

**ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO NO NÍVEL LATO SENSU EM  
OPERAÇÕES MILITARES DE DEFESA ANTIAÉREA E DEFESA DO LITORAL**

**BRUNO VILLAS-BÔAS SPELTA**

**POSSIBILIDADES DE DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE DRONES PELA  
ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO: UMA PROPOSTA DE  
EMPREGO EM AMBIENTE URBANO**

**Rio de Janeiro  
2019**

**BRUNO VILLAS-BÔAS SPELTA**

**POSSIBILIDADES DE DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE DRONES PELA  
ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO: UMA PROPOSTA DE  
EMPREGO EM AMBIENTE URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Artilharia de  
Costa e Antiaérea como requisito parcial  
para a obtenção do Grau Especialidade  
em Operações Militares de Defesa  
Antiaérea e Defesa do Litoral.

**ORIENTADOR: Cap Art FELIPE SOARES DA ROCHA CHAVES**

**Rio de Janeiro  
2019**



MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DECEx - DETMil  
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA

DIVISÃO DE ENSINO / SEÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COMUNICAÇÃO DO RESULTADO FINAL AO POSTULANTE (TCC)

SPELTA, Bruno Villas-Bôas (1º Ten Art). Possibilidades de detecção e neutralização de drones pela artilharia antiaérea do Exército Brasileiro: uma proposta de emprego em ambiente urbano. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no programa *lato sensu* como requisito parcial para obtenção do certificado de especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral. Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea.

Orientador: FELIPE SOARES DA ROCHA CHAVES / CAPITÃO / ARTILHARIA

Resultado do Exame do Trabalho de Conclusão de Curso: \_\_\_\_\_

Rio de Janeiro, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

\_\_\_\_\_  
AUGUSTO CESAR RODRIGUES FORTES / MAJOR / ARTILHARIA  
PRESIDENTE

\_\_\_\_\_  
CARLOS EDUARDO DE FARIA GUIMARÃES / CAPITÃO / ARTILHARIA  
MEMBRO

\_\_\_\_\_  
FELIPE SOARES DA ROCHA CHAVES / CAPITÃO / ARTILHARIA  
MEMBRO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu esta vida saudável, permitindo que tudo pudesse acontecer.

Aos meus familiares e amigos pelo amor, incentivo e apoio incondicional nas horas mais difíceis.

À EsACosAAe, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao meu orientador pelo apoio, confiança e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

E também a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta especialização.

*“As oportunidades multiplicam-se à medida que são agarradas.” (Sun Tzu)*

## **POSSIBILIDADES DE EMPREGO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO NA DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE DRONES: UMA PROPOSTA DE EMPREGO EM AMBIENTE URBANO**

Bruno Villas-Bôas Spelta

**Resumo:** O presente trabalho teve como escopo apresentar os principais aspectos da atual doutrina da artilharia antiaérea brasileira quanto à detecção e neutralização de ameaças assimétricas remotamente pilotadas, conhecidas popularmente como drones. Dessa forma, o autor discorre sobre esse tema à luz da crescente preocupação decorrente do aumento significativo da utilização de drones para fins terroristas. A fim de facilitar a compreensão do estudo, primeiramente são abordadas as definições de drones de acordo com a atual regulamentação brasileira de aviação civil e o contexto histórico do surgimento de tal tecnologia. Além de citar as principais tecnologias de detecção e neutralização de drones ao redor do mundo, o trabalho explora o Sistema de Bloqueio de Drones SCE0100 IACIT. Discorre, também, sobre as possibilidades e limitações dessas tecnologias. O autor descreve, ainda, o funcionamento do Subsistema de Controle e Alerta em operações urbanas. Por fim, elenca algumas propostas de emprego para preenchimento de lacunas doutrinárias no que tange à detecção e neutralização de ameaças assimétricas remotamente pilotadas em ambientes urbanos. Para a consecução destes objetivos, foi realizada uma pesquisa baseada em consultas aos manuais doutrinários do Exército Brasileiro, a sites disponíveis na internet que tratam sobre o assunto e a publicações sobre o tema. Finalmente, conclui-se que é necessária a adaptação da doutrina de emprego, ora utilizada nas operações militares, para o tipo de Defesa Antiaérea aqui tratada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Drones, SARP, Combate Urbano, Artilharia Antiaérea.

**Abstract:** This paper aimed to present the main aspects of the current doctrine of the Brazilian anti-aircraft artillery to the detection and neutralization of remotely piloted asymmetric threats, popularly known as drones. Thus, the author discusses this subject in light of the growing concerns arising from the significant increase in the use of drones for terrorist purposes. In order to facilitate the understanding of the study, the definitions of drones according to the current Brazilian civil aviation regulation and the historical context of the emergence of such technology are mainly addressed. In addition to citing key drone detection and neutralization technologies around the world, the paper explores the drone lock system SCE0100 IACIT. It also discusses the possibilities and limitations of these technologies. The author also describes the operation of the control and alert subsystem in urban warfare. Finally, it lists some employment proposals to fill doctrinal gaps. Regarding, the detection and neutralization of the remotely piloted asymmetric threats in urban environments. In order to achieve these objectives, a research was conducted based on consultations with Brazilian Army manuals, available websites on the Internet that deal with the subject and the publications on the subject. Finally, it is concluded that the doctrine of employment currently used in military operations must be adapted to the type of anti-aircraft defense discussed here.

**KEY WORDS:** Drones, Unmanned Aerial Vehicle - UAV, Urban Warfare, Anti-aircraft Artillery.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2 METODOLOGIA .....</b>  | <b>11</b> |
| 2.1 Tema .....  | 11        |
| 2.2 Formulação do problema .....  | 11        |
| 2.3 Questões de estudo .....  | 11        |
| 2.4 Objetivos .....   | 12        |
| 2.5 Justificativas .....  | 12        |
| 2.6 Contribuição .....  | 13        |
| 2.7 Procedimentos metodológicos .....   | 13        |
| <b>3 DRONES .....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 Contexto histórico .....  | 15        |
| 3.2 Preocupações relativas ao crescimento de utilização .....   | 17        |
| 3.3 Utilização para fins terroristas .....  | 19        |
| 3.4 Aquisição e utilização à luz do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil ...   | 21        |
| <b>4 DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE DRONES .....</b>   | <b>25</b> |
| 4.1 Possibilidades e limitações .....   | 25        |
| 4.2 Principais tecnologias ao redor do mundo .....  | 28        |
| 4.2.1 <i>Hensoldt XPeller</i> .....   | 28        |
| 4.2.2 <i>Dedrone DroneTracker</i> .....   | 30        |
| 4.2.3 <i>DJI AeroScope</i> .....  | 32        |
| 4.2.4 <i>Cellebrite</i> .....   | 33        |
| 4.2.5 <i>IACIT SCE0100</i> .....  | 34        |
| <b>5 DOCTRINA DE EMPREGO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO<br/>BRASILEIRO QUANTO À DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE AMEAÇAS<br/>AÉREAS .....</b> | <b>41</b> |
| 5.1 Defesa antiaérea em áreas edificadas .....  | 42        |
| <b>6 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS .....</b>  | <b>45</b> |



**6.1 Proposta de emprego contra ameaças assimétricas .....45**

**7 CONCLUSÃO .....47**

**REFERÊNCIAS .....50**

## 1 INTRODUÇÃO

O século XXI iniciou-se diante de um panorama de segurança internacional com inúmeros ataques terroristas de grupos extremistas. À medida que novas tecnologias são inventadas e vão se tornando, a cada dia, mais fáceis de serem adquiridas, as ações criminosas e terroristas vão se aprimorando.

O ambiente operacional moderno experimenta sucessivas modificações com a progressiva e consistente urbanização, fazendo-se provável que o campo de batalha seja uma área urbana dificilmente evitada.

O Manual de Doutrina Militar Terrestre lista o combate em áreas humanizadas como um dos motivos que influenciam os conflitos armados da Era do Conhecimento:

O ambiente operacional tornou-se congestionado, uma vez que as operações tendem a ser desenvolvidas prevalentemente em áreas humanizadas ou no seu entorno. A presença da população e de uma miríade de outros atores dificulta a identificação dos contendores e aumenta a possibilidade de danos colaterais decorrentes das operações militares. (BRASIL, 2014, p. 4-5, apud MEDEIROS, 2018, p. 32).

A assimetria dos conflitos modernos alcançou, também, as ameaças aéreas. Sendo assim, a artilharia antiaérea do século XXI enfrenta: a necessidade de adequação dos meios disponíveis para possível emprego em ambiente urbano; dificuldade de identificação do vetor aéreo como ameaça real; amparo legal para abrir fogos; opinião pública; possíveis efeitos colaterais; entre outras dificuldades.

Com as aeronaves remotamente pilotadas (ARP) tornando-se prováveis ameaças aéreas assimétricas, as ações de averiguação executadas pelas aeronaves de interceptação são ineficientes contra este tipo de vetor aéreo.

Os desafios quanto ao emprego da artilharia antiaérea contra ameaças assimétricas em ambiente urbano ficaram evidentes nos Jogos Olímpicos Rio 2016, por se tratar de um evento inédito e de grande porte. Os jogos colocaram o Brasil no centro das atenções, exigindo ações eficazes de prevenção contra eventuais ameaças para que a segurança não fosse comprometida.

A atuação nesta operação de controle e defesa do espaço aéreo foi proveitosa devido à experiência adquirida nas ações de emprego, coordenações com outras forças e atuações interagências. Esta monografia pretende utilizar este estudo de caso para propor implementos doutrinários da artilharia antiaérea em operações urbanas, principalmente quanto ao estabelecimento do subsistema de

controle e alerta.

Serão apresentados os aspectos positivos da doutrina em vigor e verificados procedimentos não previstos, mas executados com sucesso nas operações urbanas. Pretende-se acrescentar conhecimentos teóricos a partir do empirismo da atuação em uma das maiores operações reais de defesa antiaérea já realizadas no Brasil.

A relevância deste estudo para a artilharia antiaérea advém da necessidade de adaptações na doutrina militar de emprego para atender às demandas específicas dos ambientes urbanos, já que possuem características muito particulares. Dessa forma, este trabalho pode vir a ser utilizado como pressuposto teórico para outros que sigam nesta linha de pesquisa.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Tema**

O tema central do presente trabalho foi delimitado ao estudo das possibilidades de emprego da artilharia antiaérea nas ações anti-drone. Assim, o tema está delimitado em objeto de estudo à detecção e neutralização de drones em ambientes urbanos e, no espaço, somente à doutrina de emprego da artilharia antiaérea do Exército Brasileiro. Limitou-se no tempo ao estudo, com abordagem factual e prognóstica, em relação à situação presente do objeto de estudo.

### **2.2 Formulação do problema**

A situação problematizada, que norteou a pesquisa realizada foi a seguinte: “Gostaria-se de saber se de acordo com a atual tecnologia e doutrina de emprego; a artilharia antiaérea do Exército Brasileiro estaria preparada, atualmente, para detectar e neutralizar ameaças assimétricas, em ambientes urbanos, ocasionadas por drones. ”

### **2.3 Questões de estudo**

Dentre os questionamentos levantados para o guiamento do presente estudo, destacam-se os seguintes aspectos:

- a. Como é o atual regulamento brasileiro de Aviação Civil Especial no que tange à aquisição e utilização de drones?
- b. Quais os principais riscos de uma ameaça envolvendo drones?
- c. Quais são as possíveis ações anti-drones?
- d. Como é estabelecido o subsistema de controle e alerta em operações urbanas?
- e. As tecnologias que a Artilharia Antiaérea (AAAe) brasileira possui são suficientes para conseguir detectar e neutralizar drones?
- f. Quais lacunas doutrinárias precisam ser preenchidas para que a AAAe brasileira seja eficaz contra ameaças aéreas assimétricas em ambientes urbanos?

