

Espaço, a nova arena geopolítica: satélites, conflitos e conhecimento situacional espacial

ALUÍSIO VIVEIROS CAMARGO
CORONEL PILOTO MARCELLO CORRÊA DE SOUZA
FORÇA AÉREA BRASILEIRA

Introdução

Desde o início da Era Espacial até o surgimento de voos orbitais comerciais e constelações de satélites privados, os acontecimentos no espaço exterior são cada vez mais relevantes para a sociedade.¹ A competição entre grandes potências (CGP) no ambiente aeroespacial (um novo conceito de território) combinada com o crescente impacto da economia espacial, influenciam a geopolítica.² As atividades espaciais se tornaram uma dimensão crítica de poder, influência e força para a segurança e a defesa de muitos países e são fatores-chave na arena geopolítica moderna.³

O poder militar sempre teve uma ligação próxima com as atividades espaciais. O início da exploração espacial moderna coincidiu com o fim da Segunda Guerra Mundial, com o rápido desenvolvimento militar da tecnologia de lançamento de foguetes.⁴ Isso foi devido à semelhança entre o desenvolvimento de lançadores de foguetes e mísseis balísticos (capazes de transportar armas com grande poder destrutivo).⁵ As atividades militares no setor espacial expandiram e se consolidaram na década de 1950 e evoluíram segundo a política internacional, especialmente em face da relação beligerante entre os EUA e a antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS).⁶

Os países e as entidades privadas estão superando as barreiras tecnológicas e financeiras para acessar o espaço exterior, permitindo uma maior participação na fabricação de satélites, veículos de lançamento, exploração espacial e missões tripuladas.⁷ No entanto, embora esses avanços tecnológicos e científicos tragam novas oportunidades, eles também introduzem riscos sem precedentes para os serviços ligados ao espaço exterior.⁸

Reconhecendo as vantagens das operações baseadas no espaço exterior, muitas nações continuam a aumentar o investimento em habilidades em um esforço que visa comprometer a capacidade estratégica de outros países de fazer o mesmo. A utilização militar de recursos espaciais para funções como inteligência, vigilância,

reconhecimento, comunicações e navegação é uma realidade indiscutível.⁹ A ascensão de novos atores na arena espacial, como a China e a Índia, destaca o papel crescente do espaço exterior na geopolítica global.¹⁰ Esses novos atores estão investindo substancialmente em infraestrutura e tecnologias espaciais, visando fortalecer a influência geopolítica e a defesa nacional.¹¹

Neste contexto, a aplicação da Consciência Situacional Espacial (*Space Situational Awareness, SSA*) surgiu como um campo de estudo vital, permitindo que as nações monitorem e compreendam o ambiente espacial e melhorem a capacidade de detectar, rastrear e identificar objetos espaciais.¹²

Geopolítica espacial

A influência da exploração espacial na política externa

A geopolítica espacial surgiu como uma grande estratégia na arena internacional, à medida que a dominação e a exploração do espaço exterior se tornaram fundamentais nas estratégias dos Estados.¹³ Em sua essência, a teoria do poder espacial destaca a crescente relevância do espaço na dinâmica de estratégia global.¹⁴ As capacidades espaciais, antes dominadas por algumas superpotências, agora são vistas como ferramentas essenciais de dissuasão, comunicação e domínio, inclusive por países em desenvolvimento.¹⁵

Michael Sheehan sugere que, ao assumir um papel cada vez mais crítico no ambiente de poder nacional, as atividades espaciais moldaram até mesmo o rumo dos conflitos armados e o equilíbrio de forças na arena geopolítica internacional:

Um estudo da política espacial internacional fornece uma correção à ideia de que os programas espaciais são burocracias orientadas pela ciência e de alguma forma alheios às realidades mais duras da política. Além disso, revela estudos de caso de temas familiares em outras dimensões das relações internacionais. No espaço, assim como na Terra, vemos o poder político da ideologia e do nacionalismo, o uso de propaganda e ajuda externa, a centralidade das questões de “segurança nacional” e a busca dessa segurança por meio da aquisição de capacidades militares, tensões entre os mais ricos, mais avançados industrialmente e os países mais pobres do “Sul”; além de esforços para usar a integração de políticas nacionais para promover a unidade da Europa, a evolução do conceito de segurança para abranger as dimensões sociais, ambientais e econômicas, e assim por diante. São poucas, ou nenhuma, as características da política global moderna que não tenham eco no uso do espaço.¹⁶

