

O PROJETO 14-X E O IMPACTO DA TECNOLOGIA HIPERSÔNICA NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS ATUAIS ¹

THE 14-X PROJECT AND THE IMPACT OF HYPERSONIC TECHNOLOGIES ON CURRENT INTERNATIONAL RELATIONS

Fabiane Mayra Ramos²
Julio Cesar Noschang Junior*

RESUMO

Após a Segunda Guerra Mundial, a superioridade dos armamentos nucleares alavancou o desenvolvimento de hipersônicos na tentativa de desequilibrar a estabilidade nuclear vigente. Desse modo, é válido realizar o estudo sobre como os hipersônicos atuam nas relações de poder entre os países e o nível de relevância que possuem em tal cenário. Esse estudo aborda uma contextualização técnica dos hipersônicos, a relação destes com a estabilidade nuclear sob a ótica da deterrência e projeção de poder, bem como trata sobre a inserção do Brasil no cenário hipersônico atual com o projeto 14-X e apresenta uma análise dos impactos dessa tecnologia emergente sob um viés Realista. Para atingir estes objetivos, foi utilizada como metodologia a pesquisa bibliográfica. Ao final do trabalho, concluiu-se que os hipersônicos provocarão um desequilíbrio apenas temporário e que na verdade incrementarão a estabilidade já existente. Além disso, constatou-se a importância do projeto 14-X na Força Aérea Brasileira não só para suprir demandas internas do país, mas também como suporte às Forças Armadas e ascensão da imagem do Brasil no cenário internacional.

Palavras-chave: Tecnologia hipersônica; deterrência; projeção de poder; 14-X; realismo político.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviadora do 4º Esquadrão (Turma Orthrus, 2023).

* Ten Cel QOAv. Mestre em Ciência Política e Relações Internacionais. Academia da Força Aérea. E-mail: noschangcnj@fab.mil.br

ABSTRACT

After the Second World War, the superiority of nuclear weapons leveraged the development of hypersonics in an attempt to disestablish the current nuclear stability. In this way, it is valid to conduct the study about how the hypersonics act on the power relations between the countries and their relevance level in that scenario. This study presents a technical contextualization of the hypersonics, their relation with the nuclear stability under deterrence and power projection view, as well as approaches to the insertion of Brazil in the current hypersonic scenario and comes with an analysis of the impacts of this emergent technology under the view of the Realism. In order to achieve the objective of this article, the methodology was bibliographical research. At the end of this research, it was concluded that the hypersonics will cause just a temporary imbalance and actually will increment the already existent stability. Furthermore, it was verified the importance of the 14-X project in the Brazilian Air Force not only to supply internal demands of the country but also as support to the Armed Forces and the ascension of the Brazilian image in the international scenario.

Keywords: Hypersonic technology; deterrence; power projection; 14-X; political realism.

INTRODUÇÃO

Um dispositivo é caracterizado como hipersônico quando atinge uma velocidade igual ou superior a *Mach 5* (cinco vezes a velocidade do som) dentro da atmosfera (DOS SANTOS, 2008). Esses veículos representam uma expressiva vantagem militar, uma vez que percorrem longas distâncias em períodos curtos de tempo. Devido ao longo alcance, são capazes de penetrar a linha de defesa inimiga enquanto localizados em uma distância segura. A importância da atitude ofensiva é enfatizada desde Douhet, precursor das teorias do Poder Aéreo. Douhet (2009) defendia que “o bombardeiro sempre passará”, visto que sua velocidade à época, próxima das aeronaves de caça, em conjunto com seu poderio de ataque, superava o poder dos caças a partir do momento que estes apresentavam caráter defensivo.

Atualmente, o desenvolvimento de tecnologias hipersônicas é liderado pelos Estados Unidos, China e Rússia (DAVIES, 2020). Porém, diversos outros países também iniciaram pesquisas na área, entre eles o Brasil. O projeto brasileiro 14-X é um veículo aeroespacial hipersônico, com o objetivo de desenvolver um sistema de lançamento de satélites de maior eficiência, através de tecnologia de combustão supersônica *scramjet* (ROLIM *et al.*, 2011).

O desenvolvimento de hipersônicos tomou destaque no cenário internacional após a Segunda Guerra Mundial, com a presença de armas nucleares durante o período da Guerra Fria. Os equipamentos nucleares são capazes de causar destruição em massa em um curto intervalo de

tempo. Com o desenvolvimento de armas desse tipo por outros países além dos Estados Unidos, durante a Guerra Fria, deu-se início a um cenário de estabilidade estratégica, um equilíbrio em que nenhum Estado deseja usar armas nucleares primeiro devido à capacidade de retaliação do outro lado (WILLIAMS, 2019).

O poderio bélico de cada país possui relevância não apenas pela aplicabilidade prática, mas sim pela quantidade de destruição que ele poderia vir a causar. Dessa forma, a projeção de poder se tornou uma das principais armas de dissuasão e deterrência de um país e, no contexto de estabilidade nuclear, a incerteza da capacidade de retaliação de um país é o suficiente para fazer outras nações recearem infligir um ataque (COETZEE, 2021). Tal nebulosidade rodeia os armamentos hipersônicos, que ainda não foram efetivamente postos em combate, e especula-se se poderiam representar uma contramedida aos equipamentos nucleares.

Em meio à conjuntura da era nuclear e a estabilidade por ela gerada, emergiram os hipersônicos, capacitados de alta velocidade e manobrabilidade, características as quais proporcionam a eles um tempo de reação extremamente baixo. Perante o surgimento desta nova tecnologia, torna-se necessário questionar: quais impactos os hipersônicos representam nas relações internacionais? Tal questionamento foi analisado segundo as teorias dos principais autores do Realismo, uma das grandes escolas na teoria das relações internacionais, principalmente Kenneth Waltz (1990), um dos fundadores do Realismo estrutural.