## 2.4 Objetivos

Atrelado aos questionamentos apresentados e ao problema exposto, traçou-se o objetivo geral de pesquisa: verificar se a artilharia antiaérea brasileira está preparada ou não para realizar, de forma eficiente, a detecção e neutralização de drones em ambientes urbanos. Os objetivos específicos são os que seguem:

- a. Apresentar as normas do atual Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial;
- b. Apresentar o grau de risco de uma ameaça aérea envolvendo drones;
- c. Apresentar as possibilidades e limitações das principais tecnologias anti-drones ao redor do mundo, dando ênfase ao sistema de bloqueio de drones SCE100 IACIT;
- d. Descrever a situação atual da artilharia antiaérea brasileira;
- e. Destacar como se dá o uso do subsistema de controle e alerta em operações urbanas; e
- f. Apresentar uma proposta de emprego da artilharia antiaérea contra ameaças aéreas assimétricas em ambientes urbanos.

## 2.5 Justificativas

É fato que, no século XXI, os cenários dos combates são, cada vez mais, os grandes centros urbanos ou suas proximidades. Em decorrência disso, há um constante aumento da preocupação com os efeitos colaterais devido ao combate ocorrer ao redor de civis inocentes.

As novas tecnologias estão cada vez mais acessíveis às pessoas, inclusive àquelas que pretendem utilizá-las para fins terroristas. Sendo assim, é extremamente necessária a adequação da doutrina de emprego para lidar com os novos vetores aéreos assimétricos. A artilharia antiaérea deve acompanhar as evoluções tecnológicas das ameaças aéreas.

Nesse sentido, o presente trabalho justifica-se por promover uma discussão sobre a atuação em áreas urbanas e as possíveis adaptações em nossa doutrina de emprego para nos adequarmos ao cenário moderno no que tange à defesa aeroespacial.

## 2.6 Contribuição

O trabalho pretende realizar uma análise com a finalidade de atualizar o conhecimento que já existe sobre a defesa antiaérea nas áreas edificadas, adaptando nossa doutrina de emprego às novas tecnologias anti-drones existentes, assim como contribuir para que a artilharia antiaérea do Exército Brasileiro melhore a sua capacidade de realizar uma defesa antiaérea eficaz em quantidade e qualidade.

## 2.7 Procedimentos metodológicos

Quanto à natureza, a metodologia do presente estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa bibliográfica, a qual foi realizada através de uma leitura analítica de fontes primárias ou não, visando explicar o problema. Foram utilizados conhecimentos disponíveis a partir de teorias publicadas em livros, artigos, manuais, enciclopédias, anais, meios eletrônicos, relatórios, etc. Além dessas fontes, também foram realizados estudos de casos, investigando-se fatos após a sua ocorrência, sem que houvesse uma manipulação de variável independente.

As informações necessárias ao empreendimento do trabalho científico foram armazenadas por meio do fichamento. A interpretação desses dados e posterior conclusão, foram realizadas quanto à forma de abordagem sob a ótica qualitativa, ou seja, foi realizada uma análise indutiva e subjetiva das palavras, havendo um envolvimento com o processo, deixando claro que a pesquisa depende da relação entre o observador e o que é observado.

O tipo de pesquisa quanto ao objetivo geral foi exploratório, pois foram descritas ou caracterizadas a natureza das variáveis que se quis conhecer. Logo, a pesquisa contemplou as fases de levantamento e seleção da bibliografia; coleta dos dados, crítica dos dados, leitura analítica e fichamento das fontes, argumentação e discussão dos resultados.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

a. O capítulo 3 pretende apresentar definições de drones e relacionar o seu surgimento com o contexto histórico. Apresentar também as preocupações relativas ao crescimento de sua utilização ou do seu uso para fins terroristas e citar as atuais normas reguladoras para a aquisição e utilização deles.

b. O capítulo 4 busca apresentar as possibilidades e limitações quanto à detecção e neutralização de drones, abordando as principais tecnologias anti-drone ao redor do mundo. Pretende ainda, apresentar as capacidades do sistema de bloqueio de drones SCE0100 IACIT e descrever como foi o seu emprego pelo Exército Brasileiro nos Jogos Olímpicos Rio 2016.

c. O capítulo 5 visa descrever a doutrina de emprego da Artilharia Antiaérea quanto à detecção e neutralização de ameaças aéreas e retratar a defesa antiaérea em áreas edificadas.

d. No capítulo 6 é realizada a análise dos dados colhidos na pesquisa feita nos capítulos anteriores de forma qualitativa. Além disso, visa propor um preenchimento adequado de nossas lacunas doutrinárias com a agregação de novas tecnologias.

e. No capítulo 7, último do presente trabalho, são apresentadas as conclusões da pesquisa e suas considerações finais.

### 3 DRONES

O termo “drone” é utilizado popularmente para, segundo a ANAC (2017), descrever qualquer aeronave (ou mesmo outro tipo de veículo) que possua alto grau de automatismo. Porém, como carece de um conceito formal sobre o termo, a normatização da Agência não utiliza essa nomenclatura, senão “aeromodelos” e “aeronaves remotamente pilotadas”. O que irá distinguir essas duas classes de drones é a sua finalidade. Os aeromodelos são todas as aeronaves não tripuladas utilizadas para fins recreativos, enquanto as ARP são aquelas não tripuladas pilotadas a partir de uma estação de pilotagem remota que tenha qualquer outra finalidade que não seja recreativa, tais como comerciais, corporativas e experimentais.

O Ten Cel Av Jorge Humberto Vargas Rainho, adjunto da Divisão de Planejamento do Subdepartamento de Operações e coordenador de voo de aeronaves remotamente pilotadas do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), em palestra proferida no Simpósio a respeito do legado da artilharia antiaérea nos grandes eventos, realizado na Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe) em 2017, mencionou que o termo popular Drone nada mais é que um apelido (zangão), considerando-se o som emitido e que da mesma forma a palavra VANT (veículo aéreo não tripulado) é sobremaneira genérica. Os termos oficiais são RPA e RPAS, sendo que RPA (Remotely Piloted Aircraft) – aeronave remotamente pilotada – diz respeito unicamente à aeronave, ao passo que RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) – sistema de aeronave remotamente pilotada – faz alusão a todo o sistema que envolve a operação e o voo desse vetor aéreo. (CAMPOS, 2018, p. 76).

De acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento, os drones de uso comercial, corporativo ou experimental (RPA) foram categorizados em três classes: Classe 1, para aqueles acima de 150 Kg; Classe 2, para aqueles acima de 25 Kg e abaixo ou igual a 150 Kg; e Classe 3 para aqueles abaixo ou igual a 25 Kg. (ANAC, 2017).

#### 3.1 Contexto histórico

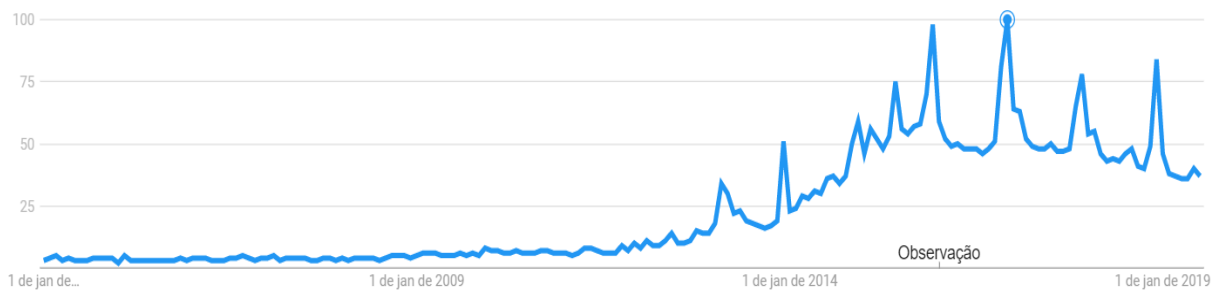


Assim que o fenômeno conhecido como globalização iniciou-se, barreiras foram quebradas e distâncias foram encurtadas, dando início a uma revolução tecnológica. O surgimento dos drones está intimamente ligado a esse contexto histórico, lembrando muito a história do surgimento da Internet, pois inicialmente possuíam funções militares e com o tempo foram se tornando mais acessíveis e se popularizando. (HISTÓRIA DOS DRONES, 2015).

A criação dos drones foi inspirada na bomba alemã V-1, desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial e habitualmente chamada de buzz bomb, por causa do ruído que ela gerava no momento em que voava. Trata-se de uma bomba simples, que voava em linha reta e com velocidade constante até seu alvo e que, mesmo sendo facilmente abatida ou interceptada, logrou um êxito notável. A V-1 não foi a única bomba dessa natureza concebida. Pouco mais à frente, ainda ao longo da 2ª Grande Guerra, foi produzida a V-2. No entanto, a profunda revolução foi o conceito criado no primeiro instante em que uma bomba com tais propriedades surgiu, servindo de inspiração para o advento dos drones e toda a sua evolução desde então. (HISTÓRIA DOS DRONES, 2015).

Os drones apareceram, aproximadamente, nos anos 60, no entanto foi ao longo dos anos 80 que eles começaram a ter importância, em razão de suas aplicações militares. O alto benefício que seu uso proporcionou no decorrer dos anos 80 foi a oportunidade de realizar ações, muitas vezes perigosas, sendo dispensável haver uma vida em risco. O engenheiro espacial autor da invenção do drone como nós o compreendemos atualmente, foi o israelita Abe Karem. Sua intenção ao ir para os Estados Unidos, em 1977, era “fazer com que os veículos aéreos não tripulados operassem com os mesmos padrões de segurança, confiabilidade e desempenho que os aviões tripulados”, dizia ele. (HISTÓRIA DOS DRONES, 2015).

O crescimento da popularização dos drones é recente. O gráfico abaixo foi gerado através do Google Trends, e revela a disseminação dos drones no transcorrer do tempo. A linha azul representa o interesse das pesquisas relativas ao termo “drone” na Internet, em todo o mundo, de 2004 até o presente. O valor de 100 representa o pico de popularidade do termo em questão.



**Gráfico 1 – Interesse nos drones com o passar do tempo**

**Fonte:** Google Trends. Gerado em: 27 jul. 2019.

Como é possível observar, até o final de 2011 quase não haviam pesquisas no buscador sobre os drones e, a partir de 2012, seu crescimento foi notável. Isso nos dá uma noção da velocidade com que os drones se tornaram populares. Nos faz perceber também que esse processo está em curso neste exato momento, e que ainda há muito espaço para crescimento.

### 3.2 Preocupações relativas ao crescimento de utilização

De acordo com Eiriz (2017, p. 46), os drones compõe o setor de crescimento mais agitado da indústria aeroespacial mundial nesta década. Um estudo de mercado avalia que a fabricação de aeronaves remotamente pilotadas em nível global aumentará de 4 para 14 bilhões de dólares, anualmente, perfazendo 93 bilhões de dólares nos dez anos subsequentes.

