



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

JEAN PIERRE DE CASTRO **BENEVIDES**, Cap Av

**A implantação dos sistemas anti-drones nos aeródromos
da Força Aérea Brasileira**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 2/2022

JEAN PIERRE DE CASTRO **BENEVIDES**, Cap Av

**A implantação dos sistemas anti-drones nos aeródromos
da Força Aérea Brasileira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Ciência, tecnologia e inovação

Orientador: Eduardo Mendes Marcondes, Maj Av

Rio de Janeiro

2022

JEAN PIERRE DE CASTRO **BENEVIDES**, Cap Av

**A implantação dos sistemas anti-drones nos aeródromos
da Força Aérea Brasileira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av
EAOAR

André da Costa Gonçalves, Prof Dr
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

O uso das aeronaves não tripuladas (UAS), conhecidas como drones, estão cada vez mais presentes nos mais diversos setores da sociedade. Esse fenômeno mundial ocorre devido ao avanço tecnológico que permitiu que essas aeronaves fossem mais acessíveis e tivessem mais capacidades para serem exploradas. Esse aumento fez com que o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) criasse normas para que o uso dessas aeronaves ocorresse de forma segura e equitativa. Contudo, somente o arcabouço regulatório não é suficiente para trazer segurança e proteção contra o uso indevido ou mal-intencionado, principalmente em locais críticos, como os aeródromos da Força Aérea Brasileira (FAB). Dessa forma, este ensaio defende a instalação de sistemas anti-drones nos aeródromos da FAB. A instalação desses dispositivos aumentará a proteção das instalações, aeronaves, equipamentos e militares que se encontram em solo, evitando a diminuição da capacidade da Força contra eventuais ataques de atores capazes e também aumentará a segurança de voo das aeronaves da FAB em momentos críticos das operações aéreas. Por fim, o autor espera que as necessidades discutidas nesse ensaio fomentem novos estudos sobre o uso desses dispositivos em outras unidades da Força Aérea afastada de aeródromos, como por exemplo, o Centro de Lançamento de Alcântara, organização estratégica para o país que tem por missão executar atividades de lançamentos de foguetes e satélites.

Palavras-chave: drone, anti-drone, UAS, risco, segurança de voo

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos o uso das aeronaves não tripuladas (UAS), popularmente conhecidos como "drones", aumentou em popularidade, disponibilidade e capacidade. De acordo com as estatísticas da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), em 2017 haviam registrados no país mais 30 mil drones, tendo aumentado para mais de 90 mil drones em maio de 2022 (ANAC, 2022). À medida que os componentes dos UAS se tornaram miniaturizados, mais baratos e abundantes, as possibilidades de uso aumentaram, sendo utilizados nos dias atuais para realizar atividades recreativas, militares e comerciais.

Esse contexto fez com que o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão do Comando da Aeronáutica responsável pelo controle do espaço aéreo brasileiro, regulamentasse o assunto de forma a permitir que os usuários dessas aeronaves acessassem o espaço aéreo de maneira equitativa e segura. Contudo, o descumprimento das normas, intencionalmente ou não, somada à falta da capacidade de detectar esse drones, principalmente próximo aos aeródromos, pode trazer riscos à navegação aérea. Em 2017 um drone foi responsável pelo fechamento do aeroporto de Congonhas por 2 horas devido à possibilidade de colisão com as aeronaves tripuladas (G1 SP, 2017). Já em 2018, na Guerra da Síria, 13 drones carregados com explosivos atacaram a base aérea russa de Hmeimim e a base da frota russa de Tartus. (ISTOÉ, 2018).

Visando suprir os óbices advindos do aumento do uso dessas aeronaves indiscriminadamente por pessoas não capacitadas ou má intencionadas e a incapacidade de detecção pela estrutura de controle atual, esse ensaio defende a instalação de sistemas anti-drones nos aeródromos da Força Aérea Brasileira.