Assim, é fundamental reconhecer o papel dos militares na exploração espacial. Em *Modern Strategy*, Colin Gray mergulha no domínio evolutivo da estratégia, destacando suas intrincadas dimensões em contextos atuais e futuros.¹⁷ Especial-

mente relevante é a maneira pela qual ele enfatiza a inter-relação entre a política e a imprevisibilidade da natureza humana e da estratégia, em sintonia com a perspectiva de Clausewitz da guerra como uma extensão da política por meio de outros instrumentos. Ao comparar as limitações da estratégia moderna com os princípios centrais de Clausewitz, Gray ressalta a continuidade do pensamento estratégico e sua importância crucial nos diversos teatros de guerra:

A estratégia é a ponte que relaciona o poder militar com o objetivo político; não se trata nem de poder militar propriamente dito, nem de objetivos políticos. Por estratégia, queremos dizer o uso da força e a ameaça da força para objetivos políticos. Esta é uma adaptação de Clausewitz, embora certamente não seja uma adaptação de sua clara intenção. Em *Da Guerra*, Clausewitz fornece uma definição admiravelmente concisa e sucinta, mas aparentemente estreita: “A estratégia [é] o uso de combate para objetivos de guerra.” A definição de Clausewitz é superior. . . Sua definição tem uma orientação operacional, até mesmo no campo de batalha, . . . ela nos diz que estratégia é o uso de ameaças tácitas e explícitas, assim como batalhas e campanhas reais, para promover objetivos políticos. Além disso, a estratégia em questão pode não ser a estratégia militar. Em vez disso, pode ser uma grande estratégia que usa “compromissos”, ou seja, todos os instrumentos relevantes de poder como ameaça ou em ação, para os objetivos da arte de governar.¹⁸

A relação entre as iniciativas espaciais e a política global é simbiótica.¹⁹ Embora os governos financiem missões espaciais para projetar sua influência nacional, a dinâmica de poder entre as nações molda não apenas os sistemas econômicos espaciais, mas também a dinâmica do próprio poder estatal.²⁰

Daniel Blinder defende que o poder político está intrinsecamente ligado ao Estado moderno, definido por sua “unidade de soberania territorial... e pela busca de maior poder além de suas fronteiras”, e que o avanço das capacidades tecnológicas espaciais, mesmo por entidades privadas, tem o potencial de impactar e transformar os cenários estratégicos de várias potências globais.²¹ Nesta perspectiva, Blinder indica que, mesmo que as “rivalidades geopolíticas” levem as nações a investir no espaço exterior em busca de inovações científicas e tecnológicas, a emergência de novas potências espaciais está intrinsecamente ligada a questões políticas, econômicas e militares. Sem a autonomia estratégica oferecida pelo espaço, a Europa seria incapaz de se consolidar como uma potência geopolítica significativa, essencial para garantir sua segurança e defesa.²²

Os EUA exemplificam fortemente como a adaptabilidade diante das transformações tecnológicas trazidas pelo avanço além da órbita da Terra é necessária para competir, dissuadir e prevalecer em um contexto de segurança multifacetado marcado por uma CGP intensa, especialmente com atores como a China e Rússia. Isso implica mudanças nas políticas, estratégias, operações, investimentos e o

desenvolvimento de capacidades e conhecimentos especializados para projetar poder em um cenário estratégico sem precedentes:

As capacidades baseadas no espaço são essenciais para a vida moderna nos EUA e em todo o mundo e garantem a disponibilidade desses componentes indispensáveis do poder militar dos EUA. As capacidades são fundamentais para estabelecer e manter a superioridade militar em todos os domínios espaciais e promover a segurança mundial e prosperidade econômica mundial e dos EUA. No entanto, não é um santuário para contra-ataques e os sistemas espaciais são alvos potenciais em todos os níveis de conflito. Em especial, a China e a Rússia representam a maior ameaça estratégica devido ao desenvolvimento, testes e implantação de capacidade antiespacial e doutrina militar associada para o emprego em conflitos que se estendem ao espaço. A China e a Rússia armaram o espaço como uma forma de reduzir a eficácia militar dos EUA e aliados e desafiar nossa liberdade de operação no espaço.²³