Os drones fazem-se, paulatinamente, mais presentes em vários setores, como infraestrutura, transporte, agricultura, mapeamento, mineração, segurança, resgate, mídia e entretenimento, telecomunicações, inspeções e muito mais. No Brasil não tem sido diferente, porém sobressai-se a liderança da agricultura. (GRANEMANN, 2019).

Calcula-se que, no Brasil, o mercado de drones moverá R\$ 500 milhões, incorporando a receita produzida por toda a rede de montagem do setor. A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) catalogou em 2018 um aumento de 100% na quantia de requisições de registros de drones para emprego profissional. Da mesma forma, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo teve um acréscimo na quantidade de solicitações de operações com drones, indo de 13 mil em 2017 para 80 mil em 2018. (GRANEMANN, 2019).

Outra pesquisa da ANAC revela que o número de drones registrados no estado de São Paulo é, neste momento, cerca de cinco vezes maior que há um ano e meio. Entre julho de 2017 e dezembro de 2018, foram protocolados 16.320 dispositivos a mais no estado, passando de aproximadamente 4,5 mil para praticamente 21 mil. (GUEDES, 2019).

De acordo com o DefesaNet (2019), esses pequenos artefatos se tornaram tão populares que podem ser adquiridos, atualmente, em qualquer loja de eletrônicos. Geralmente, os preços variam de R\$ 400 a mais de R\$ 50 mil.

Devido à toda essa popularidade e facilidade de aquisição, surgem preocupações decorrentes de como se dará a utilização do espaço aéreo pelas pessoas que estão comprando tais aparelhos. A pilotagem de um drone conta com um certo nível de complexidade e risco. Portanto, as autoridades buscam promover o desenvolvimento do setor garantindo a segurança das pessoas. Essa tarefa é imensamente complicada visto que muitos usam tais dispositivos de maneira incorreta, sejam terroristas, agentes perturbadores da ordem pública (APOP) ou cidadãos que desconhecem ou desconsideram a legislação.

Em tempos de paz, um dos maiores riscos envolvendo drones é o de colisão desses dispositivos com aeronaves tripuladas. Conforme o DefesaNet (2019), em outubro de 2017, um drone colidiu com uma aeronave comercial no Canadá, batendo em uma das asas. Houve um pequeno dano, contudo o avião pousou em segurança.

Averiguações acerca de danos de drones a aviões são limitadas, no entanto uma série de organizações analisaram diversas situações e cada uma chegou a uma conclusão distinta. Experiências dirigidas pela Universidade de Dayton, nos Estados Unidos, replicaram uma colisão no ar entre um drone de 1 Kg e uma aeronave comercial voando a 383 Km/h e a consequência não foi relevante, o avião experimentou pequenos estragos. Todavia em uma outra análise, a Autoridade Federal de Aviação dos Estados Unidos da América (EUA) propôs que drones conseguiriam impor mais danos que um ocasional acidente com pássaros. Mas na verdade, o maior receio são de que as baterias de lítio utilizadas nos drones não sejam destruídas com a colisão e fiquem presas na superfície da aeronave, causando um sério perigo de incêndio. (DEFESANET, 2019).

O especialista em robótica Ravi Vaidyanathan, do Imperial College em Londres, disse à BBC que a ameaça de drones a aeronaves é pequena, mas que

não pode ser ignorada. Segundo o DefesaNet (2019), Ravi afirma que “A probabilidade de uma colisão é pequena, mas um drone poderia ser dragado por uma turbina [como é conhecido popularmente o motor]. Um drone de mais de 2 Kg poderia quebrar o vidro da cabine para alguns tipos de aeronaves.”

Consoante Martin Lanni, presidente da empresa de segurança aérea Quantum Aviation: “Um drone parece frágil, mas a bateria é forte, e se você comparar um drone e um pássaro, o primeiro pode ser mais perigoso se passar pela turbina ou atingir a fuselagem”. (DEFESANET, 2019).

Em conformidade com as autoridades britânicas de aviação, houve 92 episódios de aviões e drones perto de se chocarem em 2017. Já no Brasil, conforme a FAB (Força Aérea Brasileira), a quantidade de avistamentos – quando um avião identifica um drone e comunica a torre para assegurar a segurança – foi de 15 em 2017 e de 18 em 2018. (DEFESANET, 2019).

Aqueles que descumprirem a legislação poderão ser penalizados por exporem a vida de outras pessoas, colocarem uma aeronave em perigo e impossibilitarem ou prejudicarem a navegação aérea. Esses crimes estão previstos nos artigos 132 e 261 da lei nº 2.848 do Código Penal e também no artigo 35 do decreto-lei nº 3.688 da Lei das Contravenções Penais. (GUEDES, 2019).

### **3.3 Utilização para fins terroristas**

Os drones estão se transformando em um instrumento para criminosos e terroristas, inquietando as autoridades, que afirmam ser duro detectar e interceptar a pequena ameaça. Os temores se acentuaram a partir do dia 26 de janeiro de 2015, quando houve uma queda acidental de um drone de 1,3 Kg nos jardins da Casa Branca antes mesmo que o Serviço Secreto pudesse identificá-lo, atraindo a atenção para os perigos de um possível ataque. (DEFESANET, 2015).

Até então, boa parte do debate público sobre a segurança dos drones vinha sendo sobre os operadores que utilizam esses equipamentos muito próximo de aeronaves, aeroportos ou áreas congestionadas. Contudo, as autoridades receiam que o problema esteja crescendo e que drones possam ser adaptados para praticarem ataques com explosivos ou armas químicas. (DEFESANET, 2015).

De acordo com o DefesaNet (2015), foi descoberto que esses aparelhos estão sendo empregados no tráfico de drogas e em diferentes tipos de contrabando

nas fronteiras e em prisões. Os edifícios governamentais e as usinas de energia também são considerados pontos sensíveis. Autoridades dos EUA, Alemanha, Espanha e Egito frustraram ao menos seis iminentes ataques terroristas com drones entre 2011 e 2015. Em virtude disso, toda uma indústria está se erguendo para combater o problema, disponibilizando sistemas para detectar drones e alertar as autoridades.

Os drones são pequenos, econômicos e sua aquisição e montagem são bastante facilitadas na atualidade. Além de que, por serem remotamente pilotados, eles não expõem o operador ao elevado risco de ser abatido.

As aeronaves remotamente pilotadas são largamente vendidas no mercado. A maior quantidade de modelos existentes e de unidades fabricadas no mundo são da categoria Mini (correspondente à categoria 1 no Exército Brasileiro). Além do mais, apresentam especificidades que põe à prova os meios de defesa aeroespacial. São elas: a baixa altitude de voo e a furtividade aos radares (em virtude da baixa seção reta radar) e aos sistemas de mísseis antiaéreos. (CAMPOS, 2018).

Desta maneira, os drones dessa categoria compõe uma próspera ameaça diante da viabilidade de seu uso por “lobos solitários” persuadidos por grupos terroristas, agentes perturbadores da ordem pública ou, inclusive, cidadãos curiosos ou que desprezam as leis de utilização do espaço aéreo. (EIRIZ, 2017).

Destaca-se o fato de que essas plataformas aéreas são capazes de carregar agentes químicos, bacteriológicos e radiológicos de grande poder de destruição ou uma carga útil explosiva. Destarte, sabotadores e terroristas podem estar infiltrados entre os residentes locais com a intenção de utilizar drones para desestruturar a ordem e atingir pontos essenciais ao país em questão. (EIRIZ, 2017).

Outros fatores que tornam as aeronaves remotamente pilotadas atrativas aos grupos terroristas são a complexidade de abatimento através dos meios existentes em uma defesa antiaérea. Uma vez que se deslocam em baixas altitudes se comparadas aos vetores inimigos tradicionais (aeronaves de alta e baixa performance, mísseis etc). Ainda apresentam assinaturas infravermelha e acústica e uma seção reta radar pequenas, o que as deixam muito difíceis de serem detectadas por radares e mísseis do tipo “fire and forget”. (EIRIZ, 2017).

Seu minúsculo contorno desafia os atiradores de mísseis portáteis de guiamento por fecho laser ao tentar enxergá-lo no aparelho de pontaria a partir do instante em que a ameaça entra no envelope de engajamento do míssil. Já a

utilização de canhões com munições próprias contra drones, produzem uma grande quantidade de estilhaços, ampliando muito a probabilidade de ocorrer um efeito colateral sobre instalações ou indivíduos, não sendo apropriado o seu uso num cenário urbano de não guerra. (EIRIZ, 2017, p. 46).

Outra vantagem de seu uso para fins terroristas é de que, conforme Eiriz (2017), a sequência das condutas de averiguação, intervenção e persuasão realizadas pelas aeronaves de interceptação da Força Aérea são inúteis contra os drones.

### **3.4 Aquisição e utilização à luz do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil**

Com o objetivo de preservar a segurança das pessoas, a ANAC aprovou, no dia 02 de maio de 2017, o regulamento especial para utilização de aeronaves não tripuladas, usualmente intituladas de drones. Uns dos limites determinados neste regulamento seguem resoluções de outras autoridades de aviação civil como a Federal Aviation Administration (FAA), Civil Aviation Safety Authority (CASA) e European Aviation Safety Agency (EASA), reguladoras, respectivamente, dos Estados Unidos, Austrália e da União Européia. (ANAC, 2017).

Então, a partir desta data, as manipulações de aeronaves não tripuladas (de uso recreativo, corporativo, comercial ou experimental) têm de observar as novas regras da ANAC, que são suplementares aos regimentos dos outros órgãos públicos como o Departamento de Controle do Espaço Aéreo e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). (BRASIL, 2018).

O normativo a respeito das aeronaves não tripuladas foi bastante debatido com a sociedade, associações e empresas interessadas, tal como com outros órgãos públicos. O regulamento foi concebido tendo em mente o grau de complexidade e de risco compreendido nas operações e nas variedades de equipamentos, visando tornar possível operá-los de forma segura. (ANAC, 2017).

Pela norma geral, os drones com mais de 250g devem somente voar em locais afastados de terceiros (no mínimo 30 metros horizontais), perante inteira responsabilidade do piloto e de acordo com as prescrições de uso do espaço aéreo pelo DECEA. Na hipótese de existir um anteparo de proteção entre o dispositivo e as pessoas, a distância estabelecida não necessita ser considerada. Com a intenção de voar com drones com mais de 250g próximo de pessoas é preciso que elas aceitem

previamente a operação, isto é, o indivíduo deve compreender e autorizar o voo do aparelho ao seu redor. (BRASIL, 2018).

Segundo a BRASIL (2018), as pilotagens completamente autônomas desses dispositivos, ou melhor, aquelas em que o operador não pode interferir, permanecem proibidas no país. Essas ações diferenciam-se das automatizadas, em que o piloto remoto é capaz de intervir em seja qual for o ponto.

Conforme a ANAC (2017), há diferentes regras para a regulamentação de cada classe categorizada. Para a classe 1, o regulamento estabelece que esses dispositivos sejam sujeitos a procedimentos de certificação similares aos existentes para as aeronaves tripuladas. Devem ser catalogados no Registro Aeronáutico Brasileiro e assinalados com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Para a classe 2, a regulamentação prevê os requisitos técnicos que precisam ser considerados pelos fabricantes e dispõe que a autorização do projeto dar-se-á uma única vez. Para mais, esses drones têm que, da mesma forma, ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Já para a classe 3, a regra define que RPA dessas que funcionem além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) precisarão ser de um projeto permitido pela ANAC e necessitam ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Os drones dessa categoria que operem até 400 pés (120m) acima da linha do solo e em linha de visada visual (operação VLOS) não necessitarão ser de projeto permitido, porém precisarão ser cadastrados na ANAC através do SISANT (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas), veiculando informações sobre o piloto e sobre o dispositivo. Os drones com até 250g não carecem de ser cadastrados ou registrados, seja qual for o seu propósito (recreativo ou não).

