

DISSECANDO O PATRIOT PAC-3

*Por Olivier Dujardin**



Um lançador do sistema Patriot em Rzeszow, Polônia, em março de 2022 (Sean Gallup/Getty Images).

Muito tem sido dito sobre as capacidades do sistema antiaéreo Patriot em uso na Ucrânia, mas quais são suas características e como ele se compara ao russo S-400?

O sistema antiaéreo de longo alcance MIM-104 Patriot PAC-3 é uma evolução do modelo que surgiu em meados da década de 1980, que pretendia ser a contraparte do russo S-300 que havia entrado em serviço alguns anos antes. Suas primeiras versões tiveram uma eficácia altamente contestada, especialmente durante a primeira Guerra do Golfo, quando a taxa de interceptação real ficou bem abaixo dos 97% anunciados pelo presidente George H. W. Bush¹. Em seguida, várias transformações do sistema foram realizadas a fim de melhorar seu desempenho. A versão mais recente, denominada “PAC-3”, retoma as capacidades da versão PAC-2 GEM (versão melhorada após a Guerra do Golfo), pois permite o uso dos mísseis do PAC-2 e do PAC-3.

Equipamento menos divulgado que o russo S-400, o Patriot PAC-3 voltou à cena gradualmente com seus recentes sucessos de exportação e principalmente desde que duas baterias foram fornecidas à Ucrânia, uma pelos Estados Unidos e outra pela Alemanha. Assim que foi creditado pela destruição de vários mísseis Kinzhal e Iskander-M, passou de um sistema “mal-amado” para “o sistema mais capaz do mundo”. Mas como funciona, em que difere de seu concorrente russo S-400? As apresentações anunciadas são confiáveis? Para responder a essas perguntas, é preciso entender a arquitetura do sistema e como ele funciona.

¹ É debatível, mas a taxa real de interceptação varia de 10 a 40%.

ARQUITETURA GERAL

A arquitetura geral do MIM-104 PAC-3 não mudou ao longo do tempo. A bateria ainda consiste em um radar de controle de tiro AN/MPQ-65 ou AN/MPQ-65A – substituindo o AN/MPQ-53 das versões anteriores –, um veículo de comando Estação de Controle de Engajamento (ECS) AN/MSQ-32 com três operadores, um veículo OE-349 Antenna Mast Group permitindo conexão com *links* de dados UHF (Link 16), um veículo gerador de energia EPP-III e quatro a oito lançadores de mísseis M902/903.

O AN/MPQ-65 é, como seu antecessor, um radar eletrônico de varredura PESA² trabalhando na banda G, ou seja, em torno de 5Ghz. Seu alcance de detecção seria superior a 170 km. Ele monitora um setor angular teórico de 120°, mas apenas 90° se você quiser se beneficiar de suas capacidades máximas de detecção (no deslocamento máximo, o alcance de detecção é praticamente reduzido pela metade). O AN/MPQ-65A é a versão AESA do radar e foi desenvolvido para a versão PAC-3 MSE. As capacidades de detecção do radar permanecem essencialmente as mesmas. Uma versão que permite um relógio de 360° com três antenas agora é oferecida pela Raytheon sob o nome Ghost Eye para o programa de modernização LTAMDS.

