª Bia AAAe, Três Lagoas, 09 jun. 21.



## O CONFLITO DE NAGORNO-KARABAKH DE 2020: LIÇÕES APRENDIDAS PARA A DEFESA ANTIAÉREA DO SÉCULO XXI

Maj Art QEMA GEORGE KOPPE EIRIZ<sup>1</sup>

O presente artigo tem por objetivo apresentar os argumentos que contribuam para a evolução doutrinária da Defesa Antiaérea (DAAe) da Força Terrestre, a partir das lições aprendidas da Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh, região disputada pela Armênia e pelo Azerbaijão, que ocorreu no período de setembro a novembro de 2020. Considerado o primeiro conflito da era pós-moderna, revelou-se um marco nos assuntos militares em âmbito mundial, pois evidenciou, de forma inédita, a conquista da vitória através da campanha aérea

empreendida por Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) e por munições de vagueamento (conhecidas como “loitering munitions”) contra meios terrestres convencionais. A eficácia obtida na supressão de sistemas de DAAe armênios, a partir do emprego de SARP armados de origem turca Bayraktar TB-2 e de plataformas remotamente pilotadas do tipo “kamikazes” Harop, pelo Azerbaijão, estabeleceu um ponto de inflexão na doutrina de emprego dos meios de DAAe nos teatros de operações (TO) do Século XXI. Além disso, ressaltou a

<sup>1</sup>Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN 2002; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe 2006; Curso de Comando e Estado-Maior do Exército – ECEME 2017/18; Curso Avançado de Inteligência – EsIMEx 2019.



relevância da utilização de sistemas de guerra eletrônica pelos azeris para localizar sensores do sistema de controle e alerta das Forças Armadas da Armênia, o que permitiu a destruição pontual de numerosos sistemas de radares e de meios terrestres por munições de precisão lançadas por SARP. Por outro lado, os ensinamentos colhidos do conflito em tela contribuirão para a reflexão de outros temas atuais e desafiadores para a DAAe da atualidade, a saber: a necessidade do desenvolvimento de capacidades de DAAe de amplo espectro (com destaque para a integração de tecnologias anti-SARP), a importância da defesa passiva na sobrevivência dos sistemas desdobrados no terreno e a relevância do fator humano no conflito armado. Por fim, este artigo deixa como legado os ensinamentos colhidos para a DAAe da Força Terrestre brasileira diante das lições aprendidas decorrentes do conflito de Nagorno-Karabakh, de modo a fomentar a realização de estudos mais profundos em cada assunto apresentado neste trabalho.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1920, a União Soviética (URSS) estabeleceu Nagorno Karabakh como uma região autônoma no interior do território do Azerbaijão. A composição étnica da população daquela área era de 95% de armenos cristãos. A região se manteve

relativamente estável até o fim da União Soviética (1988), quando eclodiu uma guerra civil entre armenos e azeris para o controle da área (RUBIN, 2020).

A situação de crise escalou para o conflito armado por parte de ambos os contendores no ano de 1992, quando declararam a renovação de sua independência, após cessar a submissão à URSS. A Primeira Guerra de Nagorno Karabakh teve fim em 1994, com a vitória da Armênia. O Exército do Azerbaijão retraiu da região em disputa e dos seus distritos periféricos.

Os armenos de Nagorno Karabakh declararam um Estado independente, a República de Artsakh, a qual reivindicou a soberania sobre toda a área antes ocupada pelas forças de defesa azeris. Artsakh continua não reconhecida oficialmente pelos demais países do mundo – incluindo a própria Armênia – até os dias atuais.

Novos confrontos militares ao longo da linha de cessar-fogo tem surgido praticamente a cada ano, desde 2010, intensificando-se tanto em frequência como na letalidade das ações. Em 23 de setembro de 2020, tropas do Azerbaijão lançaram uma ofensiva de grande escala contra Artsakh, o que caracterizou o início da chamada “Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh”,



com duração de 44 dias. O conflito resultou em uma vitória decisiva de Baku, a retomada do controle de quase um terço do território de área em litígio e das regiões adjacentes por parte dos azeris e o desdobramento de uma força de paz russa para estabilizar Nagorno-Karabakh.