Veremos que “Para pilotar aeronaves não tripuladas, os pilotos remotos e observadores (que auxiliam o piloto remoto sem operar o equipamento) devem ter no mínimo 18 anos. Para pilotar aeromodelos não há limite mínimo de idade. ” (ANAC, 2017).

Enquanto isso, é exigido o cadastro dos drones (aeromodelos ou RPA Classe 3) com peso máximo de decolagem maior que 250g e precisa ser realizado pelo SISANT da ANAC. O número de identificação criado na certidão de cadastro tem de estar disponível na aeronave ou em local que possa ser prontamente perceptível, de forma inteligível e manufaturado em material não inflamável. Apesar disso, os voos

por meio de aeromodelos e RPA Classe 3 não necessitam de registro. Todavia, os voos com as outras aeronaves não tripuladas precisam ser registrados. (ANAC, 2017).

Os operadores de aeromodelos e de RPA de até 250g são encarados como licenciados, dispensando a obrigação de portarem documento emitido pela ANAC, contanto que não tenham a intenção de usar o equipamento para voos acima de 400 pés. Deverão conduzir licença e habilitação emitidas pela ANAC apenas os pilotos de operações com RPA das classes 1 ou 2 ou da classe 3 que deseje voar acima de 400 pés. Os pilotos remotos das RPA classe 1 e 2 devem ainda transportar consigo o CMA (Certificado Médico Aeronáutico) emitido pela ANAC ou de terceira classe do DECEA. (ANAC, 2017).

No que se refere ao tipo de operação, temos a BVLOS, VLOS e a EVLOS. A BVLOS é aquela na qual o operador não é capaz de conservar o drone dentro de seu campo visual, mesmo com auxílio de um observador. Na VLOS, o piloto permanece tendo contato visual direto com o drone, sem a ajuda de lentes ou outros dispositivos. E por fim, na operação EVLOS, o operador remoto somente consegue preservar contato visual direto com o drone com subsídio de lentes ou outros aparelhos e necessita da ajuda de observadores de drone. (BRASIL, 2018).

Em conformidade com a ANAC (2017), nas operações realizadas com aeromodelos e RPA com peso máximo de decolagem superior a 250g, os pilotos precisarão conduzir documentos obrigatórios. Dentre eles estão o manual de voo, documento de avaliação de risco e apólice de seguro. É preciso ter seguro que cubra danos a terceiros nas operações de RPA de uso não recreativo acima de 250g, com exceção às operações de drones pertencentes às instituições públicas. Paralelamente, também não podem ser transportados pessoas, animais, artigos perigosos e demais cargas proibidas por autoridades competentes.

De acordo com a ANAC (2017), a fiscalização de drones no cotidiano será realizada pelos órgãos de segurança pública. As ocorrências de infrações configuradas como contravenção penal ou crime serão analisadas por esses órgãos. Diante disso, as irregularidades relativas ao cumprimento da norma estão sujeitas a sanções previstas no Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei nº 7.565/86).

Consoante a ANAC (2017):

O Código Penal prevê, em seu Art. 261, pena de reclusão de dois a cinco anos para quem expuser a perigo embarcação ou aeronave, própria ou alheia, ou praticar qualquer ato tendente a impedir ou dificultar navegação



marítima, fluvial ou aérea. O Código Penal também tipifica a exposição de pessoas a risco, em seu Art. 132, que prevê pena de detenção de três meses a um ano (ou mais se o crime for considerado mais grave) nos casos em que se coloquem em perigo direto ou iminente a vida ou à saúde terceiros.

## **4 DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE DRONES**

Quando se fala em detecção e neutralização de ameaças aéreas, estamos nos referindo à, basicamente, dois subsistemas de artilharia antiaérea: o responsável pela detecção – Subsistema de Controle e Alerta; e aquele incumbido da neutralização da ameaça aérea – Subsistema de Armas.

Segundo o Manual de Campanha de Defesa Antiaérea EB70-MC-10.231 (2017, p. 3-4), o subsistema de controle e alerta da artilharia antiaérea tem a missão de realizar a vigilância do espaço aéreo sob responsabilidade de determinado escalão de AAAe, receber e difundir o alerta da aproximação de incursões, bem como acionar, controlar e coordenar a AAAe subordinada. Ele é constituído pelos centros de operações antiaéreas (COAAe), pelos sensores de vigilância e pelos postos de vigilância (P Vig).

Neste capítulo traremos apenas dos elementos responsáveis pela detecção das ameaças aéreas, ou seja, dos sensores de vigilância e dos P Vig.

Já o subsistema de armas da artilharia antiaérea visa à destruição dos vetores inimigos. Ele é classificado, quanto ao alcance, como de muito curto alcance (até 6.000 m), curto alcance (entre 6.000 e 12.000m), médio alcance (entre 12.000 e 40.000m) e longo alcance (acima de 40.000m). Os dois primeiros integram o sistema de DA Ae (defesa antiaérea) de baixa altura. Os subsistemas de armas classificados como de médio alcance integram o sistema de DA Ae de média altura e os classificados como de longo alcance integram o sistema de DA Ae de grande altura. (BRASIL, 2017a, p. 3-6).

Discutiremos também, neste capítulo, a respeito das armas antiaéreas de tubo e míssil e a respeito dos sistemas interferidores de contramedidas.

### **4.1 Possibilidades e limitações**

O Manual de Campanha de Defesa Antiaérea EB70-MC-10.231 (2017, p. 3-3) cita uma série de capacidades e limitações da AAAe. Dentre essas, existem algumas mais relevantes ao assunto abordado neste trabalho, são elas as capacidades de: realizar a vigilância do espaço aéreo por meio dos sensores de vigilância e postos de vigilância de suas unidades e subunidades; realizar a busca, a detecção, a identificação e a destruição de alvos aéreos; detectar e abater aeronaves

remotamente pilotadas de dimensões superiores à categoria 3 (Catg 3); e atuar, ininterruptamente, sob quaisquer condições de tempo, de visibilidade e, ainda, dentro de um ambiente de Guerra Eletrônica (GE). Também nos interessa discutir a seguinte limitação: dificuldade de detectar e abater, sem danos colaterais, aeronaves remotamente pilotadas de categoria inferior à categoria 2 (Catg 2).

O ambiente urbano desempenha uma enorme interferência no planejamento e na execução das operações e, para a consecução de uma defesa antiaérea devidamente estruturada em áreas edificadas, temos que aproveitar a infraestrutura urbana para valer-se dos meios tecnológicos, potencializando a capacidade dos meios convencionais de combate. Por isso, é de suma importância o conhecimento das possibilidades e limitações dos sensores de vigilância e das unidades de tiro de canhões e de mísseis. (MEDEIROS, 2018, p. 31).

As ARP compõem um dos gêneros de ameaça aérea mais complexos de serem aniquilados pelos meios presentes em um volume de responsabilidade de defesa antiaérea (VRDA Ae). Em razão de que voam em baixas altitudes se comparadas às dos vetores aéreos inimigos habituais (aeronaves de alta e baixa performance, mísseis etc). Além do mais, apresentam assinaturas infravermelha e acústica e uma seção reta radar pequenas, o que as fazem muito difíceis de serem detectadas por sistemas de radares e por mísseis do tipo “fire and forget”. (EIRIZ, 2017).

Veremos que “O ambiente urbano possui uma “topografia” peculiar e uma elevada densidade populacional. ” (MEDEIROS, 2018). Segundo o Manual EB70-MC-10.235 (2017, p. 9-9), os radares têm sua utilização imensamente afetada em áreas edificadas devido às grandes zonas de sombra que são geradas pelos altos prédios, reduzindo a eficiência de detecção da AAAe face às ameaças inimigas. Além de que, os meios eletrônicos não devem ocupar posições muito notáveis no terreno, como elevações isoladas ou compostas de torres de transmissão de ondas eletromagnéticas, assim como edifícios muito elevados, devido à complicação do ângulo de sítio mínimo, ou mesmo construções que sejam capazes de auxiliar a busca de alvos por parte do inimigo aéreo.

Portanto, aumenta a relevância dos postos de vigilância com meios óticos de observação, que necessitarão ser utilizados com muita frequência, por experimentarem menos interferências neste cenário. (MEDEIROS, 2018).

Já dentro da zona urbana, os subsistemas de armas antiaéreas leves (mísseis portáteis e canhões de pequeno calibre) são de uso mais apropriado, considerando-se a existência de construções elevadas que atrapalham uma disposição em terra com boa extensão do campo de tiro. Esses armamentos podem ser levados até o alto dos edifícios e colocados nas coberturas com maior comandamento na região. Por causa das características das áreas edificadas, é mais custoso ocupar posições, e o apoio mútuo entre as unidades de tiro (U Tir) vira um problema. O uso de mísseis portáteis no topo dos prédios, intrinsecamente, não garante a proteção antiaérea eficaz, precisando do apoio dos canhões para que o volume de fogo seja efetivo contra cada rota de aproximação. (MEDEIROS, 2018).

Devido à necessária obediência judiciosa aos setores de tiro designados, que são muito restritivos para evitar efeitos colaterais e o fratricídio, os subsistemas de armas ficam prejudicados. Fora que, a mobilidade das U Tir deve ser analisada com muito critério, pois depois de ocupar a sua posição, os militares da fração não poderão se mover mais do que alguns metros no topo dos prédios, tornando-se alvos estáticos para o inimigo. Por essa razão, é interessante que haja a previsão de ocupação de posições de troca. Já o sistema de canhões é prejudicado por vias estreitas que afetam os seus deslocamentos. (MEDEIROS, 2018).

De acordo com Eiriz (2017), o desafio para o atirador de mísseis portáteis de guiamento por feixe laser será enxergar a pequena silhueta do drone no aparelho de pontaria, desde o momento em que o alvo entre no envelope de engajamento do míssil. Assim, constata-se que os sistemas de canhões condizem mais com a neutralização de drones. Para tanto, variados tipos de munições pré-fragmentadas são fabricadas para haver capacidade adicional de emprego contra ARP. Essas munições consistem em densas nuvens de estilhaços constituídas por balins de tungstênio (“efeito shotgun”), as quais tem por finalidade avariar as partes vitais ao voo de um drone: motor, asas, empenagens e a fuselagem propriamente dita.

Entretanto, a geração de uma enorme quantidade de estilhaços por sistemas de canhões amplia em muito a probabilidade de ocorrer um efeito colateral sobre instalações e pessoas, não sendo apropriado o seu emprego em um ambiente urbano de operações de não guerra. (EIRIZ, 2017).

Sempre que um vetor aéreo hostil penetra áreas urbanas, ele traz consigo a chance da queda de destroços e de estilhaços das munições antiaéreas. Deste

modo, cresce de importância a escolha do melhor tipo de armamento a ser utilizado. (MEDEIROS, 2018).

