

**ESCOLA DE COMANDO E ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO
ESCOLA MARECHAL CASTELLO BRANCO**

Maj Com **VICTOR DE SOUZA FILGUEIRAS**

**Defesa Antidrone: Aspectos Doutrinários do Emprego
de Meios de Guerra Eletrônica**



Rio de Janeiro
2023

Maj Com **VICTOR DE SOUZA FILGUEIRAS**

Defesa Antidrone: Aspectos Doutrinários do Emprego de Meios de Guerra Eletrônica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Defesa Nacional.

Orientador: Maj Com **ANDRÉ KÖHLER DAMIÃO**

Rio de Janeiro
2023

F481d Filgueiras, Victor de Souza

Defesa Antidrone: Aspectos Doutrinários do Emprego de Meios de Guerra Eletrônica. / Victor de Souza Filgueiras. – 2023.

116 f. : il ; 30cm.

Orientação: André Köhler Damiano.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023.

Bibliografia: f. 104-106.

1. Defesa Antidrone. 2. Guerra Eletrônica. 3. Bloqueio Eletrônico. 4. SARP. I. Título.

CDD 355.02

Maj Com **VICTOR DE SOUZA FILGUEIRAS**

Defesa Antidrone: Aspectos Doutrinários do Emprego de Meios de Guerra Eletrônica

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ciências Militares, com ênfase em Defesa Nacional.

Aprovado em de de 2023.

COMISSÃO AVALIADORA

ANDRÉ KÖHLER DAMIÃO – Maj Com - Presidente
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

DANIEL LEITE DA SILVA – Maj QMB - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

DANTE GAUTO STORTI – Maj QMB - Membro
Escola de Comando e Estado-Maior do Exército

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e permitir todas estas boas experiências.

À minha esposa, Sthéphane, por me apoiar e incentivar em todos os momentos.

Aos meus filhos, Sophie e João Victor por compreenderem minha ausência em alguns momentos de estudo e por me inspirarem diariamente.

Ao meu orientador, Maj André, pelas orientações e pela confiança que depositou em meu trabalho.

RESUMO

O presente trabalho relaciona a Doutrina Militar Terrestre e o emprego de equipamentos de Guerra Eletrônica (GE) na neutralização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP). Os SARP, ou *drones*, como também são conhecidos, vêm sendo empregados para fins civis, militares e criminosos. Devido à capacidade de causar danos a instalações, pessoas e meios militares, aliada à dificuldade que os meios antiaéreos convencionais têm de neutralizar os *drones*, o Exército Brasileiro (EB) adquiriu em 2016, equipamentos de GE que neutralizam SARP por meio de bloqueio eletrônico. Apesar de ter adquirido os equipamentos, o EB ainda não estabeleceu uma doutrina específica para o emprego destes meios. Considerando que a doutrina de defesa antiaérea (DA Ae) atual pode servir de base para a formulação de uma doutrina antidrone, este trabalho teve por objetivo analisar quais aspectos doutrinários da DA Ae não são atendidos quando meios de GE são empregados para realizar bloqueio eletrônico de *drones*. Inicialmente, a pesquisa caracteriza os SARP, em seguida, descreve o bloqueio eletrônico de drones e na parte final do desenvolvimento, apresenta a doutrina de Defesa Antiaérea. Por fim, após análise dos dados obtidos, concluiu-se que, devido às suas características, os meios de GE não atendem plenamente os aspectos doutrinários do Volume de Responsabilidade de Defesa Antiaérea, do Corredor de Segurança e do Estado de Ação, que são medidas de coordenação e controle do espaço aéreo (MCCEA), sendo sugeridas novas MCCEA, que consideram as características dos meios de GE.

Palavras-chave: Defesa Antidrone, Guerra Eletrônica, Bloqueio Eletrônico, SARP.

ABSTRACT

This work relates the Land Military Doctrine and the use of Electronic Warfare (EW) equipment in the interdiction of Unmanned Aircraft Systems (UAS). UAS, or drones, as they are also known, have been used for civil, military and criminal purposes. Due to the ability to cause damage to facilities, people and military assets, combined with the difficulty that conventional anti-aircraft means have in defeating drones, the Brazilian Army acquired in 2016, EW equipment that interdicts UAS by electronic jamming. Despite having acquired the equipment, the Brazilian Army has not yet established a specific doctrine for the use of these means. Considering that the current anti-aircraft defence doctrine can serve as a basis for the formulation of an anti-drone doctrine, this work aimed to analyze which aspects of the anti-air defense doctrine are not met when EW equipments are used to carry out electronic jamming on drones. Initially, the research characterizes the UAS, then describes the electronic jamming on drones and in the final part of the main body, the Anti-Aircraft Defence doctrine is presented. Finally, after analyzing the data obtained, it was concluded that, due to their characteristics, EW equipments do not fully meet the aspects of the anti-air doctrine in the Anti-Aircraft Defence Responsibility Volume, the Security Corridor and the State of Action, which are measures of airspace coordination and control. New measures of airspace coordination and control are suggested considering the characteristics of EW equipments.

Key words: Antidrone defence, Electronic Warfare, Electronic Jamming, UAS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	12
1.3	DELIMITAÇÃO DE ESTUDO	12
1.4	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	12
2	METODOLOGIA.....	13
2.1	TIPO DE PESQUISA	13
2.2	UNIVERSO E AMOSTRA	13
2.3	COLETA DE DADOS	13
2.4	TRATAMENTO DE DADOS.....	13
2.5	LIMITAÇÕES DO MÉTODO	14
3	SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA	15
3.1	CARACTERÍSTICAS	15
3.2	CLASSIFICAÇÃO	17
4	BLOQUEIO ELETRÔNICO DE SARP	21
4.1	GUERRA ELETRÔNICA	21
4.2	A GUERRA ELETRÔNICA E OS SARP	25
5	DEFESA ANTIÁEREA	28
5.1	DEFINIÇÃO.....	28
5.2	CLASSIFICAÇÃO	28
5.3	ESCALÕES DE ARTILHARIA ANTIÁEREA.....	28
5.4	PRINCÍPIOS DE EMPREGO DA AAAE	30
5.5	FUNDAMENTOS DA DEFESA ANTIÁEREA.....	30
5.6	ESTRUTURA DO SISTEMA DE ARTILHARIA ANTIÁEREA	31
5.7	TIPOS DE DEFESA ANTIÁEREA	33
5.8	MEDIDAS DE COORDENAÇÃO E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO.....	34
5.9	DOCTRINA ANTI-SARP	36

6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A presente pesquisa relaciona a Doutrina Militar Terrestre (DMT) e o emprego de equipamentos de Guerra Eletrônica na neutralização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP).

O emprego militar de aeronaves ocorre desde o início do século XX. A ampla utilização das aeronaves e seus efeitos impactantes nos campos de batalha da Primeira Guerra Mundial consagraram esta plataforma como um importante vetor de ataque. Desde então, as aeronaves foram empregadas em vários conflitos armados, tendo importante papel no combate moderno.

A crescente melhoria nas tecnologias dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP) ou *drones*, como hoje são popularmente conhecidos, aliada a certas características, tais como: capacidade de carregar cargas (ainda que pequenas), operação por controle remoto, facilidade de compra e flexibilidade resultaram em um vultoso aumento do emprego destas aeronaves, tanto no meio civil, quanto no meio militar.

No meio civil, os SARP podem ser utilizados para realizar fotos, filmagem, agrimensura, pulverização de agrotóxicos em lavouras e diversos outros fins. No meio militar, estas aeronaves são geralmente utilizadas para missões de reconhecimento, detecção de alvos, condução de tiros e ataques aéreos. Cabe destacar que, em geral, estas aeronaves possuem menor custo e oferecem maior segurança aos pilotos, pois são operadas remotamente.

No conflito russo-ucraniano, iniciado em 2022, Franke (2023) afirma que há um uso intenso de *drones*. A autora destaca ainda, que a maioria dos SARP utilizados pelos ucranianos são de origem civil e foram adaptadas para uso militar. Grynszpan (2023) descreve que alguns drones são adaptados para lançar granadas com precisão.

Figura 1: Drone adaptado para lançar granada



Fonte: Grynszpan, 2023.

A possibilidade de adaptar drones civis para lançar explosivos é aproveitada não somente pelo Exército Ucraniano, mas também por grupos de terroristas e criminosos. Watson (2017), por exemplo, relata que *drones* foram utilizados pelo grupo terrorista Estado Islâmico no Iraque para para lançar pequenos dispositivos explosivos, tendo, como alvos, civis, militares, instalações do Exército Iraquiano. Outro exemplo é descrito por Rodrigues (2019), ocorrido no ano de 2018, durante a comemoração do aniversário da Guarda Nacional da República Bolivariana da Venezuela, um *drone* voou em direção ao palanque onde o Presidente Nicolás Maduro estava realizando um discurso e explodiu. Apesar de não ter tido sucesso em ferir o presidente, o governo venezuelano tratou o ocorrido como uma tentativa de assassinato ao Presidente Maduro.

Figura 2: Explosão de drone durante discurso do Presidente Maduro



Fonte: RODRIGUES, 2019.

Devido à necessidade, várias empresas desenvolveram soluções para neutralizar *drones*. Michel (2019) realizou uma pesquisa sobre os sistemas existentes com capacidade de neutralizar *drones*. À época de sua pesquisa, o autor chegou à conclusão que existiam 362 sistemas com capacidade de neutralizar drones no mundo, sendo o bloqueio eletrônico, o método mais comum entre os sistemas estudados.