Estando o Brasil inserido em um cenário de sensível equilíbrio internacional, influenciado pelo surgimento de novas tecnologias, o objetivo geral deste estudo é identificar o impacto que as tecnologias hipersônicas possuem nas relações entre os países e na estabilidade mundial, bem como a presença do Brasil no meio através do projeto 14-X. Para isso, foram identificados objetivos específicos, a fim de delimitar e guiar a linha de pesquisa, sendo estes:

- a) introduzir o funcionamento da tecnologia hipersônica;
- b) examinar a relação dos dispositivos hipersônicos com a estabilidade nuclear, sob o viés da deterrência e projeção de poder;
- c) analisar o emprego das tecnologias hipersônicas sob a ótica de renomados teóricos da área do Realismo; e
- d) descrever o projeto 14-X e seus principais aspectos.

1 MÉTODOS DE ANÁLISE

O tipo de pesquisa utilizado para alcançar o objetivo proposto foi a pesquisa exploratória, de modo a contextualizar o objeto de estudo e considerar os aspectos relevantes à proposta do trabalho, através de uma coleta de dados qualitativa, uma vez que foi utilizada análise de conteúdo através de reflexões e interpretações (GIL, 2017). Foram adotados os procedimentos de pesquisa bibliográfica, visto que os hipersônicos ainda estão sendo implementados para uso em combate. Ademais, teóricos clássicos de Relações Internacionais constituem uma base sólida para a análise de um tópico tão recente e ainda em evolução como a tecnologia hipersônica. Este tipo de pesquisa também possibilita que a fonte das informações seja diversa em relação à época e localidade, proporcionando resultados menos tendenciosos, mais acurados e atuais.

Para a busca de trabalhos de referência, foi realizada a pesquisa acerca de dispositivos hipersônicos e relações internacionais. Desse modo, foram utilizados os descritivos: hipersônicos, 14-X, deterrência, projeção de poder, estabilidade nuclear e seus similares e derivados na plataforma Google Acadêmico (<https://scholar.google.com/>). Dos resultados encontrados, foram empregados neste trabalho onze estudos, entre artigos, periódicos e teses, além de cinco livros e documentos e *sites* provindos do Governo Brasileiro e do Departamento do Exército Americano. Os trabalhos usados como referência para o artigo englobam grandes nomes das áreas de relações internacionais e hipersônica, consolidados há décadas no meio acadêmico, bem como trabalhos recentes que exprimem os resultados observados atualmente acerca dos hipersônicos nas relações internacionais, visto que esta é uma tecnologia recente e ainda sendo desenvolvida e estudada. Os materiais escolhidos constituem-se de conteúdos na língua portuguesa e inglesa, provindos de diferentes localidades do mundo, como os EUA, Brasil, África do Sul, Paquistão e República Tcheca, conforme referências. Tal pluralidade evita que apenas uma única ótica seja analisada e promove a fusão de um banco de dados mais complexo e sedimentado.

Este trabalho está organizado nos seguintes capítulos: metodologia, revisão de literatura, resultados e discussão e considerações finais. Na revisão de literatura, foram abordados os principais estudiosos da área, que serviram como base para a elaboração do trabalho, bem como uma contextualização acerca do funcionamento da tecnologia hipersônica. Em discussão e resultados, encontram-se o desenvolvimento dos demais objetivos estipulados e a análise baseada nos teóricos referenciados. Nas considerações finais, consta a retomada dos principais tópicos do trabalho e das conclusões atingidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TECNOLOGIA HIPERSÔNICA

Dispositivos hipersônicos representam um forte impacto na doutrina militar e na condução de operações. Devido à sua alta velocidade, possibilitam rápidos ataques regionais ou globais contra alvos críticos e distantes, enquanto a plataforma de lançamento permanece longe de áreas contestadas (GÖGE, *et al.*, 2017). Nesse contexto, tais dispositivos possuem duas principais aplicações. A primeira é de prover proteção térmica durante a entrada na atmosfera, auxiliando os cones de nariz de mísseis balísticos, o retorno de astronautas da lua, entre outros. A segunda aplicação consiste em propulsão de alta velocidade e no desenvolvimento do *scramjet* como um *ramjet* de aspiração avançada. *Scramjets* são construídos para funcionar a frio e, assim, atingir velocidades quase orbitais (HEPPENHEIMER, 2007).

Ramjets são motores que funcionam em três etapas: a compressão subsônica do fluxo de ar, o aquecimento deste através da queima de combustível e a expansão do ar através de um bocal, gerando impulso. Os choques de ar são responsáveis por iniciar as reações de combustão, mas fazem com que a velocidade do ar diminua, que o mesmo esquente e que o fluxo permaneça subsônico. Com o aumento do *Mach*, os choques de ar se tornam mais intensos, o que aumenta a compressão interna do fluxo de ar e a eficiência do motor. Contudo, os *ramjets* apresentam uma grande barreira ao voo hipersônico: principalmente acima de *Mach 5*, o fluxo interno de ar se torna tão quente que, somado ao aquecimento pela queima de combustível, representa sobrecarga dos materiais ou sistema de refrigeração. A atuação do motor em seu limite de temperatura pode ocasionar a interrupção do fluxo de ar ou das reações de combustão devido à dissociação das moléculas (HEPPENHEIMER, 2007).

Deste modo, a solução mais promissora seria permitir um fluxo supersônico, através dos *scramjets* (*supersonic combustion ramjet*). Com o ar sendo rápido o suficiente, o fluxo não teria superaquecimento e reduziria a necessidade de resfriamento interno. Porém, para isso ser possível, seria necessário iniciar a combustão de outra forma que não por choques de ar, visto que os choques reduziram a velocidade do fluxo para subsônico novamente e superaqueceriam o sistema (HEPPENHEIMER, 2007).

