

MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO
ESCOLA DE ARTILHARIA DE COSTA E ANTIAÉREA (CI A Cos/1934)

CURSO DE ARTILHARIA ANTIAÉREA PARA OFICIAIS ARTIGO CIENTÍFICO -
2022



CAPACIDADES E POSSIBILIDADES DE MÍSSEIS HIPERSÔNICOS E A
POSSÍVEL DEFESA ANTIAÉREA PARA ESSA NOVA AMEAÇA

Rio de Janeiro

2022

1º Ten Vinícius Almeida Reis

**CAPACIDADES E POSSIBILIDADES DE MÍSSEIS HIPERSÔNICOS E
A POSSÍVEL DEFESA ANTIAÉREA PARA ESSA NOVA AMEAÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, como requisito para a obtenção do Grau de Pós-graduação *Lato Sensu* de **Especialização em Operações Militares de Defesa Antiaérea e Defesa do Litoral.**

Orientador: 1º TEN **VINÍCIUS MACHADO DA COSTA**

Rio de Janeiro

2022

Catálogo na Publicação (CIP)

Reis, Vinícius Almeida

R375c Capacidade e possibilidade de mísseis hipersônicos e a possível defesa antiaérea para essa nova ameaça / Vinícius Almeida Reis. -- Rio de Janeiro, 2022.
 22f.

 Orientador: Vinícius Machado da Costa.
 Trabalho de conclusão de curso (especialização) - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea, 2022.

 1. Mísseis hipersônicos. 2. Defesa antiaérea. 3. Dificuldades de desenvolvimento. I. Costa, Vinícius Machado da. II. Título.

**AS CAPACIDADES E POSSIBILIDADES DE MÍSSEIS HIPERSÔNICOS E A
POSSÍVEL DEFESA ANTIAÉREA PARA ESSA NOVA AMEAÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Artilharia de
Costa e Antiaérea, como requisito
para a obtenção do Grau de Pós-
graduação *Lato Sensu* de
**Especialização em Operações
Militares de Defesa Antiaérea e
Defesa do Litoral.**

Aprovado em _____ de ____ de 2022.

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO:

BRUNO TRENTINI LOPES RIBEIRO -Cap - Presidente
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

VINÍCIUS MACHADO DA COSTA – 1º Ten - Orientador
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

FELIPE MARTINS MOREIRA DE ALMEIDA -1º Ten - Membro
Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo verificar as capacidades e possibilidades dos atuais mísseis hipersônicos, bem como as defesas contra essa ameaça. Para chegar a esse objetivo serão abordados conceitos básicos sobre os mísseis com foco nos mísseis hipersônicos. Em um segundo momento, será abordado sobre as dificuldades de desenvolvimento desse tipo de armamento conforme o disponibilizado pela empresa Lockheed Martin. Ainda, serão abordadas as plataformas em que esses mísseis podem ser lançados e serão exemplificados os principais mísseis hipersônicos no mundo. Por último, serão verificadas as possibilidades de defesa contra o vetor aeroespacial em estudo, principalmente as disponibilizadas pela DARPA.

Palavras-chave: Mísseis Hipersônicos; dificuldades de desenvolvimento, capacidades e possibilidades.

Abstract

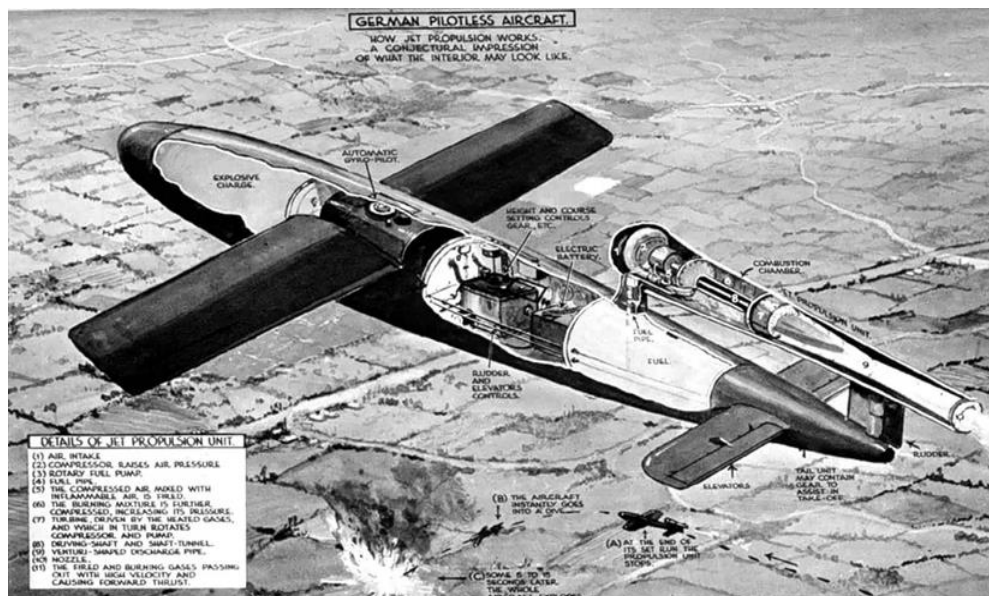
The present work aims to verify the capabilities and possibilities of current hypersonic missiles as well as the defenses against this threat. To reach this objective, basic concepts about missiles will be addressed, focusing on hypersonic missiles. In a second moment, it will be discussed about the difficulties of development for this type of weapon as made available by the company Lockheed Martin. Also, the platforms on which these missiles can be launched will be addressed and the main hypersonic missiles in the world will be exemplified, thus achieving the objectives of verifying their capabilities and possibilities. Finally, the possibilities of defense against the aerospace vector under study will be verified, mainly the one made available by DARPA.