De acordo com Filgueiras (2017), a neutralização de SARP por meio de bloqueio eletrônico ocorre com o emprego de um interferidor, que realiza bloqueio eletrônico do enlace de comando e controle e dos sinais de GPS que chegam ao *drone*, impedindo que o piloto realize o controle da aeronave de forma remota e impossibilitando que o *drone* se guie, deixando-o à deriva.

No Brasil, a empresa IACIT desenvolveu equipamentos que executam bloqueio eletrônico de *drones*, que foram adquiridos pelo Exército Brasileiro em 2016 (Defesanet, 2016). Este equipamento foi adquirido para atender, inicialmente, a

necessidade de realizar a segurança dos Jogos Olímpicos de 2016, sediados no Rio de Janeiro. Ao analisar as possíveis ameaças oriundas de *drones* nos Jogos Olímpicos, Moretzsohn (2016) afirma:

[...] os *drones* “portáteis” podem carregar explosivos, venenos, agentes biológicos e até radioativos (Césio 137, por exemplo) e sobrevoar concentrações de pessoas, alojamentos, restaurantes e estradas. Se programados para isso, podem soltar essas cargas sobre seus alvos com relativa precisão. Podem atacar em enxame (*swarm*), composto por vários *drones* programados para muitas missões. Um ataque de *drones* na competição de final de atletismo, com [sic] em área descoberta, com mais da metade do mundo assistindo pela TV, é uma imagem de meu país que não gostaria de sobreviver para dela me lembrar.

Segundo Diniz (2019), os interferidores adquiridos da empresa IACIT, SCE 0100, foram empregados pelo 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE) na defesa antiaérea nos Jogos Olímpicos de 2016, para neutralizar SARP. Diniz (2019) afirma que, naquela ocasião, o 1º BGE atuou com elementos da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1ª Bda AAe), fazendo o papel do subsistema de armas da Artilharia Antiaérea, contrariando a doutrina militar vigente.

A Doutrina Militar Terrestre (DMT) estabelece que o “Exército Brasileiro adota a geração de forças por meio do planejamento baseado em capacidades (PBC).” (BRASIL, 2022, p. 3-2). Entende-se por capacidade: “a aptidão requerida a uma força ou Organização Militar para cumprir determinada missão ou atividade.” (BRASIL, 2022, p. 3-2). Para que o Exército Brasileiro obtenha uma capacidade é necessário atender um conjunto de sete fatores, conhecidos pelo acrônimo DOAMEPI: Doutrina, Organização, Adestramento, Material, Educação, Pessoal e Infraestrutura (BRASIL, 2022).

Segundo Lima Filho (2020), o Exército Brasileiro ainda não possui a capacidade de defesa antiaérea anti-SARP, pois não atende a todos os fatores DOAMEPI. No que tange a doutrina, Lima Filho (2020) afirma que há uma lacuna, todavia, analisa que é possível tomar por base a doutrina de defesa antiaérea (DA Ae) atual para adaptá-la para uma doutrina anti-SARP específica. Cabe ressaltar a importância deste fator pois:

[...] este fator é base para os demais, estando materializado nos produtos doutrinários. Por exemplo, a geração de capacidades de uma unidade inicia-se com a formulação de sua Base Doutrinária, que considera a gama de missões (traduzida das capacidades operativas), atividades e tarefas que essa unidade cumpre em operações. (BRASIL, 2022, p.3-3).

1.1 PROBLEMA

Nesse contexto, foi formulado o seguinte problema de pesquisa: quais aspectos doutrinários são atendidos quando meios GE são empregados em uma DA Ae para realizar bloqueio eletrônico de *drones*?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Para responder o problema elaborado, esta pesquisa tem como objetivo geral: Analisar quais aspectos doutrinários da DA Ae não são atendidos quando meios de GE são empregados para realizar bloqueio eletrônico de *drones*.

1.2.2 Objetivos Específicos

A fim de atingir o objetivo geral, esta pesquisa tem os seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever um sistema de aeronave remotamente pilotada;
- b) Caracterizar o bloqueio eletrônico de *drones*;
- c) Apresentar a Doutrina de Defesa Antiaérea;

1.3 DELIMITAÇÃO DE ESTUDO

O presente estudo está limitado à doutrina vigente de DA Ae do Exército Brasileiro e a neutralização de *drones* por bloqueio eletrônico. Está limitado ainda, aos SARP de pequeno porte.

1.4 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Este estudo se mostra relevante, pois auxiliará na consolidação da capacidade anti-SARP do Exército Brasileiro, analisando aspectos da doutrina atual que servirão de base para uma doutrina de Defesa anti-SARP específica. Desta forma, esta pesquisa irá contribuir com o Objetivo Estratégico do Exército 6: “Manter atualizado o Sistema de Doutrina Militar Terrestre”. (BRASIL, 2019a, p. 25).

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE PESQUISA

A presente pesquisa analisa os aspectos doutrinários que podem ser aplicados ao emprego de equipamentos de Guerra Eletrônica na neutralização de SARP, sendo desta forma uma pesquisa qualitativa.

Conforme a taxionomia de Vergara (2008) essa pesquisa é descritiva, pois descreve a doutrina de DA Ae e o emprego de bloqueadores contra *drones*. Ela também é classificada como bibliográfica e documental, pois se baseia em documentos, pesquisas acadêmicas, livros, revistas e outros materiais publicados e disponíveis ao público em geral.

2.2 UNIVERSO E AMOSTRA

Para facilitar a análise deste estudo, a presente pesquisa limitou-se à análise da neutralização de SARP por interferidores por meio de bloqueio eletrônico. No que tange a Defesa Antiaérea, essa pesquisa limitou-se às Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo presentes em uma DA Ae estática. Quanto aos SARP, considerando que os SARP civis têm sido empregados para usos civis, militares e criminosos, essa pesquisa limitou-se aos SARP classe 3, conforme classificação da Agência Nacional de Aviação Civil.

2.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados desta pesquisa foi realizada por meio de estudos da literatura existente sobre o assunto, sendo realizada uma pesquisa bibliográfica e documental nos materiais publicados disponíveis dentre os quais: manuais, livros, artigos científicos, monografias, dissertações, periódicos, artigos e sítios de internet.

2.4 TRATAMENTO DE DADOS

O tratamento de dados ocorreu por meio de uma análise de conteúdo, no qual foi verificado se os dados obtidos tinham relação com os objetivos desta pesquisa. A partir dos dados coletados, foi realizada uma análise com a finalidade de responder ao problema de pesquisa.

2.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

Esta pesquisa teve limitações da metodologia quanto à pesquisa bibliográfica e documental, pois os materiais que abordam o tema desta pesquisa são em uma quantidade restrita. Contudo, acredita-se que a literatura encontrada foi suficiente para atingir os objetivos propostos no trabalho.

3 SISTEMA DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

3.1 CARACTERÍSTICAS

A aeronave remotamente pilotada (ARP) faz parte de um sistema que permite tanto o seu voo quanto sua operação remota. O manual Vetores Aéreos da Força Terrestre, EB70-MC-10.214, define este sistema, o Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (SARP) da seguinte forma:

[...] conjunto de meios necessários ao cumprimento de determinada tarefa com emprego de ARP, englobando, além da plataforma aérea, a carga paga (*payload*), a estação de controle de solo, o terminal de transmissão de dados, o terminal de enlace de dados, a infraestrutura de apoio e os recursos humanos. Em função do desenvolvimento tecnológico, alguns desses componentes podem ser agrupados. (BRASIL, 2020b, p.1-3).

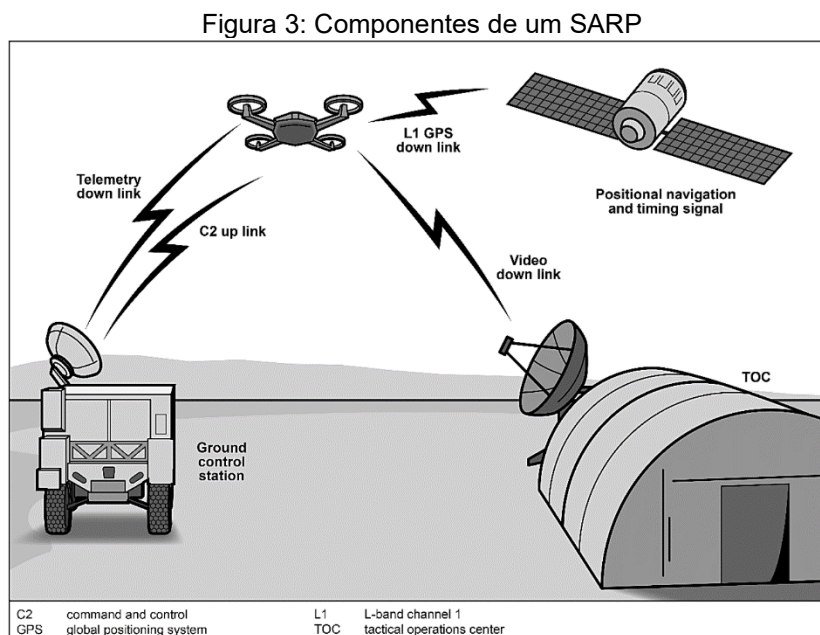
A composição de um SARP é variável e para fins de seu estudo, pode ser dividido da seguinte forma (BRASIL, 2020b):

- a) Plataforma aérea: parte da aeronave em si, na qual estão inclusos seus propulsores, sistema elétrico e sistema de navegação e controle (SNC);
- b) Carga Paga ou Útil (*payload*): sensores e/ou outros equipamentos embarcados na aeronave, como por exemplo câmeras;
- c) Estação de Controle de Solo (ECS): componente que permite ao operador realizar a pilotagem da aeronave e controlar a carga paga;
- d) Terminal de Transmissão de Dados (TTD): composto pelos aparelhos que realizam os enlaces entre a ECS e a aeronave;
- e) Terminal de Enlace de Dados (TED):

consiste nos equipamentos necessários para realizar o enlace com o sistema de comando e controle da F Ter (valendo-se de meios militares e civis), permitindo a transmissão em tempo real, para um centro decisor, dos dados coletados pelo SARP. Pode ser um equipamento a parte ou integrar a ECS ou o TTD. (BRASIL, 2020b, p. 4-4).
- f) Infraestrutura de Apoio: todos os recursos necessários para permitir a operação de um SARP, tais como plataforma de lançamentos, fonte de alimentação, ferramentas e manuais.