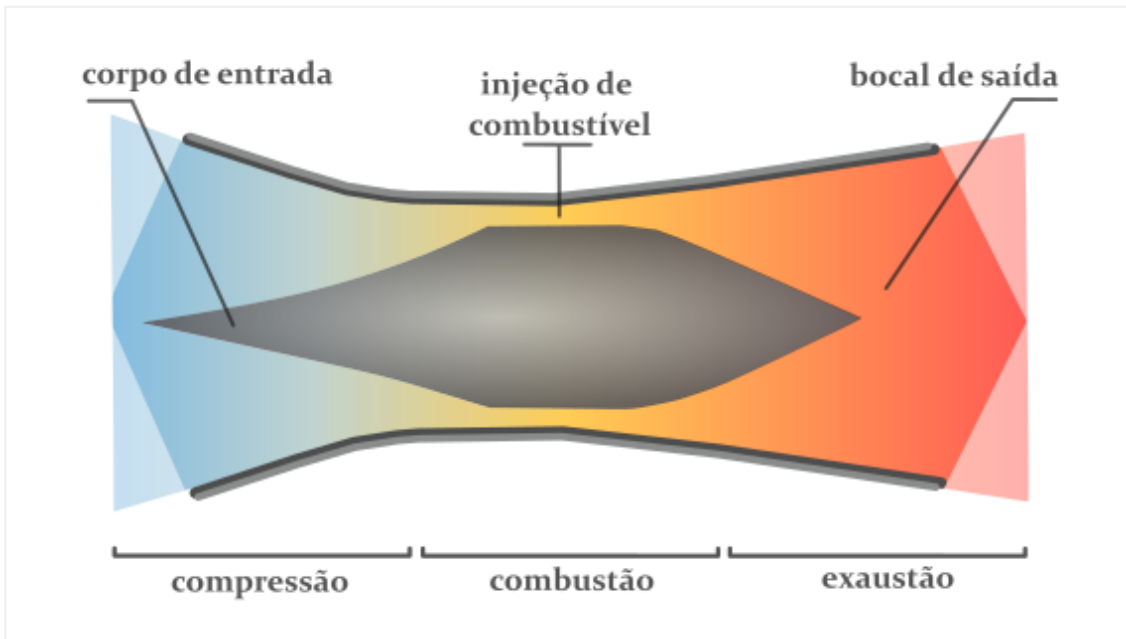


Figura 1 Funcionamento de um motor *scramjet*

Fonte: elaboração própria com base em FERRI (1964).

Dessa forma, o choque seria então substituído pela compressão térmica, conceito introduzido por Ferri (1964). Ao inserir diferentes pontos de ignição, é possível gerar com o aquecimento o mesmo efeito que a onda de choque proveria na combustão. A compressão térmica também permite que a entrada tenha uma geometria fixa. Para evitar os choques, até então, nos *ramjets*, a entrada teria que ter formatos mutáveis a depender da velocidade de entrada do fluxo:

A análise preliminar de *ramjets* de combustão supersônica [...] indica que a combustão pode ocorrer em uma combinação bico-bocal de geometria fixa através de um grande intervalo de números *Mach* da entrada de ar na região de combustão. Como o número *Mach* que entra no bico pode variar juntamente com o número *Mach* do voo, a entrada e portanto o motor inteiro não necessitam de geometria variável. Tal motor é capaz de operar sob um grande intervalo de números *Mach* e, logo, pode ser muito atrativo como um motor de aceleração (FERRI, 1964, p. 577, tradução nossa).³

³ *The preliminary analysis of supersonic combustion ramjets [...] indicates that combustion can occur in a fixed-geometry burner-nozzle combination through a large range of Mach numbers of the air entering the combustion region. Because the Mach number entering the burner is permitted to vary with flight Mach number, the inlet and therefore the complete engine does not require variable geometry. Such an engine can operate over a large range of flight Mach numbers and, therefore, can be very attractive as an accelerating engine.*”

Os resultados obtidos por Ferri em seus trabalhos indicam que o *scramjet* possui boas características para a atuação como um motor hipersônico. Contudo, ainda é uma tecnologia em fase de testes e de alto custo.

2.2 REALISMO, DETERRÊNCIA E PROJEÇÃO DE PODER

Nesta seção, é analisado de que modo os hipersônicos refletem na deterrência e projeção de poder de um país. A relação entre os países em relação a sua capacidade de deterrência e projeção de poder pode ser analisada através da ótica realista. No Realismo, o principal objetivo da política externa é projetar e defender os interesses do Estado na política mundial. O foco dos governos é a segurança nacional e a sobrevivência estatal; desse modo, as relações internacionais são constituídas pela luta entre as grandes potências pelo domínio e segurança em meio a um contexto de anarquia internacional, em que não há uma autoridade maior tal qual um governo mundial (JACKSON; SØRENSEN, 2016). Tal ótica dos Estados tem origem na essência do próprio indivíduo, e a sociedade formada é apenas um reflexo da unidade base que a compõe:

O realismo é baseado em uma visão do indivíduo como primordialmente egoísta e sedento de poder. Os indivíduos são organizados em Estados, e estes agem de um modo unitário na busca de seu próprio interesse nacional definido em termos de poder. Esses Estados existem em um sistema internacional anárquico caracterizado pela ausência de uma hierarquia autorizada. Sob essa condição de anarquia, os Estados no sistema internacional só podem contar com eles mesmos. Então, sua preocupação mais importante é gerenciar a insegurança que surge do sistema anárquico. Eles confiam primordialmente em equilibrar o poder de outros Estados e na contenção para manter o sistema internacional intacto e o menos ameaçador possível (MINGST, 2009, p. 59).

Um influente pensador da área é Kenneth Waltz, defensor do realismo defensivo. Para ele, um sistema de equilíbrio entre os Estados, tal qual uma balança de poder, pode ser estabelecido, porém a guerra é sempre uma possibilidade em meio a um sistema anárquico. Waltz analisa a balança de poder quando o mundo é regido por um regime bipolar, com duas grandes potências, e quando por um regime multipolar. Para o pensador, sistemas bipolares são mais estáveis e proporcionam melhor uma garantia de paz e segurança (JACKSON; SØRENSEN, 2016). A estabilidade exposta por Waltz é hoje mantida, principalmente, através da deterrência nuclear, mas poderá ser ameaçada com o surgimento de novas tecnologias que desequilibrem a balança de poder.

Projeção de poder inclui a habilidade das Forças Armadas em empregar seu poder aéreo, terrestre e marítimo em qualquer localidade do mundo. Abrange rápido emprego do poder de combate e operações militares destinadas a terminar conflitos tão rápido quanto possível em termos favoráveis para a nação e seus aliados (ESTADOS UNIDOS, 1999).