O fato de o Azerbaijão ter vencido o conflito não consistiu em algo extraordinário, considerando a correlação de forças com a Armênia. O que se traduziu como inédito foi a peculiaridade da Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh ter sido a primeira que foi praticamente decidida por plataformas remotamente pilotadas. O SARP armado de origem turca Bayraktar TB-2 e a munição de vagueamento israelense Harop (Figura 1) dominaram o TO e possibilitaram ao Azerbaijão alcançar uma situação vantajosa que o conduziria à vitória (ANTAL, 2021).



Figura 1 - SARP armado Bayraktar TB-2  
(Fonte: [www.defenceblog.com](http://www.defenceblog.com))



*loitering munition* HAROP  
(Fonte: [www.defenceblog.com](http://www.defenceblog.com))

A seguir, serão apresentadas as características e a sequência das ações ocorridas durante o Conflito de Nagorno-Karabakh de setembro de 2020, com foco nas lições aprendidas para a Defesa Antiaérea da Força Terrestre neste início de século.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 NECESSIDADE DE DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES DA DEFESA ANTIAÉREA DE AMPLO ESPECTRO

Os SARP azeris se tornaram os protagonistas do conflito em análise. Tais equipamentos militares proporcionaram vantagens significativas às forças de defesa de Baku, tanto nas tarefas IRVA (Inteligência,





Aquisição de Alvos) como na capacidade de ataque de alcance profundo. Eles permitiram às tropas do Azerbaijão encontrar, detectar, monitorar e destruir alvos de alto valor (AAV) armênios, com elevada precisão e distantes da frente de batalha (RUMBAUGH, SHAIKH, 2020).

Um estudo da perda de meios terrestres para ambos os contendores, obtidos a partir da análise metódica dos diversos vídeos divulgados pelo Ministério da Defesa do Azerbaijão, revela a eficiência das surtidas do SARP Bayraktar TB-2 a partir do lançamento dos mísseis de precisão Roketsan MAM-L e MAM-C, e das munições “suicidas” Harop do Azerbaijão contra as forças armênias, as quais resultaram na destruição da seguinte quantidade de equipamentos: 185 tanques principais de combate (a maioria, T-72); 89 VBC (veículos blindados de combate); 182 peças de artilharia; 73 lançadores de foguetes, 451 caminhões, 26 sistemas de defesa antiaérea e 14 radares. O número real de perdas pode ser ainda maior, contudo, essas anteriormente apresentadas representam uma significativa quantidade de equipamentos terrestres da Armênia (MITZER, OLIEMANS, 2020).

As perdas armênias foram ainda piores no que se refere às baterias de DAAe móveis: de uma estimativa de 40 sistemas existentes no arsenal armênio antes do início

do conflito, apenas um terço daquela quantidade sobreviveu (RUBIN, 2020).

Rumbaugh e Shaikh (2020, p. 7) afirmam que, embora os SARP tenham desempenhado um papel relevante na Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh, suas capacidades não devem ser exacerbadas. Essas plataformas remotamente pilotadas são vulneráveis aos sistemas de DAAe destinados a contrapor-los – defesas que a Armênia não possuía em quantidade adequada.

A maior parte da DAAe armênia consistia de sistemas obsoletos da época da antiga URSS, a saber: 2K11 Krug, 9K33Osa, 2K12 Kub e 9K35 Strela-10. Estes sistemas de DAAe teriam sido úteis na proteção da Armênia contra a concepção antiga da Aviação azeri (MILACIC, 2020).

O sistema de DAAe mais valioso e de maior alcance das forças armênias era o S-300, que possuía mais de 40 anos de fabricação e foi concebido para lidar com ameaças aéreas de nível mais elevado, tais como aeronaves tripuladas de maior seção reta radar (as quais tiveram participação inexpressiva no conflito) (HO, 2021).

Contudo, o S-300PS não é vocacionado para se contrapor às ARP de pequenas dimensões, tais como o Harop e o TB-2. De fato, sete radares e 5 lançadoras pertencentes ao Sistema de DAAe S-300PS



foram destruídos por mísseis de precisão lançados pelo TB-2 ou pelo impacto direto em mergulho dos Harop em sua missão típica de supressão de defesa antiaérea inimiga (SEAD) (Figura 2).