Na figura a seguir, pode-se observar um SARP e alguns de seus componentes. A aeronave recebe dados de posicionamento de um satélite, e possui um enlace de

C2 com sua estação de controle de solo (*Ground control station*). A aeronave envia sinal de vídeo a uma antena (terminal de enlace de dados) adjacente ao Centro de Operações Táticas (TOC).



Fonte: EUA, 2023.

Para manter o controle da aeronave e realizar sua operação de forma remota, a ARP necessita estabelecer alguns enlaces. De acordo com a Instrução do Comando da Aeronáutica sobre Aeronaves Não tripuladas e o acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro (ICA 100-40), um dos enlaces que uma ARP realiza é o Enlace de Comando e Controle (C2). Este enlace que também pode ser definido como Enlace de Pilotagem, possibilita a pilotagem da aeronave e pode conter a telemetria necessária para prover ao operador os dados de pilotagem. Este enlace é dividido em *uplink* e *downlink*. (BRASIL, 2020a).

O enlace de C2 pode ser estabelecido por meio de ondas de rádio. Quando este enlace é caracterizado pela ligação ponto a ponto entre a ECS e a ARP define-se a operação em linha de visada rádio, ou RLOS (*radio line of sight*). Quando o enlace de C2 não é realizado ponto a ponto, sendo estabelecido por meio de repetidores ou por satélite, caracteriza-se a operação além da linha de visada rádio, ou BRLOS (*beyond radio line of sight*) (BRASIL, 2020a).

Muitos drones possuem sistema de navegação por GPS¹ (*Global Positioning*

¹ GPS – Sistema de posicionamento global

System. Além de passar a posição exata da ARP ao piloto, a geolocalização por meio de GPS auxilia na estabilização do voo. Os drones que possuem navegação por GPS geralmente possuem a função *return to home* (RTH). Esta função faz com que a ARP retorne em segurança para o seu ponto de decolagem, caso o enlace de C2 seja perdido (BRASIL, 2020a).

3.2 CLASSIFICAÇÃO

Há diversas classificações de SARP. Uma das classificações é definida no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial (RBAC-E) nº 94, Requisitos Gerais Para Aeronaves Não Tripuladas De Uso Civil. Neste regulamento, o peso máximo de decolagem (PMD) das ARP é o critério utilizado para definir as seguintes classes: (BRASIL, 2021).

- a. Classe 1: ARP com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- b. Classe 2: ARP com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150 kg; e
- c. Classe 3: ARP com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg.

Outra classificação é a do manual Vetores Aéreos da Força Terrestre (BRASIL, 2020b). Neste manual, os SARP podem ser classificados em categorias, conforme alguns parâmetros como: a massa, o desempenho, os tipos de enlaces, os efeitos produzidos pela carga paga, as necessidades logísticas ou o escalão responsável pelo emprego do sistema.

Quadro 1 – Categorias de SARP

Categoria	Elemento de Emprego	Nível de Emprego
5	MD/EMCFA	Estratégico
4	C Cj	Operacional
3	CEx/DE	Tático
2	DE/Bda	
1	Bda/U	
0	até SU	

Fonte: BRASIL, 2020b

O Exército dos Estados Unidos da América (EUA) classifica os SARP em 5

grupos. Essa divisão leva em consideração o peso, velocidade e a altura de operação, conforme verifica-se no quadro abaixo (EUA, 2023).

Quadro 2 – Grupos de SARP

Grupo	Peso (libras)	Velocidade (nós)	Altitude normal de operação (pés)
1: micro/ mini SARP	0-20	<100	<1.200
2: Tático pequeno	21-55	101-250	<3.500
3: Tático	56-1.320		<18.000
4: Estratégico ou Teatro	>1.320	Qualquer velocidade	>18.000
5: Estratégico			>18.000

Fonte: EUA, 2023

Segundo EUA (2023), os SARP do grupo 1 e 2 são conhecidos também como SARP de pequeno porte. Esses SARP possuem uma seção reta radar menor que os SARP dos grupos 3,4 e 5, tal fato dificulta a detecção de SARP de pequeno porte por radares.

Por fim, outra forma de classificar os SARP é pelo tipo de suas ARP. As aeronaves que compõem os SARP podem ser divididas em três tipos: asa fixa, asa rotativa/multirotor e balões. Os motores destas aeronaves podem ser tanto elétricos quanto de combustão interna (EUA, 2023). Seguem exemplos de ARP.

Figura 4: ARP de asa fixa - Global Hawk



Fonte: Airforce (2020)

Figura 5: ARP multirotor – DJI Mavic 3 PRO



Fonte: DJI, 2023

Figura 6: ARP balão – HAAS



Fonte: Al Monitor, 2021

3.3 NEUTRALIZAÇÃO DE SARP

Há diversos métodos de neutralização de SARP. Esta pesquisa foca na neutralização por meio de bloqueio eletrônico, porém, Michel (2019) cita ainda outros sete métodos de neutralização de SARP:

a) *Spoofing* – método no qual busca-se tomar controle de um SARP imitando os sinais de seu enlace de pilotagem. Neste método, pode ainda alimentar o SARP com sinais de navegação errados, com o intuito de desviá-lo de seu alvo;

b) Ofuscamento – Um laser ou um feixe de luz intenso é empregado para impedir a gravação de imagens pela câmera do *drone*;

c) Laser – Um laser de alta energia é direcionado para a ARP para destruir alguma parte que comprometa o seu voo e o faça cair;

Figura 7: Sistema de Arma de Laser de Alta Energia da empresa Raytheon



Fonte: Raytheon, 2021

Disponível em: <https://www.thedefensepost.com/2021/02/18/usaf-tested-raytheon-counter-drone-laser-system/>

- d) Micro-ondas de alta potência – Pulsos de alta intensidade de micro-ondas são direcionadas para a ARP, desabilitando o sistema eletrônico da aeronave.
- e) Redes – São utilizadas redes para enroscar o drone ou seus rotores.
- f) Projétil – Emprega-se munições para destruir as ARP inimigas.
- g) Drone de colisão – Um drone é utilizado para colidir e neutralizar um drone inimigo.

4 BLOQUEIO ELETRÔNICO DE SARP

4.1 GUERRA ELETRÔNICA

O manual de campanha EB70-MC-10.201 A Guerra Eletrônica na Força Terrestre define Guerra Eletrônica da seguinte forma:

[...]um conjunto de ações que visam a explorar as emissões do inimigo em toda a faixa do espectro eletromagnético, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, suas intenções e capacidades, e, também, utilizar medidas adequadas para negar o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia, os sistemas próprios. (BRASIL, 2019b, p. 2-3)

As atividades de GE podem ser divididas em três ramos distintos, de acordo com os objetivos que norteiam seu emprego (BRASIL, 2019b):

- a) Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE);
- b) Medidas de Proteção Eletrônica (MPE); e
- c) Medidas de Ataque Eletrônico (MAE).

As Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica são medidas de natureza passiva que buscam obter dados e informações a partir da análise das emissões eletromagnéticas oriundas do oponente. Estas medidas compreendem as seguintes ações: (BRASIL, 2019b)

- a) Busca de Interceptação (BI) - análise do espectro em busca de uma emissão eletromagnética que seja de interesse e medições de seus parâmetros técnicos.
- b) Monitoração (Mon) - acompanhamento da emissão interceptada, por um tempo específico, para obter dados de interesse.
- c) Localização Eletrônica (Loc Elt) – determinação do provável local da fonte do sinal emitido.
- d) Registro (Reg) – armazenamento dos dados adquiridos na emissão para análise.
- e) Análise de GE (Anl GE) – produção de conhecimentos a partir da interpretação e correlação dos dados obtidos.

As Medidas de Proteção Eletrônica são medidas que buscam assegurar a utilização segura e efetiva do espectro eletromagnético. Elas negam ao oponente o

uso das emissões amigas em seu benefício e protegem as emissões amigas de interferências provenientes do oponente ou de fontes não intencionais. As MPE podem ser divididas em ações anti-MAGE e ações anti-MAE (BRASIL, 2019b).

Medidas de Ataque de Guerra Eletrônica são:

[..] medidas que visam a destruir, neutralizar ou degradar a capacidade de combate do oponente, negando-lhe o uso eficiente do espectro eletromagnético, por intermédio da radiação, reirradiação, reflexão, alteração ou absorção intencional de energia eletromagnética ou, ainda, pela destruição física dos sistemas eletrônicos do oponente, por meio de ações ofensivas específicas e especializadas. (BRASIL, 2019b, p. 2-6).

As ações desse ramo da GE são classificadas em: destrutivas e não-destrutivas. As MAE destrutivas são todas aquelas que causam dano físico ao inimigo. Estas podem ser de Emissão de Energia Direcionada (EED) ou Guiamento de Armas pela Emissão do Alvo (GAEA).

A EED consiste na emissão de uma onda eletromagnética de alta potência que tenha capacidade para causar dano ao inimigo. Um exemplo é o laser de alta potência.