Segundo Waltz (1990), deterrência consiste em dissuadir alguém de tomar certa atitude através do medo gerado pelas consequências de tal ação. Para isso, é necessário ter apenas uma força capaz de sobreviver ao primeiro ataque e ter um contra-ataque forte o suficiente para neutralizar qualquer ganho que o agressor esperava obter. Deterrência em si não implica em capacidades de defesa, mas sim em assegurar dano ou destruição a coisas de valor para o agressor.

A estabilidade da deterrência nuclear requer que ambos países nuclearmente armados não tendam a mudar seu *status quo* através de meios militares. Em termos nucleares, a estabilidade se refere ao conceito de deterrência nuclear ou da habilidade de deter o oponente de uma frente ofensiva através do medo de punições. Essa estabilidade implica em ambos os adversários nuclearmente armados não terem incentivos para realizar o primeiro ataque. Isso consiste em evitar uma escalada de uma crise convencional a uma crise nuclear para vencer o oponente. A estabilidade de uma crise é considerada alta quando os incentivos para realizar o primeiro ataque são muito baixos para ambas as partes envolvidas no conflito (SADIQ; ALI, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 OS HIPERSÔNICOS NAS RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Os dispositivos hipersônicos, por serem uma tecnologia diferente das demais já empregadas pelos países atualmente e por possuírem diversas vantagens relacionadas à velocidade e distância, representam um salto significativo no poderio bélico das nações que os adquirirem. Tais países buscam aumentar sua capacidade militar pois, em um sistema de anarquia internacional, emerge o conceito de dilema de segurança. Grupos vivendo em tal cenário devem se preocupar com sua segurança em relação a sofrerem um ataque, dominação ou aniquilação. De modo a evitar essas ameaças, eles tendem a adquirir cada vez mais poder escapar do impacto do poder dos demais. Contudo, isso cria maior insegurança nos outros grupos e os compelem a se preparar para o pior. Como a insegurança nunca se extingue, a competição de poder aumenta e cria-se um ciclo vicioso de segurança e acumulação de poder (HERZ, 1950).

Os Estados buscam constantemente aumentar seu poder e garantir sua sobrevivência estatal. Contudo, à medida que maior liberdade é conquistada, a insegurança do Estado também aumenta. Caso existisse uma organização global a qual todos os Estados estivessem subordinados em uma relação de autoridade e controle, a segurança de cada um seria maior, com mais regras entre países. Entretanto, iriam possuir menos liberdade de ação e tomada de decisão (WALTZ, 1979). No sistema de anarquia interestatal, o dilema de segurança torna-se uma verdade, à medida que a liberdade é ampla.

Dessa forma, a projeção de poder desses países aumenta consideravelmente. Ao atingir a tecnologia e a capacidade necessária para o desenvolvimento de hipersônicos, o país eleva seu status, adentrando em um grupo seletivo no cenário internacional, em que seu arsenal representa um óbice para outras nações que possuam intenção de iniciar um conflito. Sendo assim, observa-se que grande parte da diplomacia internacional é baseada em aparências e intenções, indo além do conflito propriamente dito.

O benefício para países de menor projeção de poder desenvolverem hipersônicos se configura em atender demandas próprias do país, podendo ser observado no caso do Brasil e o lançamento de satélites. Além disso, o domínio da tecnologia auxilia, também, na inserção do Estado em um patamar internacional superior ao anterior, beneficiando sua imagem perante as outras nações. Contudo, a presença por si só de tecnologia hipersônica é apenas um aspecto na mudança de posição hierárquica entre os Estados; segundo Waltz (1979) as barreiras para entrar no grupo das superpotências nunca foram tão altas e numerosas, permanecendo esse grupo como o mais exclusivo mundialmente.

Para países que são referência no âmbito do poderio militar e na deterrência, o benefício está em garantir sua posição e se apresentar forte ao nível de outro país não ser desejoso de iniciar um conflito armado. A motivação por trás disso seria a constante possibilidade de uma guerra irromper no cenário de anarquia internacional, devido ao estado de natureza entre Estados:

O Estado entre Estados, é costume dizer, conduz seus negócios sob a sombra da violência. Em razão de alguns Estados poderem a qualquer momento empregar o uso da força, todos os Estados devem estar preparados para tal - ou viver à mercê de seus vizinhos militarmente mais vigorosos. Entre Estados, o estado de natureza é o estado de guerra. Isso não é no sentido de que a guerra ocorre constantemente, mas no âmbito de que, com cada Estado decidindo por si só empregar ou não a

força, a guerra pode irromper a qualquer momento (WALTZ, 1979, p. 103, tradução nossa).⁴

As potências disputam entre si em busca de poder e, sendo assim, os hipersônicos representam mais um nível na corrida armamentista constante exercida pelas nações. Dessa forma, ocorre a elevação do conflito a um novo patamar de destruição, porém ainda estável. A deterrência originada pela capacidade nuclear se estenderia para a capacidade hipersônica também, de modo que as partes de um conflito estariam niveladas em poderio bélico e temeriam iniciar um ataque.

A presença de hipersônicos aumenta não apenas o poder de destruição pela sua própria capacidade, mas possibilita também emprego mais eficiente e seguro das Forças Armadas. Os meios são possibilitados de avançar mais rapidamente e sua defesa é aprimorada não apenas pelo emprego dos hipersônicos, mas pelo ataque ser inibido pela mera ideia da existência de tais armas. O país que possuir uma arma hipersônica terá vantagem, mesmo que pontual, em relação ao país que não possuir; da mesma forma que já acontece com tecnologias anteriores, como armamentos nucleares, satélites e aeronaves. Contudo, apenas possuir a tecnologia não é garantia de vitória; é necessário considerar todos os fatores envolvidos no teatro de operações além deste. Segundo Waltz (1979), não são apenas armas nucleares que formam grandes poderes, mas também seus imensos recursos capazes de manter poder de todos os tipos, militar ou não, nos níveis estratégico e tático.