Com o propósito de defender a tese supracitada, o primeiro argumento é que instalação desses dispositivos aumentará a proteção das instalações, aeronaves, equipamentos e militares que se encontram em solo, evitando a diminuição da capacidade da FAB contra eventuais ataques de atores capazes.

O Segundo argumento que defende a tese deste trabalho é que a instalação desse sistema também aumentará a segurança de voo das aeronaves da FAB em momentos críticos das operações aéreas, prevenindo colisões com os drones.

2 DESENVOLVIMENTO

A necessidade de proteger a infraestrutura crítica de drones mal utilizados ou mal intencionados trouxe avanços nas pesquisas acadêmicas e aplicações comerciais de sistemas anti-drones. Nos últimos 5 anos, há um crescente interesse na pesquisa acadêmica sobre esse tema, levando a mais de 19.000 publicações de trabalhos. (GOOGLE SCHOLAR, 2022).

Combater um drone é um processo complexo com várias etapas, havendo a necessidade de uma interação entre vários sensores e metodologias distintas, juntamente com a interação com operadores humanos. (LYKOU; MOUSTAKAS; GRITZALIS, 2020).

Os sistemas anti-drones possuem diferentes equipamentos, com a função de cumprir três etapas no processo de defesa. A primeira etapa é a detecção, momento que o sistema utiliza os sensores instalados no solo para explorar os sinais emitidos pelos drones, como por exemplo, sinais de calor, som e rádio frequência. Após o tratamento dos dados recebidos, o sistema consegue confirmar a presença de drones. A segunda etapa é a identificação e ela determina se o drone, anteriormente detectado, é ilegal e, portanto, deve ser neutralizado. A última etapa é a neutralização e refere-se à utilização de meios para suprimir os movimentos ameaçadores dos drones. Ainda segundo o autor, eles são classificados em destrutivos e não destrutivos. (PARK *et al*, 2021)

2.1 Segurança das instalações dos aeródromos da FAB

O risco à segurança das instalações é definido como:

... o potencial imediato ou remoto de deterioração total ou parcial das atividades, recursos ou sistemas sob responsabilidade do COMAER, incluídas as baixas humanas ou materiais e os danos ao patrimônio (inclusive à imagem), por meio da superação dos recursos ou exploração das vulnerabilidades de Seg Inst. (BRASIL 2021, p. 16).

Como trazido por Lykou, Moustakas e Gritzalis (2020), os sensores de radar convencionais usam seção reta radar (RCS) grandes para detectar tamanhos de aeronaves convencionais que se deslocam com altas velocidades, não sendo capazes de detectar drones, que são objetos pequenos e lentos voando a baixas altitudes. Além disso, esses drones não utilizam *transponder*, conforme prevê a ICA 100-40 do DECEA:

As Aeronaves Não Tripuladas com Peso Máximo de Decolagem acima de 250 g e até 25 kg, operando na linha de visada e até 400 ft AGL (aproximadamente 120 metros de altura), independentemente da classe do espaço aéreo sobrevoado, salvo determinação contrária, estarão dispensadas do uso do transponder. (BRASIL 2020, p. 29).

Atualmente, a tecnologia utilizada pelos drones pode dar capacidade para essas aeronaves não tripuladas espionarem qualquer estrutura a quilômetros de distâncias, obtendo-se uma imagem de alta qualidade, sendo possível dessa forma obter informações para preparar um ataque. (LYKOU; MOUSTAKAS; GRITZALIS, 2020).

Segundo Grisaro *et al.* (2021), um drone pode ser usado para transportar um artefato explosivo que pode afetar o objeto ou local atacado através de uma mudança brusca na pressão, emissão de radiação infravermelha, ou seja, calor, uma onda sísmica, se ocorrer a explosão próximo ao solo, e uma onda acústica. Além disso, a detonação da carga transportada por um drone durante um ataque a pessoas pode resultar em morte, ferimentos graves ou pânico.