O Guiamento de Armas pela Emissão do Alvo consiste no aproveitamento de emissões inimigas para a orientação e guiamento de armamentos que podem realizar sua destruição. Um exemplo de GAEA são os mísseis antirradiação, *que* possuem dispositivo eletrônico que os guiam, de forma autônoma, usando a irradiação do lóbulo principal emitida pelos radares antiaéreos inimigos, com a finalidade de destruí-los fisicamente.

As Medidas de Ataque Eletrônico não-destrutivas se dividem em bloqueio e despistamento e são:

aquelas que empregam a emissão, retransmissão, absorção ou reflexão deliberadas de energia eletromagnética com o intuito de impedir ou degradar os sistemas eletrônicos do oponente, sem, no entanto, causar-lhe dano físico direto. (BRASIL GE FT, 2019, p.3-8)

O despistamento consiste em técnicas que induzem o inimigo a um erro de interpretação das informações recebidas em seus sistemas eletrônicos. O despistamento pode ser classificado, quanto ao método: manipulativo e imitativo; e quanto ao meio empregado: eletrônico ou mecânico.

As técnicas de Bloqueio buscam degradar e negar o uso do espectro eletromagnético pelo oponente. Pode ser realizado utilizando-se técnicas ativas, conhecidas como bloqueio eletrônico, ou por técnicas passivas, chamadas de

bloqueio mecânico.

O Bloqueio mecânico ocorre quando são utilizados meios físicos para refletir a energia eletromagnética dos sensores inimigos, degradando ou anulando sua capacidade de detecção.

O Bloqueio eletrônico ocorre quando se irradia energia eletromagnética deliberadamente, dificultando a recepção de sinais nos equipamentos inimigos de detecção, de radiocomunicações, de navegação eletrônica e nos sistemas de identificação eletrônica e de direção e controle de armas. (BRASIL, 2019b)

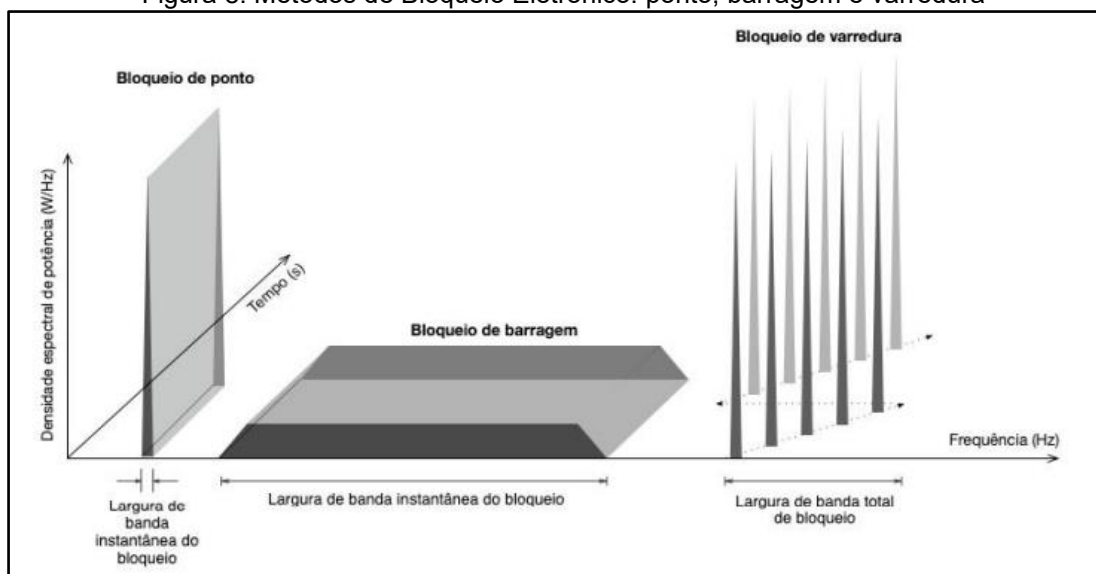
Quanto ao método empregado, o bloqueio pode ser classificado como de ponto, de varredura e de barragem. (BRASIL, 2019b)

No bloqueio de ponto, realiza-se o bloqueio sobre uma frequência somente, geralmente é empregado quando o receptor alvo opera em frequência fixa. (BRASIL, 2019b)

O bloqueio de varredura “emprega emissão de energia eletromagnética de faixa estreita com sintonia variável no tempo, executando transmissão sequencial do sinal de bloqueio em frequências predeterminadas” (BRASIL, 2019b, p.3-8).

O bloqueio de barragem consiste em bloquear uma faixa de frequência ampla. É o método de bloqueio utilizado quando não se sabe exata a frequência do receptor alvo. (BRASIL, 2019b)

Figura 8: Métodos de Bloqueio Eletrônico: ponto, barragem e varredura



Fonte: BRASIL, 2019b, p. 3-9

O método de bloqueio a ser utilizado dependerá das características da emissão a ser bloqueada e as capacidades do equipamento que realiza o bloqueio. Para realizar o bloqueio eletrônico, utiliza-se um equipamento de GE, conhecido como interferidor, bloqueador ou *jammer*. Este equipamento possui estrutura semelhante a um rádio sendo, portanto, relevantes características de seu transceptor, como a frequência de operação e potência; e as características de sua antena, como direcionalidade e ganho (Filgueiras, 2017).

Um interferidor, além de um meio de GE, é também, conforme a DMT, um atuador não cinético. Este tipo de atuador tem a capacidade de provocar danos, tais como degradar ou inquietar o comando e controle do inimigo, sem a utilização de artefatos cinéticos, como granadas, mísseis e foguetes (Brasil, 2015).

Figura 9: Viaturas com interferidores do Sistema de Guerra Eletrônica ILGAR



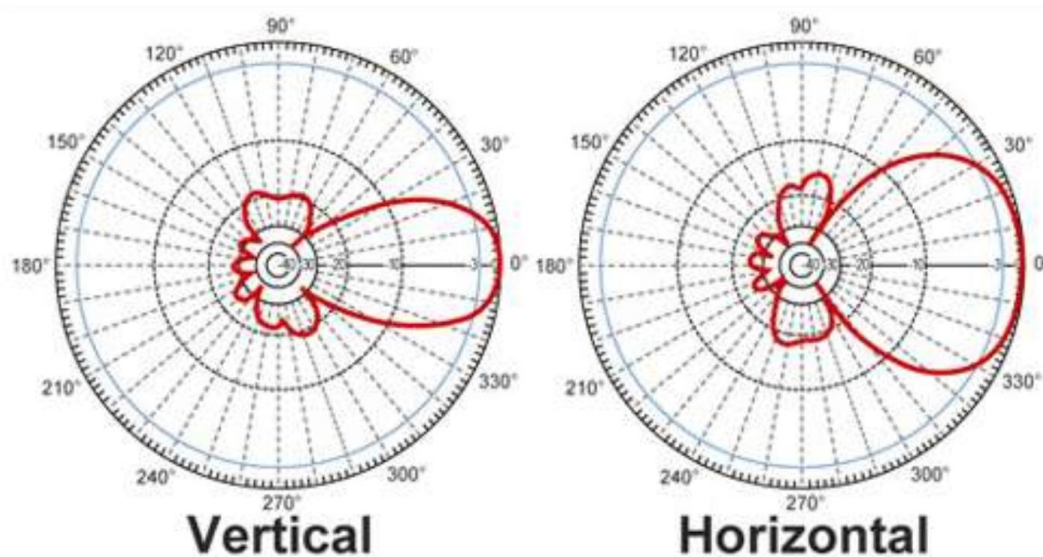
Fonte: Bal, 2021

A potência de um *jammer* é de grande relevância, pois, segundo Adamy (2004), para que um bloqueio eletrônico seja eficaz, deve-se observar os sinais que chegam no receptor alvo, a relação entre o sinal de bloqueio e o sinal bloqueado deve ser de pelo menos 10 dB. Essa relação do sinal bloqueador e o sinal bloqueado geralmente é representada pela expressão J/S (*Jamming/Signal*).

A composição da antena e seu formato influenciam na forma como ela propaga a onda eletromagnética. Uma antena pode ser montada de forma que irradie com mais potência para uma direção do que para outra. O diagrama de irradiação é uma representação gráfica de como uma antena irradia em um determinado plano,

horizontal ou vertical. Nestes diagramas, é possível observar um lóbulo de irradiação principal.

Figura 10: diagrama de irradiação de uma antena direcional



Fonte: IFSC, 2015

4.2 A GUERRA ELETRÔNICA E OS SARP

Segundo o manual EB70-MC-10.247, A Guerra Eletrônica nas Operações, meios de GE podem ser empregados para detectar ARP utilizadas por forças oponentes. Para neutralizar estas aeronaves, é possível realizar um bloqueio eletrônico do enlace de C2 ou das transmissões de vídeo, caso possua câmera em sua carga útil. (BRASIL, 2020c).