A existência da população local é de fato um aspecto que dificulta a identificação de elementos hostis. Existe também, um grande perigo de fratricídio, visto que os civis estão dentro da própria zona de conflito e o perigo de ataque inimigo é sempre estimado. (MEDEIROS, 2018).

Consoante o Manual EB70-MC-10.231 (2017), é necessário também que os equipamentos de direção de tiro sejam capazes de operar eficazmente à noite, confrontando os ataques aéreos noturnos, não só com sensores ativos (radares, LASER etc.) como também usando sensores passivos (FLIR, UV etc).

## **4.2 Principais tecnologias ao redor do mundo**

Com o crescimento da popularidade dos drones, o mercado de tecnologias anti-drone acompanhou tal evolução. Obviamente, há uma quantidade enorme de dispositivos voltados para a proteção contra esse tipo de ameaça. Ao mesmo tempo que o surgimento dos drones trouxe benefícios, ele também trouxe inúmeras possibilidades de ações que demandam certas medidas preventivas. Alguns locais como presídios, aeroportos, estádios, embaixadas, edifícios públicos, usinas, etc, podem ser alvos de espionagem ou atentados terroristas a partir da utilização de drones. As principais defesas anti-drone buscam, primordialmente, a sua detecção e neutralização. E por isso, baseiam-se em sistemas de advertência, câmeras analíticas, interferidores e respostas anti-drone programadas. Neste capítulo, fala-se sobre algumas das tecnologias anti-drone disponíveis ao redor do mundo.

### **4.2.1 Hensoldt XPeller**

O XPeller é um sistema de medidas contra aeronaves remotamente pilotadas fabricado pela empresa alemã Hensoldt. Trata-se de uma solução propícia para a proteção de pontos sensíveis tais como aeroportos, estádios, indústrias e outros. Dentre suas características, destaca-se por ser totalmente configurável, adaptável e flexível. Ou seja, além de possuir uma capacidade de integração universal, ele pode ser utilizado em uma defesa estática como, por exemplo, em uma antena de

transmissão. Pode, também, ser acoplado à uma viatura ou ser transportado por um homem a pé. (GÓES, 2019, tradução nossa)

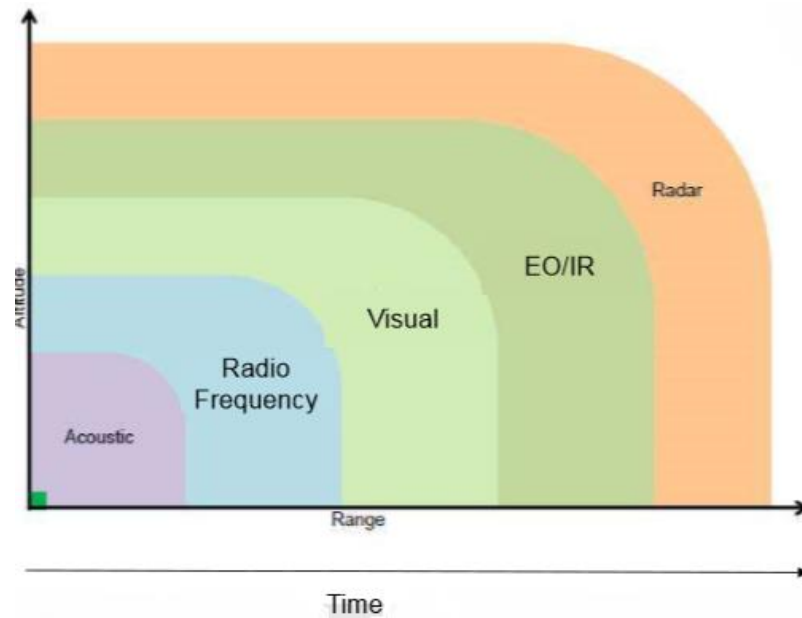
O Hensoldt XPeller possui radares, câmera eletro-óptica e infravermelha, interferidores de rádio frequência (RF) direcional, IFF (identificação amigo ou inimigo – identification friend or foe), detector e localizador de RF e sensor acústico. Portanto, é um sistema não destrutivo, pois seu interferidor somente obriga a aeronave remotamente pilotada a retornar à base ou a pousar. Destacam-se, ainda, suas capacidades de rastrear o operador do drone e a de operar seja de dia ou seja à noite e sob quaisquer condições climáticas. (GÓES, 2019, tradução nossa).



**Figura 1 – Hensoldt XPeller**

**Fonte:** JUMPIC. Disponível em: <<https://jumpic.com/hashtag.php?q=HENSOLDT>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

Segundo Góes (2019), esta figura abaixo mostra como a fusão de seus multi sensores com capacidades de comando e controle melhoram a consciência situacional de quem o utiliza.



**Figura 2 – Fusão dos sensores do Hensoldt XPeller**

**Fonte:** GÓES, Luiz Gonzaga (luiz.goes@hensoldt.net). Envio do portfolio de marketing do Hensoldt XPeller. 12 ago. 2019. Enviada às 14.21min. Mensagem para Bruno Villas-Bôas Spelta <bspelta@gmail.com>.

#### **4.2.2 Dredrone DroneTracker**

De acordo com a Engesat (2019), o dispositivo DroneTracker da empresa europeia Dredrone, cuja sede fica na Alemanha, é uma solução profissional para detecção e identificação eficaz de intrusões causadas por drones. Este aparelho se apoia em diversos sensores e tecnologias de software. A figura abaixo demonstra os principais riscos oferecidos pelos drones.



**Figura 3 – Riscos oferecidos pelos drones**

**Fonte:** ENGESAT. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/software/dedrone/>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

Segundo a Engesat (2019), o DroneTracker é indicado para a proteção de complexos industriais, portuários, refinarias, prédios administrativos, data centers, áreas residenciais, estádios, instalações sensíveis e locais de eventos de todo tipo.

As aeronaves remotamente pilotadas possuem assinaturas acústicas próprias, sendo estas características utilizadas para sua detecção confiável. Logo, o DroneTracker possui um sensor acústico ultrassônico, do qual seu microfone dispõe de um alcance de 50 à 80 metros. Desfruta também de um sensor de Wi-Fi integrado, reconhecendo o sinal WLAN dos drones, propiciando, do mesmo modo, diferenciar modelos de drones e determinados componentes. (ENGESAT, 2019).

Encontra-se no DroneTracker uma câmera diurna. Esta é responsável pela captura dos dados que serão processados pelos softwares e algoritmos de realce para, assim, detectar a aproximação de drones na área a ser protegida. Ele também é capaz de ser equipado com uma câmera infravermelha, facilitando a captura de dados e sua interpretação pelos softwares de análise e realce de imagens, viabilizando a utilização desta tecnologia durante o período noturno. (ENGESAT, 2019).

Outros equipamentos presentes nesse sistema são: o sensor de RF, apto a detectar drones a partir de sua comunicação com seus controles; e o Jammer, cuja função é produzir emissões que irão interferir nos comandos do drone invasor, sendo acionado como medida de neutralização somente em caso de alerta. (ENGESAT, 2019).





**Figura 4 – DEDrone DroneTracker**

**Fonte:** 4EREVOLUTION. Disponível em: <<http://www.4erevolution.com/en/deutsche-telekom-anti-drones/>>. Acesso em 13 ago. 2019.

Conforme o DefesaNet (2018), após ser instalado, o sistema consegue identificar qualquer aeronave remotamente pilotada (seja qual for a marca ou modelo do drone). Ele extrai a maior quantidade de informações possíveis sobre o mesmo e transmite a consciência situacional pelo computador ou smartphone para o gestor de segurança. O seu uso é viável, até mesmo, através de celulares, tablets e relógios inteligentes.

O usuário ainda consegue configurar respostas automáticas toda vez que um drone é detectado como, por exemplo, o acionamento do interferidor para derrubá-lo e a emissão de um alerta automático para uma equipe de busca deslocar-se até o local em que o piloto estava. O DroneTracker foi utilizado para proteger o Fórum Econômico Mundial de 2017, em Davos, na Suíça. (DEFESANET, 2018).

#### **4.2.3 DJI AeroScope**

Constantemente retratada como a maior fabricante de drones do mundo, a Dà-Jiāng Innovations Science and Technology, mais famosa apenas por DJI, concluiu o ano de 2017 ocupando 70% do mercado de quadricópteros que valem a partir de US\$ 1 mil. Ela é a dona dos famigerados modelos das linhas Mavic, Phantom e Inspire. (DEFESANET, 2018).

É de se esperar que a empresa responsável por diversos drones populares possua o dever ético de certificar-se que eles não serão usados para fins ilícitos.

Portanto, a companhia instaurou o AeroScope, sua saída elaborada para o rastreamento e identificação de quem quer que esteja pilotando o drone.

Esse dispositivo foi concebido para responder às privações das autoridades de segurança pública, dificultando que esses equipamentos voem irregularmente. Porém, a empresa afirma que não há a distribuição dos dados pessoais do dono do veículo, para que não ofenda a privacidade dos operadores. (DEFESANET, 2018).

Este recurso é um tipo de placa de identificação virtual imputada a cada drone, que emprega os próprios transmissores de radiofrequência existentes dentro desses aparelhos para transmitir a ficha completa da aeronave à um equipamento receptor. É exequível, em poucos segundos, retirar dados como coordenadas de GPS, altitude, velocidade, direção, local de decolagem, local do operador e um número de registro único. (DEFESANET, 2018).

Conforme a DJI, o propósito do AeroScope é prover um método genuíno para que as autoridades consigam controlar quadricópteros que estejam sobrevoando áreas sensíveis, como complexos presidiários, aeroportos, áreas militares. A empresa preocupou-se, igualmente, em preservar uma paridade entre uma identificação categórica e a privacidade do piloto. (DEFESANET, 2018).

Inúmeros governos ao redor do mundo foram enfáticos ao dizer que planejam impor, em breve, que todos os drones transmitam algum tipo de identificação e informações de telemetria. Por isso, o AeroScope pode ser uma boa alternativa, visto que possui um preço de implementação bem mais acessível se comparado a outros softwares e hardwares. (DEFESANET, 2018).

#### **4.2.4 Cellebrite**

A Cellebrite é, na verdade, o nome de uma empresa. Ela desempenha um papel essencial no mercado de tecnologias forenses. Após 19 anos de vivência providenciando utensílios de análise para peritos, a firma resolveu, recentemente, lançar um recurso de perícia específico para drones, facilitando a extração e análise de informações de um quadricóptero retido em campo. Trata-se de uma ferramenta para peritos forenses, e não uma forma para abatê-los. Sua finalidade é a de auxiliar nas investigações para saber quem estava por trás de determinado ato e porquê. (DEFESANET, 2018).

Essa solução executa a extração de dados do drone em si, dos cartões SD ou dos aplicativos dos controles remotos. Ela é uma ferramenta combinada de recursos de perícias forenses e analíticas. É considerada uma inteligência digital inovadora, pois possibilita aos investigadores obter, reunir e usar uma saída legalmente válida para apurações relacionadas a drones. Dessa forma, a Cellebrite viabiliza um cumprimento da lei mais proativo na prevenção de futuras ameaças envolvendo drones. (DEFESANET, 2018).

