



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2024

JOÃO OTÁVIO BASTIANI **POSSAMAI**, Cap Av

Novas ameaças ao Controle Aeroespacial: estamos preparados para enfrentar
drones pequenos?

Rio de Janeiro
2024

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
DIVISÃO DE ENSINO
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 1º/2024

JOÃO OTÁVIO BASTIANI **POSSAMAI**, Cap Av

Novas ameaças ao Controle Aeroespacial: estamos preparados para enfrentar
drones pequenos?

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: Preparo da Força Aérea.
Orientador: Daniel Rodrigues Figueiredo, Maj
Av.

Rio de Janeiro

2024

JOÃO OTÁVIO BASTIANI **POSSAMAI**, Cap Av

Novas ameaças ao Controle Aeroespacial: estamos preparados para enfrentar
drones pequenos?

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

Aprovado por:

Daniel Rodrigues **Figueiredo**, Maj Av
EAOAR

Mellina dos Santos Ferreira Barbosa, Maj Int
EAOAR

Rio de Janeiro
2024

RESUMO

Diversas são as ameaças aéreas que podem ser encontradas em um campo de batalha moderno e cabe à Força Aérea Brasileira confrontá-las para cumprir sua tarefa de garantir o Controle Aeroespacial. Acredita-se, no entanto, que os meios de defesa aérea e antiaérea disponíveis, bem como aqueles cuja obtenção está planejada, são insuficientes para garantir uma defesa adequada contra Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas de classe 1, isto é, *drones* pequenos com menos de 150 kg, sendo necessária a obtenção de meios de defesa antiaérea capazes de neutralizá-los ou destruí-los de forma eficiente, inclusive quando estiverem operando como um enxame. Argumenta-se que estes sistemas têm adquirido capacidades de emprego cada vez mais expressivas e têm se proliferado entre grupos não governamentais e países com orçamentos de defesa restritos, sendo particularmente ameaçadores para a Força Aérea. Expõe-se, também, como os meios de defesa atuais e projetados enfrentariam dificuldades técnicas durante os engajamentos e custos de operação muito superiores aos das ameaças, sendo indicado o uso de outros tipos de defesa antiaérea. Entende-se que o tempo necessário para que a Força Aérea Brasileira adquira estes novos meios e desenvolva uma doutrina de emprego para eles seja significativamente superior ao tempo necessário para que países vizinhos e grupos de narcotraficantes adquiram e empreguem este tipo de SARP, portanto, uma solução é imperativa para que a nação possa assegurar seu Controle Aeroespacial.

Palavras-chave: Controle Aeroespacial. Defesa Antiaérea. Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas. *Drones* pequenos.

1 O DESAFIO DE GARANTIR O CONTROLE AEROESPACIAL

Diversos são os tipos de ameaças aéreas que podem ser encontrados em um campo de batalha moderno. Com base no trabalho de Nikolakakos, Amyot-Bourgeois e Astles (2022), pode-se resumi-los em: mísseis balísticos, mísseis de cruzeiro, aeronaves de asas fixas, aeronaves de asas rotativas, sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (SARP), mísseis e bombas ar-solo, mísseis antitanque, foguetes, artilharias e morteiros. Cabe à Força Aérea Brasileira (FAB) confrontar estas ameaças, dominando o espaço aéreo de interesse e impedindo que o inimigo faça o mesmo; é sua Tarefa de garantir o Controle Aeroespacial (Brasil, 2020a).

Quando se trata de se contrapor à investida de vetores aéreos ou ataques de mísseis inimigos, a FAB pode empregar ações de Defesa Aérea e de Defesa Antiaérea (Brasil, 2020a). Enquanto a primeira pode ser realizada com as aeronaves F-5M e, em poucos anos, com as aeronaves F-39 Gripen (Brasil, 2018), a segunda depende dos mísseis portáteis IGLA-S e, futuramente, de Sistemas de Artilharia Antiaérea de médio e de longo alcance (Brasil, 2020c, 2020d).

Acredita-se, no entanto, que todos estes meios não são suficientes para garantir uma defesa adequada contra SARP classe 1, isto é, *drones* pequenos com menos de 150 kg (Nikolakakos; Amyot-Bourgeois; Astles, 2022), sendo necessário que a FAB obtenha meios de defesa antiaérea capazes de destruí-los ou neutralizá-los de forma eficiente, inclusive quando estiverem operando como um enxame.