Figura 2 - HAROP azeri destruindo um S-300 PS armeno  
(Fonte: @TheDeadDistrict / Twitter)

Portanto, a primeira lição aprendida do Segundo Conflito de Nagorno-Karabakh foi a importância em possuir uma DAAe de amplo espectro. O Manual de Campanha EB70-MC-10.223 (p. 2-16, 2017) apresenta o conceito de “amplo espectro dos conflitos” da seguinte forma: “...tendo como premissa maior a combinação, simultânea ou sucessiva, de operações ofensivas, defensivas e de cooperação e coordenação com agências, ocorrendo em situação de guerra e não guerra”.

De forma análoga, mas aplicada para o seu caso, a DAAe de amplo espectro refere-se à capacidade de proteger os bens de um país nas diversas faixas do espaço aéreo, em situação de conflito ou de normalidade,

diante de um complexo ambiente de ameaças numerosas e variadas em tipos, velocidades, precisão, formas de ataque, letalidade, dentre outros fatores.

Nesse contexto, visualiza-se que as futuras guerras demandarão um sistema defensivo esférico, em todas as direções, uma espécie de “bolha protetora móvel”, configurando-se em uma DAAe ativa, vocacionada para proteger veículos e tropa de ataques por baixo, na lateral e por cima. Isso exigirá o desenvolvimento e adaptação de novos sistemas e representará um investimento significativo por parte das forças militares (ANTAL, 2021).

Meios militares de alto valor devem ser capazes de interromper, desviar ou iludir as munições de fogo direto ou de ataque de cima para baixo a partir de sistemas embarcados ou complementares que os acompanhem. Portanto, inúmeros sistemas de DAAe estão recebendo adaptações para cumprir o requisito em questão.

Dessa forma, por exemplo, o Exército dos Estados Unidos da América (EUA) tem por objetivo mobilizar quatro batalhões com o veículo Stryker A1 (IM-SHORAD) (Figura 3), que reúne, em uma só plataforma, sensores e armamentos *hard-kill* e *soft-kill* (futuramente), a saber: torre de plataforma de armas integradas reconfigurável (RIwP), composta por um





lançador M299 de dois mísseis *Longbow Hellfire*, por um lançador universal veicular Raytheon com quatro mísseis *Stinger*, um canhão *Bushmaster XM914* de 30 mm, metralhadora M240 de 7,62 mm e sistema

estabilizado ótico e infravermelho MX; além de quatro radares MHR setoriais de 90° e da previsão para instalação de um canhão de energia dirigida.

### MISSION EQUIPMENT PACKAGE (MEP)



Figura 3 - Veículo blindado Stryker A1 IM-SHORAD  
(Fonte: defenseworld.net)

#### 2.1.1 Retomada da importância dos Sistemas de DAAe de Curto Alcance (SHORAD)

A Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh evidenciou que tanto a Armênia quanto o Azerbaijão possuíam um arsenal de sistemas de DAAe de curto alcance limitados em quantidade e qualidade. As forças militares

azeris foram capazes de explorar essa vulnerabilidade a partir do emprego de sofisticadas plataformas remotamente pilotadas (RUMBAUGH, SHAIKH, 2020).

Um confiável sistema de DAAe de curto alcance é necessário para diminuir a probabilidade de sucesso de um ataque por SARP. O inventário de sistemas SHORAD armenos era baseado principalmente no obsoleto



sistema soviético 9K33 Osa (HO, 2021).

Em vez de adquirir sistemas de guerra eletrônica (GE) e de sistemas de DAAe mais avançados, a Armênia investiu em antigos sistemas Osa-AK, tendo, inclusive, comprado 27 unidades de “segunda mão” daqueles Sistema de DAAe da Jordânia, em janeiro de 2020, a um custo questionável de 35 milhões de dólares. E foi justamente esse sistema defensivo o mais destruído pelos TB-2 e Harop (MILACIC, 2020).

O Coronel Mark A. Holler, comandante da Escola de Artilharia de Defesa Antiaérea do Exército dos EUA, traduziu em algumas palavras o esforço de retomada da importância do emprego de sistemas SHORAD naquela Força Armada: “É parte do esforço para defender as Unidades de manobra da ameaça de aeronaves, SARP e mísseis de cruzeiro” (SHEFTICK, 2019).

