

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A evolução da artilharia antiaérea ocorre com o passar dos anos em função da evolução e da criação de novas ameaças aéreas. Diferentemente da 2ª Guerra Mundial, em que as principais ameaças eram representadas por aeronaves lentas e de baixa manobrabilidade, hoje, o espectro de ameaças é muito mais amplo: aeronaves furtivas, munições inteligentes, mísseis hipervelozes entre outras.

A identificação de ameaças faz parte da metodologia do Planejamento Baseado em Capacidades. Ou seja, deve-se olhar para o futuro e identificar quais capacidades precisam ser obtidas, recuperadas ou mantidas a fim de se obter os efeitos desejados. Dessa forma, faz-se necessária a prospecção tecnológica, que é um planejamento sistemático para mapeamento de desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, capazes de influenciar de forma significativa a conquista de objetivos militares.

O objetivo deste breve artigo não é tratar do PBC ou das metodologias de prospecção tecnológica, mas, sim, de apresentar algumas tecnologias e ameaças aéreas que estão sendo pesquisadas, testadas e até mesmo empregadas em combate. Um dos exemplos de emprego em combate dessas ameaças foi o uso de aeronaves remotamente pilotadas na guerra de Nagorno-Karabakh em 2020.

## 2. NOVAS E ATUAIS AMEAÇAS PARA A ARTILHARIA ANTIAÉREA

### a. Armas hipersônicas

#### 1) Míssil de cruzeiro hipersônico (*hypersonic cruise missile* – HCM)

O míssil hipersônico é um míssil capaz de atingir velocidades superiores a Mach 5 (6.175 km/h ao nível do mar). Podem ser lançados de plataformas terrestres, aéreas e navais. Atualmente, não sistemas de defesa antiaérea capazes de interceptar mísseis hipersônicos. Além da dificuldade natural de interceptar um míssil em velocidade hipersônica, a probabilidade de detecção e acompanhamento pelos radares inimigos é muito pequena, tanto pela baixa seção-reta radar quanto pela alta velocidade, que pode causar erros por um efeito conhecido como “ambiguidade de distâncias”.

---

<sup>1</sup> Curso de Formação de Oficiais de Artilharia – AMAN, 2007; Curso de Artilharia de Costa e Antiaérea – EsACosAAe, 2009; Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais de Artilharia – EsAO, 2017; Adjunto da Divisão de Doutrina e Pesquisa da EsACosAAe.

O motor *scramjet* não possui turbinas e compressores, e só começa a funcionar quando o míssil já se encontra em velocidade supersônica (Mach 2 ou 3). Nessa situação, o ar já entra comprimido em altíssima velocidade na câmara de combustão do motor, onde o combustível é injetado. Logo, o míssil hipersônico precisa ser acelerado inicialmente por um motor a jato convencional ou lançado por uma aeronave já em velocidade supersônica.

O desenvolvimento de um HCM enfrenta desafios como a resistência de materiais a altas temperaturas e o resfriamento do motor. Apesar das dificuldades, os Estados Unidos criaram o programa *Hypersonic Weapon Air-Breaking Air Force* (HAWC), que busca desenvolver um míssil de cruzeiro lançado em voo. A Rússia alega operar o míssil hipersônico Kh-47M2 Kinzhal desde 2017 e desenvolve outros modelos como o 3M22 ZIRCON. A China também está desenvolvendo mísseis hipersônicos, como é o caso do DF-17.

Figura 1 – MIG31K com o míssil de cruzeiro hipersônico Kh-47M2 Kinzhal



Fonte: Military Watch Magazine (2019)

## 2) Planador de hipervelocidade (*hypersonic glide vehicle* - HGV)

O HGV é transportado por um foguete até uma altura de aproximadamente 100 km, de onde é liberado e se direciona para o alvo. O que o distingue de outros armamentos, como os mísseis balísticos, é a sua capacidade de manobrar e alterar sua trajetória descendente. Essa capacidade praticamente impede que a força atacada possa determinar qual dos seus ativos será atacado.