Key Words: hypersonic missiles; development difficulties; capabilities and possibilities.

1.INTRODUÇÃO

Em meados de 1944 a Alemanha Nazista novamente chocava o mundo, Londres agora era atacada por peculiares “ aeronaves” que se chocavam contra suas construções. Essas aeronaves eram as bombas V-1 e V-2 precessoras dos atuais mísseis. Com um par de giroscópios simples que controlavam seu ângulo de vôo, um controle de guiamento em direção (azimute) através de uma agulha magnética e um dispositivo barométrico para controlar sua altura (ZALOGA, 2005, pg. 8), as bombas V-1 e V-2 eram capazes de se guiar até seus alvos. Estima-se que 90% dos V-1 produzidos atingiam um raio de no máximo 10 quilômetros do alvo e que metade desses, atingiam em um círculo de até 6 quilômetros (ZALOGA, 2005, pg. 8).

Figura 01- Bomba V-1



Fonte: AEROFLAP, 2015.

Grandes fatos da história, principalmente em conflitos armados, tiveram como destaque a sua utilização e ou poder de dissuasão, destacando-se a Crise dos Mísseis de Cuba em 1962, Guerra Irã-Iraque (1980- 1988), Guerra do Golfo (1990).

Com o desenvolvimento tecnológico, e a busca pelo domínio político e estratégico, os mísseis foram tomando cada vez mais importância entre os vetores aeroespaciais. Com a capacidade de mudar totalmente um conflito, podendo carregar dispositivos nucleares, atingir alvos muito distantes e imprevisíveis, que

nunca poderiam ser imaginados, esses armamentos estão cada vez mais em pauta. Antes o campo de batalha era tomado por grandes exércitos para destruição de objetivos e pontos de interesse, hoje essa necessidade não é latente, de forma que um simples míssil orientado, não existindo um ponto distante o suficiente para ser considerado seguro.

Na atualidade, novamente o desenvolvimento dos mísseis chocam o mundo. No conflito entre Rússia e Ucrânia (2022), pode ser observado um dos mais modernos armamentos do mundo, o míssil hipersônico. Com novas capacidades e possibilidades, as grandes potências do mundo começam sua corrida na busca de desenvolver mísseis hipersônicos e defender-se desta nova ameaça. “Como experiência eterna, todo homem que tem o poder é dado a abusar dele” (MONTESQUIEU).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A presente pesquisa se limita às capacidades e possibilidades conhecidas de mísseis hipersônicos. Como se trata de uma nova tecnologia em grande parte em desenvolvimento, os dados obtidos podem não ser fidedignos com o real estado de evolução destes novos mísseis. Ainda, sendo as fontes de consulta oriundas de domínios na internet, notícias e publicações de agências de pesquisa e empresas particulares, as mesmas podem apresentar não correspondência com o estado atual de desenvolvimento e emprego dessa nova ameaça.

Conforme o observado no parágrafo anterior, por se tratar de um novo vetor aeroespacial ainda em desenvolvimento, com utilização em conflitos e testes ainda muito restritos, não sendo ostensivos ao público em geral e possivelmente não divulgados, questões de defesa antiaérea contra essa nova ameaça ainda estão em análise. Possivelmente o que é divulgado, não corresponde com as capacidades do míssil, sendo esta pesquisa restrita somente ao material disponibilizado por agências de pesquisa e defesa.

Devemos ainda considerar que a pesquisa é limitada, sendo somente bibliográfica, sendo de fontes externas, em sua maioria não nacionais, podendo não

expressar o estado atual de desenvolvimento e a real intenção destes países da fonte de consulta em questão.

2.2 Generalidades sobre mísseis

Os mísseis possuem algumas características em comum. Com o objetivo de elucidar a respeito dos mísseis hipersônicos, serão abordados conceitos básicos com o escopo reduzido a esse tipo de míssil que é a base deste trabalho.

O míssil é um engenho autopropulsado não tripulado, cuja trajetória pode ser modificada após o lançamento através de um ou mais sistemas de guiamento, tendo como missão transportar uma carga útil a fim de causar danos a determinado alvo (BRASIL, 2015).

Outro conceito importante é quanto a velocidade que normalmente é expressa em MACH que é a relação entre a velocidade de um corpo deslocando-se em um determinado meio e a velocidade do som neste mesmo meio (BRASIL, 2015). O número Mach 1,00 é igual à velocidade do som, isto é, 1216 km/hora ao nível do mar. Quando a velocidade considerada for menor que a do som pode ser representada por um número Mach de valor inferior a 1,00. O número Mach 0,80 representa velocidade inferior à do som; por outro lado, o número Mach 1,20 representa velocidade superior (ANAC, 2008).