Argumenta-se que esses sistemas têm adquirido capacidades de emprego cada vez mais expressivas e que, sendo soluções de baixo custo, mostram-se atrativas para grupos guerrilheiros e forças armadas com orçamentos pequenos – tais como aquelas da América do Sul – sendo importante dispor de soluções para se fazer frente à sua proliferação.

Expõe-se, também, como os meios de defesa atuais e projetados enfrentariam dificuldades técnicas durante os engajamentos e custos de operação muito superiores aos das ameaças, sendo indicado o uso de outros tipos de defesa antiaérea.

2 IDENTIFICANDO UMA DEFASAGEM DE CAPACIDADES

O Guia do Planejamento Baseado em Capacidades afirma que “em face do elevado grau de volatilidade das conjunturas, é fundamental para o processo de

planejamento das capacidades o oportuno acompanhamento dos cenários” (Brasil, 2020b, p. 16). É pela análise das possibilidades de atuação nos cenários prospectivos que se definem quais são as capacidades necessárias para uma força, e é comparando as capacidades atuais com as desejadas que se identificam defasagens (Brasil, 2020b). A fim de apoiar este processo de planejamento é que se desenvolve as análises a seguir.

2.1 Uma ameaça crescente

A noção de que existe uma ameaça crescente perpassa três pontos interrelacionados: a evolução das capacidades dos SARP em si, a possibilidade de novas táticas de emprego e a proliferação destes vetores.

Os SARP não são uma novidade, os primeiros equipamentos remontam à Primeira Guerra Mundial. Houve, no entanto, expressiva evolução tecnológica. Enquanto os primeiros sistemas nem chegaram ao campo de batalha devido à sua baixa eficácia, hoje eles provêm capacidade de Inteligência, Vigilância e Reconhecimento (IVR) em tempo real e são capazes de destruir alvos sensíveis ao tempo com armamento ar-superfície (Keane; Carr, 2013) ou com explosivos existentes em sua própria estrutura que detonam com o impacto direto no alvo – os chamados “*drones* suicidas”, ou *loitering munitions* (LM) (Nikolakakos; Amyot-Bourgeois; Astles, 2022).

A evolução da capacidade de emprego dos SARP como plataforma de armas traz preocupações quanto à segurança das bases aéreas da FAB, já que tais sistemas podem ser empregados contra aeronaves estacionadas, tanques de combustível, hangares de manutenção e pessoal militar, tudo isso a uma distância segura para o lançador (Nikolakakos; Amyot-Bourgeois; Astles, 2022).

É verdade que quanto menor a aeronave, menor tende a ser a carga explosiva transportada, impedindo-os de produzirem o mesmo efeito que armas maiores (Hecht, 2022). Esta limitação, no entanto, leva à segunda consideração, a de que novas táticas estão surgindo, trazendo com elas novos desafios. Esta limitação, por exemplo, poderia ser suplantada por um enxame de SARP, uma tática em que diversos sistemas são empregados para atacar uma variedade de alvos individualmente ou saturar um único alvo, produzindo um efeito explosivo similar ao de uma cabeça de guerra maior (Vick *et al.*, 2020).

O emprego de SARP como um enxame é uma tática particularmente ameaçadora para a FAB. Enquanto que isoladamente estes sistemas costumam ser usados contra alvos táticos na linha de frente, em grupo eles tendem a ser direcionados a ativos de alto valor tais como bases aéreas, centros de comando e controle, depósitos de munição, sítios radar e sistemas de defesa antiaérea (Nallamalli; Singh; Kumar, 2023). Nikolakakos, Amyot-Bourgeois e Astles (2022) relatam que, em 2018, tal tática foi empregada pelo Movimento dos Alauitas Livres contra alvos militares russos: dez em uma base aérea, três em uma instalação naval.

Mas esta não foi a única tática desenvolvida recentemente para atacar recursos de uma Força Aérea. Postma (2021) relata que no recente conflito entre Azerbaijão e Armênia, em 2020, os azeris converteram biplanos soviéticos antigos em aeronaves remotamente pilotadas e as conduziram para próximo dos radares armênianos a fim de que estes fossem ligados, então, neste momento, utilizaram seus sistemas Harop para destruir os equipamentos. Os Harop são LM com cerca de 6 horas de autonomia, que dispõem de uma cabeça de guerra de aproximadamente 23 kg e que podem ser guiados por emissões radar, tendo sido especialmente desenvolvidos para a Supressão das Defesas Antiaéreas Inimigas (SDAI).