O HGV pode atingir velocidades superiores a 20.000 km/h. No entanto, velocidades hipersônicas podem causar o *plasma blackout*, que é um efeito causado pelo atrito da fuselagem do HGV com ar.

Figura 2 – Planador de hipervelocidade



Fonte: Daily Mail (2014)

## b. Sistema Aéreo Remotamente Pilotado (SARP)

### 1) SARP *stealth*

Nos últimos anos, este tipo de SARP tem ficado cada vez mais comum. As características da aeronave remotamente pilotada (ARP) *stealth* dificultam sua detecção radar, visual, acústica e no espectro do infravermelho.

Um exemplo de aeronave remotamente pilotada *stealth* é o RQ-180. O RQ-180 é uma ARP que está sendo desenvolvida pela empresa norte-americana Northrop Grumman e destinada a realizar missões de inteligência, vigilância e reconhecimento (ISR) de longa duração e de alta altitude.

Figura 3 – RQ-180



Fonte: CAVOK (2020a)

## 2) SARP armado

O primeiro emprego de uma ARP armada ocorreu em 2001, quando o MQ-1 Predator disparou mísseis Hellfire contra o líder talibã Mullah Omar, no Afeganistão.

O caso mais recente e mais emblemático ocorreu na Guerra de Nagorno-Karabakh, em setembro de 2020, quando o Azerbaijão empregou largamente ARP armadas contra colunas de carros de combate e posições de artilharia do exército da Armênia. Esse tipo de aeronave é relativamente barato, não expõe tripulações ao perigo e possui baixa RCS.

O principal SARP empregado pelo Azerbaijão foi o Bayraktar TB2, fabricado pela Turquia.

O Bayraktar TB2 pode transportar uma carga útil máxima de mais de 55 kg. A configuração padrão da carga útil inclui um módulo de câmera eletro-óptica (EO), um módulo de câmera infravermelha (IR), um designador a laser e um telêmetro a laser (LRF). A plataforma TB2 armada pode transportar munições inteligentes Smart Micro Munition (MAM-L) e MAM-C e a versão menor do míssil “Cirit”, desenvolvido pela Roketsan, em pontos nas asas. Cada sistema Bayraktar TB2 consiste em seis veículos aéreos, duas estações de controle de solo (GCS), três terminais de dados de solo (GDTs), dois terminais de vídeo remotos (RVTs) e equipamentos de suporte de solo. Em 8 de setembro de 2016, o Bayraktar TB2 registrou sua primeira missão de combate, durante uma operação contra o Partido dos Trabalhadores do Curdistão (PKK). (CAVOK, 2020b)

Figura 4 – ARP Bayraktar TB2



Fonte: CAVOK (2020b)

## 3) *Loyal wingman*

*Loyal wingman* (“ala leal”, em português) é um tipo de aeronave não tripulada que utiliza inteligência artificial para ampliar as capacidades de outras plataformas aérea, tripuladas ou não.

Diferentemente das ARP, o *loyal wingman* não será pilotado remotamente. Essas aeronaves poderão voar como alas de uma aeronave tripulada, diminuindo os riscos a esta aeronave, e aumentando a capacidade de detecção e de ataque. Além disso, o enlace de dados aumentará a consciência situacional do pacote. No futuro, os tripulantes do caça poderão designar tarefas e objetivos para os drones, operando em forma de *loyal wingman* (AEROFLAP, 2021).

A Real Força Aérea Australiana (RAAF) está desenvolvendo um *loyal wingman* em parceria com a Boeing. O 1º voo do protótipo da *loyal wingman* da RAAF voou em março de 2021.