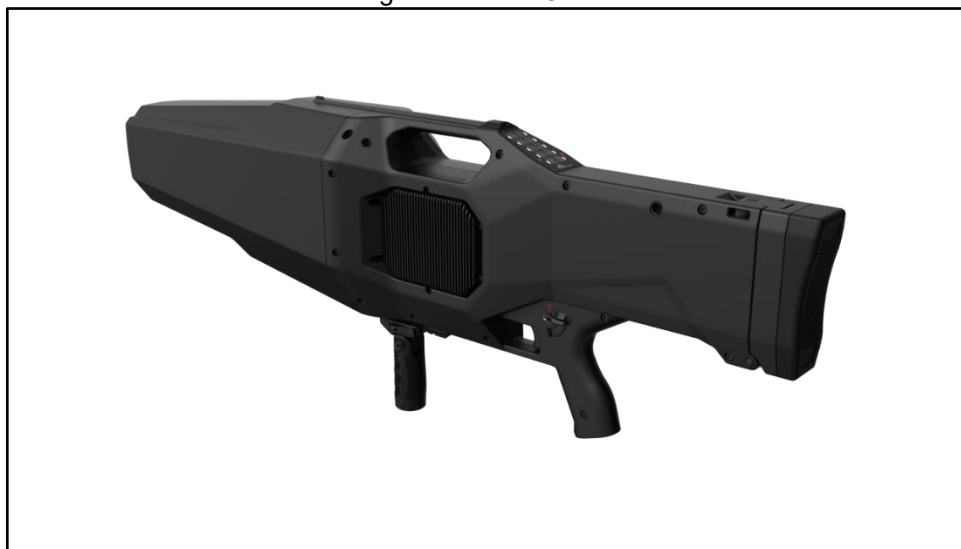
A neutralização de uma ARP, por meio de um bloqueio eletrônico, ocorre quando um *jammer* interfere no enlace de comando e controle e no sistema de navegação e controle. O interferidor realiza bloqueio eletrônico do enlace de comando e controle, impedindo que o piloto realize o controle do *drone* de forma remota. No sistema de navegação e controle, o equipamento realiza bloqueio eletrônico dos sinais de GPS que chegam ao *drone*, impedindo que os sinais sejam utilizados para a ARP se guiar. (Filgueiras, 2017)

Segundo Michel (2019), quando um drone sofre bloqueio eletrônico de seu enlace de C2, ele desce ao solo ou inicia a manobra RTH, retornando ao seu ponto de decolagem. Quando o drone sofre bloqueio eletrônico ele pode ficar pairado no ar

aguardando retornar o sinal ou acabar a bateria, ele pode pousar ou retornar para o ponto de decolagem caso tenha outro meio de navegação.

Há diversos modelos de *jammers* que atuam contra drones. À época de sua pesquisa, Michel (2019) contabilizou 259 sistemas com capacidade de neutralizar SARP por meio de bloqueio eletrônico. Abaixo seguem imagens de alguns destes equipamentos.

Figura 11: NEROD RF



Fonte: MC2, 2023

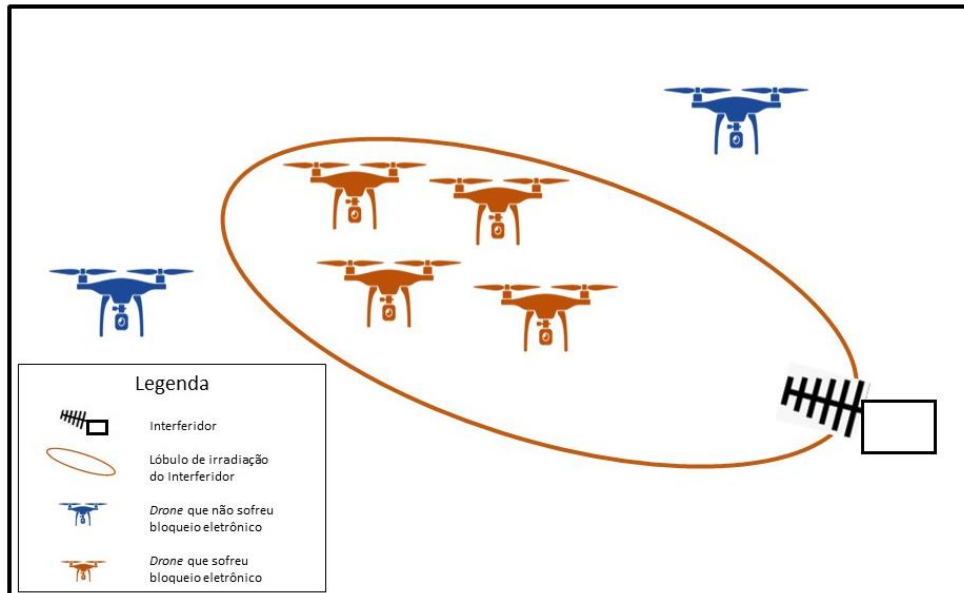
Figura 12: DRONEBlocker



Fonte: IACIT, 2016

Os jammers têm capacidade de bloquear vários drones ao mesmo tempo, devido às características de propagação das ondas eletromagnéticas irradiadas por estes equipamentos (Filgueiras,2017). A imagem a seguir exemplifica esta situação.

Figura 13: Bloqueio Eletrônico



Fonte: O autor

Outra consequência das características de propagação das ondas eletromagnéticas irradiadas por *jammers* é a incapacidade de bloquear somente ARP selecionadas. A partir do momento em que o bloqueio inicia, todas as ARP que estão dentro do alcance do equipamento são bloqueadas (Filgueiras,2017).

Ao analisar o bloqueio eletrônico de ARP, Filgueiras (2017) conclui que não é possível saber o alcance eficaz de um bloqueador simplesmente medindo sua distância até a aeronave alvo, é necessário saber também a que distância o alvo se encontra de seu controlador, pois há uma relação direta da eficiência de bloqueio com a relação distância interferidor - *drone* / distância operador - *drone*, visto que, tanto o sinal do *jammer* quanto o sinal do controlador são atenuados durante o seu percurso. Desta forma, Filgueiras (2017) conclui também que à medida que o *drone* se distancia de seu controlador e se aproxima do *jammer*, aumenta a probabilidade de bloqueio eletrônico da ARP.

5 DEFESA ANTIÁEREA

5.1 DEFINIÇÃO

Segundo o Manual EB70-MC-10.235, Defesa Antiaérea nas Operações, Defesa Antiaérea é: “o conjunto de ações de defesa aeroespacial (D Ae) ativa desencadeadas da superfície, com o objetivo de impedir, anular ou neutralizar a ação de vetores aéreos hostis, tripulados ou não.” (BRASIL, 2017b, p. 1-1)

Para realizar a DA Ae, são empregados elementos de Artilharia Antiaérea (AAAe), “componente terrestre da defesa aeroespacial ativa, realiza a DA Ae de forças, instalações ou áreas, desencadeada da superfície contra vetores aeroespaciais inimigos.” (BRASIL, 2017b, p. 3-2).

5.2 CLASSIFICAÇÃO

A Artilharia Antiaérea pode ser classificada quanto ao tipo, transporte e faixa de emprego da ameaça aérea. (BRASIL, 2017a)

Quanto ao tipo, a AAAe pode ser de tubo ou de mísseis. No que tange ao transporte, pode ser classificada como: portátil, quando o material é transportado pela própria guarnição; autorrebocada, quando o material é tracionado por viatura; e autopropulsada, quando o material é montado sobre viatura. (BRASIL, 2017a)

A faixa de emprego da ameaça aérea define as seguintes classificações de AAAe (BRASIL, 2017a):

- a) baixa altura - opera contra ameaças aéreas voando até 3.000m;
- b) média altura - opera contra ameaças aéreas voando entre 3.000m e 15.000m;
- c) grande altura - opera contra ameaças aéreas voando acima de 15.000m.

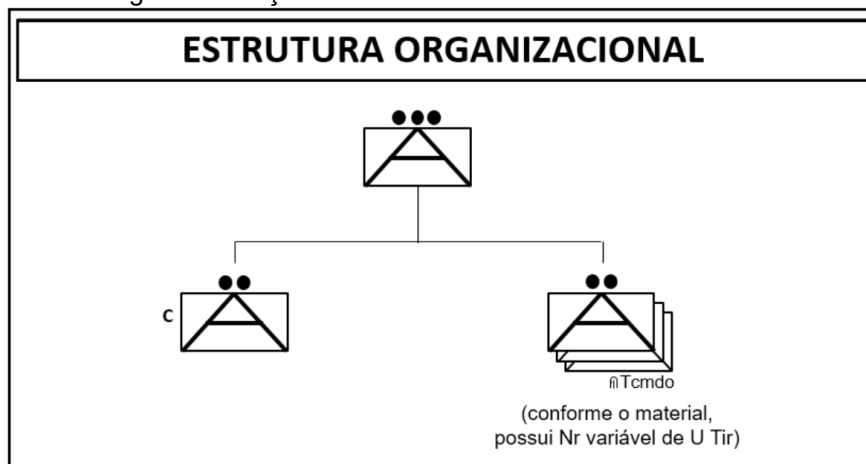
5.3 ESCALÕES DE ARTILHARIA ANTIAÉREA

“Para permitir a coordenação e o emprego de seus meios, a AAAe organiza-se em diferentes níveis de comando, chamados escalões de artilharia antiaérea”. (BRASIL, 2017a, p. 3-13).

A Seção de Artilharia Antiaérea é o menor escalão de AAAe. Ela é capaz de realizar a DA Ae de tropas ou pontos sensíveis com seus meios orgânicos. Sua

estrutura conta com uma turma de comando e um número variável de unidades de tiro (U Tir). (BRASIL, 2017a)

Figura 14: Seção AAAe com material míssil telecomandado



Fonte: BRASIL, 2017a, p. 3-18

Existem ainda, os seguintes escalões de Artilharia Antiaérea (BRASIL, 2017a):

a) bateria de artilharia antiaérea (Bia AAAe) - Composta por uma seção de comando, uma seção de logística e de três ou quatro seções de AAAe;

b) agrupamento-bateria de artilharia antiaérea (Agpt-Bia AAAe) – formação por período limitado no qual uma Bia AAAe reforça uma força que já possua uma bateria sob seu comando, passando as duas Bia AAAe a responderem um único comandante;

c) grupo de artilharia antiaérea (GAAAe) – composto por uma bateria de comando e de três bateria de AAAe;

d) agrupamento-grupo de artilharia antiaérea (Agpt-Gp AAAe) - formação por período limitado no qual um GAAAe reforça uma força que já possua um Grupo sob seu comando, passando os dois GAAAe a responderem um único comandante;

e) brigada de artilharia antiaérea (Bda AAAe) – composta por uma Bateria Comando, uma Companhia de Comunicações, um Batalhão de Manutenção e Suprimento de AAAe (B Mnt Sup AAAe) e de um número variável de grupos e de bateria de artilharia antiaérea subordinados;

f) comando de defesa antiaérea (Cmdo DA Ae) – composto por uma Bateria Comando e de número variável de Bda AAAe, GAAAe e Bia AAAe.