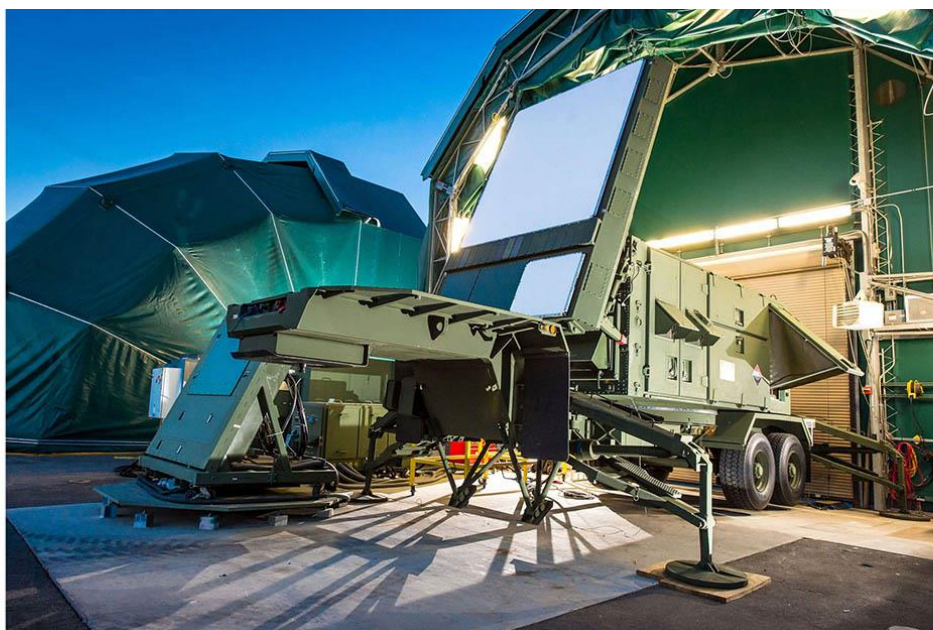


FIGURA 1: Radar AN/MPQ-65 (Raytheon Advanced Media).

Ao contrário de muitas linhas de tiro, este radar opera em uma frequência mais baixa (5Ghz versus geralmente em torno de 9 a 10Ghz). Isso tem a vantagem de poder detectar os chamados alvos *stealth* com um pouco mais de facilidade, que geralmente são otimizados para faixas de frequência entre 8 e 11Ghz. Isso torna a detecção de pequenos alvos (drones, bombas flutuantes, etc.) mais aleatória, mas como esses objetos não são o alvo principal de tal sistema, a desvantagem permanece bastante relativa.

² <https://cf2r.org/rta/radars-classiques-pesa-et-aesa-avantages-et-inconvenients/>



FIGURA 2: Radar AN/MPQ-65A com antenas adicionais do programa LTAMDS (Simon Petersen via Jon Hawkes/Twitter).

MÍSSEIS

Ao contrário de seu concorrente direto, o S-400, o Patriot PAC-3 pode usar apenas três tipos de mísseis:

- O míssil desenvolvido para o PAC-2 é um míssil de 900 kg com 84 kg de carga explosiva e alcance de até 160 km. Ele foi projetado para ser capaz de tratar todos os tipos de alvos (mísseis balísticos de alcance intermediário, aeronaves, mísseis de cruzeiro, drones, etc.) até 32.000 m de altitude. Seu buscador semiativo destina-se mais particularmente a alvos operando em grandes altitudes;
- O míssil desenvolvido para o PAC-3 é um míssil muito mais compacto de 315 kg com uma ogiva muito pequena de apenas 8,2 kg. Seu pequeno tamanho permite que seja integrado em lançadores M903 com 16 mísseis por lançador contra apenas quatro do míssil anterior. Este míssil foi otimizado para a interceptação de mísseis balísticos, mas pode, no entanto, lidar com qualquer outro alvo voador. Tem um alcance de 70 km (20 km contra mísseis balísticos e uma altitude máxima de 24.000 m). Possui um buscador ativo e 180 propulsores (ACM), localizados na parte frontal do míssil, permitindo que ele ajuste com precisão sua trajetória para “bater para matar”, ou seja, atingir fisicamente o alvo, o que explica a fragilidade da carga militar;
- A versão PAC-3 MSE implementa uma evolução do míssil anterior que tem um alcance melhorado com 100 km (30 km contra mísseis balísticos) até 36.000 m de altitude. Também é equipado com uma ogiva um pouco maior. Um pouco maior que seu antecessor, ainda pode ser transportado em lançadores M903, mas com apenas 12 mísseis por lançador.