É evidente que a expansão e a diversificação das atividades espaciais atribuem um caráter essencial às iniciativas estatais nesse setor. Como resultado, essas atividades estão se tornando cada vez mais ligadas ao conceito de poder nacional de um país. Além disso, o atual ambiente global, marcado pelo conflito Rússia-Ucrânia, mostra um aumento significativo no uso, por parte de várias nações, especialmente para fins de posicionamento, inteligência, comunicação e alerta precoce de lançamento de mísseis, entre outros, incluindo uma atividade militar controversa no espaço: o uso de armas antissatélite. Todas essas capacidades têm o potencial de redefinir completamente o conceito atual de guerra moderna.²⁴

“Assim como o petróleo foi o combustível da era industrial, o espaço será o combustível e o motor da era da informação.”²⁵ Com essa afirmação categórica por parte de um observador atento às constantes transformações que os conceitos de guerra moderna sofreram nas últimas décadas, o general Howell Estes, comandante do Comando Espacial dos EUA de 1996 a 1998, conseguiu sintetizar habilmente a importância da geopolítica espacial.

Segundo Daganit Paikowsky, todos os padrões da guerra moderna na era da informação, diferente das guerras da era industrial, são baseados muito mais na qualidade do que na quantidade.²⁶ Neste caso, a qualidade equivale à superioridade de informação obtida principalmente ao operar no espaço exterior. Embora o espaço não seja o único fator, trata-se de um elemento central para o conceito de guerra baseado na informação e no conhecimento, que tem impulsionado investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento. Isso também ampliou a possibilidade de conflitos terem repercussões na esfera espacial, à medida que um número crescente de nações recorre a recursos espaciais para apoiar uma ampla variedade de atividades.²⁷ Nesta conjuntura, a dominância espacial é percebida

como essencial para a aquisição de poder, seja militar, econômico ou geopolítico, com implicações consideráveis e profundas no cenário global.²⁸

A ascensão de novos atores na geopolítica espacial

Embora os EUA e a ex-URSS tenham sido os pioneiros no crescimento das atividades espaciais nas últimas seis décadas, os avanços tecnológicos e os custos mais baixos permitiram que outras nações desenvolvessem a capacidade e a autonomia para funções que vão desde comunicações e navegação até transações financeiras e observação do clima. A capacidade de realizar essas funções também permite exercer influência e poder no domínio espacial (conforme ilustrado na Figura 1).