Figura 5 – *Loyal wingman* da Real Força Aérea Australiana



Fonte: DefesaNet (2020)

Outro país que está desenvolvendo um *loyal wingman* é a Rússia. O Sukhoi S-70 Okhotnik foi projetado para voar em formação com o Sukhoi Su-57 Felon, aeronave de 5ª geração russa. O S-70 Okhotnik tem o formato de “asa voadora”, sem empenagem vertical, e que lembra do bombardeiro *stealth* B-2 Spirit. O S-70 Okhotnik é poderá atuar de forma totalmente autônoma ou controlado pelo piloto do Su-57.

Figura 6 - Sukhoi S-70 Okhotnik voando como ala de um Su-57



Fonte: AEROFLAP (2021)

#### 4) Enxame de drones (*drone swarm*)

Um enxame de drones (ARP) pode ser definido como um conjunto de múltiplas plataformas não tripuladas e/ou armas inteligentes para cumprir um objetivo comum, com as plataformas e/ou armas alterando autonomamente seu comportamento com base na comunicação entre si. Para isso, faz-se necessário o uso massivo de inteligência artificial.

As possibilidades são muitas. Um dos objetivos de emprego dessa técnica é a saturação dos meios de defesa antiaérea do oponente. Um ativo de alto valor estratégico, por exemplo, pode ser atacado por um enxame com uma quantidade de ARP muito superior à capacidade de engajamento de sua defesa antiaérea.

Apesar de não ter sido utilizada a inteligência artificial, o caso mais emblemático de saturação de defesa antiaérea foi o ataque realizado pelo movimento Houthi, do Iêmen, às refinarias de petróleo Abqaiq e Khurais, na Arábia Saudita, em setembro de 2019. Na oportunidade, ondas de ARP e mísseis foram lançadas contra as refinarias. Acredita-se que as primeiras ARP podiam não estar conter explosivos, sendo usadas apenas na saturação e despistamento.

Figura 7 – ARP usadas no ataque a refinarias na Arábia Saudita



Fonte: South Front (2019)

Esse tipo de ataque também pode ser utilizado em missões de supressão de defesa antiaérea inimiga (SEAD – suppression of enemy air defense). SEAD é a missão aérea destinada a

destruir, neutralizar ou degradar a capacidade de defesa aérea e de C<sup>2</sup> do inimigo, em determinada área e por um período de tempo, usando energia eletromagnética ou armamento que empregue a emissão intencional do alvo para o seu guiamento (utilização de mísseis antirradiação e ARP suicidas).

Figura 8 – ARP atingindo uma posição de radar



Fonte: DayDayNews (2020)

##### 5) Munições ociosas (*loitering munitions*)

Uma munição ociosa é um tipo de veículo aéreo não tripulado projetado para engajar alvos terrestres além da linha de visão com uma ogiva explosiva. Munições ociosas são frequentemente portáteis e muitas são destinadas a fornecer às unidades terrestres, como infantaria, uma munição de precisão guiada (Centre of the Study of the Drone, 2017).

As munições ociosas são relativamente baratas e permitem tempos de reação menores contra alvos que surgem por curtos períodos de tempo, sem colocar plataformas de alto valor perto da área alvo. Além disso permitem um direcionamento mais seletivo, pois a missão de ataque pode ser abortada. Apresentam algumas características tanto de mísseis de cruzeiro quanto de ARP.

Em 2019, um estudo do Center for Study of the Drone mostrou que o Azerbaijão possuía em seu arsenal oito tipos de veículos aéreos não tripulados israelenses, sendo metade de munições ociosas (Harop, Sky Striker, Orbiter-1K, Orbiter-3). No conflito de Nagorno-Karabakh (2020), o Azerbaijão fez uso massivo dessas munições ociosas contra as forças armênicas, tendo se

destacado o Harop, da empresa israelense IAI. Na prática, este tipo de armamento vem sendo empregado nesse conflito pelo menos desde 2016.

Figura 9 – Lançamento do Harop



Fonte: C4ISRNET (2018)

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma gama de ameaças aéreas que não foram apresentadas: aeronaves de 5ª e 6ª gerações, mísseis de cruzeiro com modernos sistemas de orientação e medidas de proteção eletrônica, mísseis com propulsão nuclear entre outros.