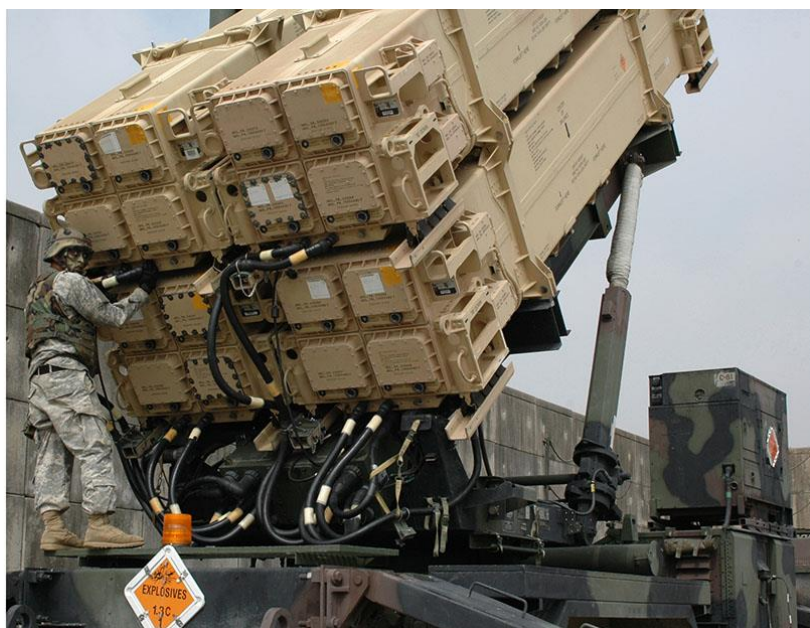


FIGURA 3: Militar realiza verificação de manutenção em lançador de mísseis Patriot PAC-3 MSE, 4 de outubro de 2006 (Exército dos EUA).

Em suma, os mísseis desenvolvidos para o Patriot PAC-2 são usados principalmente para interceptação de aeronaves de longo alcance e grande altitude, enquanto os mísseis desenvolvidos para o PAC-3 são usados para a interceptação de alvos mais complexos, como mísseis balísticos ou alvos de manobra, movendo-se em baixa altitude.

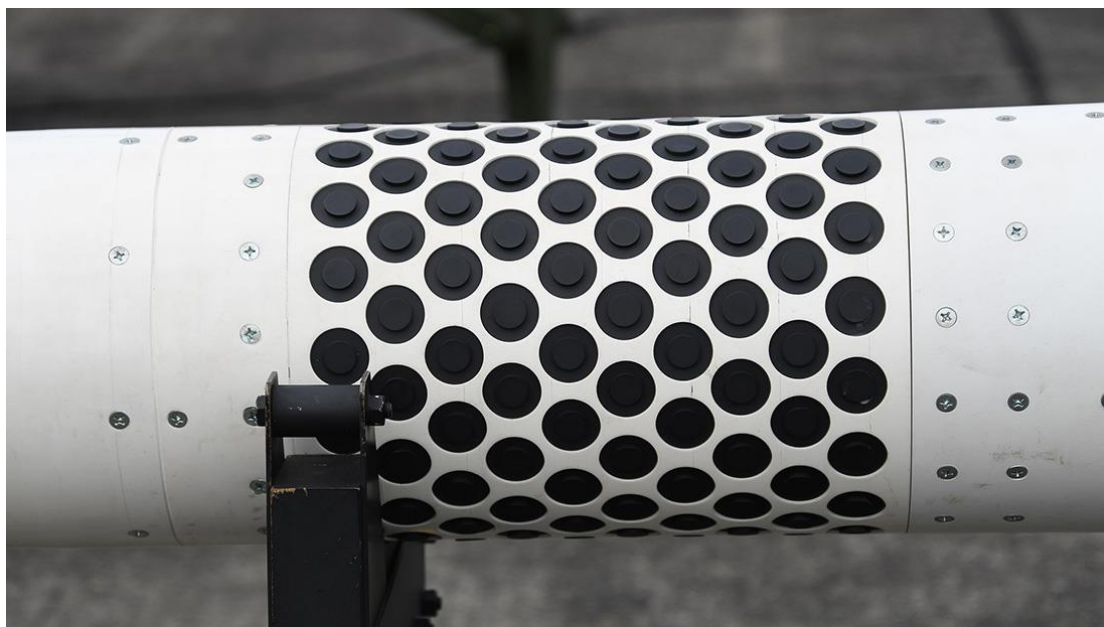


FIGURA 4: Detalhe dos motores de controle de atitude ACM (Hunini/CC BY 40).