Holler afirmou que a maioria dos batalhões SHORAD do componente ativo haviam sido desativados há mais de uma década atrás porque o Exército dos EUA precisou dessa estrutura de força para aumentar as Equipes de Combate das Brigadas de Manobra para realizar operações de contrainsurgência.

Aquele Oficial também declarou que o *US Army* está recompondo sua

competência e capacidade de conduzir operações de combate em larga escala contra prováveis adversários no futuro, tais como a Rússia e China. Nesse contexto, as Unidades de SHORAD serão novamente necessárias. Segundo ele, o conflito da Ucrânia foi um “alarme do despertador” para o fato em tela (SHEFTICK, 2019).

### **2.1.2 Desenvolvimento de capacidades anti-SARP**

O Conflito de Nagorno-Karabakh de setembro de 2020 descortinou a quase nula capacidade anti-SARP da Armênia diante das ameaças latentes dos TB-2 e Harop. Não somente as grandes potências militares, como os EUA, a Rússia e a China, mas as principais forças armadas em âmbito mundial tem desenvolvido e empregado uma gama de equipamentos e tecnologias integradas para repelir a ameaça de SARP inimigos, a saber: interceptadores cinéticos, interferidores eletrônicos e até plataformas remotamente pilotadas anti-SARP (RUMBAUGH, SHAIKH, 2020).

Sistemas de GE de origem russa Poly-21 empregados pelos armenos interromperam as operações de SARP azeris por apenas quatro dias. Os sistemas de DAAe



Buk e Tor-M2KM provavelmente destruíram mais alguns drones do Azerbaijão. Porém, tais equipamentos foram empregados tardiamente, em número limitado e ficaram vulneráveis aos ataques das plataformas remotamente pilotadas inimigas (THOMAS et al, 2021).

Inúmeras reportagens na mídia argumentam que o fator decisivo para o sucesso dos SARP azeris

contra os sistemas de DAAe armênios foi o emprego do sistema de GE de fabricação turca Koral (Figura 4), cuja função é bloquear radares e canais de comunicação sem fio. Cabe ressaltar que a Turquia havia se sobreposto às defesas antiaéreas sírias anteriormente através do desdobramento de um sistema Koral próximo à localidade de Idlib (RUBIN, 2020).



Figura 4 – Sistema de GE KORAL  
(Fonte: o autor)



Vídeos postados em fontes abertas mostram que mísseis terra-ar disparados por sistemas de DAAe 9K33 Osa foram desviados por ações de supressão eletrônica antes dos ataques bem sucedidos dos SARP armados Bayraktar TB-2, o que indica a presença de um provável sistema interferidor pró-armeno existente nas proximidades (Global Defense Corporation, 2020).

Tal fato pode explicar a vulnerabilidade dos sistemas SHORAD da Armênia, nos quais se observou que seus radares ainda giravam no momento da sua destruição. O Azerbaijão não admitiu formalmente a utilização de qualquer forma de guerra eletrônica, mas as evidências registradas em imagens contrariam tal declaração. Além disso, provavelmente apenas um bloqueio eletrônico nos radares de busca dos sistemas de DAAe armenos impediria esses sensores de detectar os TB-2, os quais não possuem tecnologia furtiva (*stealth*).

Aqui reside então mais uma lição aprendida do conflito em análise: a GE contribui para a construção de uma defesa anti-SARP confiável. A GE pode “chutar a porta abaixo” da defesa antiaérea inimiga (HO, 2021).

### **2.1.3 Fomento de uma DAAe integrada e com fusão de sensores**

A Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh reiterou que o emprego de sistemas de DAAe isolados não agregam valor diante da necessidade de uma defesa antiaérea distribuída em várias faixas do espaço aéreo e integrada, a qual demanda sistemas de alcance operacional curto, médio e longo, com um cenário operativo comum e com densidade suficiente. Em alguns países, a defesa antiaérea baseada em solo (GBAD) integra-se com a Aviação tática (KOFMAN, 2020).