Em 2019, Ataques de drones reivindicados pelos rebeldes do Iêmen atingiram duas importantes instalações de petróleo na Arábia Saudita, danificando instalações que processam a grande maioria da produção de petróleo do país e aumentando o risco de interrupção no fornecimento mundial de petróleo. (THE NYTIMES, 2019)

Uma ameaça é a possibilidade de que um ator capaz, que são pessoas ou grupos com capacidade de concretizar uma ameaça, sob adequada motivação, intente ações antagônicas à Segurança das instalações. (BRASIL, 2021)

Somando a falta de detecção desses drones, mais suas capacidades atuais e dividindo os aeródromos conforme proposto por Lykou, Moustakas e Gritzalis (2020), as seguintes estruturas críticas são suscetíveis a ataques de drones: pistas; aeronaves e instalações de apoio ao tráfego aéreo. Ou seja, um ataque direto a pista, que é a “área retangular definida, em um aeródromo terrestre, preparada para o pouso e decolagem de aeronaves” (BRASIL, 2016, p. 15) ou as aeronaves propriamente dita sediadas no aeródromo, afetariam a capacidade da FAB de “empregar seus Meios Aeroespaciais ou de Força Aérea para causarem um ou mais efeitos desejados em uma campanha ou operação militar”. (BRASIL, 2020, p. 9).

Os autores também consideram os efeitos de um ataque as instalações de apoio ao tráfego aéreo que poderia causar perdas da integridade e eficiência nos meios de Comunicação, Navegação e Vigilância (CNS). Esses sistemas incluem os

sistemas aeronáuticos sistemas de telecomunicações; auxílios à navegação aérea, que fornecem orientação, localização e direção para aviões e os sistemas de vigilância (radares de vigilância primários e secundários), que detectam e relatam a posição de aeronaves para fins de controle de tráfego aéreo.

Dessa forma, a instalação de sistemas anti-drones nos aeródromos da Força Aérea Brasileira, conforme demonstrado pelos estudos citados, acabaria com a vulnerabilidade que existe com os sistemas de defesa atuais, aumentando a proteção das instalações, aeronaves, equipamentos e militares que se encontram em solo, evitando possíveis baixas humanas ou materiais e dano ao patrimônio contra eventuais ataques de atores capazes.

2.2 Segurança de Voo

Nos Estados Unidos, Gettinger e Holland (2015) analisaram os registros de 921 incidentes envolvendo drones e aeronaves tripuladas no espaço aéreo nacional (NAS), datados de 17 de dezembro de 2013 a 12 de setembro de 2015. Os maiores números desses incidentes ocorreram em grandes cidades metropolitanas, com 90% deles ocorrendo acima de 400 ft de altura.

Os Autores utilizaram um relatório do Laboratório de *Crashworthiness for Aerospace Structures and Hybrids* (CRASH) na Virgínia para entender as consequências de uma colisão dependendo de onde ela ocorra na aeronave. O laboratório utilizou o histórico de colisões com pássaros como um indicador de onde as colisões de drones podem ocorrer, desenvolvendo simulações complexas de colisões entre aeronaves tripuladas e drones. Dessa forma, o relatório indicou que as partes do avião que estarão em risco em caso de colisão são o radome, o cockpit, bordos de ataque e o sistema de propulsão. Todos esses danos, dependendo da massa do drone, comparado com a velocidade da aeronave, poderia ser catastrófica, vindo a causar um acidente.

Ainda nos Estados Unidos, Wallace *et al.* (2019) avaliaram a eficácia da visualização de drones por aeronaves tripuladas em uma aproximação final de 5 milhas da cabeceira da pista. Os autores utilizaram 10 pilotos com o nível máximo de acuidade visual segundo a *Federal Aviation Administrator* (FAA) e um drone DJI Phantom IV. Os resultados mostraram que em 18 eventos possíveis durante o estudo, somente 9 foram avistados e que esses avistamentos ocorreram à 485,63 metros da

aeronave, deixando pouca margem para o piloto reconhecer a ameaça e executar uma manobra evasiva efetiva.