Portanto temos a seguinte classificação dos mísseis quanto a sua velocidade:

Quadro 01 - classificação dos mísseis quanto a velocidade

Subsônico	velocidade inferior a 1 mach
Sônico	velocidade de 1 mach
Supersônico	superior a 1 mach
Hipersônico	superior a 5 mach

Fonte: BRASIL, 2015.

Quanto a sua faixa de emprego temos:

Quadro 02 - Classificação quanto à faixa de emprego dos vetores aeroespaciais

Baixa altura	até 3000m
Média altura	de 3000m a 15000m
Grande altura	acima de 15000m

Fonte: BRASIL, 2015.

Observação: para fins de classificação, o míssil deverá ser capaz de cumprir sua missão em toda a faixa de emprego para a qual se destina.

Ainda temos a designação básica a qual define o meio que se origina o lançamento e o meio que se encontra o destino final (objetivo).

- (SAM) Míssil Superfície - Ar
- (SSM) Míssil Superfície - Superfície
- (AAM) Míssil Ar - Ar
- (ASM) Míssil Ar - Superfície
- (AUM) Míssil Ar - Submarino
- (SUM) Míssil Superfície - Submarino
- (UAM) Míssil Submarino - Ar
- (USM) Míssil Submarino - Superfície

Conforme o EB60-ME-23.403 Generalidades sobre mísseis, 2015, temos:

A composição física dos mísseis, componentes gerais, também possuem suas características e divisões, sendo elas fundamentais para a finalidade de cada armamento. Os componentes gerais são a estrutura, sistema de propulsão, sistema de guiamento, cabeça de guerra, sistema elétrico/eletrônico e sistema de lançamento.

Primeiramente temos a estrutura, que em uma análise simples é o “corpo” do míssil.

Invólucro no qual estão presentes os componentes necessários para o funcionamento do míssil. A estrutura deve ser o mais leve e compacta possível e, para o funcionamento do míssil. A estrutura deve ser o mais leve e compacta possível e, ao mesmo tempo, forte o suficiente para suportar as forças às quais o míssil será submetido, devendo suportar tanto o armazenamento e o manuseio, quanto às forças experimentadas em voo, como a gravidade, o calor, a pressão e a aceleração. Alguns mísseis possuem ainda em sua estrutura a capacidade de diminuir suas reflexões eletromagnéticas, a chamada tecnologia STEALTH. (...) (BRASIL , 2015)

Em seguida temos o sistema de propulsão que gera uma força e impulsiona a estrutura do míssil como um todo.

Tem como finalidade gerar a força necessária, através de reação, para locomoção do míssil. Os mísseis utilizam como força de propulsão a força de reação ao escape violento de gases em alta velocidade provenientes de um motor à reação. Tal princípio baseia-se na lei de que cada ação corresponde a uma reação de mesma força em sentido contrário. Os

sistemas de propulsão utilizados em mísseis são de dois tipos: a foguete e a jato. (BRASIL, 2015).

O fato de simplesmente impulsionar o míssil não o faria chegar ao seu objetivo, com isso se faz necessário guiar o mesmo durante sua trajetória através do sistema de guiamento.

O sistema de guiamento tem por finalidade manter o míssil em sua trajetória para o alvo e, por vezes, realizar a aquisição do alvo (Guiamento por Atração), podendo ser entendido como o cérebro do míssil. Para atingir esse objetivo, o sistema de guiamento processa as informações – externas ou internas – sobre o alvo ou o trajeto para o alvo, a fim de possibilitar ao míssil atingi-lo. (BRASIL, 2015).

Ainda temos o sistema de direção e controle que reage ao sistema de guiamento realizando as alterações necessárias na trajetória do míssil.

O sistema de direção e controle de um míssil tem duas finalidades: manter o voo estável durante a trajetória e reagir aos comandos do sistema de guiamento realizando as mudanças de direção necessárias para levar o míssil a seu objetivo. (BRASIL, 2015).

Sendo um armamento, o míssil tem por finalidade a destruição de um alvo, um objetivo.

A finalidade principal de um míssil é o transporte de uma determinada carga útil até determinado objetivo. A ogiva é a parte do míssil que carrega este componente, que pode ser alto explosivo, químico, biológico ou nuclear. Basicamente, em uma ogiva teremos uma carga útil, uma espoleta e um dispositivo de armar e segurança. (BRASIL, 2015).

Para seu completo funcionamento, o míssil necessita de energia em seus componentes e da eletrônica necessária para fazer a comunicação entre eles. O componente que possui essa finalidade é o sistema elétrico/eletrônico.

Tem as finalidades de fornecer a energia elétrica necessária ao funcionamento dos componentes e realizar o processamento das informações eletrônicas dos mísseis. Para o fornecimento de energia elétrica, duas fontes podem ser utilizadas: baterias (utilizada normalmente em mísseis menores) e geradores. (BRASIL, 2015).

Para serem utilizados, os mísseis necessitam de um sistema de lançamento capaz e projetado para essa finalidade.

O sistema de lançamento não é parte integrante do míssil. Sua finalidade é sustentá-lo antes e na ocasião do lançamento, e em alguns casos dar-lhe uma orientação inicial. Além disso, alguns sistemas de lançamento garantem a estocagem dos mísseis por longos períodos de forma segura para o manuseio e transporte dos mesmos. (BRASIL, 2015).