Ademais, a entrada dos hipersônicos nas relações de poder entre países não afetaria a soberania já existente das armas nucleares. A nova tecnologia, inclusive, incrementa a anterior. Os hipersônicos aumentam a incerteza em relação à capacidade de destruição de um determinado país, o que resulta em deterrência (COETZEE, 2021). A deterrência já exercida pelos equipamentos nucleares não seria ameaçada, mas expandida. Isso porque as amplas funcionalidades e empregos dos hipersônicos ainda são nebulosos e esses possuem sua maior ameaça ao combinarem manobrabilidade com ogivas nucleares, tornando possíveis ataques menos propícios a acontecerem pela capacidade que as tecnologias nucleares e hipersônicas somadas possuem, ainda de proporções apenas estimadas.

⁴ *The state among states, it is often said, conducts its affairs in the brooding shadow of violence . Because some states may at any time use force, all states must be prepared to do so-or live at the mercy of their militarily more vigorous neighbors . Among states, the state of nature is a state of war. This is meant not in the sense that war constantly occurs but in the sense that, with each state deciding for itself whether or not to use force, war may at any time break out.*

A estabilidade nuclear foi alcançada devido ao imenso poder de destruição das armas nucleares e ao fato de vários países serem detentores de tecnologias como essa. Os dispositivos hipersônicos, em um primeiro momento, representam um desequilíbrio na balança de poder. Esse segmento temporal pode representar a emergência de uma nova guerra, visto que um dos lados poderia sentir que a capacidade de contra ataque do outro não seria mais forte do que o dano inicial causado, devido ao fato de este não ser detentor da mesma tecnologia. Porém, com o passar do tempo e a aquisição da tecnologia hipersônica por mais países, a deterrence entre estes começa a se expandir e torna-se mais difícil conduzir um ataque sem que a retaliação seja ameaçadora. Desta forma, uma nova estabilidade seria alcançada, não apenas nuclear como também hipersônica, através de nivelção de poder.

3.2 PROJETO 14-X

O projeto 14-X é um veículo aeroespacial para demonstração da tecnologia hipersônica *scramjet*, desenvolvido pelo Brasil desde 2007 e batizado em homenagem ao centenário do voo do 14-Bis em 1906. As pesquisas são realizadas no Instituto de Estudos Avançados (IEAv), em São José dos Campos – SP (PEREIRA *et al.*, 2021). O 14-X pertence ao Projeto de Propulsão Hipersônica 14-X, PropHiper, iniciado em 2006 a fim de, segundo as diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa (END), capacitar o Brasil na área prioritária e estratégica da hipersônica (BRASIL, 2021a). O PropHiper tem por missão o desenvolvimento de uma plataforma para teste de duas tecnologias: o motor *scramjet* e o efeito *waverider*, relativo à sustentação hipersônica que possibilita voos na atmosfera (BRASIL, 2021c).

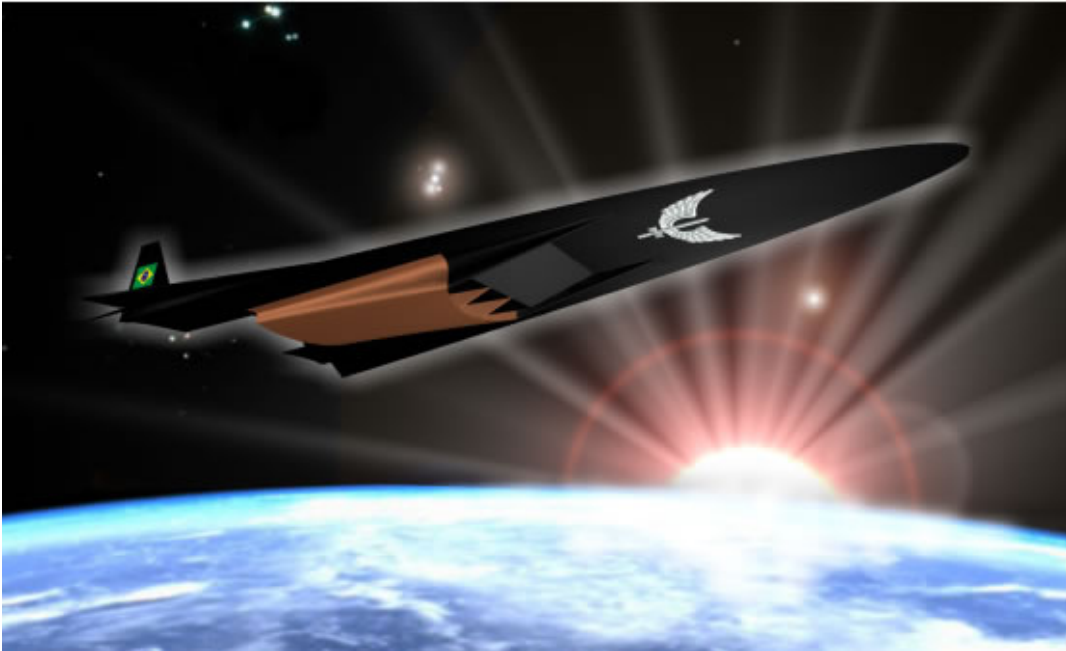


Figura 2 Visão artística do 14-XW

Fonte: BRASIL (2021c).