O Aeroporto de Gatwick, o segundo maior aeroporto do Reino Unido, foi paralisado por um dia em dezembro de 2018, por um drone ilegal que ingressou no espaço aéreo sem autorização (BBC, 2019). Drones ilegais também apareceram perto do Aeroporto de Frankfurt, Alemanha, em maio de 2019, perto da área de pouso das aeronaves por aproximadamente uma hora (Phsy.org, 2019). Segundo Park *et al.* (2021), em ambos os casos, os drones atingiram pontos críticos do espaço aéreo sem serem detectados por qualquer um dos sistemas de segurança dos aeroportos devido à baixa distância de detecção e precisão, e falta de procedimentos de resposta contra drones ilegais.

Na Força Aérea Brasileira, os meios aeroespaciais são compostos:

[...] pelas aeronaves, aeronaves remotamente pilotadas e plataformas espaciais, que compõem o acervo operacional da FAB ou que sejam adjudicados por outros elementos do Poder Aeroespacial, necessários para executar Ações de Força Aérea. (BRASIL 2020, p. 10, 2020)

Isso faz com que as aeronaves sejam primordiais para que as ações de força aérea sejam cumpridas em todo território nacional, seja em tempo de paz, seja em situação de conflito.

Além de realizarem procedimentos comum com as aeronaves civis, como por exemplo, o pouso e a decolagem, as aeronaves da FAB possuem características específicas que as diferenciam das aeronaves civis. As aeronaves da aviação de transporte, por exemplo, executam procedimentos de navegação a baixa altura (NBA) para treinamento de uma evasiva, ficando mais suscetível a uma colisão com drone.

O Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), define a segurança de voo como o “Estado no qual o risco de lesões às pessoas ou danos aos bens se reduz e se mantém em um nível aceitável, ou abaixo deste, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gestão de riscos.” (BRASIL, 2013, p13).

A falta de um sistema de segurança capaz de detectar drones ilegais, a dificuldade de visualização destes drones a olho nu durante diferentes fases de voo, as especificidades da atividade aérea da FAB e o potencial catastrófico que uma colisão pode causar em diferentes partes da aeronave, afetam diretamente a segurança de voo. Dessa forma, a instalação de sistemas anti-drones que consigam detectar, identificar e neutralizar o drones que voam ilegalmente aumentará a

segurança de voo das operações dos vetores que operam nos aeródromos da Força Aérea.

3 CONCLUSÃO

A utilização das aeronaves não tripuladas em diversos setores da sociedade já é uma realidade indiscutível, trazendo grandes avanços e economia de meios na realização de diferentes tarefas que outrora utilizava-se de aeronaves tripuladas. Esse aumento fez com que os órgãos reguladores, principalmente, ANAC e DECEA, emanassem regras para que a operação dessas aeronaves ocorresse de maneira segura e equitativa.

Contudo, somente as legislações atuais que versam sobre o assunto não são capazes de mitigar todos os riscos que os drones podem causar caso sejam utilizados com outras finalidades.

Com isso, nesse ensaio argumentou-se que instalação desses dispositivos aumentará a proteção das instalações, aeronaves, equipamentos e militares que se encontram em solo, evitando a diminuição da capacidade da FAB contra eventuais ataques de atores capazes., tendo em vista as capacidades tecnológicas dessas aeronaves e a impossibilidade dos meios de detecção atual localizar essas aeronaves.

Também foi discutido nesse ensaio que a instalação desse sistema também aumentará a segurança de voo das aeronaves da FAB em momentos críticos das operações aéreas, prevenindo colisões com os drones., pois essas aeronaves não tripuladas são de difícil visualização e podem causar danos em diferentes partes da aeronave tripulada em caso de uma colisão, diminuindo dessa forma a capacidade da Força Aérea.