2.3 Dificuldades no desenvolvimento de mísseis hipersônicos

O desenvolvimento de mísseis hipersônicos apresenta uma série de fatores físicos e de engenharia que são grandes dificultadores.

A Lockheed Martin, empresa Estado Unidense que atua nos setores aeroespacial, da segurança da informação e bélico, sendo seus projetos em parceria com a Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) e o Departamento de Defesa dos Estados Unidos, elenca cinco fatores dificultadores para o desenvolvimento do míssil hipersônico, sendo estes a precisão que o míssil necessita, a manobrabilidade necessária, o calor que a estrutura enfrenta, os materiais necessário para a composição e as comunicações do míssil.

2.3.1 Precisão

Com uma velocidade superior a MACH 5, que significa deslocar-se 1.715 metros por segundo, é necessário um sistema de guiamento extremamente preciso com grande velocidade de transmissão e recepção de informações. Além disso precisa de manobrabilidade para realizar correções de trajetória em grande velocidade para não afetar a precisão

2.3.2 Manobrabilidade

A manobrabilidade é um fator extremo, pela velocidade do míssil a mesma pode afetá-lo podendo destruí-lo dependendo da ação de correção realizada. O míssil deve possuir manobrabilidade para enfrentar os diversos tipos de defesas impostas contra ele. Um fator preponderante na manobrabilidade é a força G que está diretamente correlacionada com a aceleração das manobras de correção.

2.3.3 Calor

Em velocidades hipersônicas, o atrito e a resistência do ar criam uma quantidade incrível de calor, aumentando drasticamente a temperatura de todo o míssil, que precisa ser gerenciada por meio de escudos térmicos resistentes, mas

leves, e sistemas de proteção térmica. Sensores e eletrônicos também devem ser reforçados para resistir a condições extremas de calor.

2.3.4 Materiais

Com as grandes velocidades e calor gerado pelo atrito com o ar, se faz necessário a utilização de materiais e compostos avançados de grande custo. Além disso, é preciso levar em consideração as características do projeto e as plataformas de lançamento do mesmo, as quais podem ser um facilitador ou dificultador da composição do míssil.

2.3.5 Comunicação

Operações básicas, como comunicações, tornam-se um desafio significativo durante o voo hipersônico. O sistema deve manter a conectividade com os operadores do míssil de suas plataformas de lançamento, quer seja aérea ou em solo, juntamente com os tomadores de decisão por meio de sistemas globais de comunicação e sensoriamento.

Conforme o mencionado nos subitens 2.3.1 a 2.3.5, retirados de uma das principais empresas aeroespaciais do mundo, a Lockheed Martin (2021), observa-se que as dificuldades de criação e fabricação deste míssil estão atreladas principalmente a questões de engenharia e de recursos.

2.4 Características e capacidades dos mísseis hipersônicos

A velocidade hipersônica não é algo de novo nos mísseis. Conforme Lain Boyd, Doutor Engenharia Espacial e professor da Universidade do Colorado Boulder, consultor da NASA, mísseis balísticos atingem velocidades hipersônicas há anos, contudo, a nova geração de mísseis que estão surgindo oferecem ainda mais possibilidades.

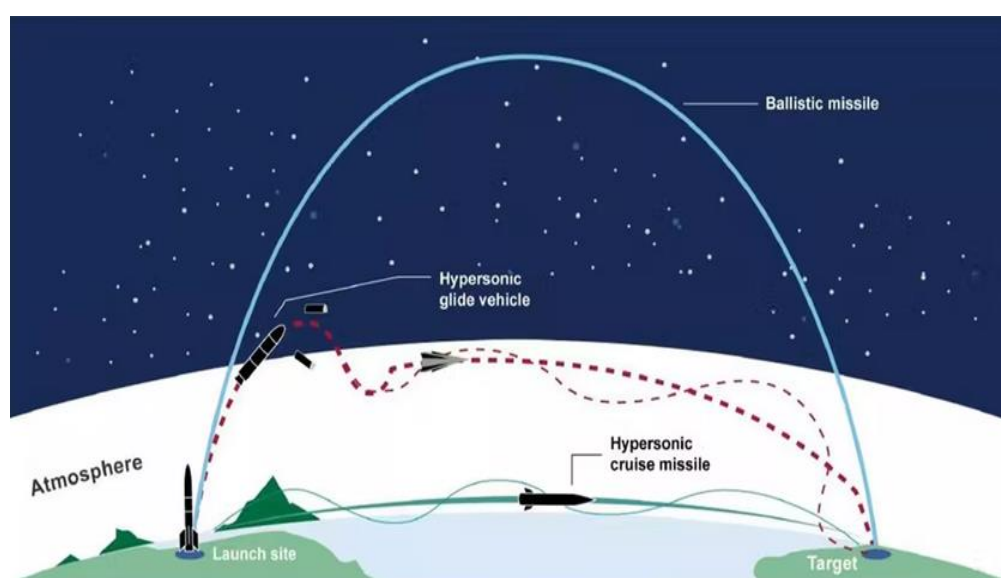
Ainda, todos os mísseis balísticos intercontinentais (MBICs) nos arsenais nucleares do mundo são hipersônicos, podendo atingir cerca de 24.140 km/h, ou 6,4 km por segundo, em sua velocidade máxima. (BOYD, 2022).