Esses mísseis são particularmente caros, entre US\$ 3,3 e US\$ 4 milhões dependendo do modelo. Além disso, desde a introdução do PAC-3 em 1995,

apenas pouco mais de 4.600 mísseis foram fabricados³. No fim de fevereiro de 2023, a Rocketdyne anunciou que entregou o 830.000º ACM (há 180 ACMs por míssil) para os PAC-3 e PAC-3 MSE, uma taxa média de produção anual de menos de 200 unidades. Pouco em comparação com as 10 nações equipadas com PAC-3.

PRINCÍPIO OPERACIONAL

O radar é responsável por detectar possíveis alvos na área que está monitorando. Ele pode ser conectado pelo Link 16 a outros radares, mas, ao contrário do S-400, não pode atingir um alvo que não esteja rastreando. Esta é uma evolução prevista no programa LTAMDS que permitirá, no futuro, uma integração completa de diferentes radares com os do Patriot GhostEye, AN/MPQ-53 e AN/MPQ-65/65A, mas também o AN/MPQ-64 Sentinel, AN/TPS-80 G/ATOR, GhostEye MR (NASAMS), MEADS MFCR e SR, AN/SPY-1 e AN/SPY-6 (Aegis BMD), AN/TPY-2 (THAAD e GMD) e o AN/APG-81 (F-35 Lightning II).

Uma vez detectado e validado um alvo pelos operadores, o sistema dispara dois mísseis compensados, para aumentar a probabilidade de destruição, na posição estimada do alvo no momento da interceptação. Os mísseis são guiados por um sinal de telecomando direcional emitido pelo radar, mas, ao contrário da família S-300/400, o telecomando é independente do radar e o sinal é emitido por outra antena localizada na parte inferior do radar. O sistema pode envolver simultaneamente até seis alvos.

O controle remoto é usado para ajustar a trajetória dos mísseis de acordo com a evolução do alvo. Quando estão próximos o suficiente, os mísseis do PAC-2 sobem o sinal de radar resultante da iluminação do alvo até que a espoleta de proximidade acione a ogiva. Os mísseis PAC-3 usam seu radar ativo que funciona em torno de 26 a 30Ghz para rastrear seu alvo de forma autônoma assim que o detectam. Os micropropulsores são responsáveis por ajustar com precisão o míssil na trajetória do alvo para atingi-lo.

O PATRIOT É EFICAZ PARA COMBATER OS MÍSSEIS KINZHAL?

Como os ucranianos reivindicaram a interceptação, graças ao Patriot, de nada menos que 13 mísseis hipersônicos Kinzhal (um no dia 6 de maio, seis em 16 de maio e outros seis em 16 de junho), a pergunta deve ser feita.

Para começar, é preciso entender o que é esse tão falado míssil hipersônico russo.

Ao contrário da crença popular, o Kh-47M2 Kinzhal não é em si um objeto de “alta tecnologia” como é geralmente definido. É um míssil movido a foguete que adota uma trajetória semibalística baixa. A orientação é realizada pelo GNSS, o russo GLONASS neste caso, que reajusta uma unidade inercial. Derivado diretamente do míssil terra-terra Iskander-M, o Kinzhal teria dimensões ligeiramente maiores (1,2 m de diâmetro contra 0,94 m). Portanto, não seria apenas um míssil 9K720

³ <https://www.rocket.com/article/aerojet-rocketdyne-delivers-830000th-attitude-control-motor-patriot-missile-investments>

Iskander-M lançado do ar. Algumas fontes falam de orientação final eletro-óptica e/ou por radar, mas não há nada que confirme isso.

Finalmente, este míssil é apenas um descendente distante do alemão V2. A sua complexidade não reside na sua eletrônica ou em sua motorização, mas sim no seu controle aerodinâmico. Isso requer habilidades especializadas por parte dos engenheiros russos, mas esses elementos, uma vez dominados, são “facilmente” replicáveis. Este desenvolvimento permite torcer o pescoço para as estimativas do preço deste míssil. Alguns mencionam um preço do míssil superior a 20 milhões de dólares, outros 10 milhões, mas essas estimativas são geralmente desenvolvidas com base na extrapolação da tecnologia ocidental.