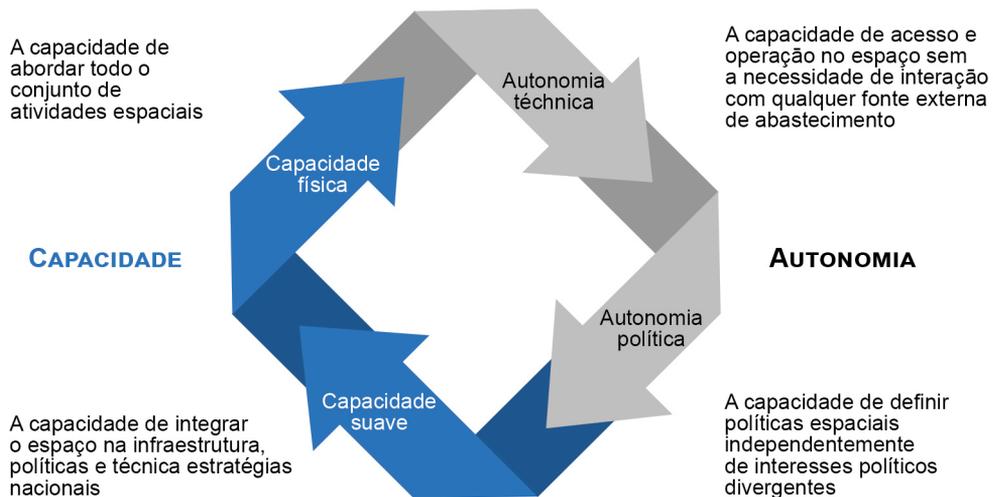


Figura 1. Requisitos de energia espacial

Fonte: *European Space Policy Institute*²⁹

A relevância das atividades espaciais está em ascensão global nas áreas militar, econômica, ambiental, científica e outras. Esta nova corrida espacial reflete a crescente compreensão de sua importância estratégica e a necessidade de desenvolver capacidades espaciais autônomas e robustas para garantir o lugar de uma nação no cenário internacional.³⁰

A corrida pelo domínio espacial é alimentada principalmente pela ambição, inicialmente motivada por motivos de segurança, de obter uma posição global como uma pujante potência espacial. Para atingir esse objetivo, é crucial desenvolver a capacidade de criar uma economia espacial com uma indústria capaz de produzir sistemas altamente complexos, como satélites, sondas e lançadores de foguetes, entre outros, que, por sua vez, contribui para uma imagem de poder

geopolítico.³¹ Outro aspecto da corrida espacial, bastante evidente nos últimos anos, é a crescente mercantilização do espaço exterior com a entrada do setor privado como um ator relevante no mercado espacial mundial.³² O espaço tornou-se não apenas uma rivalidade entre os atores governamentais, mas também um confronto entre os maiores capitais privados do mundo, desencadeando uma nova era conhecida mundialmente como *New Space*.³³

O ambiente espacial global envolve uma ampla gama de atores governamentais e privados. Até 2035, a economia espacial deverá atingir US \$1,8 trilhão, acima dos US \$630 bilhões em 2023 com uma taxa média de crescimento de 9% ao ano.³⁴ Além disso, o setor espacial desempenha um papel crucial como catalisador para o progresso de outros segmentos vitais da economia.³⁵ O surgimento do *New Space*, combinado com a percepção da importância do domínio espacial para a ambição geopolítica dos atores governamentais, trouxe novos poderes espaciais que não estavam presentes no passado recente. Países como a China e a Índia, potências reconhecidas como economicamente influentes em suas regiões, passaram em apenas algumas décadas de coadjuvantes no mercado espacial a verdadeiros gigantes mundiais.³⁶

De acordo com Rajeswari Pillai Rajagopalan, o programa espacial da China começou no final da década de 1950 com a ajuda da ex-URSS, enquanto o programa da Índia começou na década de 1960, com o apoio dos EUA e da França.³⁷ Ambos os países passaram por uma longa e intensa jornada tecnológica, enviando esforços para garantir uma posição nessa área, à medida que as batalhas geopolíticas globais envolvem cada vez mais as fronteiras espaciais:

A emergência da China como uma grande potência e a concorrência com outras potências asiáticas significa que provavelmente veremos intensa competição espacial na Ásia nos próximos anos. Como Joan Johnson-Freese, professora de assuntos de segurança nacional na Escola de Guerra Naval dos EUA apontou em um artigo de 2014 na revista espacial ROOM, a imagem, o prestígio e o tecnacionalismo que caracterizaram a competição espacial entre os EUA e a União Soviética estão se tornando uma realidade na Ásia hoje. Além disso, existem problemas genuínos relacionados à segurança nacional que impulsionam os programas espaciais asiáticos.³⁸

Um exemplo da tecnologia espacial chinesa é o BeiDou, um sistema de posicionamento global, com 35 satélites de navegação conhecidos: 27 em órbita média, 5 geoestacionários e 3 em órbitas geoestacionárias inclinadas. A constelação do sistema BeiDou é de grande importância estratégica para a China em caso de conflito, pois elimina uma grande vulnerabilidade representada pela dependência mundial do satélite de posicionamento global dos EUA e do sistema europeu GALILEO.³⁹ Além disso, a China já realizou diversas missões espaciais tripuladas, o que é

considerado um grande feito, alcançado anteriormente somente pelos EUA e pela Rússia.⁴⁰