O funcionamento de um míssil balístico é baseado na mesma tecnologia que coloca um satélite em órbita. Com tal tecnologia, um foguete pode levar virtualmente a qualquer ponto da terra uma carga útil com fins bélicos. Para

atingir esse objetivo, os mísseis cumprem uma fase inicial de propulsão, saindo da atmosfera (mais que 100 km) e descrevendo uma trajetória sub-orbital. Os mecanismos responsáveis pela propulsão inicial são, então, abandonados e, após chegar ao apogeu de sua trajetória, o restante do míssil segue uma trajetória balística até o alvo. (BRASIL, 2015).

A nova geração de mísseis hipersônicos têm grande velocidade, mas não tão rápido quanto os Mísseis Balísticos Intercontinentais. Eles são lançados em foguetes menores que os mantêm nos limites superiores da atmosfera. (BOYD, 2022).

Figura 02: demonstração gráfica comparativa entre os novos mísseis hipersônicos e os mísseis balísticos



Fonte: The Conversation, 2022.

Ainda conforme o Dr. Boyd, há três tipos diferentes de armas hipersônicas que não são mísseis balísticos intercontinentais, sendo estes: aerobalísticos, veículos planadores ou HGV (Higher Glinder Vehicle) e mísseis de cruzeiro. (BOYD, 2022).

Um sistema aerobalístico hipersônico é lançado de uma aeronave, acelerado à velocidade hipersônica com um foguete, e depois segue uma trajetória balística. O sistema que as forças russas usaram para atacar a Ucrânia, o Kinzhal, é um míssil aerobalístico. A tecnologia existe desde aproximadamente 1980. (BOYD, 2022).

O Kh-47M2 “Kinzhal” (“Adaga” em russo) é um míssil balístico hipersônico lançado do ar, com capacidade nuclear, é uma das seis novas armas de “próxima geração” reveladas por Vladimir Putin em março de 2018. O processo de desenvolvimento do míssil é secreto e não foram divulgados muitos detalhes,

contudo, relatórios de código aberto, sugerem que a arma pode transportar ogivas convencionais e nucleares, com uma carga útil de até 480 kg (1.060 lb) e uma opção termonuclear com uma ogiva de 10 - 50 kilotons. Ele foi projetado para ser lançado de caças MiG-31 em altitudes de cerca de 18 km (59.000 pés) e pode viajar pelo menos cinco vezes a velocidade do som, Mach 5. O Kinzhal pode atingir velocidades de até Mach 10 (12.350 km/h). (SOKOL, 2022).

Figura 03 - Míssil Kinzhal

Russia reports use of hypersonic missile

Kinzhal missile (Kh-47M2)

Highly manoeuvrable, air-launched ballistic missile fired from MiG-31 - hypersonic means can fly 5x speed of sound (Mach 5)



Source: CSIS, BBC research Image: Planetpix/Alamy Live News



Fonte: BBC, 2022.

Um veículo planador hipersônico é levado em um foguete até uma altitude elevada e depois plana até seu alvo, manobrando ao longo do caminho. Exemplos de veículos planadores hipersônicos incluem o Dongfeng-17 da China, o Avangard da Rússia. (BOYD, 2022).

O DF-17 (Dong Feng-17) é um sistema de mísseis de médio alcance chinês equipado com um veículo planador hipersônico. É movido a combustível sólido, mede cerca de 11(onze) metros de comprimento e pesa cerca de 15.000 kg. O propulsor do DF-17 parece ser o mesmo usado para o míssil balístico DF-16 da China. O DF-ZF HGV, que o acompanha atinge velocidades de Mach 5-10 (1,72-3,43 km/s) em sua fase de planeio. As avaliações de inteligência dos EUA sugerem que o DF-17 possui um alcance entre 1.800 e 2.500 km. Embora os comentaristas

chineses enfatizaram a missão convencional do DF-17, o míssil pode, alternativamente, equipar ogivas nucleares. (MISSILE DEFENSE PROJECT, 2021)

Já o Avangard tem um alcance de mais de 6.000 km, pesa aproximadamente 2.000 kg e pode transportar uma carga nuclear ou convencional. Um relatório da TASS (agência de notícias russa) que a ogiva nuclear do HGV (Hypersonic Glide Vehicle) é de mais de 2 megatons em equivalência ao TNT. Avangard é levado ao seu apogeu por um míssil balístico. Pode atingir velocidades de MACH 20, de acordo com notícias publicadas por agências russas. (MISSILE DEFENSE PROJECT, 2021)

Por último, o míssil de cruzeiro hipersônico é impulsionado por um foguete até uma velocidade hipersônica e, em seguida, usa um motor de respiração aérea (scramjet) para sustentar essa velocidade. Como eles consomem ar atmosférico (absorvem o oxigênio necessário para a combustão do hidrogênio), utilizam foguetes de lançamento menores do que os veículos planadores hipersônicos, o que significa que podem custar menos e ser lançados de uma gama maior de locais e plataformas. (BOYD, 2022).

O Hypersonic Air-breathing Weapon Concept (HAWC), em desenvolvimento da DARPA em parceria com a Lockheed Martin seria um exemplo de míssil de cruzeiro hipersônico.