No entanto, dado que o custo médio do armamento russo é geralmente três a cinco vezes inferior ao do Ocidente e que a tecnologia utilizada permanece relativamente “simples”, uma estimativa do preço unitário deste míssil rondando os 1, 2 a 1,5 milhões de dólares parece mais realista. Isso ainda é caro para os padrões russos, mas é compatível com o fato de que a linha de produção ainda é “artesanal” e não realmente automatizada – o que sugere até que esse valor poderá diminuir quando uma linha de produção industrial estiver realmente operacional. De modo geral, este míssil pode transportar uma ogiva de 480 kg a uma distância de 1.500 a 2.000 km.

O míssil Kh-47M2 é lançado de uma aeronave, MiG-31K ou Tu-22M3. Uma vez liberado, ele aciona seu motor de foguete para subir em altitude. Sua altitude de voo não é conhecida. Poderia evoluir, como seu primo o Iskander-M, entre 50 e 80 km (acima do teto do Patriot, mas abaixo do piso do sistema antimíssil THAAD); outras fontes mencionam uma altura de 200 km, mas é sem dúvida no caso de um tiro em um alcance muito curto que, portanto, impõe uma trajetória verdadeiramente balística.



FIGURA 5: Míssil 9K720 Iskander-M pouco antes do impacto.

Uma vez em sua altitude de voo, ele retoma o voo horizontal e atinge sua velocidade máxima de Mach 10, ou 3,4 km/s. É durante esta fase do voo que seria

mais fácil interceptar. A sua trajetória é, *a priori*, estável e previsível, mas ainda assim é necessário dispor de meios antiaéreos adequados para ir buscar um alvo que voe tão alto e tão rápido (esta fase de voo é de curta duração).

O Kh-47M2 mantém sua velocidade enquanto seu propulsor estiver operando. Uma vez parado, o míssil continua sua trajetória, degradando gradativamente a velocidade e altitude. Portanto, não mantém sua velocidade durante todo o voo. Uma vez acima de seu alvo, o míssil vira para baixo e mergulha quase verticalmente, como seu primo, o Iskander-M. A velocidade terminal depende diretamente da distância do alvo. Quanto mais próximo o alvo estiver do alcance máximo de tiro e mais lento for o míssil, é possível que seu movimento final não seja mais hipersônico (Mach 4?) O míssil poderia manter uma corrida final bem próxima de sua velocidade máxima (Mach 8?).

Três observações gerais devem ser feitas.

- Embora o míssil seja guiado pelo GNSS, ainda é muito difícil travar porque está voando muito alto na atmosfera e quando, durante a descida, chega ao alcance do bloqueio, pode ter muito pouco efeito em sua precisão, pois é na fase terminal, em altíssima velocidade e a poucos segundos do impacto;
- A velocidade do míssil, embora em torno de Mach 10, não lhe confere, *a priori*, nenhuma furtividade em particular. O plasma começa a se formar em torno dessa velocidade e, para reivindicar certas capacidades de absorção de ondas de radar, o plasma deve ser controlado (temperatura e densidade), o que não é o caso aqui;
- O míssil Iskander-M é equipado com seis chamarizes 9B899 que são soltos na descida ao entrar no volume de interceptação dos sistemas terra-ar; não sabemos se o mesmo é verdade para o Kinzhal, mas seria bem possível e esta eventualidade deve ser levada em conta.

Comparado com o Patriot PAC-3, podemos deduzir que, se o Kinzhal for indubitavelmente detectado a uma distância confortável em comparação com as capacidades do radar, ele voa muito alto para ser atacado. Os operadores provavelmente não terão problemas para identificar esse alvo, pois as características cinemáticas são únicas.

O sistema de detecção só pode calcular uma trajetória de interceptação quando o míssil já estiver na fase de descida em uma trajetória estabilizada, ou seja, no máximo a aproximadamente 18 a 40 segundos antes de seu impacto (isso depende da altitude do mergulho e de sua velocidade terminal). Durante este tempo, o Patriot PAC-3 deve calcular a trajetória e disparar seus mísseis e estes devem atingir o alvo (ou o tempo mínimo de voo do míssil é de nove segundos para o PAC-2 e cerca de três a quatro segundos para o PAC-3).