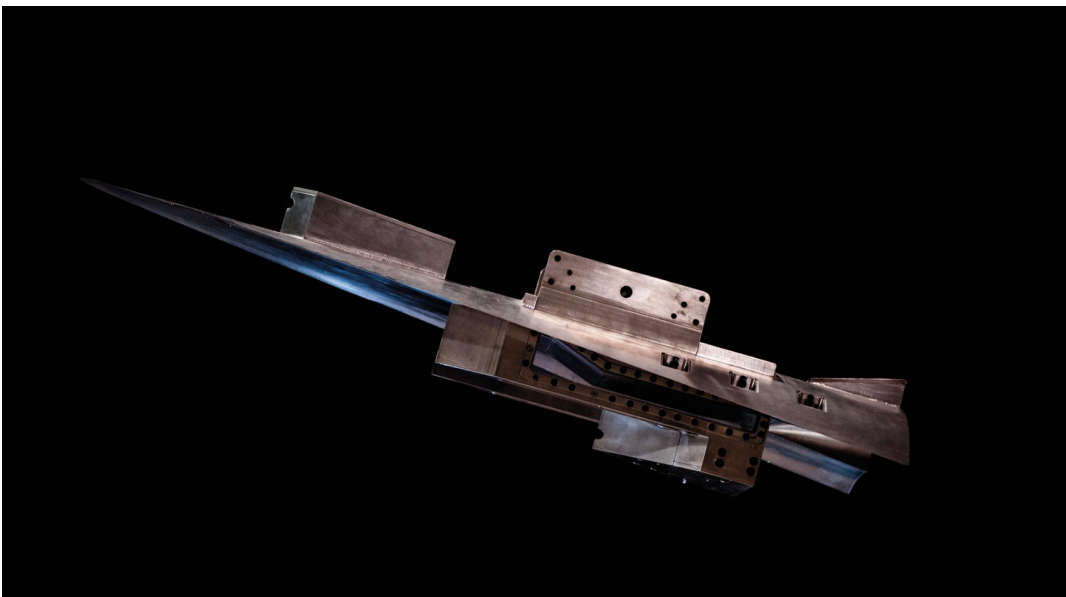


Figura 3 Modelo de laboratório do 14-X

Fonte: FAPESP (2019).

O Projeto de Propulsão Hipersônica 14-X é dividido em quatro metas, de acordo com ensaios de voo. A primeira, 14-XS, consiste na demonstração da combustão supersônica em voo balístico ascendente. A segunda é o 14-XSP, que é similar à primeira, mas com combustão hipersônica aspirada, ou scramjet. A terceira meta, 14-XW, é a demonstração em voo planado sem combustão da controlabilidade e manobrabilidade com sistemas de guiamento, navegação e controle (GNC), bem como o emprego de materiais avançados em voo hipersônico na estratosfera. A quarta etapa se chama 14-XWP e consiste na demonstração de voo autônomo de um veículo hipersônico que seja controlável e manobrável e possua combustão hipersônica aspirada ativa (BRASIL, 2021b).



Figura 4 Etapas do PropHiper

Fonte: BRASIL (2021b).

A primeira meta, o ensaio de voo do 14-XS, é conhecida também como Operação Cruzeiro. O primeiro teste desta operação foi realizado em dezembro de 2021 através do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). O 14-XS atingiu aceleração *Mach* 6 a mais de 30 quilômetros de altura, através de um Veículo Aspirador Hipersônico (VAH). Foram percorridos 200 quilômetros até sua queda no Oceano Atlântico (BRASIL, 2021b).

O Nível de Maturidade Tecnológica é um sistema métrico que avalia a maturidade e uma tecnologia em particular e também a consistência de comparação de maturidade entre diferentes tecnologias (FERREIRA, 2021). A ferramenta mais utilizada para sua medição é o TRL (*Technology Readiness Level*) criado pela NASA. Atualmente, os níveis variam entre TRL 1, uma tecnologia ainda sendo descoberta, e TRL 9, uma tecnologia pronta para inserção no mercado.

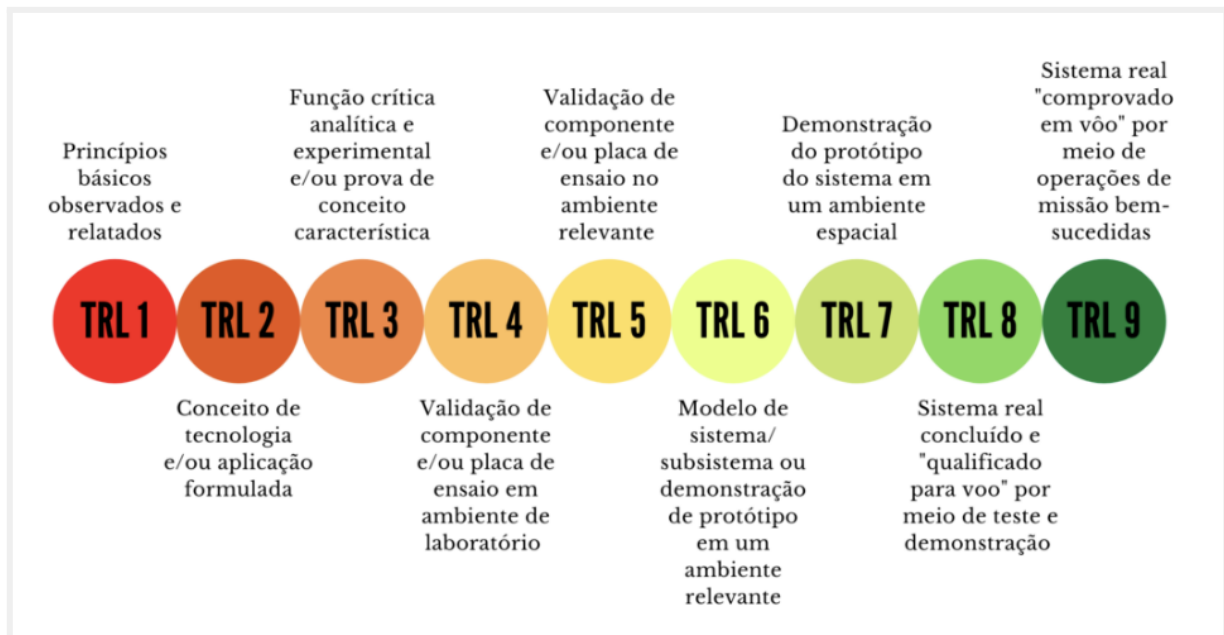


Figura 5 Níveis de TRL

Fonte: FERREIRA (2021).