Figura 04 - míssil HAWC a bordo de um B-52

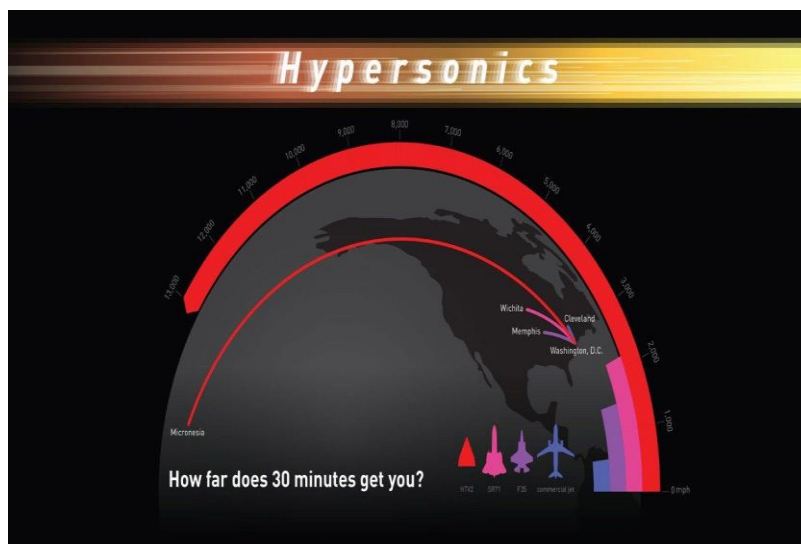


Fonte: DEFESANET, 2022.

Podemos perceber que os novos mísseis hipersônicos aprofundam em muito as possibilidades de emprego. O míssil balístico que após lançado, ascende até um ponto máximo no espaço, quando então inflete rumo ao seu alvo, guiado pelo seu sistema de navegação inercial. Alguns mísseis estratégicos carregam mais de uma ogiva, o que lhe confere um poder múltiplo de destruição. Ao se aproximar do alvo, o míssil terá uma área provável de impacto em cujo centro estará o próprio objetivo do míssil. O raio desta área varia de acordo com o grau tecnológico do artefato. (BRASIL, 2019). Os novos mísseis hipersônicos não necessitam de realizar uma trajetória semelhante a uma parábola, como os mísseis balísticos, podendo esta ser extremamente variável. Em sua maioria, podem atuar em baixa, média e grande alturas.

Conforme o noticiado em março de 2022 (G1, 2022), a Rússia alega com a utilização de um míssil hipersônico, o Kinzhal ter atingido um depósito subterrâneo de armas da Ucrânia. Com isso podemos perceber as possibilidades desses mísseis. Sua estrutura já é constituída pensando em fatores de detecção radar, os tornando ainda mais difíceis de serem observados e acompanhados por radares convencionais. Por conseguirem percorrer grandes distâncias em pouco tempo, podem ser lançados de fora do alcance nominal dos radares convencionais, e atingir alvos táticos e estratégicos, podendo mudar totalmente a balança de um conflito. Alguns exemplos de mísseis citados anteriormente, podem ter em sua cabeça de guerra, ogivas nucleares, demonstrando seu poder de dissuasão para os países que possuem esse tipo de tecnologia. Outro fator é a sua precisão. Com tanta tecnologia embarcada, conseguem atingir alvos com grande precisão, sendo ainda mais decisórios em um conflito.

Figura 05 - exemplificação gráfica dos mísseis hipersônicos



Fonte: Lockheed Martin, 2022.

Apesar das enormes vantagens apresentadas, podemos elencar um número de fatores que são limitantes no tocante a esses mísseis. Como podemos observar, sua tecnologia é bastante cara, seus componentes e estrutura demandam de muita engenharia e de componentes que custam demasiadamente caro. Somente grandes potências como Rússia, China, EUA, parte da EU, possuem ou estão desenvolvendo esse tipo de míssil conforme o que é ostensivo ao público.

2.5 Defesa contra mísseis hipersônicos

O desenvolvimento tecnológico e armamentista estão em conjunto. Enquanto surgem novas capacidades e armamentos como os mísseis hipersônicos, também surgem formas de combater essa nova ameaça aérea.

Com as altíssimas velocidades, manobrabilidade, em grande maioria baixa RCS (Radar Cross Section), não se torna nada fácil combater os mísseis hipersônicos.

Atualmente, temos de conhecimento do público em geral somente dois sistemas em desenvolvimento contra mísseis hipersônicos no mundo. Sendo estes o HBTSS (Hypersonic Ballistic Tracking Space Sensor) e o Glide Breaker, sendo que ambos se complementam.