É curto, muito curto mesmo, deixa uma janela de apenas quatro a 15 segundos entre o momento em que o Kinzhal entra no volume do tiro e o impacto final. Para aumentar as chances de interceptação, pode-se imaginar que os operadores antecipam possíveis caminhos antes mesmo de o míssil iniciar sua descida. Assim eles “pré-posicionam” seus próprios mísseis em rotas prováveis esperando que

seu alvo cruze uma delas. Claro que os mísseis que não estão na boa trajetória são perdidos.

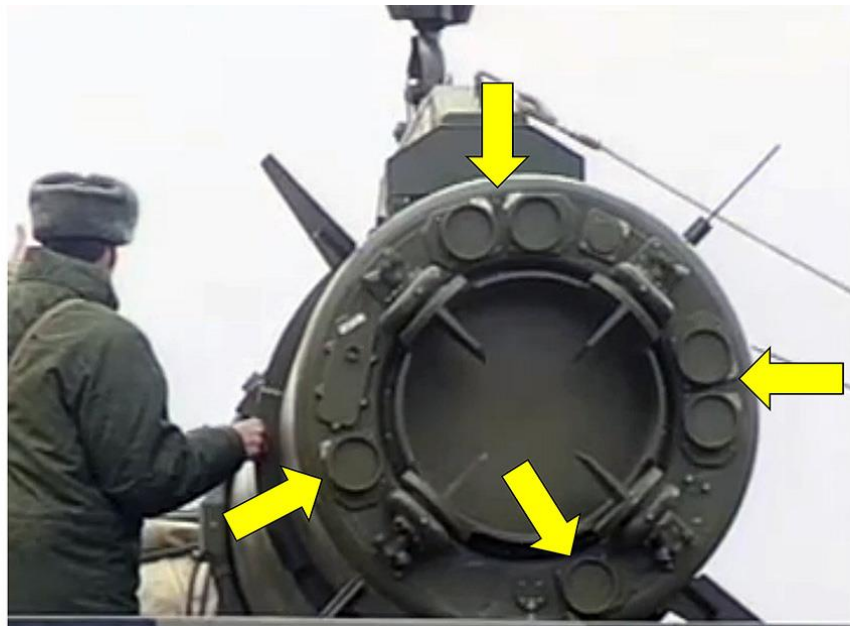


FIGURA 6: Posição de iscas 9B899 em um míssil 9K720 Iskander-M (Michael Duitsman/Twitter).

O problema desse método é que ele envolve disparar um grande número de projéteis em um único alvo, sem garantia de resultado. Talvez seja isso que explique o vídeo onde podemos contar nada menos que 30 mísseis disparados em menos de dois minutos⁴ (quase 100 milhões de dólares em mísseis), bem como o grande número de imagens de mísseis que caíram quase intactos.



FIGURA 7: Míssil MIM-104 PAC-3 encontrado perto de Kiev (Sprinter/Twitter).

Claro, esse raciocínio ignora o fato de que o Kh-47M2 provavelmente manobrá levemente (o suficiente para anular uma trajetória de interceptação) e também

⁴ <https://twitter.com/ControlCompli8/status/1658284213399846913>

pode espalhar chamarizes, complicando ainda mais uma potencial interceptação já difícil por natureza.

Percebemos que, se o Patriot PAC-3 puder efetivamente abater um Kinzhal, ele continua extremamente caro em mísseis, e com uma taxa de sucesso que permanecerá baixa. Podemos estender esta análise amplamente ao míssil Iskander-M que, embora um pouco mais lento, geralmente apresenta as mesmas dificuldades.

Tal como está, embora ainda não haja nenhuma prova formal de que os Kinzhal foram de fato abatidos, ainda é altamente duvidoso que os ucranianos tenham conseguido, em duas ocasiões, eliminar seis deles de uma só vez. Como não se sabe quantos mísseis russos foram lançados e quantos atingiram o alvo – pelo menos dois em 16 de maio, a acreditar nas imagens, um dos quais danificou uma bateria Patriot – tudo depende das declarações uns dos outros. A confirmação americana sobre o primeiro Kinzhal supostamente abatido também deve ser vista com cautela porque, após as declarações ucranianas, era difícil para os americanos entrar em contradição, especialmente porque isso traz um enorme benefício em termos de imagem de marca para o produto deles.