As dificuldades principais para as defesas antiaéreas são a alta velocidade, furtividade e a capacidade de saturação. Com isso, novas soluções devem ser buscadas. Na prática, nem mesmo potências militares, com orçamentos acima da média, têm a solução para todos estes tipos de ameaças aéreas. Não há uma solução fácil para um problema tão complexo.

Cabe ressaltar que nem todas as tecnologias apresentadas são uma ameaça direta ao nosso país a curto e médio prazos. No entanto, não devemos nos furtar de acompanhar a evolução dessas ameaças aéreas e de buscar meios de se contrapor, o que passa por uma solução conjunta, pois deve ser de interesse de todas as Forças.



## REFERÊNCIAS

- CENTENO, Gabriel. Rússia trabalha para integrar drones S-70 em esquadrões de Su-57. **AEROFLAP**, 2021. Disponível em: <https://www.aeroflap.com.br/russia-trabalha-para-integrar-drones-s-70-em-esquadros-de-su-57/>. Acesso em: 03 maio 2021.
- CENTER for the Study of the Drone. Loitering Munitions. **Drone Center**, 2017. Disponível em: <https://dronecenter.bard.edu/files/2017/02/CSD-Loitering-Munitions.pdf>. Acesso em: 04 maio 2021.
- DAVIES, Jack. Unmanned Aerial Systems in Nagorno-Karabakh: A Paradigm Shift in Warfare? **Human Security Centre**, 2020. Disponível em: <http://www.hscentre.org/uncategorized/unmanned-aerial-systems-in-nagorno-karabakh-a-paradigm-shift-in-warfare/>. Acesso em: 02 maio 2021.
- Eastern Europe and Central Asia, Missile and Space. Putin's Daggers; Russian President Inspects Lethal Kh-47M2 Hypersonic Missile Armed MiG-31 Jets. **Force Comparison**, 2019. Disponível em: <https://militarywatchmagazine.com/article/putin-s-daggers-russian-president-inspects-lethal-kh-47m2-hypersonic-missile-armed-mig-31-jets>. Acesso em: 2 maio 2021.
- NYE, James. Pentagon's top-secret hypersonic weapon explodes in mystery Alaska fireball: Flaming missile that can hit anywhere on Earth in an hour lights up the sky. **Daily Mail**, 2014. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2734332/Amateur-photographer-captures-moment-experimental-US-weapon-detonates-launchpad-wilds-Alaska.html>. Acesso em: 2 maio 2021.
- SAUDI Arabia Showcases Wreckage of Drones And Missiles Used in Abqaiq–Khurais Attack (Photos): The Saudi Ministry of Defense revealed on September 18 new information about [the recent attack](#) on key oil facilities in the Kingdom. **South Front**, 2019. Disponível em: <https://southfront.org/saudi-arabia-showcases-wreckage-of-drones-and-missiles-used-in-abqaiq-khurais-attack-photos/>. Acesso em: 03 maio 2021.
- THE MEDIA released a photo of the killer Israeli “Kamikaze” drone, destroying the Armenian S-300. DayDayNews, 2020. Disponível em: <https://daydaynews.cc/en/military/884511.html>. Acesso em: 02 maio 2021.
- VALDUGA, Fernando. IMAGEM: Aeronave furtiva misteriosa, provavelmente um RQ-180, vista voando perto da Base Aérea de Edwards. **CAVOK**, 2020a. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/imagem-aeronave-furtiva-misteriosa-provavelmente-um-rq-180-vista-voando-perto-da-base-aerea-de-edwards>. Acesso em: 02 maio 2021.
- \_\_\_\_\_. Exército Nacional da Líbia abate drone turco Bayraktar TB2. **CAVOK**, 2020b. Disponível em: <https://www.cavok.com.br/exercito-nacional-da-libia-abate-drone-turco-bayraktar-tb2>. Acesso em: 02 maio 2021.