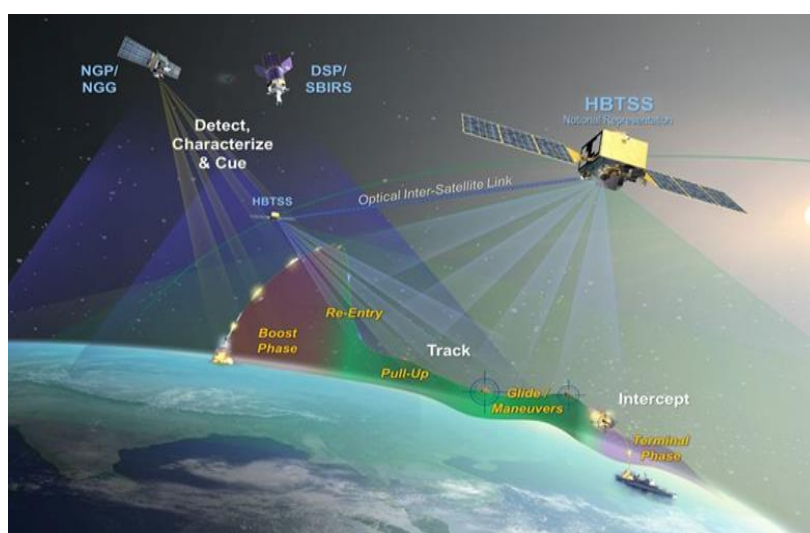
2.5.1 Hypersonic Ballistic Tracking Space Sensor (HBTSS)

Ainda em desenvolvimento, o HBTSS é o produto da necessidade de rastreamento contínuo de mísseis balísticos e hipersônicos. Espera-se que o HBTSS forneça dados desde o disparo até a destruição de mísseis balísticos e hipersônicos, que incluirão detecção, rastreamento e a discriminação das capacidades desses mísseis. O HBTSS será integrado à infraestrutura de sensores, planejada pela Agência de Desenvolvimento Espacial (SDA). (MDAA, 2021)

O programa Hypersonic and Ballistic Space Sensor (HBTSS) tem como objetivo construir uma constelação de satélites em órbita terrestre baixa (entre cerca de 100 quilômetros e 2.000 quilômetros) que podem manter o controle sobre a manobrabilidade de mísseis hipersônicos voando abaixo do alcance dos satélites de detecção de mísseis balísticos atuais e acima do radar dos sistemas de designação. (HITCHENS, 2021)

Será uma combinação de sensores para rastrear e manter a localização de mísseis hipersônicos, como os veículos planadores hipersônicos (HGVs), o Avangard russo seria um exemplo. A manobrabilidade e a velocidade dos HGVs permitem que eles se desloquem ao redor das áreas de cobertura de radares e sensores terrestres se tornando quase indetectáveis. O HBTSS atuará nessa falha e fornecerá rastreamento contínuo desses HGVs e mísseis balísticos durante o voo, o que permitirá que os sistemas de defesa antimísseis interceptem essas ameaças antes que elas atinjam seu objetivo. (MDAA, 2021)

Figura 06 - HBTSS



Fonte: Northrop Grumman Corporation, 2021.

2.5.2 Glide Breaker

O glide breaker tem o conceito de ser um vetor aéreo destruidor de mísseis hipersônicos. Com a capacidade de rastrear esses mísseis, o glide breaker se chocaria com os veículos planadores hipersônicos evitando assim que os mesmos cheguem a seu objetivo final. (DARPA, 2022)

A 1ª fase de desenvolvimento do Glide Breaker, aprimorou a tecnologia de propulsão necessária para atingir o hit-to-kill (acertar para matar) contra ameaças hipersônicas altamente manobráveis. A Fase 2 do programa desenvolverá a compreensão técnica das interações de jatos necessárias para permitir o projeto de sistemas de controle de propulsão para um futuro veículo de interceptação de fase de planeio operacional. Atualmente o programa se encontra na segunda fase de desenvolvimento conforme a DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), que consiste em testes de pilotagem e testes em túnel de vento (DARPA, 2022).

Figura 07 - Glide Breaker



Fonte: DARPA, 2022.

3.CONCLUSÃO

Os mísseis hipersônicos são um armamento de grande efeito, contudo seu desenvolvimento e emprego ainda se encontra em fase inicial. A composição desses mísseis necessita de materiais muito caros, de uma engenharia muito elevada, de um sistema de controle que possa atuar em grandes distâncias e velocidades, grande tecnologia para fabricação e uma mão de obra extremamente qualificada. Com esses fatores, podemos observar que somente as grandes potências bélicas mundiais são capazes de desenvolver tão armamento. Com as notícias e dados divulgados, vemos que aos poucos os mísseis hipersônicos vêm sendo desenvolvidos e se tornaram uma nova “corrida” para o desenvolvimento desse armamento, e de meios para defender dessa nova ameaça aérea.

Diferentemente dos mísseis balísticos intercontinentais que alcançam velocidades hipersônicas no final de sua trajetória, os novos mísseis hipersônicos possuem uma trajetória mais imprevisível, não necessitando atingir grandes alturas para atingir uma velocidade superior a MACH 5. Com essa grande velocidade, podendo ser uma trajetória mais próxima ao solo, dificultam a detecção desses mísseis. Conforme o observado, a composição desses armamentos se atenta muito para com a detecção e em sua maioria busca utilizar de tecnologia Stealth (baixa detecção) principalmente para diminuir os fatores de RCS (Radar Cross Section).