5.4 PRINCÍPIOS DE EMPREGO DA AAAE

A experiência consagrada ao longo dos conflitos definiu os princípios de emprego da AAAe, que orientam seu planejamento e emprego. Estes princípios são (BRASIL, 2017a):

a) centralização - a centralização do comando e controle deve ser sempre buscada;

b) dosagem adequada – deve-se atribuir uma quantidade de meios AAe suficientes para uma determinada DA Ae;

c) prioridade adequada – geralmente há mais necessidade de DA Ae do que a quantidade de meios disponíveis, sendo necessária estabelecer prioridades de DA Ae.

d) flexibilidade – a DA Ae deve ter condições de acompanhar a mudança de dispositivos e de prioridades de seu elemento apoiado com rapidez e eficiência.

e) facilitação de operações futuras – a AAAe deve estar pronta para mudar seu dispositivo e a defesa que irá realizar, e isto deve ser levado em consideração no planejamento de seu emprego.

f) manutenção de meios em reserva – a AAAe não é mantida em reserva, todos os meios disponíveis devem ser empregados.

5.5 FUNDAMENTOS DA DEFESA ANTIAÉREA

A defesa antiaérea possui fundamentos, que em conjunto com os princípios de emprego, permitem uma defesa antiaérea eficaz. São eles (BRASIL, 2017a):

a) utilização do terreno – as características do terreno são observadas a fim de verificar o que como elas influenciam nas rotas de aproximação inimigas, nas possibilidades de detecção, nas possibilidades de camuflagem, dispersão e deslocamento das U Tir.

b) defesa em todas as direções – as U Tir são desdobradas de forma que o inimigo não obtenha vantagem decisiva quanto à direção escolhida para o ataque.

c) defesa em profundidade – forma de atuação sobre o inimigo que escalona os meios antiaéreos, de forma que o inimigo seja engajado pelos mísseis de média altura, em seguida os mísseis de baixa altura e por fim os canhões.

d) apoio mútuo – as U Tir são dispostas no terreno de forma que o setor de tiro de uma cubra parte do setor de tiro da outra, impedindo a incursão do inimigo por

entre as U Tir.

e) combinação de armas antiaéreas - sempre que possível, deve-se adotar uma combinação de sistemas de armas, de forma que um sistema cubra as limitações de outro sistema.

f) integração – quando duas DA Ae estão próximas e suas U Tir possuem linhas de desdobramento contíguas, reúnem-se os meios das DA Ae em um único dispositivo de defesa.

g) engajamento antecipado – ação de engajamento do inimigo antes que ele empregue seu armamento contra o objetivo defendido ou proceda ao reconhecimento aéreo.

h) alternância de posição – capacidade de mudar a posição dos órgãos do sistema de controle e alerta e das U Tir sem comprometer a defesa, de forma a se adequar à situação imposta pela manobra e reconhecimento inimigo.

i) mobilidade – a AAAe deve ter mobilidade igual ou superior ao elemento que está defendendo e seus elementos têm que ter mobilidade suficiente para ocupar posições de tiro alternativas.

j) defesa passiva – definida como:

[...] conjunto de ações e medidas tomadas antes, durante e depois de um ataque, reduzindo seus efeitos sem, contudo, hostilizar o inimigo. Pode ser obtida através da simulação, da camuflagem, da utilização de cobertas e abrigos, da dispersão dos meios, de posições falsas, da disciplina de luz e de utilização das comunicações, do desenfiamiento e do controle das emissões eletromagnéticas (radar). (BRASIL, 2017a, p.4-5)

5.6 ESTRUTURA DO SISTEMA DE ARTILHARIA ANTIAÉREA

A AAAe, dentro de seus diversos escalões, apresenta a seguinte estrutura (BRASIL, 2017a):

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

O subsistema de controle e alerta tem por missão: “realizar a vigilância do espaço aéreo sob responsabilidade de seu escalão, receber e difundir o alerta de aproximação de incursões e controlar e coordenar a AAAe subordinada.” (BRASIL,

2017a, p. 3-4). Este sistema é composto pelo centro de operações antiaéreas (COAAe); pelos sensores de vigilância, como por exemplo radares; e pelos Postos de Vigilância (BRASIL, 2017a)

Figura 15: Vtr COAAe e Radar SABER M60



Fonte: BRASIL, 2022

O subsistema de armas tem por finalidade a destruição dos vetores inimigos. As duas armas antiaéreas principais são o míssil e o canhão antiaéreo. Devido às suas características de funcionamento, o canhão possui um melhor desempenho na proteção aproximada, enquanto o míssil possui um melhor desempenho na proteção afastada. (BRASIL, 2017a)

Figura 16: Viatura Blindada Gepard com Canhões Antiaéreos de 35mm



Fonte: BRASIL, 2022

Figura 17: Disparo de Míssil Antiaéreo RBS 70



Fonte: BRASIL, 2022

O subsistema de apoio logístico permite a permanência da AAAe em operação contínua e eficiente. O sistema deve estar capacitado a executar todas as atividades logísticas que lhe forem pertinentes. Há uma elevada necessidade de suprimento de munição, lubrificantes, componentes específicos bem como necessidade de manutenção especializada dos armamentos da AAAe. (BRASIL, 2017a).

5.7 TIPOS DE DEFESA ANTIAÉREA

A Artilharia Antiaérea estabelece dois tipos de defesa: defesa estática e defesa móvel. O tipo de defesa a ser estabelecido baseia-se na mobilidade do objetivo defendido. (BRASIL, 2017a).

A defesa estática é estabelecida quando o objetivo a ser defendido não está realizando um movimento. Esta defesa engloba as defesas de zona de ação ou área sensível e a defesa de ponto sensível. (BRASIL, 2017a).

A defesa móvel “é aquela que ocorre quando a tropa apoiada se encontra em movimento e a AAAe acompanha o seu deslocamento. As unidades de tiro, normalmente, marcham articuladas com a fração defendida.” (BRASIL, 2017a, p. 3-9).

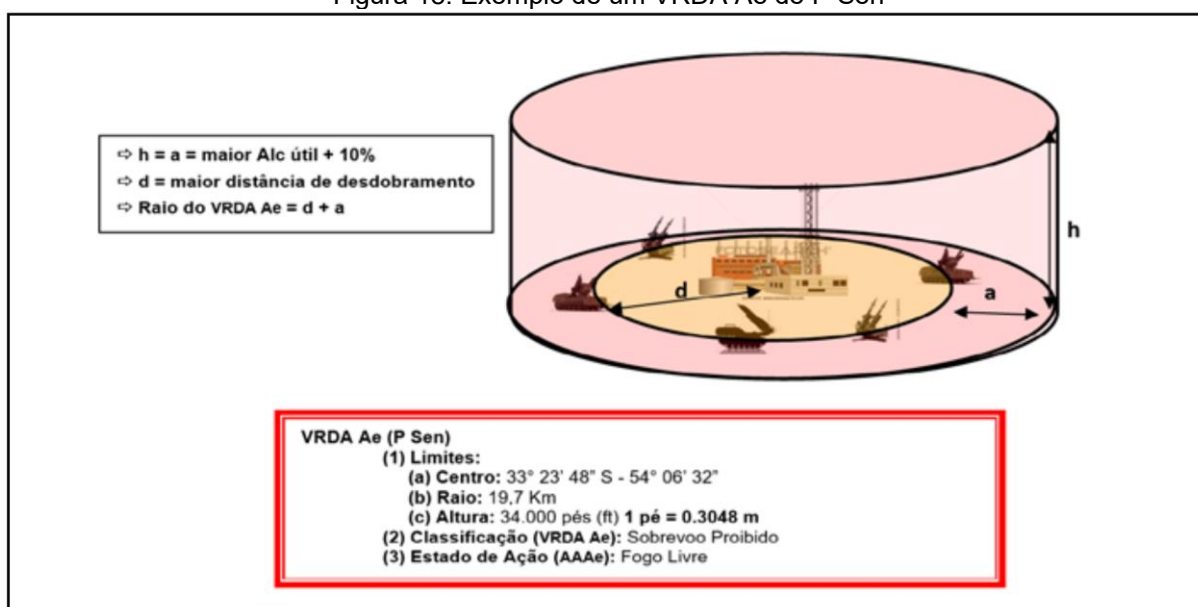
5.8 MEDIDAS DE COORDENAÇÃO E CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

A coordenação do espaço aéreo e dos fogos da AAAe necessita da adoção de algumas medidas de coordenação, tais como (BRASIL, 2017b):

- a) volume de responsabilidade de defesa antiaérea (VRDA Ae)
- b) estado de ação (Est Aç)
- c) estado de alerta (Est Alr)
- d) condições de aprestamento (Cndc Apr); e
- e) corredores de segurança (Crdr Seg)

O VRDA Ae é uma porção do espaço aéreo no qual vigoram procedimentos específicos para o sobrevoo de aeronaves amigas e para o fogo antiaéreo. Possui formato cilíndrico e é delimitado em altura por plano horizontal com a cota expressa em metros e centenas de pés. A linha da base do VRDA Ae é chamada de linha de defesa antiaérea (LDA Ae). Quando aplicado na defesa de A Sen ou P Sen: “possui altura igual ao maior alcance útil das armas AAe acrescido de 10% (dez por cento). O raio do cilindro corresponde à maior distância de desdobramento das U Tir, medida a partir do centro da DA Ae, somada ao valor da altura.” (BRASIL, 2017b, p. 4-3)

Figura 18: Exemplo de um VRDA Ae de P Sen



Fonte: BRASIL, 2017b, p. 4-3

O estado de ação da AAAe é aplicado aos VRDA Ae e determina o grau de liberdade de abrir fogo das armas antiaéreas. As DA Ae podem estar sob os seguintes estados de ação (BRASIL, 2017b):

- a) fogo livre – abrir fogo contra aeronaves não identificadas como amigas;
- b) fogo restrito – somente abrir fogo contra aeronaves identificadas como inimigas;
- c) fogo interdito – não abrir fogo, com exceção do caso de autodefesa;
- d) fogo designado – abrir fogo somente contra alvos designados por um centro de comando e controle ou em autodefesa.