#### **4.2.5 IACIT SCE0100**

O sistema de contramedida eletrônica SCE0100 (JAMMER) é produzido no Brasil pela empresa IACIT, com tecnologia 100% nacional. O SCE0100 é a versão militar de uma série de robustos sistemas de contramedia eletrônica (guerra eletrônica), sendo capaz de ser usado em qualquer local para o bloqueio de diversos sinais de RF. O SCE0100 permite inúmeras configurações, de acordo com o tipo de missão, possibilitando bloquear e/ou interferir em: comunicações de drones, celulares, RCIED (dispositivos explosivos) e demais equipamentos que usem sinais de RF para comunicação. Isso só é exequível devido a abrangente faixa de frequências de operação que ele é ajustável (compreendidas entre 20 MHz e 6 GHz). (IACIT, 2016b).



**Figura 5 – Interferidor SCE0100 IACIT**

**Fonte:** IACIT. 2016b. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/sistemas-contramedida-jammer-droneblocker>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

Além disso, o SCE0100 possui as subseqüentes configurações: DroneBlocker (função contra Drones/SARP micro e mini); ComBlocker (função contra comunicação celular); RCIEDBlocker (função contra RCIED); e MobileBlocker (função contra celular/RCIED na configuração portátil de mão. (IACIT, 2016b).

De acordo com a IACIT (2016b), seu conjunto de antenas permite uma boa cobertura e um longo alcance à operação, incluindo uma enorme diversidade de ajustes. O operador consegue configurar o sistema de acordo com sua demanda de cobertura, de frequência, potência de saída, formas de onda de sinais e assim por diante. O SCE0100 consegue bloquear, além do sinal de comunicação, os sinais de navegação GPS dos drones. Ele também pode ser usado com a finalidade de bloqueio da comunicação celular em estruturas ou em comboios cujo objetivo seria de bloquear RCIED. O SCE0100 ostenta uma estrutura modular, compacta, com interfaces flexíveis e de baixo consumo, proporcionando aplicações em missões terrestres (fixo/transportado), aéreas e marítimas.

Nos dias de hoje, os órgãos de segurança de todo o mundo enfrentam um novo tipo de ameaça: drones pilotados via rádio. Eles são capazes de voar ou pairar sobre estádios, prisões e locais com grande reunião de pessoas, podendo ameaçar as pessoas de diversas maneiras: gravando e transmitindo vídeos não autorizados, transportando explosivos ou mercadorias ilegais, assassinando pessoas VIP ou até mesmo realizando ataques terroristas. Foi visando o combate deste tipo de ameaça que a IACIT propôs essa solução, apta a bloquear drones e Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) controlados via rádio a longas distâncias. Esse sistema pressupõe a instalação de antenas no topo de estruturas a serem defendidas ou em mastros móveis para missões especiais ou grandes eventos. Essas antenas que permitem a obtenção de ótimos resultados em alcance e cobertura. A IACIT dispõe de uma capacidade integral contra drones, os monitorando, detectando e realizando contra-ataques. (IACIT, 2016b).

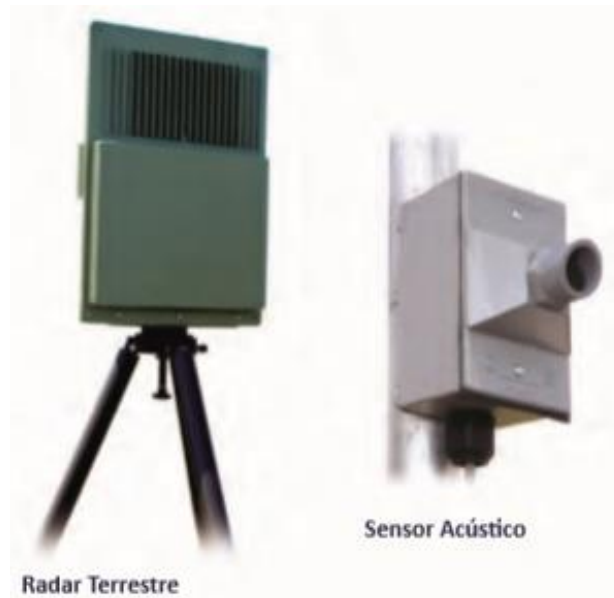
O sistema é constituído por câmeras, sensor acústico, radar e Jammer (interferidor), todos integrados, para detectar e identificar os ataques de drones. Toda a faixa de frequência utilizada pelos drones operados por rádio é coberta pelo DroneBlocker. Ele tem a capacidade de bloquear ou interferir nas ameaças que transitam nessa faixa de frequência de operação nas potências de 1W, 10W, 50W e 100W. O sistema também pode ser configurado para uso portátil, visando o emprego em missões pontuais e temporárias. Possui dois modos de operação: “stand alone”

ou “integrado”. No modo “stand-alone” o bloqueador é capaz de ser manipulado manualmente, sendo ativado pelo operador a qualquer momento ou sendo mantido em operação durante toda a duração da missão. Já no modo “integrado”, ele constitui a solução de todo um sistema, que possui uma plataforma de Comando e Controle (C2) e sensores de detecção, os quais fornecem um alerta antecipado para o acionamento do bloqueador SCE0100. (IACIT, 2016b).

A IACIT elaborou um algoritmo de processamento de imagem que identifica alvos (drones), a partir dos vídeos das câmeras de vigilância no perímetro. Esse subsistema de câmeras encontra o alvo e manda uma mensagem para o subsistema de bloqueio (Jammer) para o seu acionamento. (IACIT, 2016b).

Seu radar portátil faz parte do subsistema responsável por detectar e rastrear alvos aéreos e terrestres com baixa Seção Reta Radar (RCS). Por meio dessa tecnologia de ponta, ele fornece ao sistema a possibilidade de confrontar o desafio de detectar eficientemente miniaturas de drones de reduzida RCS. O subsistema radar, ao identificar um alvo, remete uma mensagem ao subsistema de bloqueio (Jammer) para acionamento. O radar de defesa aérea do SCE0100 apresenta um longo alcance e é surpreendentemente leve (IACIT, 2016b).

O sensor acústico encontra alvos a partir de microfones de alta precisão, processando e confrontando as assinaturas acústicas coletadas com um banco de dados, buscando um sinal de áudio equivalente ao ruído criado por um drone. Havendo uma correspondência, é realizado, da mesma forma, o acionamento do subsistema de bloqueio. (IACIT, 2016b).



**Figura 6 – Radar Terrestre e Sensor Acústico IACIT**

**Fonte:** IACIT. 2016b. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/sistemas-contra-medida-jammer-droneblocker>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

A IACIT também criou uma plataforma de Software C2 capaz de integrar todos os sensores, com instrumentos de simulação e verificação da cobertura aérea, emissão de alertas e outras coisas mais. O SCE0100 consegue ser utilizado em rede com diversos sensores e bloqueadores a partir de uma rede ethernet a cabo, fibra ou wireless, todos comandados pela unidade central de controle (C2). (IACIT, 2016b).

O SCE0100 é flexível, modular e possui várias configurações de instalação para se adequar ao tipo de missão. Ele permite o uso de um conjunto de antenas, podendo ser direcionais ou omnidirecionais. As direcionais permitem a cobertura de um setor específico e o bloqueio de ameaças a grandes distâncias. Já as omnidirecionais possibilitam uma cobertura de 360° contra as ameaças, porém impossibilitam um bloqueio mais seletivo. (IACIT, 2016b).

Segundo a IACIT (2016b), as principais vantagens do SCE0100 são: monitoramento, detecção e atuação contra ataques de drones; integração com câmeras, sensores acústicos, sensores RF, radares e Jammers; cobertura de toda a faixa de frequência de operação dos drones controlados por rádio; proteção 24/7; age independentemente, sem a necessidade de operadores; geração de registros dos eventos; utilização bem sucedida durante os Jogos Olímpicos Rio 2016 pelas

Forças Armadas; seu grande sucesso em vários países e em diversas infraestruturas diferentes; e o seu preço é extremamente competitivo.

O DefesaNet (2018) disse em nota que: “ A empresa brasileira IACIT, de São José dos Campos/SP, projetou e comercializa o mais efetivo sistema contra drones hoje em uso no mundo. Usado na Olimpíada Rio 2016 com enorme sucesso. ”

Na ocasião dos Jogos Olímpicos Rio 2016, pôde-se verificar a eficiência do sistema de contramedida eletrônico para drones SCE0100. Este dispositivo conseguiu interferir no link de controle de diferentes tipos de minidrones pilotados por civis e militares, fazendo-os entrar automaticamente em modo de contingência (voo pairado na última coordenada conhecida, aguardando o restabelecimento da comunicação com o piloto). (EIRIZ, 2017).

Dessa forma, comprovou-se a utilidade do SCE0100, ocasionando a aquisição de seis sistemas pelo Exército Brasileiro, que passaram a dotar o 1º Batalhão de Guerra Eletrônica (1º BGE), situado em Brasília-DF. (EIRIZ, 2017).

Visando compreender qual produto oferece uma melhor proteção contra esse tipo de ameaça, a tabela abaixo demonstra, de maneira resumida, uma comparação entre o DroneBlocker da IACIT e uma “Jammer Gun” (arma bloqueadora):

**Tabela 1 - Comparação entre a “Jammer Gun” e o DRONEBlocker**

| # | Parâmetro                     | Jammer Gun           | DRONEBlocker                    | Observações   | Vencedor     |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|---|--------------|
| 1 | Custos para uma Op 24/7       | Extremamente alto    | Muito baixo                     | Operar uma “Jammer Gun” requer Homem-Horas (a operação de 24/7 quase não é viável), enquanto a operação do DRONEBlocker é totalmente automática, fornecendo facilmente uma proteção 24/7.                                       | DRONEBlocker |
| 2 | Ativação/Latência de Bloqueio | Manual/Alta latência | Automática/Latência muito baixa | A “Jammer Gun” requer uma ativação realizada pelo operador para iniciar o bloqueio (alta latência), enquanto o DRONEBlocker inicia o bloqueio automaticamente (latência muito baixa), com um risco muito menor de cometer erros | DRONEBlocker |

|   |   |                          |                              |  |              |
|---|---|--------------------------|------------------------------|--|--------------|
|   |   |                          |                              | ou perder um tempo precioso antes de parar o drone.  |              |
| 3 | Bandas de frequência cobertas   | Até 3 bandas tipicamente | Até 6 bandas                 | O DRONEBlocker cobre muito mais bandas de uso de drones e também oferece flexibilidade para montar menos canais de interferência ou atualizar/adaptar o produto atual para bloquear novas bandas de frequência.  | DRONEBlocker |
| 4 | Capacidade de enfrentar um ataque de “Drone swarm” (Enxame de drones) | Muito baixa              | Muito alta                   | <p>a) Tanto a diretividade inerente da “Jammer Gun”, quanto a alta dependência do operador, impedem que seja útil contra um ataque de “Drone swarm”. Além disso, mesmo apenas 2 drones aproximando de direções opostas, já apresentam uma cena extremamente desafiadora para uma única “Jammer Gun”.</p> <p>b) Para um único DRONEBlocker é um cenário completamente normal, e muito fácil de manusear. Muitas vezes, um cenário de “Drone swarm” não está apresentando um desafio maior do que no caso de um único drone.</p> | DRONEBlocker |
| 5 | Antenas Jammer  | Direcional               | Direcional ou Omnidirecional | <p>a) A “Jammer Gun” possui uma série de antenas direcionais integradas. Não é permitido ao operador substituir essas antenas, se for necessário.</p> <p>b) O DRONEBlocker oferece muito mais flexibilidade, permitindo o uso de diferentes</p>  | DRONEBlocker |



|   |                   |      |          |  |              |
|---|-------------------|------|----------|--|--------------|
|   |                   |      |          | conjuntos de antenas, de acordo com os requisitos específicos de cada missão.  |              |
| 6 | Preço por unidade | Alto | Flexível | <p>a) O preço do DRONEBlocker varia de acordo com o número de canais e as potências de saída necessárias. Ainda assim, um único DRONEBlocker custa MENOS do que uma única “Jammer Gun”.</p> <p>b) Para cobrir 360°, são necessárias muitas unidades de “Jammer Gun”, enquanto apenas um DRONEBlocker é suficiente.</p> | DRONEBlocker |

**Fonte:** IACIT. 2016a. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/news/sistema-de-bloqueio-de-drone>>. Acesso em: 17 ago. 2019. (com adaptações)

## **5 DOCTRINA DE EMPREGO DA ARTILHARIA ANTIAÉREA DO EXÉRCITO BRASILEIRO QUANTO À DETECÇÃO E NEUTRALIZAÇÃO DE AMEAÇAS AÉREAS**

O Subsistema de Controle e Alerta é retratado como o elemento da estrutura sistêmica da Artilharia Antiaérea encarregado por efetuar a vigilância do espaço aéreo sob responsabilidade de certo escalão de AAAe, assim como por receber e difundir o alerta aproximado de incursões e também acionar, controlar e coordenar a AAAe subordinada. Ele é composto pelos Centros de Operações Antiaéreas, pelos Radares de Vigilância (R Vig) e pelos Postos de Vigilância. (MEIJINHOS, 2017, p. 21).