A realidade observada sobre a não integrada e obsoleta defesa antiaérea armena reafirma a prudência das forças militares mundiais em estruturar um sistema de DAAe sofisticado, que cubra todas as faixas do espaço aéreo e sob uma concepção centrada em redes. Um Sistema de Defesa Antiaérea Integrada (IADS) é multicamada, integrado em redes e inteligente. Além disso, integra sensores avançados, sistemas de armas eficientes, elementos de comando e controle e ferramentas de apoio à decisão. Uma sofisticada rede de combate composta por esses fatores funde a IADS em um contexto integral, capaz de neutralizar uma vasta gama de ameaças e de proteger os céus de um país diuturnamente (HO, 2021).

A implementação de sistemas de defesa antiaérea cada vez mais integrados



e responsivo às crescentes demandas diante da evolução de ameaças aéreas complexas redundará na crescente fusão de sensores. Este conceito relaciona-se à necessidade de obtenção da consciência situacional permanente, através da combinação de dados de múltiplas fontes para produzir informação mais precisa, confiável e completa em comparação com a análise das fontes individualmente (GETHING, 2011).

Observa-se que diversos sistemas de defesa antiaérea em desenvolvimento, particularmente aqueles vocacionados para neutralizar SARP, foguetes, projéteis de artilharia, morteiros e outras ameaças de natureza complexa, apresentam novos sensores que interagem em uma arquitetura integrada para repelir os prováveis alvos. Assim, verifica-se a tendência das novas plataformas de canhões apresentarem sensores e atuadores de finalidades específicas integradas na sua própria estrutura, como, por exemplo, o Oerlikon Skyranger 30 (Figura 5).



Figura 5 – Torre de defesa antiaérea Skyranger 30  
(Fonte: edrmagazine.eu)

## 2.2 IMPORTÂNCIA DA DEFESA PASSIVA

O Manual de Campanha EB70-MC-10.231 Defesa Antiaérea (2017, p. 2-1) define a defesa passiva como parte integrante da defesa aeroespacial (D Aepe): “A D Aepe compreende a defesa aeroespacial ativa (aérea e antiaérea) e a **passiva**”.

Adicionalmente, a mesma publicação doutrinária elenca a defesa passiva como um fundamento de emprego das unidades de DAAe:

A defesa passiva consiste no conjunto de ações e medidas tomadas antes, durante e depois de um ataque, reduzindo seus efeitos sem, contudo, hostilizar o inimigo. Pode ser obtida por meio da simulação, da camuflagem, da camuflagem da utilização de cobertas e abrigos, da dispersão dos meios, de posições falsas da disciplina de luz e da utilização das comunicações, do desenfiamento e do controle das emissões eletromagnéticas (radar) (BRASIL, 2017).

Os vídeos e imagens disponíveis na Internet sugerem que nem as forças da Armênia ou do Azerbaijão possuíam recursos adequados ou treinamento em defesa passiva. Tal constatação foi observada continuamente, com ambos os contendores operando a céu aberto, de forma estática ou se movimentando lentamente, fracamente camuflados e aglomerados em dispositivos maciços e apertados (RUMBAUGH, SHAIKH, 2020).

Por outro lado, as forças azeris empregaram aeronaves An-2 Colt como alvo aéreo para induzir o sistema de controle e alerta da defesa antiaérea armena a emitir sinais no espectro eletromagnético. Portanto,



tal ação colaborou para o levantamento da Ordem de Batalha Eletrônica inimiga por parte do Azerbaijão e a localização precisa da posição de radares de vigilância e busca das forças militares da Armênia.

A camuflagem física dos armenos foi ineficiente. Um soldado armeno relatou: “Nós não podemos nos ocultar e não conseguimos reagir”. Incapazes de se camuflar dos sensores e ataques precisos do inimigo, as tropas da Armênia foram desmoralizadas. Se a camuflagem não é mais o bastante, então um novo conceito de ocultação é necessário (ANTAL, 2021).

A ocultação é a habilidade de se tornar difícil de detectar e de ser atacado. Refere-se a um esforço de amplo espectro para empregar todos os meios ativos e passivos para confundir, desagregar, impedir, interferir e iludir os sensores e as redes de engajamento de alvos do inimigo. Nesse contexto, relaciona-se com a busca de novas táticas, técnicas e procedimentos (TTP). No moderno campo de batalha do atual século, oculta-se ou morre (ANTAL, 2021).