Até então, o Nível de Maturidade Tecnológica da tecnologia *scramjet* nacional era TRL 6, o que significa que havia um protótipo totalmente funcional, qualificado em ambiente relevante e aceito para operação fora dos laboratórios. Após a Operação Cruzeiro, esse nível se eleva a TRL 7, com a comprovação de seu funcionamento em ambiente espacial. A Operação também elevou o patamar do Centro de Lançamento de Alcântara no cenário internacional, conforme pontuado pelo Coronel Aviador Marcello Corrêa de Souza, Diretor do Centro de Lançamento de Alcântara. “(O CLA) se habilita cada vez mais para receber as empresas estrangeiras e consolidar a capacidade operacional do Brasil no segmento solo do Programa Espacial Brasileiro” (BRASIL, 2021b).



Figura 6 Comparativo de velocidade do 14-X

Fonte: FAPESP (2019).

O domínio de tecnologias espaciais pela Força Aérea Brasileira é indispensável para a inserção do Brasil em novos projetos espaciais. De acordo com Israel Rêgo, gerente do Laboratório de Aerodinâmica e Hipersônica do IEAV, “o projeto ProHiper irá, dentro de 10 anos, oferecer à Força Aérea Brasileira um produto de defesa que permita realizar voos rumo ao espaço de maneira mais barata e levando mais carga útil”, uma vez que o peso total do veículo espacial é reduzido por necessitar carregar apenas o combustível, não mais o oxidante (BRASIL, 2017).

Apesar de o 14-X ainda estar em desenvolvimento e ser voltado principalmente para suprir demandas internas e comerciais do país, o fato de o Brasil estar desenvolvendo e ser detentor de uma tecnologia hipersônica eleva a imagem que possui no cenário internacional, visto a baixa quantidade de países que atualmente possuem tecnologia hipersônica. Além disso, a capacidade de desenvolver internamente dispositivos hipersônicos já serve como forma de deterrence, mesmo que os objetivos primordiais não sejam relacionados à projeção de poder, visto que o país que desenvolve tal tecnologia consegue facilmente adaptá-la como armamento em caso de necessidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dispositivos hipersônicos são relevantes para uma nação no cenário atual, tanto em relação ao desenvolvimento aeroespacial e comercial, como também militarmente, visto que sua capacidade de percorrer longas distâncias em curtos períodos possibilitam ataques na linha de defesa inimiga mesmo estando afastados desta. O desenvolvimento desta tecnologia se intensificou após a Segunda Guerra Mundial, como uma tentativa de romper a estabilidade estratégica imposta pelos armamentos nucleares.

Foi realizada neste trabalho uma contextualização sobre o funcionamento da tecnologia hipersônica. Foram expostas as dificuldades apresentadas pelos *ramjets* ao voo hipersônico e as alterações estruturais e de funcionamento que ocorreram de modo a desenvolver os *scramjets*, os quais representam uma boa alternativa como motor para o voo hipersônico.

A estabilidade estratégica é atingida pelo receio das nações em perderem seu *status quo*, visto que a escalada de um conflito para do nível convencional para o nuclear representaria ameaças maiores às que determinado país estaria disposto a arriscar sua integridade. Portanto, o receio em iniciar um ataque devido à quantidade de destruição que poderia ser causada como retaliação coloca a deterrência como base da estabilidade estratégica no contexto nuclear. Tal deterrência é alcançada através da projeção de poder que um país possui nos demais, através do nível de armamentos e tecnologias que este detém e como os promove.

A estabilidade promovida pela deterrência nuclear foi comparada ao conceito de balança de poder de Waltz. Quando há equilíbrio entre Estados, em um sistema anárquico, essa balança é alcançada, mas a possibilidade de guerra e, conseqüentemente, desequilíbrio, continua a ser uma realidade. Pontuava-se se os hipersônicos seriam capazes de alterar a balança. Este trabalho conclui que, apesar de que em um primeiro momento seria atingido esse resultado, ao longo do tempo mais países desenvolverão a tecnologia em um nível em que qualquer retaliação poderia ser devastadora e o equilíbrio seria alcançado novamente pelo receio de iniciar um ataque, como ocorre na estabilidade nuclear. Inclusive, os hipersônicos reforçam o equilíbrio já existente ao aumentar ainda mais a incerteza da capacidade de destruição da outra nação, visto que possuem diversas funcionalidades ainda em desenvolvimento e podem ser usados em conjunto com a tecnologia nuclear. Dessa forma, a deterrência atual se expandiria ainda mais.

O Brasil se insere no círculo internacional de países detentores de tecnologia hipersônica através do veículo aeroespacial 14-X e do projeto em que este se inclui, PropHiper. Tendo como

objetivo de desenvolver uma plataforma com o motor *scramjet* e o efeito *waverider*, o 14-X foi implantado e será responsável por permitir voos mais baratos ao espaço e maior capacidade de carregar carga útil. Dessa forma, coloca a Força Aérea Brasileira (FAB) também com destaque no cenário internacional, estando o CLA mais habilitado a receber empresas estrangeiras e a promover o Programa Aeroespacial Brasileiro. Já os dispositivos hipersônicos, de modo geral, são de interesse da FAB e do Brasil ao possibilitarem emprego mais eficiente e seguro das Forças Armadas e, como ilustrado pelo 14-X, atender demandas internas do país e elevar a imagem do país internacionalmente.

Portanto, esse estudo abordou quais impactos os hipersônicos representam nas relações internacionais e de que modo o Brasil é afetado. Isso foi feito através do cumprimento dos objetivos ao discorrer sobre o funcionamento da tecnologia hipersônica, a relação destes dispositivos com a estabilidade nuclear através da deterrência e projeção de poder, a análise do emprego hipersônico sob a ótica realista e a apresentação do veículo 14-X e o que representa para o Brasil. Visto que essa é uma área ainda em desenvolvimento tecnológico, esse artigo cria oportunidades para que novas pesquisas analisem os novos avanços dos dispositivos hipersônicos, os efeitos que irão gerar nas relações internacionais e os novos avanços do Brasil em sua inserção como detentor dessa tecnologia emergente.