Os SARP classe 1 mostram-se mais baratos e acessíveis do que os sistemas maiores, o que, aliado à portabilidade, à capacidade de serem lançados de qualquer lugar e à baixa detectabilidade, os tornam especialmente atrativos para organizações guerrilheiras (Nikolakakos; Amyot-Bourgeois; Astles, 2022). Conforme apontado por Sayler (2015), até mesmo os modelos recreativos começaram a dispor de tecnologias de ponta, outrora exclusivas ao meio militar. Recursos como navegação GPS, câmeras de vídeo de alta resolução, câmeras térmicas e controle por celular fazem com que as fronteiras entre sistemas militares e civis fiquem cada vez mais nebulosas e garantem a indivíduos e grupos não governamentais um acesso sem precedentes a tecnologias avançadas.

Esta proliferação é tal que hoje pelo menos 90 nações e grupos não governamentais operam este tipo de sistema, dos quais 10 dispõem de SARP armados e 20 possuem projetos para desenvolvê-los (Sayler, 2015). É importante notar que

estados e organizações que não podem pagar por uma força aérea tripulada com plenas capacidades podem agora adquirir [certa] capacidade, que talvez não seja tão completa ou poderosa como a de aeronaves tripuladas. Trata-

se de um grande salto do nada, ou quase nada, para capacidades com as quais só poderiam sonhar (Hecht, 2022, p. 35, tradução nossa).

Este pode ser o caso de alguns países vizinhos na América do Sul. Enquanto o Brasil teve um gasto com defesa de 22,95 bilhões de dólares em 2022, o segundo maior orçamento foi o da Colômbia, 6,35 bilhões de dólares – cerca de 3,6 vezes menor – seguida pela Argentina com um gasto de 3,38 bilhões – cerca de 6,8 vezes menor do que o do Brasil (Hackett, 2023).

É necessário, pois, que a análise das possibilidades de atuação da FAB leve em consideração este cenário que se desdobra, a fim de que as defasagens de capacidades sejam corretamente identificadas.

2.2 A ausência de meios adequados

Neste estudo, trata-se da capacidade de defesa antiaérea da FAB considerando-se os sistemas portáteis IGLA-S de que dispõe, bem como os Sistemas de Artilharia Antiaérea de médio e de longo alcance que pretende obter. Os sistemas de médio alcance já tiveram seus Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) publicados (Brasil, 2020d), enquanto que os de longo alcance ainda estão em fase de estudo (Brasil, 2020c). Considera-se que ambos os sistemas possuem como armamento apenas mísseis ar-solo, seja porque os requisitos não fazem referência a outros mecanismos (Brasil, 2020d), seja porque esta é a forma mais comum de se prover defesa antiaérea a maiores distâncias (Vick *et al.*, 2020).

Conforme apontado por Tianfeng, Xiaojing e Chi (2023), os mísseis ar-solo possuem longo alcance, elevada capacidade de manobra e grande probabilidade de causarem dano, no entanto, seu emprego contra SARP pequenos e lentos resulta em custos excessivos, dificuldades de engajamento e, quando enfrentando enxames, quebra de continuidade na capacidade de defesa.

Os autores afirmam que enquanto um SARP custa, na China, alguns milhares de yuans, um míssil infravermelho de curto alcance pode custar mais de um milhão. Mesmo mísseis mais simples como aqueles que equipam os sistemas portáteis chegam a custar centenas de milhares de yuans (Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023). No ocidente esta diferença também é expressiva, razão que levou Shimooka (2023) a criticar as forças armadas canadenses por estarem readquirindo sistemas portáteis de defesa antiaérea, assim como são os IGLA-S da FAB. Ele também argumenta que

tais sistemas são caros quando comparados com SARP de baixo custo, e ressalta que podem ser necessários diversos disparos para se derrubar ameaças tão pequenas.

