

DEFESA ANTIAÉREA – PRINCÍPIOS TÉCNICOS E TÁTICOS (2): ALCANCE MÁXIMO, DISTÂNCIA DE ENGAJAMENTO E PROCEDIMENTOS DE EVASÃO

Por Olivier Dujardin*



Sistemas Patriot na Ucrânia (Ministério da Defesa da Ucrânia).

A tarefa de abater um alvo aéreo é complexa e deve levar em conta não apenas as características do sistema antiaéreo empregado, mas também as do alvo, que não será facilmente neutralizado.

Independentemente do sistema antiaéreo utilizado, não basta que um alvo esteja dentro do alcance de tiro para garantir a sua destruição. É necessário levar em conta não só as características do sistema antiaéreo, mas também as do alvo, que não será facilmente neutralizado. Longe de ser indefesa, uma aeronave militar devidamente equipada também possui vários meios para conter um ataque. Por sua vez, o usuário do sistema terra-ar deve ser paciente, aguardando que seu alvo esteja na posição mais favorável ao sistema utilizado, caso contrário ele errará.

ALCANCE MÁXIMO VS. DISTÂNCIA DE ENGAJAMENTO

O alcance máximo de um sistema terra-ar indica a distância na qual o míssil pode destruir um alvo, mas isso não corresponde necessariamente à distância de combate de uma aeronave. Na verdade, atingir um alvo no alcance máximo do sistema tem poucas chances de sucesso. A distância de engajamento deve levar em consideração o tempo de voo do míssil e o fato de que o alvo terá detectado o ataque, tentando assim escapar dele. Esta distância varia dependendo do tipo de

aeronave visada. Uma aeronave de transporte terá uma distância de combate maior devido à menor velocidade e manobrabilidade em comparação a um caça potencialmente capaz de voar a velocidades supersônicas e sair da zona de perigo mais rapidamente.

A distância de combate corresponde, na verdade, à distância em que a aeronave visada, qualquer que seja a sua trajetória, estará sempre dentro do volume de destruição do míssil levando em conta o seu tempo de voo.

Tomemos o exemplo de um sistema terra-ar com alcance máximo de 100 km disparando mísseis que voam a 1.000 m/s:

- Para interceptar uma aeronave voando a 900 km/h, ou 250 m/s, ele terá que disparar quando estiver a uma distância máxima de 75 km. A distância de combate é, portanto, de 75 km contra um tipo de aeronave de transporte subsônico;
- Se a aeronave for um caça capaz de voar a 1.800 km/h, ou 500 m/s, a distância de combate será então de no máximo 50 km, ou metade do alcance máximo do sistema. Além desta distância, o caça terá tempo de sair do volume de combate antes que o míssil o alcance.

É importante notar que estes cálculos levam em consideração apenas aeronaves militares equipadas com RWR (*Radar Warning Receiver*) e/ou detector de lançamento de mísseis. No caso de aeronaves civis, drones ou mísseis que não têm consciência da ameaça, a distância de engajamento pode ser muito maior, principalmente se o alvo estiver se aproximando, pois não haverá reação de sua parte.

PROCEDIMENTOS E CONTRAMEDIDAS PARA EVITAR AERONAVES

A grande maioria das aeronaves de combate está, portanto, equipada com um RWR. São antenas distribuídas ao redor do dispositivo que captam sinais eletromagnéticos. O RWR cobre uma faixa de frequência normalmente entre 5 e 18 ou 20 GHz, mas alguns podem cobrir uma faixa de 2 a 20 GHz. Os primeiros permitem cobrir a faixa de frequência dos sistemas de controle de fogo terra-ar e dos aviões de combate. Os segundos permitem também a detecção de alguns radares de vigilância associados aos sistemas terra-ar. Esta funcionalidade é particularmente interessante para sistemas de armas como o IRIS-T SLM, NASAMS ou SAMP/T que não utilizam controle de fogo e se contentam em perseguir seus alvos com base em informações descontínuas fornecidas por seus radares de vigilância, alguns dos quais utilizam frequências abaixo de 5 GHz.

Deve-se notar que estes sistemas de armas podem frequentemente ser associados a vários tipos de radares de vigilância. Por exemplo, o IRIS-T SLM pode ser associado ao radar TRML-4D da Hensoldt, ao radar Kronos da Leonardo ou ao radar Giraffe AMB da Saab. Cada um desses radares também pode ser usado como radar de vigilância autônomo, independentemente de um sistema de armas. Isto pode, portanto, complicar a detecção da ameaça, mesmo que, geralmente, um país

associe o seu sistema de armas ao mesmo radar. No caso da Ucrânia, os russos sabem que o sistema IRIS-T SLM está associado ao radar TRML-4D, o que significa que a detecção deste radar é sinônimo da presença do sistema antiaéreo associado.



As aeronaves militares equipadas com estes receptores de radar estão, portanto, cientes da presença do sistema de armas, se este estiver ativo. Em caso de lançamento de um míssil, eles são avisados de duas formas: ou pela iluminação do radar que os direciona, que é facilmente detectável, ou pela detecção do sinal do controle remoto do míssil. Dependendo dos sistemas de armas, pode haver sutilezas. Por exemplo, para o Patriot, a aeronave alvo pode detectar tanto a iluminação quanto o sinal do controle remoto. Para a família S-300/S-350/S-400,

apenas a iluminação pode ser detectada, pois o sinal do controle remoto fica “escondido” no quadro do sinal do radar e é mais difícil de extrair.