Com o surgimento de um novo armamento, surge a necessidade de proteger contra essa nova ameaça. Pode-se concluir que ainda não existe uma defesa funcional, testada e eficiente contra esse tipo de armamento. Com o material disponível de forma ostensiva ao público, principalmente da DARPA, temos que essa forma de defesa está em desenvolvimento, contudo ainda não é funcional ou foi testada. Além disso, não sabemos em que fase de desenvolvimento realmente se encontram as tecnologias em desenvolvimento para fazer frente a esses mísseis hipersônicos, devido ao fato de projeção e política internacional das nações.

Os mísseis hipersônicos possuem grande poder de dissuasão e ainda não possuem uma defesa testada contra os mesmos. É notório a busca pelo desenvolvimento de tecnologias para a defesa contra essa ameaça mas ainda não existe uma defesa específica ou funcional para esse tipo de armamento.

4. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Número MACH**. 2008. Disponível em <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr352.htm>. Acesso em 25 jun. de 2022.

BOYD, Lain. **How hypersonic missiles work and the unique threats they pose – an aerospace engineer explains**. The Conversation, 2021. Disponível em:<<https://theconversation.com/how-hypersonic-missiles-work-and-the-unique-threats-they-pose-an-aerospace-engineer-explains-180836>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

BRASIL. Exército Brasileiro. **EB60-ME-23.403** Generalidades sobre mísseis. Ministério da Defesa, 2015.

BRASIL. Exército Brasileiro. **EB60-ME-23.XXX (MINUTA)** Inteligência nas operações de defesa antiaérea, 2019.

CLAUS, Malcolm. **China extends range of its hypersonic missile system**. JANES, 2020. Disponível em:<<https://www.janes.com/defence-news/news-detail/china-extends-range-of-its-hypersonic-missile-system>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Glide Breaker Program Enters New Phase**. DARPA, 2022. Disponível em:<<https://www.darpa.mil/news-events/2022-04-15>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Hypersonic Air-breathing Weapon Concept (HAWC)**. DARPA, 2020. Disponível em:<<https://www.darpa.mil/program/hypersonic-air-breathing-weapon-concept>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

DEFENSE ADVANCED RESEARCH PROJECTS AGENCY. **Second Successful Flight for DARPA Hypersonic Air-breathing Weapon Concept (HAWC)**. DARPA, 2022. Disponível em:<<https://www.darpa.mil/news-events/2022-04-05>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

HITCHENS, Theresa. **MDA: Hypersonic missile tracking prototypes on point for 2023 launch**. Breaking Defense, 2021. Disponível em:<<https://breakingdefense.com/2021/11/mda-hypersonic-missile-tracking-prototypes-on-point-for-2023-launch/>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

HODGE, Nathan. **Rússia faz novos ataques com mísseis hipersônicos na Ucrânia**. CNN Brasil, 20 de março de 2022. Disponível em:<<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/russia-faz-novos-ataques-com-misseis-hipersonicos-na-ucrania/>>. Acesso em: 20 de jun. 2022.

KIRBY, PAUL. **Russia claims first use of hypersonic Kinzhal missile in Ukraine**. BBC, 2022. Disponível em:<<https://www.bbc.com/news/world-europe-60806151>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

MISSILE DEFENSE ADVOCACY ALLIANCE. **Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor (HBTSS)**. MDAA, July 2, 2020. Disponível em:<<https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/hypersonic-and-ballistic-tracking-space-sensorhbtss>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MISSILE DEFENSE PROJECT. **"Avangard"**. Missile Threat, Center for Strategic and International Studies, January 3, 2019, last modified July 31, 2021, <https://missilethreat.csis.org/missile/avangard/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

MISSILE DEFENSE PROJECT. **"DF-17"**. Missile Threat, Center for Strategic and International Studies, February 19, 2020, last modified August 2, 2021, <<https://missilethreat.csis.org/missile/df-17/>>. Acesso em: 23 jun. 2022.

NORTHROP GRUMMAN. **Northrop Grumman Completes Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor Critical Design Review**. 2021. Disponível em:<<https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-completes-hypersonic-and-ballistic-tracking-space-sensor-critical-design-review>>. Acesso em: 02 jul. 2022.

PORTAL G1. **Rússia afirma ter usado míssil hipersônico pela primeira vez contra a Ucrânia**, 19 de março de 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2022/03/19/russia-afirma-ter-usadomissil-hipersonico-pela-primeira-vez-contra-a-ucrania.ghtml>>. Acesso em: 06 jul. 2022.

RUSSIAN NEWS AGENCY. **Second regiment of Avangard hypersonic missiles to assume combat duty in Russia**. TASS, 2022. Disponível em:<<https://tass.com/defense/1460861>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

SOKOL, Lia. **Russia's Kinzhal Hypersonic Missile: A Game-Changing Weapon or a Distraction**. NTI, 2022. Disponível em:<<https://www.nti.org/atomic-pulse/russias-kinzhal-hypersonic-missile-a-game-changing-weapon-or-a-distraction/>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

VIANA, Pedro. **Conheça o V1, primeira aeronave sem piloto e com utilidade**. AEROFLAP, 11 de abril de 2015. Disponível em:<<https://www.aeroflap.com.br/conheca-o-v-1-primeira-aeronave-sem-piloto-e-com-utilidade>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

ZALOGA, Steven J. **V-1 Flying Bomb 1942-52: Hitler's Infamous "Doodlebug"**. Osprey Publishing (UK), 2005.