Em uma era de elevada proliferação de sensores e atuadores, forças militares devem considerar novas formas de camuflar e dificultar a exposição de seus meios. Táticas terrestres de dispersão e dissimulação devem ser reaplicadas. Os soldados devem treinar constantemente para

limitar suas assinaturas termais e eletrônicas por períodos de tempo prolongados e a grandes distâncias.

## 2.3 O FATOR HUMANO É CRUCIAL

A máxima “o fator humano é o mais decisivo em um conflito” deve sempre ser trazido à memória. Em última análise, a capacidade militar mais requintada é tão boa quanto seu manipulador. Uma força armada pode possuir, na teoria, os melhores sistemas de GE, de defesa antiaérea ou qualquer outra capacidade, mas de nada adianta se os operadores carecerem de competência profissional (HO, 2021).

O conflito de Nagorno-Karabakh do fim de 2020 revelou numerosos exemplos de como as forças armenas frequentemente se mostraram taticamente ineptas e desorganizadas no TO. Essa evidência foi ratificada por uma fonte de informação encarregada de tarefas nos sítios de mísseis terra-ar da Armênia:

Durante a guerra, os Bayraktar TB-2 literalmente voaram em círculos no entorno de três sítios de S-300 enquanto aguardavam por mísseis balísticos e munições de vagueamento direcionados para atacá-los antes de executarem uma avaliação tática de danos e irem embora. Surpreendentemente, as lançadoras de alguns daqueles sistemas não estavam nem mesmo em modo de utilização, como se, prioritariamente, não estivesse ocorrendo um conflito ali (MITZER, OLIEMANS, 2020).



Um comentarista armeno também especulou que a tropa GBAD de seu país poderia estar sofrendo de uma completa falta de consciência situacional (HO apud ELBEKIAN, 2021). A incompetência no campo de batalha armeno em termos de defesa antiaérea também pode ser visto pelo fato dos sistemas de mísseis terra-ar haverem sido empregados em posições fixas relativamente expostas, em uma região montanhosa onde a localização de uma defesa antiaérea é até mais difícil em virtude do tipo de terreno (HO apud KOFMAN e NERSISYAN, 2020).

A Armênia poderia ter explorado lições aprendidas anteriores ao Segundo Conflito de Nagorno-Karabakh em relação às falhas de operação em sistemas de defesa antiaérea. Por exemplo, poderia ter levado em consideração a falta de tempo de treinamento das forças sírias em sistemas de mísseis terra-ar russos recentemente. Um outro caso seria explorar as lacunas de operação do Sistema estadunidense Patriot pelos sauditas nas surtidas combinadas de SARP e mísseis de cruzeiro por parte dos rebeldes houthis. Seria proveitoso ter avaliado os “gaps” de acionamento progressivo do sistema de média altura russo Tor-M1 que resultou na queda da aeronave civil de passageiros da Malaysian Airlines (HO, 2021).

### 3. CONCLUSÃO

Conclui-se que, consideradas as particularidades das ações militares dos contendores durante da Segunda Guerra de Nagorno-Karabakh, o conflito em análise ofereceu às forças armadas mundiais um valioso rol de lições aprendidas em relação às capacidades da DAAe. Essas considerações deverão ser estudadas, avaliadas e implementadas gradativamente, sempre visando à melhoria da eficiência dos sistemas empregados e dos recursos humanos dedicados à proteção dos ativos de um país contra as ameaças aéreas que venham a surgir em futuros conflitos.

Com relação à necessidade do estabelecimento de uma DAAe de amplo espectro, verificou-se a relevância do investimento dos recursos da Defesa para a obtenção e/ou desenvolvimento de sistemas com elevado grau de desenvolvimento tecnológico e de alta confiabilidade diante de ameaças aéreas progressivamente mais complexas e possuidoras de decisões autônomas. A título de exemplo presente, já visualizando o futuro, podem ser elencados os “enxames” de drones, a combinação de meios tripulados e remotamente pilotados e ataques de saturação compostos de vetores de naturezas distintas.