De maneira resumida, este ensaio trouxe a necessidade de instalação de sistemas anti-drones nos aeródromos, visando ao aumento da segurança de voo e proteção das estruturas dos aeródromos da FAB. Diante dessas ações, espera-se que este ensaio fomenta outros estudos que verifiquem a necessidade da utilização desses dispositivos em outras unidades da Força Aérea afastada de aeródromos, como por exemplo, o Centro de Lançamento de Alcântara, organização estratégica para o país que tem por missão executar atividades de lançamentos de foguetes e satélites.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Disponível em:

<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones/quantidade-de-cadastros/>. Acesso em 30 jun. 2022.

ATAQUE com drones contra bases russas na Síria. **ISTOÉ**, 2018. Disponível em:

<https://istoe.com.br/ataque-com-drones-contra-bases-russas-na-siria>. Acesso em: 30 de jun. de 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da DCA 1-1, “Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira – Volume 2”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 205, 05 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 227/DGCEA, de 17 de outubro de 2016. Aprova a reedição da ICA 100-12, “Regras do Ar”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 182, 24 out. 2016.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria DECEA nº 112/DGCEA, de 22 de maio de 2020. Aprova a reedição da ICA 100-40, “Aeronaves não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 095, 02 jun. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria COMPREP nº 263/COMPREP, de 26 de julho de 2021. Aprova a reedição da ICA 205-45, “Planejamento de Segurança das Instalações”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 140, 30 jul. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 2.231/GC3, de 23 de dezembro de 2013. Aprova a reedição da NSCA 3-3, “Gestão da Segurança de Voo na Aviação Brasileira”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Brasília, n. 248, 30 dez. 2013.

DRONE desvia pousos, cancela voos e adia fechamento de Congonhas. **G1 SP**, 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/drone-causa-cancelamento-de-voos-em-congonhas.ghtml/>. Acesso em: 30 de jun. de 2022.

DRONE sighting briefly grounds flights at Frankfurt airport. **Phys.org**, 19 maio 2019. Disponível em: <https://phys.org/news/2019-05-drone-sighting-briefly-grounds-flights.html>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GATWICK Airport drone attack: Police have “no lines of inquiry”. **BBC News**, 26 set. 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/uk-england-sussex-49846450>. Acesso em: 30 de jun. de 2022.

GETTINGER, D.; HOLLAND, A. Drone Sightings and Close Encounters: An Analysis **Center for the Study of the Drone at Bard College**, 2015. Disponível em: <https://dronecenter.bard.edu/files/2015/12/12-10-Drone-Sightings-and-Close-Encounters.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GOOGLE SCHOLAR. scholar.google.com. Disponível em:
https://scholar.google.com/scholar?q=anti+drone+system&hl=en&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2017&as_yhi=. Acesso em: 30 jun. 2022.

GRISARO, H.; *et al.* Concrete Slab Damage and Hazard from Close-In Detonation of Weaponized Commercial Unmanned Aerial Vehicles. **Journal of Structural Engineering**, v. 147, n. 11, p. 04021190, 20 nov. 2021.

LYKOU, G.; MOUSTAKAS, D.; GRITZALIS, D. Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies. **Sensors**, v. 20, n. 12, p. 3537, 22 jun. 2020.

PARK, S.; *et al.* Survey on Anti-Drone Systems: Components, Designs, and Challenges. **IEEE Access**, v. 9, p. 42635–42659, 2021. Disponível em:
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9378538>. Acesso em: 30 jun. 2022.

TWO Major Saudi Oil Installations Hit by Drone Strike, and U.S. Blames Iran. **The New York Times**, 14 set. 2019. Disponível em:
<https://www.nytimes.com/2019/09/14/world/middleeast/saudi-arabia-refineries-drone-attack.html>. Acesso em: 3 jul. 2022.

WALLACE, R.; *et al.* Cleared to Land: Pilot Visual Detection of Small Unmanned Aircraft During Final Approach. **International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace**, v. 6, 2019.