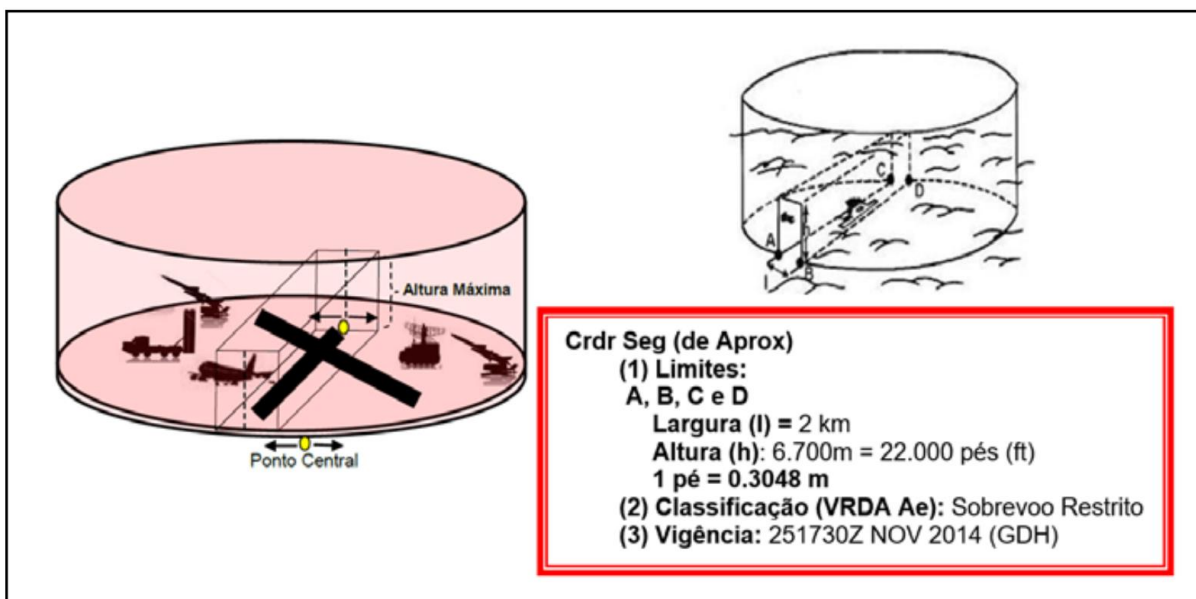
A probabilidade de ocorrência de ataque de aeronave ou outros vetores aéreos em uma determinada área de DA Ae é representada pelo estado de alerta, que pode ser dos seguintes tipos: (BRASIL, 2017b)

- a) alerta vermelho – ataque iminente ou em desenvolvimento;
- b) alerta amarelo – ataque provável; e
- c) alerta branco – ataque pouco provável.

A condição de aprestamento determina o estado de prontidão dos meios antiaéreos em uma DA Ae. Pode ser classificada em três tipos: (BRASIL, 2017b)

- aprestamento 3 – postos de combate;
- aprestamento 2 – prontidão; e
- aprestamento 1 – segurança.

Os corredores de segurança são rotas de tráfego aéreo, que devem ser cumpridas pelas aeronaves amigas para ingressarem em um VRDA Ae sem que sejam engajadas pela DA Ae. (BRASIL, 2017b)



Fonte: BRASIL, 2017b, p. 4-12

5.9 DOCTRINA ANTI-SARP

Segundo Diniz (2019), o Exército Brasileiro não possui uma doutrina específica para a DA Ae Anti-SARP. Apesar deste fato, o autor ressalta que o 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE) atuou com interferidores para a neutralização de drones durante os Jogos Olímpicos de 2016 em conjunto com tropas de Artilharia Antiaérea, tendo sido bem-sucedido na execução desta tarefa. Apesar da falta de doutrina específica para a DA Ae Anti-SARP o autor conclui em seu estudo que: “a atuação conjunta, da 1ª Bda AAAe e do 1º BGE, no combate aos SARP nos JOP² 2016, não evidenciou a necessidade de readequação doutrinária, havendo conveniência de manter o *modus operandi* para as operações futuras”. (DINIZ, 2019 p.98)

Menezes (2018) argumenta que é necessário desenvolver uma doutrina para o emprego de interferidores para neutralizar SARP. Este autor sugere o aproveitamento dos conhecimentos Anti-SARP adquiridos nos Grandes Eventos para servir de base para o desenvolvimento da capacidade na Força Terrestre.

Campos e Eiriz (2019) apontam que verificar a possibilidade de desenvolvimento de doutrina anti-SARP foi uma boa prática obtida pela AAAe nos JOP. Ressaltam ainda, que a análise da detecção e observação de *drones* é importante pois permite uma maior gama de dados para a tomada de decisão da autoridade competente para ordenar a neutralização de SARP.

² Jogos Olímpicos

Segundo Lima Filho (2020), o Exército Brasileiro possui princípios de Artilharia Antiaérea consolidados e que podem ser aproveitados para sistemas antidrones. Todavia, o autor compreende que há necessidade de estabelecer uma doutrina específica para consolidar a capacidade anti-SARP. Tal doutrina é necessária em especial para neutralizar SARP pequenos que voam a velocidades reduzidas e a baixas altitudes, conhecidos pelo acrônimo proveniente do inglês: LSS (*low, slow and small*), pois “são mais difíceis de serem detectados, identificados e neutralizados pelos sistemas antiaéreos convencionais.” (LIMA FILHO, 2020, p.19). Cabe salientar que em sua pesquisa, o autor verifica que outros países como a Espanha também não possui uma doutrina anti-SARP consolidada.

O Ministério da Defesa da Espanha elaborou um conceito nacional anti-SARP LSS no ano de 2019. Neste conceito, é estabelecido que a capacidade anti-SARP no âmbito das Forças Armadas Espanholas necessita de análise para criação de uma doutrina particular e de revisão ou adaptação da doutrina existente. (ESPANHA, 2019)

6 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve por objetivo geral analisar quais aspectos doutrinários da DA Ae não são atendidos quando meios de GE são empregados para realizar bloqueio eletrônico de *drones*.

Pode-se verificar que a neutralização de SARP por bloqueio eletrônico é visto em somente dois manuais do Exército Brasileiro, EB70-MC-10.315 – Batalhão de Guerra Eletrônica e EB70-MC-10.247 -A Guerra Eletrônica nas Operações. No primeiro manual, verifica-se a previsão de uma seção SARP na Cia GE que emprega meios de MAE anti-SARP. O segundo manual se limita a afirmar que é possível realizar ataque eletrônico para neutralizar ARP. Desta forma, esta pesquisa ratifica a afirmação de que não há uma doutrina específica de DA Ae anti-SARP no EB, conforme observado por Diniz (2019), Menezes (2018), Campos e Eiriz (2019) e Lima Filho (2020).

Uma parte importante da doutrina de defesa antiaérea são as medidas de coordenação e controle do espaço aéreo. Verifica-se que a doutrina militar terrestre estabelece as seguintes MCCEA: volume de responsabilidade de defesa antiaérea; estado de ação; estado de alerta; condições de aprestamento; e corredores de segurança.

Ao analisar a doutrina vigente e o emprego de meios de GE para o bloqueio eletrônico de *drones*, conclui-se que, o emprego de *jammers* atende parcialmente aos aspectos doutrinários do estabelecimento de um VRDA Ae. Com relação às dimensões de um VRDA Ae, verifica-se que são calculadas a partir do alcance útil do armamento AAe, todavia, o interferidor, diferente de outros sistemas de armas, não possui um alcance útil fixo, impossibilitando o dimensionamento de um VRDA Ae seguindo a doutrina vigente. Cabe ressaltar, que não é possível saber o alcance eficaz do bloqueador simplesmente medindo sua distância até o alvo, é necessário saber também a que distância o alvo se encontra de seu controlador, pois há uma relação direta da eficiência de bloqueio com a relação interferidor - *drone* / distância operador – *drone*, visto que, tanto o sinal do *jammer* quanto o sinal do controlador são atenuados durante o seu percurso. Com relação ao emprego de *jammers* como U Tir em um VRDA Ae, verifica-se que estes equipamentos têm capacidade de neutralizar ARP, sendo coerente o seu emprego com a doutrina vigente.