As dificuldades de engajamento decorrem do fato de que os alvos são lentos e pequenos e podem ter baixas assinaturas radar e infravermelha (Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023). Wilson *et al.* (2020) explicam que a detecção, identificação e classificação destes alvos é particularmente difícil em regiões com grande ruído, como em aéreas urbanas; ocorre que as bases aéreas da FAB estão dispostas justamente nos grandes centros urbanos do país. É importante considerar, ainda, que os mísseis ar-solo estão entre os armamentos com maior probabilidade de dano colateral (Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023).

Por fim, Tianfeng, Xiaojing e Chi (2023) destacam que os sistemas baseados em mísseis ar-solo geralmente dispõem de apenas algumas dúzias de mísseis, os quais podem ser insuficientes para se engajar enxames. Ainda que bastassem, o sistema ficaria vulnerável até que fosse remuniado. O sistema de médio alcance da FAB, por exemplo, ficaria fora do combate por até 30 minutos (Brasil, 2020d).

Por estas razões Tianfeng, Xiaojing e Chi (2023) afirmam que os mísseis de defesa antiaérea não devem ser os meios prioritários de defesa contra SARP lentos e pequenos. Acrescenta-se a estes motivos a consideração de que quando voando em enxame estes sistemas podem deslocar-se a baixa altura para evitar fogo direto (Shimooka, 2023), aproximando-se das defesas sem serem abatidos; o sistema de médio alcance a ser adquirido pela FAB, no entanto, seria incapaz de engajar SARP voando abaixo de 100 metros de altura ou a uma distância inferior a 2 km (Brasil, 2020d).

A literatura aponta, então, para uma série de alternativas, que podem causar efeitos incapacitantes (*soft kill*) ou letais (*hard kill*), sendo recomendado por Nallamalli, Singh e Kumar (2023) uma combinação destes para se aumentar a probabilidade de neutralização das ameaças.

O efeito incapacitante geralmente é obtido por sistemas capazes de gerar interferência ou sinais falsos nos laços de comunicação ou navegação dos SARP, bem como por bombas de fumaça ou redes de captura (Nallamalli; Singh; Kumar, 2023; Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023; Vick *et al.*, 2020).

O efeito letal, por sua vez, pode ser obtido por meio de lasers de alta energia, micro-ondas de alta potência, artilharias com munição de estilhaço e armamentos de

cano, bem como pela combinação de armas, tais como sistemas que combinam mísseis ar-solo com armamentos de cano (Nallamalli; Singh; Kumar, 2023; Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023; Vick *et al.*, 2020).

Vê-se que todos estes são meios de defesa antiaérea. Ainda que alguns autores defendam a ideia de uma defesa aérea com SARP (Nallamalli; Singh; Kumar, 2023; Tianfeng; Xiaojing; Chi, 2023), nenhum deles defende o uso de aeronaves tripuladas para esta contraposição, de onde se infere que os F-5M e os F-39 Gripen da FAB não seriam meios adequados para tal. Vislumbram-se óbices relacionados ao custo do engajamento, a ausência de armamentos específicos e ao tempo de resposta, caso as ameaças sejam detectadas próximo aos pontos que se deseja defender.

3 CONCLUSÃO

Contemplando o amplo espectro de ameaças aéreas que pode ser encontrado em um campo de batalha moderno e os meios de defesa da FAB, formulou-se a tese de que estes não seriam suficientes para garantir uma defesa adequada contra SARP classe 1, sendo necessária a obtenção de meios de defesa antiaérea capazes de engajá-los de forma eficiente, inclusive quando estiverem operando como um enxame.

Primeiramente, mostrou-se como os SARP classe 1 são ameaças relevantes, tanto por sua capacidade de emprego como por sua proliferação entre grupos guerrilheiros e nações com orçamentos de defesa restritos, tais como aquelas que circundam o Brasil, sendo importante considerá-los no planejamento das capacidades necessárias à FAB.

Em seguida, expôs-se como os meios de defesa da FAB, tanto os atuais quanto os projetados, enfrentariam dificuldades técnicas durante o engajamento destas ameaças e um custo de operação muito superior ao delas, e como as soluções recomendadas pela literatura são outros tipos de defesa antiaérea.