O COAAe integra a principal ferramenta para execução ou coordenação do Subsistema de Controle e Alerta, beneficiando as soluções do comandante em função das Medidas de Coordenação e Controle do Espaço Aéreo (MCCEA) e das regras de engajamento em vigor. (MEIJINHOS, 2017, p. 21).

Segundo a nossa doutrina vigente, é impositivo que todos os escalões de AAAe instalem COAAe. No que diz respeito ao escalão, será dito como principal (COAAe P), aquele do maior escalão de AAAe presente ou subordinado (COAAe S), os pertencentes aos escalões subordinados ao do COAAe P. (MEIJINHOS, 2017, p. 21).

Os R Vig e os P Vig garantem o alerta aproximado de aeronaves inimigas, completando os alertas difundidos pela Equipe de Ligação Antiaérea (ELAAe) e, assim sendo, pelos sensores do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB). As ELAAe são encarregadas pela difusão da Situação Aérea Regional de Defesa Aeroespacial (SARDA) ao COAAe P a qual esteja associada. (MEIJINHOS, 2017, p. 22).

As MCCEA são instrumentos operacionais que pretendem assegurar a consciência situacional indispensável ao gerenciamento das operações, objetivando evitar o fratricídio e potencializar a ação da Defesa Aeroespacial. (MEIJINHOS, 2017, p. 22).

Os P Vig são usados para velar eventuais aberturas no diagrama de cobertura dos sensores de vigilância ou robustecer a vigilância nas prováveis rotas de aproximação das aeronaves inimigas. (BRASIL, 2017a, p. 3-5).

O Subsistema de armas visa à destruição dos vetores inimigos. Ele é classificado, quanto ao seu alcance, em: muito curto alcance (até 6.000m); curto alcance (entre 6.000m a 12.000m); médio alcance (entre 12.000m a 40.000m); e longo alcance (acima de 40.000m). (BRASIL, 2017a).

Os subsistemas de muito curto e curto alcance integram o sistema de DA Ae de baixa altura, o de médio alcance integra a DA Ae de média altura e o de longo alcance compõe a DA Ae de grande altura. (BRASIL, 2017a).

Levando em conta os dois tipos de armas antiaéreas, tubo e míssil, consegue-se dizer que nas faixas de média e grande altura o míssil é mais apropriado para a execução de missões AAe, pelo fato de que o sistema de canhões tem limitações de alcance e precisão no teto de ação das aeronaves atuais. (BRASIL, 2017a).

Já na baixa altura, o vetor aeroespacial voa seguindo o relevo do terreno. Conseguindo, diversas vezes, se furtar à detecção radar, aparecendo inopinadamente perante o objetivo e afastando-se velozmente. Logo, sua exposição ao fogo antiaéreo é muito curta, impondo o uso de armas com tempo de reação extremamente curto. (BRASIL, 2017a).

Os mísseis apresentam duas grandes limitações: a pequena velocidade de acompanhamento no início da trajetória e seu alcance mínimo, ou seja, um tempo transcorrido após o disparo em que o míssil, geralmente, não pode ser guiado. Ainda, os que são guiados por atração passiva apresentam restrições técnicas causadas pelas ações do terreno e das condições meteorológicas. (BRASIL, 2017a).

Portanto, os canhões AAe permanecem sendo usados na baixa altura. Eles equilibram a sua menor precisão com um enorme volume de fogo e com a utilização de espoletas especiais, como as de proximidade e de tempo. (BRASIL, 2017a).

Os dois sistemas (míssil e canhão) se complementam. O canhão garante a proteção aproximada, enquanto o míssil possibilita uma defesa mais afastada. Além disso, é imprescindível que os instrumentos de direção de tiro possuam capacidade de operar à noite de forma eficiente, contrapondo-se aos ataques aéreos noturnos. (BRASIL, 2017a).

### **5.1 Defesa antiaérea em áreas edificadas**

O cenário urbano dispõe de uma “topografia” própria e uma grande densidade

populacional, concebendo uma necessidade de adaptação na doutrina de organização e emprego estabelecidas para as situações de guerra convencionais. (MEDEIROS, 2018, p. 32).

A defesa antiaérea em área edificada é caracterizada pelos reduzidos campos de tiro, pela restrita observação, pela difícil detecção das aeronaves, motivada pelo amplo número de obstáculos próximos, e pelo complexo controle dos meios empregados. Além disso, na defesa de uma localidade, o operador do drone irá dispor, frequentemente, de boas oportunidades de abrigo. (BRASIL, 2017b).

Nessa peculiar categoria de defesa antiaérea, os mísseis portáteis e os canhões de pequeno calibre são de uso mais adequado, devendo ser posicionados nas coberturas dos edifícios mais altos. Por experimentarem menos interferências nesse ambiente, os meios óticos de vigilância e busca de alvos são, da mesma forma, utilizados com mais regularidade. (BRASIL, 2017b).

Segundo Eiriz (2017, p. 44), o ambiente urbano gera uma série de condicionantes para a defesa antiaérea nas operações de não guerra, são elas: adequação dos meios disponíveis; restrições ao desdobramento ostensivo; defesa aproximada das posições ocupadas; dificuldade de identificação do vetor aéreo como ameaça real; acurado emprego das MCCEA; necessidade de amparo legal para abertura de fogos; opinião pública; classificação de efeitos colaterais possíveis e admissíveis; e a atuação em ambiente noturno.

Quanto ao desdobramento do Sistema de Controle e Alerta nas áreas edificadas, os radares de vigilância não devem preencher posições bastante destacadas no terreno, semelhantes a elevações isoladas ou que possuam torres de rádio, televisão ou telefonia, assim como prédios muito altos, por causa do problema do ângulo de sítio mínimo, ou estruturas que sejam capazes de assistir à busca de alvos do inimigo aéreo por servirem como forma de referência. (BRASIL, 2017b).

Como já foi dito anteriormente, os P Vig são utilizados para cobrir eventuais brechas no diagrama de cobertura dos sensores de vigilância ou na ausência desses sensores para realizar a vigilância sobre as rotas de aproximação inimigas. Nos Jogos Olímpicos Rio 2016, os P Vig tradicionais da AAAe receberam uma nova função, a de informar sobre a aproximação de drones suspeitos aos pontos sensíveis, porém o seu princípio de emprego permaneceu o mesmo. (EIRIZ, 2017, p. 48).

Os militares do P Vig precisam possuir capacidade de observação diurna e noturna que lhes possibilitem detectar, reconhecer e identificar a ameaça aérea quanto mais longe possível. Após o repasse preciso e veloz das informações obtidas do alvo ao COAAe, o mesmo acionará as U Tir que estejam em melhores condições de abater o vetor aéreo inimigo. Durante os Jogos Olímpicos Rio 2016, a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea operou sessenta P Vig Drones. Seus observadores empregaram binóculos durante o dia e equipamentos de visão noturna (EVN) durante o período noturno. Já na cerimônia de abertura dos jogos Rio 2016, os P Vig Drones registraram três quadricópteros realizando voos não autorizados, mostrando a todos a importância da nova função a eles atribuída. (EIRIZ, 2017, p. 48).

Como o cenário urbano possui diversos prédios, os quais atrapalham sobremaneira a alocação do Subsistema de Armas, aumenta a importância do Plano de Defesa Antiaérea ser realizado de forma minuciosa. Além disso, é de suma relevância a realização dos reconhecimentos dos percursos e as escoltas dos comboios, para que as tropas façam seus deslocamentos com segurança, evitando que nossos armamentos antiaéreos caiam nas mãos de terroristas ou do crime organizado e para que os armamentos não portáteis consigam deslocar-se sem causar nenhum tipo de dano a propriedades ou pessoas. (MENEZES, 2017, p. 79).

Nos Jogos Olímpicos Rio 2016, apesar de terem sido utilizados pelo Subsistema de Armas o míssil IGLA-S, o RBS 70 MK 2 e o Blindado AAe Gepard 1A2, o combate às ameaças aéreas envolvendo drones era, basicamente, realizado pelo interferidor IACIT SCE0100.

## **6 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS**

Viu-se que em 2017, a Agência Nacional de Aviação Civil estabeleceu normas para o uso de aeronaves remotamente pilotadas em áreas públicas. Entre elas, a necessidade de possuir pelo menos 18 anos para controlar alguns drones, a manutenção da distância mínima de trinta metros de pedestres e a obtenção de um registro especial para se trabalhar com tais dispositivos. Além disso, houve a proibição do transporte de pessoas, animais, artigos perigosos e demais cargas proibidas pelas autoridades competentes. Porém, nada disso está impossibilitando alguém de utilizar drones para fins ilícitos. Logo, não seria um equívoco propor que o órgão em questão desenvolva leis mais severas que venham a ajudar o trabalho das autoridades, conservando e respeitando a liberdade e privacidade das pessoas de bem. Até porque, sabe-se que a aquisição das tecnologias anti-drones vistas nesse trabalho não são baratas e acessíveis a qualquer um.

### **6.1 Proposta de emprego contra ameaças assimétricas**

As propostas de emprego contra ameaças assimétricas constantes neste trabalho baseiam-se, basicamente, no estudo e pesquisa dos manuais de campanha de defesa antiaérea do Exército Brasileiro, nos artigos científicos dos Informativos Antiaéreos e no estudo de caso de informações publicadas referentes à atuação da Artilharia Antiaérea nos Jogos Olímpicos Rio 2016. Sendo assim, todas as atitudes tomadas, doutrinárias ou não, mas que trouxeram bons resultados, serão citadas como sugestões de emprego.

Primeiramente, a utilização do Estado de Ação “Fogo Designado” sem que seja autorizada a autodefesa antiaérea. Trata-se de uma sugestão fundamentada no fato do país estar experimentando uma situação de normalidade institucional e também pode ser pautada na excepcionalidade do engajamento de uma eventual ameaça aérea.