No entanto, a iluminação por si só não garante o envolvimento de um míssil, mas indica que a aeronave está exposta. Com sistemas como IRIS-T SLM ou NASAMS, apenas a detecção do sinal de controle remoto é uma indicação de engajamento, pois a operação dos radares de vigilância associados não será necessariamente modificada.

Ao detectar uma ameaça de míssil, o procedimento aplicado é universal. A aeronave visada adota uma série de medidas defensivas padrão: posiciona-se de costas para a ameaça para aumentar a distância, acelera o máximo possível para retardar o impacto dos mísseis e inicia uma descida para reduzir sua altitude. Esta manobra dinâmica visa escapar do volume de destruição do míssil se disparado de muito longe, ou passar abaixo do horizonte do radar para escapar da detecção.

O horizonte do radar é a altitude mínima na qual o radar pode detectar um alvo, com base na distância e na curvatura da Terra. Por exemplo, a 100 km de distância, um radar terrestre pode detectar um alvo voando acima de 500 m, mas a 200 km de distância, essa altura mínima de detecção sobe para 3.000 m, e a 300 km de distância, é de 5.500 m. É claro que estes desempenhos não levam em consideração possíveis relevos ou obstáculos que poderiam complicar a detecção e, portanto, degradá-la ainda mais.

A descida da aeronave alvo também força os mísseis através de camadas mais densas da atmosfera, aumentando assim o arrasto e reduzindo seu desempenho. Porém, uma manobra evasiva depende da agilidade do aparelho; um caça pode descer rapidamente, enquanto um avião de transporte demorará mais, o que pode comprometer sua fuga. Em alguns casos, uma aeronave ameaçada pode optar por não descer se estiver sobrevoando território inimigo onde há sistemas de defesa de curto alcance ativos, aumentando assim o risco de ser alvo.

Vale mencionar também o caso dos radares de vigilância aerotransportados. Se estes radares estiverem ligados a um sistema terra-ar, como os russos fizeram com seus A-50 e S-400, a aeronave atacada não terá onde se esconder. Os radares aerotransportados permitem detectar aeronaves independentemente da sua altitude, eliminando assim a restrição do horizonte do radar. Isso dá importância estratégica a aeronaves como o A-50, dando-lhes uma vantagem significativa sobre seus adversários. Compreendemos então a importância para os ucranianos de neutralizar estes dispositivos, especialmente porque os russos têm um número limitado de unidades.

Se, apesar destas medidas defensivas, o dispositivo for detectado, ele ainda terá contramedidas para bloquear os buscadores de mísseis, o controle de fogo, os radares de vigilância ou os sinais de controle remoto dos mísseis. Bloquear com sucesso qualquer um deles pode neutralizar efetivamente a ameaça. Como último recurso, também existem iscas eletromagnéticas ou infravermelhas para enganar os mísseis.

* * *

Abater uma aeronave equipada com detecção e proteção adequadas não é tão simples quanto parece. Para interceptar um alvo aéreo, os operadores do sistema terra-ar devem escolher o momento oportuno e não economizar no número de mísseis disparados. Mesmo que o combate ocorra na distância certa, as manobras do alvo e as possíveis contramedidas podem frustrar o ataque. É por isso que os procedimentos de disparo geralmente recomendam disparar dois mísseis contra um alvo e repetir a operação se a destruição não for confirmada e o alvo ainda estiver dentro do volume de combate. Geralmente, quanto mais distante o combate, menor a probabilidade de destruição do alvo, mesmo com mísseis de longo alcance. É importante ressaltar que as probabilidades de destruição fornecidas pelos fabricantes não levam em consideração contramedidas ou manobras para evitar alvos.

Portanto, um sistema que tenha uma taxa de interceptação de 90% ao disparar dois mísseis contra um alvo poderá ver essa taxa significativamente reduzida quando confrontado com aeronaves equipadas com sistemas de alerta e autoproteção. Por exemplo, afirma-se que o sistema S-125 (SA-3 Goa na nomenclatura OTAN) tem uma probabilidade de 72% de interceptação bem-sucedida com um único míssil e mais de 90% com dois mísseis, de acordo com as especificações do fabricante. No entanto, durante a operação militar da OTAN contra a Sérvia em 1999, mais de 800 mísseis terra-ar foram disparados pelas forças sérvias (principalmente mísseis dos sistemas SA-3 e SA-6) causando apenas duas aeronaves perdidas e provavelmente outra danificada. Isto representa uma taxa de interceptação real bem inferior a 0,5%.

Embora isto diga respeito a antigos sistemas antiaéreos, contra os quais as contramedidas estão agora bem dominadas, ilustra o impacto significativo que os meios de autoproteção podem ter na eficácia de um sistema terra-ar moderno, mesmo que o atraso não seja tão extremo.

Deve-se notar que o problema do engajamento ar/ar com mísseis antiaéreos atende às mesmas restrições e é ainda mais complexo porque a cinemática do plano de disparo (velocidade, altitude, direção) também entra em jogo.

Publicado no [Cf2R](#).

***Olivier Dujardin** é pesquisador associado do Cf2R (Centre Français de Recherche sur le Renseignement), chefe da seção de tecnologias e armamentos e consultor independente. Ele tem mais de 20 anos de experiência em guerra eletrônica, processamento de sinais de radar e análise de sistemas de armas. Ocupou cargos operacionais em guerra eletrônica, no estudo de sistemas de radar, guerra eletrônica e análise e coleta de sinais eletromagnéticos. Ele também ocupou o cargo de especialista técnico em sistemas de coleta SIGINT.