Conclui-se também que, o emprego de *jammers* atende parcialmente aos

aspectos doutrinários do estabelecimento de um estado de ação da AAAe. Verifica-se que, devido às características de propagação eletromagnética, não é possível neutralizar aeronaves de forma seletiva com interferidores. No momento em que o interferidor é ligado, todas as aeronaves que estão no seu alcance sofrem bloqueio. Desta forma, ao cumprir a prescrição do estado de ação do VRDA Ae e neutralizar uma ameaça aérea, outras aeronaves que estão no VRDA Ae e dentro do alcance do interferidor também poderão ser neutralizadas, independente de ser uma ameaça ou não.

Infere-se ainda que, de forma semelhante ao estado de ação, o emprego de *jammers* atende parcialmente aos aspectos doutrinários do estabelecimento de um corredor de segurança. Se uma aeronave hostil estiver sofrendo bloqueio eletrônico no VRDA Ae, as aeronaves amigas que se encontram no corredor de segurança poderão sofrer bloqueio eletrônico também, devido às características de propagação e incapacidade técnica de realizar um bloqueio seletivo de um interferidor.

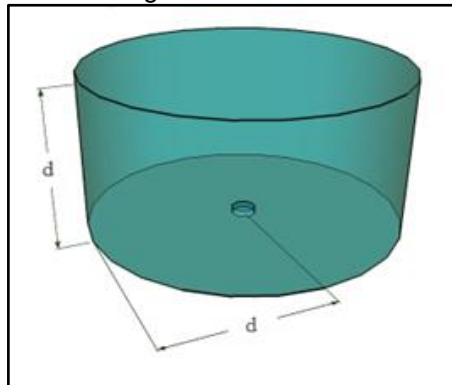
Com relação ao estado de alerta (Est Alr) e às condições de aprestamento (Cndc Apr) da DA Ae, conclui-se que os meios de GE não têm limitação a atender estas medidas. Esta afirmação baseia-se no fato que estas MCCEA se referem somente ao preparo da tropa e seus armamentos, sem ter ocorrido o emprego destes, não havendo diferença para os meios de GE empregados em um DA Ae.

Infere-se também, de forma relevante, que interferidores podem ser empregados dentro de um contexto de DA Ae contra SARP, como U Tir de efeito não cinético, integrando o subsistema de armas da AAAe. Tal fato vai ao encontro da doutrina vigente, pois atenderia a princípios e fundamentos estabelecidos, como ao princípio de flexibilidade e ao fundamento da combinação de armas antiaéreas.

Por fim, diante das análises feitas, sugere-se a realização de novos trabalhos para embasar uma doutrina antidrone. Considerando a doutrina de DA Ae atual, os aspectos doutrinários atendidos parcialmente pelos interferidores e as características destes equipamentos, sugere-se o estudo da criação de novas MCCEA para atender ao emprego de meios de GE. Em substituição ao VRDA Ae, ao Corredor de Segurança e ao Estado de Ação, sugere-se a criação das seguintes MCCEA:

a) Volume de Neutralização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (VNARP) – semelhante ao VRDA Ae, uma porção do espaço aéreo na qual as ARP são neutralizadas prioritariamente por bloqueio eletrônico. Possui formato cilíndrico, sendo seu raio e altura de igual medida, a ser definida pelo equipamento a ser empregado.

Figura 20 - VNARP



Fonte: O autor

b) Prescrição de bloqueio – é aplicado aos VNARP e determina o grau de liberdade de realizar bloqueio eletrônico:

1) Bloqueio ativo – os interferidores permanecem ligados durante o período estipulado, neutralizando todas as ARP que estiverem no VNARP;

2) Bloqueio Reativo – realiza-se o bloqueio eletrônico quando uma ARP identificada como inimiga entrar no VNARP, independentemente de ter ARP identificadas como amigas no VNARP;

3) Bloqueio Restrito – realiza-se o bloqueio eletrônico quando uma ARP identificada como inimiga entrar no VNARP e se não houver ARP identificada como amiga no VNARP.

REFERÊNCIAS

AIRFORCE Technology. **RQ-4A/B Global Hawk HALE Reconnaissance UAV**. 13 jul. 2020. Disponível em: <https://www.airforce-technology.com/projects/rq4-global-hawk-uav/>. Acesso em: 9 set. 2023.

AL-MONITOR Staff. **Israel floats trial for new balloon-based drone, missile - detecting radar**. 04 nov. 2021. Disponível em: <https://www.al-monitor.com/originals/2021/11/israel-floats-trial-new-balloon-based-drone-missile-detecting-radar>. Acesso em: 9 set. 2023.

BRASIL, Agência Nacional de Aviação Civil. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial nº 94**. Brasília, 2021. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf> Acesso em 15 mar. 2023.

_____, Ministério da Defesa, Aeronáutica. **ICA 100-40: Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: < <https://publicacoes.decea.mil.br/publicacao/ica-100-40>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

_____, _____, Exército. **EB10-P-01.007: Plano Estratégico do Exército**. ed. 2020-2023 Brasília: 2019a.

_____, _____, _____. **EB70-MC-10.201: A Guerra Eletrônica Na Força Terrestre**. 1. ed. Brasília: 2019b.

_____, _____, _____. **EB70-MC-10.214: Vetores Aéreos da Força Terrestre**. 2. ed. Brasília: 2020b.

_____, _____, _____. **EB70-MC-10.247: A Guerra Eletrônica Nas Operações**. 1. ed. Brasília: 2020c.

_____, _____, _____. **EB70-MC-10.231: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília: 2017a.

_____, _____, _____. **EB70-MC-10.235: Defesa Antiaérea Nas Operações**. 1. ed. Brasília: 2017b.

_____, _____, _____. **EB20-MF-10.102**: Doutrina Militar Terrestre. 3. ed. Brasília: 2022.

CAMPOS, Renato Rocha Drubsky de; EIRIZ, George Koppe. O emprego da artilharia antiaérea contra ameaças assimétricas em grandes eventos. **A Defesa Nacional**, v. 849, 8 dez. 2022.

Defesanet. **IACIT Apresenta Sistema de Jammer Eletrônico para Segurança Pública**. Brasília, 29 mar. 2016. Disponível em <<http://www.defesanet.com.br/fidae/noticia/21971/IACIT-Apresenta-Sistema-de-Jammer-Eletronico-para-Seguranca-Publica/>> Acesso em 30 out. 2022.

DINIZ, Rodrigo Modesto Frech. **Proposta de Concepção das Seções AntiSARP nos Grupos de Artilharia Antiaérea**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2019.

ESPANHA. **Concepto Nacional C-UAS LSS**: Counter Unmanned Aerial Systems Low Slow Small. Madrid, 2019. Disponível em: <https://emad.defensa.gob.es/Galerias/CCDC/files/01_CONCEPTO_NACIONAL_C-UAS_LSS_xPARA_WEBx.pdf>. Acesso em 20 abr. 2023.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. **ATP 3-01.81 Counter-Unmanned Aircraft System Techniques**. 2023. Disponível em: <<https://fas.org/irp/doddir/army/atp3-01-81.pdf>>

FILGUEIRAS, Victor. **A UTILIZAÇÃO DE MEIOS DE GUERRA ELETRÔNICA NA DEFESA ANTIAÉREA CONTRA AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS (ARP)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2017.

FRANKE, Ulrike. Drones in Ukraine and beyond: Everything you need to know. **European Council on Foreign Relations**, 11 ago. 2023. Disponível em: <https://ecfr.eu/article/drones-in-ukraine-and-beyond-everything-you-need-to-know/>. Acesso em: 6 set. 2023.

GRYNSZPAN, Emmanuel. In the Donbas, a drone ace decimates the Russians. **Le Monde**, 18 abr. 2023. Disponível em:

https://www.lemonde.fr/en/international/article/2023/04/18/in-the-donbas-a-drone-ace-decimates-the-russians_6023322_4.html. Acesso em: 6 set. 2023.

LIMA FILHO, Paulo Davi de Barros. **A defesa anti-SARP na Força Terrestre**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação *lato sensu* em Ciências Militares, com ênfase em Defesa) - Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8ª. ed. atual. São Paulo: Atlas, 2017.

MENEZES, César Crishnamurti Costa de. **As Atuais Capacidades e Limitações do Emprego da Artilharia Antiaérea Brasileira Contra os Sistemas Aéreos Remotamente Pilotados**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação *lato sensu* em Ciências Militares, com ênfase em Gestão Operacional) - Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2018.

MICHEL, Arthur Holland. **Counter-drone systems**. . Washington D.C., 2019. Disponível em: <<https://dronecenter.bard.edu/files/2019/12/CSD-CUAS-2nd-EditionWeb.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2023.

MORETZSOHN, Eugênio. **Drones assassinos: a maior ameaça terrorista à segurança dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos**. Defesanet. 17 jul. 2016. Disponível em: <[http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/22944/Drones-assassinos-a-maior-ameaca-terrorista-a-seguranca-dos-Jogos-Olimpicos-e-Paraolimpicos-/->](http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/22944/Drones-assassinos-a-maior-ameaca-terrorista-a-seguranca-dos-Jogos-Olimpicos-e-Paraolimpicos-/). Acesso em: 28 jun. 2023.

RODRIGUES, Fania. O que as investigações revelam um ano depois do atentado a drone contra Maduro. **Brasil de Fato**. 06 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.brasildefato.com.br/2019/08/06/o-que-as-investigacoes-revelam-um-ano-depois-do-atentado-a-drone-contra-maduro>>. Acesso em: 25 jun. 2023.

VERGARA, Sylvia Constant. **Métodos de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 287 p., il. Bibliografia: p. 269-287. ISBN: 978-85-224-4999-6.

WATSON, Ben. The Drones of Isis. **Defense One**, 12 jan. 2017. Science & Tech, Disponível em: <https://www.defenseone.com/technology/2017/01/drones-isis/134542/>. Acesso em: 9 set. 2023.