Curiosamente, Gregory J. Hayes, CEO do grupo americano Raytheon, fabricante do Patriot, deu uma explicação surpreendente, senão improvável, no *Wall Street Journal* sobre essas interceptações⁵. Ele disse que os ucranianos conseguiram “modificar o software do sistema Patriot para que ele pudesse rastrear e destruir mísseis hipersônicos” da Rússia. Além do fato de que o software de tal sistema não pode ser modificado desta forma e que nenhuma modificação de software pode alterar as características físicas de um material, esta afirmação indica que o próprio CEO do fabricante não se arrisca a não afirmar que o Patriot PAC-3 pode efetivamente combater esse tipo de míssil...

Também parece extremamente improvável que os americanos tenham fornecido os códigos-fonte aos ucranianos e ainda mais que eles pudessem ser efetivamente modificados em tão pouco tempo por pessoas que acabavam de conhecer o sistema. Qualquer modificação do código-fonte de tal sistema de armas é um exercício delicado que requer muito tempo, tentativas e precauções. Todos traduzirão essas declarações como bem entenderem, mas podem ser vistas como uma forma de não contradizer os ucranianos sem confirmar suas afirmações.

Em relação à informação de que um Kinzhal atingiu e danificou uma bateria Patriot, deve-se levar em consideração que, como o míssil tem um ângulo de descida praticamente vertical, isso dificulta ainda mais a interceptação. De fato, o Patriot dispara seus mísseis em uma determinada direção com um ângulo de elevação de 38°, o que aumenta o tempo de voo do míssil e faz com que ele gaste muita energia para endireitar sua trajetória. Além disso, sendo o *link* de controle remoto do míssil diretivo, pode-se ter dúvidas sobre a possibilidade de que o sinal possa ser suficientemente desfocado para guiar um míssil que esteja logo acima do radar; como também se pode duvidar da capacidade do radar de realmente

⁵ <https://www.wsj.com/articles/u-s-patriot-missile-is-an-unsung-hero-of-ukraine-war-db6053a0>

perseguir um alvo que é vertical à sua posição, ou seja, certamente no cone cego de seu ângulo de detecção, mesmo que seja reduzido no caso do Patriot.

Outro ponto a considerar é que o radar pode precisar se reposicionar para rastrear o alvo. No entanto, isso não apenas desperdiça segundos preciosos, mas, além disso, para que ele continue capaz de guiar os mísseis, também é necessário reposicionar os lançadores na mesma direção. Novamente são muitos segundos perdidos, embora o tempo de reação seja particularmente curto.

Para concluir este ponto, parece muito improvável que uma bateria Patriot fosse capaz de se defender contra um Kinzhal que a atacasse diretamente. Se algum Kinzhal foi abatido, provavelmente eram mísseis direcionados a uma posição diferente do Patriot de disparo.

Até o momento, não existe nenhum sistema antiaéreo que seja realmente capaz de lidar com esse tipo de ameaça e nenhum se sairia fundamentalmente melhor do que um Patriot PAC-3.

Note-se ainda que, a partir de 16 de maio, torna-se cada vez mais complicado saber a real eficácia da defesa terra-ar ucraniana, uma vez que o governo ucraniano reforçou as sanções contra quem difundir imagens de ataques, danos ou fogo antiaéreo. Além disso, seis blogueiros que transmitiram as imagens daquela noite foram presos pelo SBU, o serviço de segurança ucraniano; incorrem em oito anos de prisão. Sem imagens, ou melhor, apenas com as imagens cuidadosamente escolhidas pelas autoridades ucranianas, deve-se ter muito cuidado com as declarações sobre o número e a natureza dos alvos abatidos.

RESUMO DE CAPACIDADE E COMPARAÇÃO COM O S-400

Assim como fiz para o S-400⁶, vou resumir as capacidades do Patriot PAC-3 em cinco perguntas:

O MIM-104 PAC-3 pode lidar com aeronaves furtivas?

Até certo ponto sim, mas a uma distância relativamente curta. Se tivermos que compará-lo ao russo S-400, seu desempenho nessa área será muito inferior porque não pode se beneficiar da detecção de uma rede de radares de baixa frequência.

O MIM-104 PAC-3 pode lidar com ataques de saturação?