A supressão do COAAe P e a ligação direta dos COAAe S com as ELAAe são sugestões fornecidas com o objetivo de encurtar o trâmite das ordens de engajamento a serem emitidas pela autoridade competente de defesa aeroespacial, porém sem haver a necessidade de retirar-se o comando das unidades de AAe do maior escalão de AAe presente na operação.

Uma vez que as ARP forem consideradas como prováveis ameaças aéreas assimétricas, é recomendável a flexibilização do emprego dos meios de DA Ae, visto que a sequência prevista de medidas de averiguação, intervenção e persuasão realizadas pelas aeronaves de interceptação da Força Aérea serão ineficientes contra esse tipo de vetor aéreo.

Como os drones possuem uma pequena RCS, é muito difícil detectá-los pelos radares e por mísseis “fire and forget”. Além disso, utilizando-se os portáteis de guiamento por feixe laser é complicado demais para o atirador enxergá-lo no aparelho de pontaria. Já os canhões com munições pré-fragmentadas formam densas nuvens de estilhaços, aumentando a probabilidade de ocorrer um efeito colateral. Logo, é aconselhável que se utilize no combate a drones pequenos em operações urbanas de não guerra os dispositivos inibidores (Jammer).

Outra recomendação seria a de mobiliar os P Vig tradicionais da AAe acrescentando-lhes uma nova função, a de avisar sobre a aproximação de drones suspeitos aos pontos sensíveis, porém preservando o seu princípio de emprego prescrito na doutrina militar terrestre.

Também é aconselhável que os operadores dos P Vig possuam capacidade de observação diurna e noturna que lhes possibilitem a detecção, o reconhecimento e a identificação da ameaça aérea desde o mais distante possível. Essas informações colhidas do alvo têm que ser fornecidas com precisão e velocidade ao COAAe, para o acionamento das U Tir em melhores condições de engajamento.

E por fim, é extremamente recomendável que seja estabelecido um protocolo de atuação contra os drones considerados suspeitos. Tal qual foi realizado nos Jogos Olímpicos Rio 2016, esse protocolo seria uma sequência de ações a serem desencadeadas: observação, localização, identificação, interferência (uso do Jammer), acionamento das forças de contingência em solo, inspeção do drone interferido por tropas de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN) e perícia dos dados armazenados pelas autoridades policiais.

## 7 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo geral verificar se a artilharia antiaérea do Exército Brasileiro está preparada ou não para realizar, de forma eficiente, a detecção e neutralização de drones em ambientes urbanos. Mais especificamente, teve-se como foco apresentar uma proposta de emprego da artilharia antiaérea contra ameaças aéreas assimétricas em ambientes urbanos

Ao confrontar o previsto na doutrina de emprego em vigor do Exército Brasileiro com o planejamento e execução efetuados nos Jogos Olímpicos Rio 2016, ressalta-se que a instalação dos COAAe, com a supressão do COAAe P e a ligação direta dos COAAe das correspondentes DA Ae desdobradas com as ELAAe instaladas nos Centros de Operações Militares (COpM), possibilitou o estabelecimento de um tempo de reação satisfatório das DA Ae. Sob um dos aspectos da pesquisa realizada, verificou-se que tal supressão encontra amparo em legislação da Força Aérea Brasileira sobre o tema.

Constatou-se que, mesmo com as adaptações pontuais nas MCCEA – “Fogo Designado” sem autorização de autodefesa antiaérea – a sua disseminação é fundamental para o alinhamento de procedimentos e o adestramento do pessoal empregue. Sendo assim, elas evitam um provável ato de fratricídio ou efeito colateral.

Contudo, é possível constatar que o mais adequado para se combater drones pequenos nos cenários urbanos, principalmente de não guerra, é a utilização dos equipamentos interferidores (Jammer). Neste aspecto, conclui-se que também há a necessidade de utilização do protocolo de atuação contra os drones considerados suspeitos, complementando as ações de defesa contra esse tipo de ameaça.

Como consequência, concluiu-se que há uma atual carência de meios de defesa anti-drone. Verifica-se que há somente meios para realizar a interferência (IACIT SCE0100), não tendo sido adquiridos os sensores desse sistema. A detecção e observação desse tipo de ameaça foram realizadas nos Jogos Olímpicos Rio 2016 (JOP Rio 2016), basicamente, pelos P Vig Drones. Além disso, houve a aquisição para os JOP Rio 2016 de apenas seis sistemas desse, tendo eles permanecidos com o 1º BGE.

O prognóstico que se pode arriscar traçar para o futuro da defesa antiaérea seria a aquisição de: sensores acústicos; câmeras eletro-ópticas e infravermelhas;



radar 3D; IFF; e o detector/localizador de RF. Além do mais, a compra de uma maior quantidade de interferidores IACIT SCE0100 e a repartição da quantidade total desses interferidores entre o 1º BGE e a 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea (1ª Bda AAAe). Os que coubessem à 1ª Bda AAAe, juntamente com os sensores adquiridos, integrariam os equipamentos de detecção e observação da AAAe.

Sugere-se que, quanto ao emprego do interferidor SCE0100, seja de responsabilidade da AAAe a utilização do mesmo no modo DroneBlocker, enquanto caberia ao 1º BGE a competência de empregá-lo nos demais modos: ComBlocker, RCIEDBlocker e MobileBlocker.

Portanto, a AAAe detectaria, reconheceria e identificaria os drones. Após isso, enviaria uma mensagem de alerta à autoridade de defesa aeroespacial competente e responsável pela tomada de decisão. Então, após o recebimento de ordem expressa para isso, empregaria o interferidor para a neutralização de tal ameaça, caso ela seja de categoria 1 a 3. Se a dimensão dele for superior à categoria 3 ou caso não estejamos em um contexto de operações de não guerra, a AAAe utilizaria os meios de seu subsistema de armas para abatê-lo.

Com a aquisição de todo esse material e com essa transferência de responsabilidades, sugerem-se algumas mudanças na escrituração dos itens 3.2.5.1 e 3.2.5.2 do Manual de Defesa Antiaérea EB70-MC-10.231, que citam, respectivamente, as capacidades e as limitações da AAAe.

Concluiu-se que, no item 3.2.5.1, poderia ser mantida a alínea: “j) detectar e abater aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de dimensões superiores à categoria 3 (Catg 3) ”, porém poderia ser acrescentada uma nova alínea: “detectar e bloquear aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de dimensões iguais ou inferiores à categoria 3 (Catg 3) ”.

Também se concluiu que, no item 3.2.5.2, a alínea “e) dificuldade de detectar e abater, sem danos colaterais, aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de categoria inferior à categoria 2 (Catg 2) ”, poderia ser alterada para somente “e) dificuldade de abater, sem danos colaterais, aeronaves remotamente pilotadas (ARP) de categoria inferior à categoria 2 (Catg 2) ”.

E por fim, sugere-se que, no sentido de continuar e aprofundar as pesquisas sobre o tema, sejam abordados em propostas futuras quais sensores devem ser adquiridos, como eles e os interferidores devem ser distribuídos às unidades de AAAe, como seria a coordenação e controle do seu uso, entre outras indagações,

com a finalidade de enriquecer e ampliar ainda mais as discussões sobre a doutrina de emprego da AAAe nas ações anti-drones.

## REFERÊNCIAS

ACADEMIA MILITAR DAS AGULHAS NEGRAS. Cadeira de Metodologia da Pesquisa Científica. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. Resende: Acadêmica, 2013.

ANAC. **Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC – E nº 94**. Brasília: 2017.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **ICA 100-40: Aeronaves não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro**. Brasília, DF, 2018.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Exército Brasileiro. Comando de Operações Terrestres. **EB-70-MC-10.231: Defesa Antiaérea**. 1. ed. Brasília: 2017a.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **EB-70-MC-10.235: Defesa Antiaérea nas Operações**. 1. ed. Brasília: 2017b.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Estado-Maior do Exército. **EB20-MF-10.102: Doutrina Militar Terrestre**. 1. ed. Brasília, DF, 2014.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **MD33-M-02: Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas**: 3. ed. Brasília: 2008.

CAMPOS, Renato Rocha Drubsky de. Os Principais Ensinos Colhidos do Simpósio “O Legado da Artilharia Antiaérea nos Grandes Eventos”. **Informativo Antiaéreo**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 11, p. 71-79, 2018.

DEFESANET. **Drone: Por que um único dispositivo consegue afetar voos em um aeroporto internacional?** 14 jan. 2019. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/31762/Drone--Por-que-um-unico-dispositivo-consegue-afetar-voos-em-um-aeroporto-internacional/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

\_\_\_\_\_. **Drones viram armas para terroristas e criminosos**. 30 jan. 2015. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/18097/Drones-viram-armas-para-terroristas-e-criminosos/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

\_\_\_\_\_. **O Promissor mercado de soluções anti-drones**. 16 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/28450/O-promissor-mercado-de-solucoes-anti-drones/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

EIRIZ, George Koppe; CAMPOS, Renato Rocha Drubsky de. O Emprego da Artilharia Antiaérea Contra Ameaças Assimétricas em Grandes Eventos. **Informativo Antiaéreo**, Guarujá, v. 10, n. 10, p. 43-55, 2017.

ENGESAT. **Dedrone – Proteja seu Espaço Aéreo**. Disponível em: <<http://www.engesat.com.br/software/dedrone/>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

GÓES, Luiz Gonzaga (luiz.goes@hensoldt.net). Envio do portfolio de marketing do Hensoldt XPeller. 12 ago. 2019. Enviada às 14.21min. Mensagem para Bruno Villas-Bôas Spelta <bspelta@gmail.com>.

GRANEMANN, Emerson. **Geotecnologia e Drones movimentam R\$ 1,5 bi em 2019 e geram 100 mil empregos**. 14 maio 2019. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2019/05/14/geotecnologia-e-drones-movimentam-r-15-bi-em-2019-e-geram-100-mil-empregos/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

GUEDES, Philipe. **ANAC – Número de drones aumenta quase cinco vezes em SP**. 10 jan. 2019. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/vant/noticia/31717/ANAC---Numero-de-drones-aumenta-quase-cinco-vezes-em-SP/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

**HISTÓRIA DOS DRONES**. 19 abr. 2015. Disponível em: <<https://odrones.com.br/historia-dos-drones/#Definindo-o-que-e-um-drone>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

IACIT. **Sistema de Bloqueio de Drone**. 2016a. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/news/sistema-de-bloqueio-de-drone>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Contramedida Jammer DroneBlocker**. 2016b. Disponível em: <<http://www.iacit.com.br/pt-br/sistemas-contramedida-jammer-droneblocker>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

MEDEIROS, Herick Falqueto de. Organização e Emprego da Artilharia Antiaérea em Áreas Urbanas: Uma Análise Doutrinária Face aos Desafios Impostos pelo Combate em Localidade. **Informativo Antiaéreo**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 11, p. 31-39, 2018.

MEIJINHOS, Hudson Phillipi Ribeiro Bello. O Subsistema de Controle e Alerta da 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea nos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. **Informativo Antiaéreo**, Guarujá, v. 10, n. 10, p. 19-28, 2017.

MENEZES, César Crishnamurti Costa et al. O Emprego do Sistema de Armas Antiaéreas nos Jogos Olímpicos e Paralímpicos Rio 2016. **Informativo Antiaéreo**, Guarujá, v. 10, n. 10, p. 77-89, 2017.