Entende-se que o tempo necessário para que a FAB adquira estes novos meios e desenvolva uma doutrina de emprego para eles seja significativamente superior ao tempo necessário para que países vizinhos e grupos de narcotraficantes adquiram e empreguem este tipo de SARP. Portanto, uma solução é imperativa para que a nação possa assegurar seu Controle Aeroespacial.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 2.102/GC3, de 18 de dezembro de 2018. Aprova a reedição do Plano Estratégico Militar da Aeronáutica (PCA 11-47). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 222, f. 14766, 20 dez. 2018.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.225/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a edição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira (DCA 1-1, volume II). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14971, 12 nov. 2020a.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **Guia do Planejamento Baseado em Capacidades - PBC**. [Brasília]: Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, 2020b. Minuta.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. Portaria nº 108/EMCFA-MD, de 10 de janeiro de 2020. **Diário Oficial da União**: seção 2, Rio de Janeiro, n. 93, p. 8, 13 jan. 2020c.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. Portaria nº 4.181/GM-MD, de 11 de dezembro de 2020. Aprova os Requisitos Operacionais Conjuntos (ROC) para o Sistema de Artilharia Antiaérea de Média Altura / Médio Alcance das Forças Armadas – ROC Nº 54/2020. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 240, p. 21, 16 dez. 2020d.
- HACKETT, James (ed.). **The Military Balance**: The annual assessment of global military capabilities and defense economics. London: Routledge, 2023.
- HECHT, Eado. Drones in the Nagorno-Karabakh War: Analyzing the Data. **Military Strategy Magazine**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 31–37, 2022. Disponível em: <https://www.militarystrategymagazine.com/wp-content/uploads/2022/01/MSM-volume-7-issue-4.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- KEANE, John F.; CARR, Stephen S. A Brief History of Early Unmanned Aircraft. **Johns Hopkins APL Technical Digest**, [Laurel, MD], v. 32, n. 3, p. 558–571, 2013. Disponível em: <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V32-N03/32-03-Keane.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- NALLAMALLI, Ranjana; SINGH, Kulwant; KUMAR, Indra Deo. Technological Perspectives of Countering UAV Swarms. **Defence Science Journal**, [Delhi], v. 73, n. 4, p. 420–428, jul. 2023. Disponível em: <https://publications.drdo.gov.in/ojs/index.php/dsj/article/view/18695/8017>. Acesso em: 13 mar. 2024.
- NIKOLAKAKOS, George; AMYOT-BOURGEOIS, Maude; ASTLES, Brittany. **A state-of-the-art review and analysis of tactical-level ground-based air defence systems and airborne threats**. Ottawa: Defense Research and Development Canada, 2022. Disponível em: https://cradpdf.drdc-ddc.gc.ca/PDFS/unc395/p814997_A1b.pdf. Acesso em: 13 mar. 2024.

POSTMA, Joël. Drones over Nagorno-Karabakh: A glimpse at the future of war? **Atlantisch Perspectief**, [South Holland], v. 45, n. 2, p. 15–20, 2021. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/48638213?seq=1>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SAYLER, Kelley. **A World of Proliferated Drones: A Technology Primer**. Washington, DC: Center for a New American Security, 2015. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep06394>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SHIMOOKA, Richard. Ground Based Air Defence: Canada, Potential Threats and Allied Responses. **Canadian Military Journal**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 64–71, 2023. Disponível em: <http://www.journal.forces.gc.ca/PDFs/CMJ232Ep64.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.

TIANFENG, Fan; XIAOJING, Meng; CHI, Zhang. Development status of anti UAV swarm and analysis of new defense system. **Journal of Physics: Conference Series**, [S. l.], v. 2478, n. 092011, 2023. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2478/9/092011/pdf>. Acesso em: 13 mar. 2024.

VICK, Alan J.; ZEIGLER, Sean M.; BRACKUP, Julia; MEYERS, John Speed. **Air Base Defense: Rethinking Army and Air Force Roles and Functions**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2020. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR4368.html. Acesso em: 13 mar. 2024.

WILSON, Bradley; TIERNEY, Shane; TOLAND, Brendan; BURNS, Rachel M.; STEINER, Colby Peyton; ADAMS, Christopher Scott; NIXON, Michael; KHAN, Raza; ZIEGLER, Michelle D.; OSBURG, Jan; CHANG, Ike. **Small Unmanned Aerial System Adversary Capabilities**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2020. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR3023.html. Acesso em: 13 mar. 2024.