Deverá haver uma proliferação e integração de sistemas SHORAD em blindados, veículos e defesa de ponto próxima às instalações que constituam AAV, de modo a atuarem imediatamente contra ataques precisos de SARP armados e de munições de vagueamento oriundas de cima. Além disso, o nível de resiliência às ações de bloqueio e medidas de ataque eletrônico do inimigo deverá ser aumentado em todos os sistemas de DAAe, tudo com o objetivo de manter a máxima eficiência do nosso sistema de controle e alerta, dificultando, assim, a livre ação de ataque por parte das plataformas remotamente pilotadas hostis.

Relativamente à integração e fusão de sensores dos sistemas de DAAe, urge que todos os “sistemas de sistemas” possuam uma arquitetura comum de comunicação, das redes de alerta e de tráfego de dados seguros a altas velocidades e assistidos por inteligência artificial, de modo a facilitar o processo decisório e de conferir-lhe a mais alta probabilidade de acerto. No que tange à defesa passiva, TTP de controle de emissão e de redução de assinaturas deverão ser disseminadas a todos os escalões e recursos humanos participantes da DAAe.

O investimento no fator humano deve ser alvo de dedicados estudos na direção do desenvolvimento de competências profissionais inerentes à operação de

equipamentos e de sistemas de elevado nível tecnológico agregado, bem como da difusão de atributos que estimulem a liderança em todos os níveis, estimulando-se continuamente o autoaperfeiçoamento e a motivação própria dos “soldados do primeiro minuto do combate”.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento dos estudos das lições aprendidas dos conflitos recentes em que há a demanda por meios de defesa antiaérea por parte dos especialistas em Artilharia Antiaérea da Força Terrestre, dada a vasta bibliografia eletrônica disponível em fontes abertas, pois a velocidade avassaladora de transformação dos assuntos militares impõe uma responsabilidade ainda maior para que, futuramente, “asas estranhas não imponham a sua vontade aos nossos horizontes”.

## REFERÊNCIAS

ANTAL, John. **The First War Won Primarily with Unmanned Systems – Ten Lessons from the Second Nagorno-Karabakh War**. Disponível em: <[https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/7bc57aaa-ae26-4c7a-93f9-512dc4a1bca0/UploadedImages/Ten\\_Lessons\\_from\\_the\\_2d\\_Nagorno-Karabakh\\_War\\_by\\_John\\_Antal\\_2021-03-08F.pdf](https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/AUVSI/7bc57aaa-ae26-4c7a-93f9-512dc4a1bca0/UploadedImages/Ten_Lessons_from_the_2d_Nagorno-Karabakh_War_by_John_Antal_2021-03-08F.pdf)>. Acesso em: 14 de novembro de 2021.





BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70-MC-10.223 Operações**. 5ª Edição, 2017.

\_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. **Manual de Campanha EB70-MC-10.231 Defesa Antiaérea**. 1ª Edição, 2017.

ELBEKIAN, Alek. **The Second NK War: Lessons Learned and Future Expectations**. Armenian Weekly, 17 dez 2020. Disponível em: < <https://armenianweekly.com/2020/12/17/the-second-nk-war-lessons-learned-and-future-expectations/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

GETHING; Michael. **Sensor Fusion: situational awareness at its very best**. Jane's International Defence Review. Abr 2011, p. 66-72.

GLOBAL DEFENSE CORP. **Video shows how Armenian Missile Systems were disrupted by Electronic Attacks**. Disponível em: < [https://www.globaldefensecorp.com/2020/11/24/video-shows-how-armenian-missile-systems-were-disrupted-by-electronicattacks/?relatedposts\\_hit=1&relatedposts\\_origin=793634&relatedposts\\_position=0](https://www.globaldefensecorp.com/2020/11/24/video-shows-how-armenian-missile-systems-were-disrupted-by-electronicattacks/?relatedposts_hit=1&relatedposts_origin=793634&relatedposts_position=0)>. Acesso em: 14 de novembro de 2021.

HO, Ben. **The Second Nagorno-Karabakh War: Takeaways for Singapore's Ground-Based Air Defense**. The Journal of Indo-Pacific Affairs, Air University Press. Montgomery, 2021.