Não, cada radar de controle de tiro só pode guiar seis alvos ao mesmo tempo e com a condição de que todos venham do mesmo setor de 100 a 120°. Essa limitação se deve à capacidade de despistagem do feixe do próprio radar e à direção dos lançadores. Nesse ponto, não se sai melhor que seu concorrente direto. No entanto, não se deve esquecer que, normalmente, esses sistemas terra-ar nunca são implantados sozinhos e são apoiados por sistemas de curto alcance que lhes oferecem proteção adicional.

⁶ <https://cf2r.org/rta/comment-fonctionne-le-systeme-antiaerien-russe-s-400/>

O MIM-104 PAC-3 pode lidar com mísseis balísticos?

Sim, é inclusive uma das principais funções do PAC-3. Pode lidar com mísseis balísticos de alcance intermediário com sucesso graças ao “hit to kill”, portanto possivelmente com maior eficiência que seu concorrente. Dado o seu radar, é provável que o sistema tenha grande dificuldade em interceptar ogivas de dimensões reduzidas e formas furtivas. Também é improvável que o sistema seja capaz de lidar efetivamente com ogivas de manobra que chegam em velocidade hipersônica (caso do Kinzhal). Ele tem recursos semelhantes ao S-400 e pode até ser um pouco melhor na probabilidade de interceptação.

O MIM-104 PAC-3 pode lidar com mísseis de cruzeiro?

Sim, qualquer que seja o seu perfil de voo, desde que não estejam em forma furtiva (ou de curto alcance). Por outro lado, o preço muito alto de seus mísseis não o torna um sistema economicamente adequado para esse tipo de alvo. Deste ponto de vista, o S-400 é mais adequado porque possui uma maior variedade de mísseis e, acima de tudo, muito mais baratos.

O MIM-104 PAC-3 é vulnerável a interferências?

Sim, tudo baseado no radar AN/MPQ-65. Se o radar (ou o *link* de dados entre ele e os mísseis) for bloqueado, todo o sistema fica completamente inoperante. Nesse aspecto, é mais vulnerável que seu concorrente, pois seu radar principal deve estar permanentemente alerta. Ao contrário, o S-400 utiliza vários radares diferentes, potencialmente deslocalizados em relação à posição da bateria do míssil, permitindo-lhe acionar seu controle de tiro somente quando necessário. O Patriot é, portanto, eletromagneticamente muito menos discreto, mais fácil de localizar e, portanto, mais vulnerável a potenciais mísseis antirradar. Outro ponto, a detecção do *link* de controle remoto entre o radar e o míssil permite que o alvo saiba que está engajado, o que não é o caso do S-400 porque o sinal de controle remoto é inserido nos quadros do radar.

CONCLUSÕES

O MIM-104 Patriot PAC-3 é um sistema muito sofisticado, mas mais especializado do que o S-400, que é muito mais versátil. No entanto, emprega uma pegada logística menor com um único radar e apenas três tipos de mísseis, mas é menos móvel que o concorrente, que pode ser movimentado muito mais rapidamente (são várias horas para implantar uma bateria Patriot contra 10 minutos para um S-400).

Também requer uma grande equipe para sua implementação (90 pessoas), o que é muito. O sistema de lançamento de mísseis inclinados também limita os locais de implantação porque precisa de posições abertas que não interfiram no disparo, ao contrário do S-400, que dispara seus mísseis verticalmente e, portanto, é menos perturbado pelos obstáculos ao redor. O principal ponto fraco do Patriot é o preço exorbitante de seus mísseis, o que significa que seu uso deve ser reservado para determinados alvos de alto valor.

Continua sendo um sistema extremamente poderoso, mas, como qualquer sistema de armas, não é “mágico”. O tempo dirá qual foi seu desempenho real na Ucrânia; mas, com frequência, devemos esperar um balanço muito mais comedido do que os anúncios acalorados sugerem, especialmente porque são difíceis de verificar.

Do ponto de vista da relação qualidade/preço, e esta é uma opinião pessoal, eu o classificaria atrás do S-400, que é mais versátil, mais móvel, mais flexível de usar, se beneficia de um volume de interceptação muito maior (alcance maior), cuja munição custa muito menos e que pode ser integrado a uma rede de detecção de radar que otimiza seu uso.

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.*