REFERÊNCIAS

- BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. Coordenação Geral de Comunicação em CT&I – CGCO/SEAPC. **Boletim Diário**, Brasília, DF, 2021a. Disponível em: <https://repositorio.mctic.gov.br/handle/mctic/3763>. Acesso em: 17 set. 2022.
- BRASIL. **FAB realiza primeiro teste de voo do motor aeronáutico hipersônico 14-X**. DCTA, 2021b. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/38395/OPERA%C3%A7%C3%A3O%20CRUZEIRO%20-%20FAB%20realiza%20primeiro%20teste%20de%20voo%20do%20motor%20aeron%C3%A1utico%20hipers%C3%B4nico%2014-X>. Acesso em: 3 maio. 2023.
- BRASIL. **O Brasil na era da Propulsão Hipersônica: Projeto 14-X**. IEAv, 2021c. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/38356/IND%C3%A9ASTRIA%20AEROESPACIAL%20-%20O%20Brasil%20na%20era%20da%20Propuls%C3%A3o%20Hipers%C3%B4nica:%20Projeto%2014-X>. Acesso em: 3 maio. 2023.
- BRASIL. **Brasil quer testar nos próximos anos velocidade hipersônica em voo**. Agência Força Aérea, 2017. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/29437/LAAD%202017%20%E2%80%93%20Brasil%20quer%20testar%20nos%20pr%C3%B3ximos%20anos%20velocidade%20hipers%C3%B4nica%20em%20voo>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- COETZEE, Eben. Hypersonic weapons and the future of nuclear deterrence. **Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies**, v. 49, n. 1, p. 35-56, 2021. Disponível em: <https://journals.co.za/doi/abs/10.5787/49-1-1318>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- DAVIES, Jack Frederick. **The impacts of hypersonic weapons on world nuclear posture**. 2020. Tese de Doutorado. CEVRO Institute, Praga. Disponível em: <https://is.vsci.cz/th/nu3s4/?fakulta=7D10;lang=en>. Acesso em: 11 mai. 2022.
- DOS SANTOS, A. M. A pesquisa e desenvolvimento em hipersônica no IEAv. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 27, n. 1, 5-10, 2008. Disponível em: <http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/385>. Acesso em: 11 mai. 2022.
- DOUHET, Giulio. **The command of the air**. University of Alabama Press, 2009.
- ESTADOS UNIDOS. **FM 100-10-1: Theater Distribution**. Department of the Army. Washington, DC, 01 out. 1999. Disponível em: <https://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/100-10-1/ch1.htm>. Acesso em: 16 set. 2022.
- FAPESP. **Mais rápido do que uma bala**. **Revista Pesquisa Fapesp**, 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mais-rapido-do-que-uma-bala/>. Acesso em: 24 jun. 2023.
- FERREIRA, Juliana D. **Nível de maturidade tecnológica**, 2021. Disponível em: <https://via.ufsc.br/nivel-de-maturidade-tecnologica-por-que-avaliar/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

FERRI, Antonio. Review of Problems in Application of Supersonic Combustion. **The Aeronautical Journal**, p. 577, set. 1964. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/aeronautical-journal/article/abs/review-of-problems-in-application-of-supersonic-combustion/E6CD519C9A838F8AA708F4EAF4106304>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GIL, Antonio Carlos *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GÖGE, Dennis *et al.* Hypersonic vehicles: game changers for future warfare? **Transforming Joint Air Power: The Journal of the JAPCC**, n. 24, p. 11-27, 2017. Disponível em: https://elib.dlr.de/113912/1/Hypersonic%20Vehicles%20-%20JAPCC%20Journal%20-%20Volume%2024_2017.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.

HEPPENHEIMER, Thomas A. **Facing the Heat Barrier: a History of Hypersonics**. Washington, DC: Nasa History Series, 2007.

HERZ, John H. Idealist internationalism and the security dilemma. **World politics**, v. 2, n. 2, p. 157-180, 1950. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2009187>. Acesso em: 07 mai. 2023.

JACKSON, Robert; SORENSEN, Georg. **Introdução às relações internacionais**. Rio de Janeiro: Zahar, 2016.

MINGST, Karen. **Princípios de Relações Internacionais**. Tradução de Arlete Simille Marques. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2009.

PEREIRA, Artur C. P.; DE PAULA TORO, Paulo G.; MARINHO, George S. Propulsão Hipersônica. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v. 3, n. 1, p. 81-94, 2021. Disponível em: <https://periodicos-homologacao.ufersa.edu.br/r4em/article/view/10022>. Acesso em: 11 mai. 2022.

ROLIM, Tiago Cavalcanti *et al.* Experimental results of a Mach 10 conical-flow derived waverider to 14-X hypersonic aerospace vehicle. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 3, p. 127-136, jul. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jatm/a/pppR8JtkkSrHDXgfdwOPCrM/abstract/?lang=en>. Acesso em: 11 mai. 2022.

SADIQ, Muhammad; ALI, Iftikhar. Challenges of Nuclear Deterrence Stability in South Asia. **Journal of Asian and African Studies**, p. 1-17, 2022. Disponível em: https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/00219096221090636?casa_token=CKhJuKLY2bUAAAA%3AXKLMjGWGuOjhSgabP5jcUK61OOvvB0mhBnpPdJkzKZAeqnwTdY-7NxryRCORiCDdApslLEzYX63. Acesso em: 17 set. 2022.

WALTZ, Kenneth N. Nuclear myths and political realities. **American Political Science Review**, v. 84, n. 3, p. 730-745, 1990. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-political-science-review/article/abs/nuclear-myths-and-political-realities/9EF3533A2C5DDEFBADB0563BC86EE2F7>. Acesso em: 21 ago. 2022.

WALTZ, Kenneth N. **Theory of International Politics**. Addison-Wesley Publishing Company, 1979.

WILLIAMS, Heather. Asymmetric arms control and strategic stability: Scenarios for limiting hypersonic glide vehicles. **Journal of Strategic Studies**, v. 42, n. 6, p. 789-813, ago. 2019.

Disponível em:

https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01402390.2019.1627521?casa_token=q8QpO6tfrdYAAAAA%3A8B_Gzx-OCCDj_BnkR8R1wLZbSs6x7NvgoYTVmidWzs5qcmLaTzd4-P0eIF6eQcdifKo1zNoyRCDh. Acesso em: 21 ago. 2022.