KOFMAN, Michael. **A Look at the Military Lessons of the Nagorno-Karabakh Conflict**. Russian Matters. Disponível em: < <https://www.themoscowtimes.com/2020/12/21/a-look-at-the-military-lessons-of-the-nagorno-karabakh-conflict-a72424>>. Acesso em: 14 de novembro de 2021

KOFMAN, M; NERSISYAN, L. **The Second Nagorno-Karabakh War: Two Weeks In**. War on the Rocks, 14 out 2020. Disponível em: < <https://warontherocks.com/2020/10/the-second-nagorno-karabakh-war-two-weeks-in/>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

MILACIC, Slavisa. **The Lessons for Armenia from the Defeat in Nagorno Karabakh**. World Geostrategic Insights. Disponível em: < <https://wgi.world/the-lessons-for-armenia-from-the-defeat-in-nagorno-karabakh/>>. Acesso em: 14 de novembro de 2021.

MITZER, Stijn; OLIEMANS, Joost. **The Fight for Nagorno-Karabakh: Documenting Losses on The Sides of Armenia and Azerbaijan**. The Oryx Blog. Disponível em: < <https://www.oryxspioenkop.com/2020/09/the-fight-for-nagorno-karabakh.html>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

\_\_\_\_\_. **Aftermath: Lessons of the Nagorno-Karabakh War are paraded through the streets of Baku**. The Oryx Blog. Disponível em: < <https://www.oryxspioenkop.com/2021/01/aftermath-lessons-of-nagorno-karabakh.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

RUBIN, Uzi. **The Second Nagorno-Karabakh War: a Milestone in Military Affairs**. The Begin-Sadat Center for Strategic Studies. Mideast Security and Policy Studies nº 184. Ramat Gan, dezembro de 2020.

RUMBAUGH, Was; SHAIKH, Shaan. **The Air and Missile War in Nagorno-Karabakh: Lessons for the Future of Strike and Defense**. Center for Strategic & International Studies (CSIS). Washington DC, 2020.

SHEFTICK, Gary. **Army rebuilding short-range air defense**. Disponível em: < [https://www.army.mil/article/224074/army\\_rebuilding\\_short\\_range\\_air\\_defense](https://www.army.mil/article/224074/army_rebuilding_short_range_air_defense)>. Acesso em: 15 de novembro de 2021.

THOMAS, N; JAMISON, M; GOMBER, K; WALTON, D. **What the United States Military Can Learn from the Nagorno-Karabakh War**. Small Wars Journal. Disponível em: < <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/what-united-states-military-can-learn-nagorno-karabakh-war>>. Acesso em: 14 de novembro de 2021.

GOSTARIA DE TER UM ARTIGO DE OPINIÃO DE  
AAAe OU DEF LIT EM NOSSO SITE ?

ENVIE O ARTIGO PARA:

divdoutesacosaae@gmail.com.



Aponte a câmera do  
seu celular para ser  
redirecionado para  
página OMPM ou  
accesse o link abaixo:

<http://www.esacosaae.eb.mil.br/observatorio-do-primeiro-minuto-ompm>



SCAN ME

**Artilheiro Antiaéreo da Marinha, Exército ou Força Aérea: se você quer publicar um artigo científico em uma das seguintes áreas:**

- Defesa Anti SARP;
- Mísseis anti navio na Defesa do Litoral;
- Artilharia Antiaérea de médio e longo alcances/ média e longa alturas;
- Novas ameaças aéreas: mísseis balísticos, SARP, etc;
- Defesa em profundidades/ defesa em camadas;
- Coordenação do Espaço Aéreo;
- Radares e Guerra Eletrônica;
- Análises de casos históricos;
- DAAe de tropas blindadas e mecanizadas; ou
- Outros temas relacionados a DA Ae ou Def Lit.

**Envie seu artigo para a EsACosAAe. Ele poderá ser publicado no próximo Informativo Antiaéreo.**

**Artigos em fonte Arial 12, em até 10 laudas**

**(por volta de 5.000 palavras)**

**[divdoutesacosaae@gmail.com](mailto:divdoutesacosaae@gmail.com).**



# **INFORMATIVO ANTIAÉREO**

## **Publicação Científica**

1ª Bda AAe - EsACosAAe

13/2021



# ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA



EsACosAAe

Berço da Artilharia de Costa e Defesa Antiaérea