Por sua vez, as conquistas da Índia no espaço também não passam despercebidas. O país atingiu um marco notável no campo da exploração espacial, tornando-se a quarta nação a aterrissar com sucesso na Lua e a primeira na região polar sul, uma área de imenso interesse científico. Esse feito, conforme descrito por Clea, não apenas simboliza os avanços na ciência e na engenharia, mas também representa a conclusão de décadas de trabalho e dedicação por cientistas indianos.⁴¹ Apesar dos desafios orçamentários em comparação com gigantes como a NASA e a SpaceX, a abordagem e compromisso da Índia com a inovação mostraram resultados significativos. Isso reforça a necessidade de uma abordagem educacional focada na resolução de problemas, promovendo criatividade e empreendedorismo diante de restrições orçamentárias.

Embora nenhum dos países mencionados acima tenha feito declarações explícitas, todos os seus programas sinalizam um crescimento na corrida espacial, bem como um cenário de competição ainda desequilibrado na região asiática. Desconsiderando as tensões geopolíticas relevantes entre a Índia e a China, é cada vez mais evidente que o domínio do espaço exterior pode surgir como um novo e importante campo de conflito geopolítico naquela região.⁴²

A dependência militar do espaço

O espaço voltou a ser o foco de atenção dos tomadores de decisão e do público. Novas descobertas cósmicas, juntamente com o surgimento de novas potências espaciais, cimentam o espaço exterior como uma arena repleta de nuances políticas, econômicas e até militares.⁴³ A dependência militar de recursos espaciais para funções como inteligência, vigilância, reconhecimento, comunicações e navegação é uma realidade indiscutível.⁴⁴ Os satélites permitem capacidades que vão desde a obtenção de informações estratégicas até sistemas de armas com orientação precisa e a prestação de comunicações seguras e globais – espinha dorsal para as operações militares modernas.⁴⁵

A Guerra do Golfo, muitas vezes referida como a Primeira Guerra Espacial, marcou o início de uma nova era em conflitos globais e o início do conceito de guerra moderna.⁴⁶ Desde então, houve uma evolução profunda das habilidades militares necessárias para o sucesso no campo de batalha. Em sua essência, essa metamorfose foi guiada pelo princípio, conforme afirmou o secretário de Defesa dos EUA a época, Donald Rumsfeld, de lutar com forças mais enxutas, rápidas e ágeis com maior poder destrutivo. Nesse contexto, a tecnologia, especialmente o espaço, assume uma posição de destaque na dinâmica de combate.⁴⁷

Nas palavras do próprio secretário Rumsfeld, é possível discernir a magnitude do papel que o espaço desempenha nas operações militares dos conflitos contemporâneos:

O espaço está incorporado na maneira como os militares dos EUA conduzem seus negócios e desempenha um papel importante em seu sucesso. Em termos simples, a tecnologia espacial fornece aos EUA a capacidade de “ver”, “declarar” e “parar” muito além daquelas de qualquer outro exército. A capacidade de “visão” é aquela destinada a fornecer, no jargão militar, “consciência situacional universal”, o poder de cortar a névoa da guerra e obter uma vantagem sobre um oponente por ter as informações mais precisas sobre o ambiente de batalha. A capacidade de “declarar” envolve comando e controle, tendo a comunicação como elemento chave. Saber o que está acontecendo e ser capaz de transmitir isso às tropas na linha de frente para o uso eficaz da força são duas capacidades muito distintas. O recurso de “parada” é exatamente o que parece, variando de ações não letais a munições guiadas de precisão.⁴⁸

O paradigma contemporâneo da Guerra Centrada em Rede (GCR) representa uma das manifestações mais marcantes da militarização na era da informação, com base em um conjunto de sistemas chamado C4ISR, que se refere a Comando, Controle, Comunicações, Informática, Inteligência, Vigilância e Reconhecimento. Como afirma Nuno Gonçalo Miguel em seu estudo “*System of Systems: The Triumph of Technology?*”, a aplicação prática do conceito GCR é impensável sem o uso de recursos espaciais que forneçam essas capacidades.⁴⁹

Em seu estudo sobre a dependência da tecnologia espacial para operações militares, Engel Pedro Costa mostra que há uma dependência do uso de tecnologias espaciais para o sucesso em operações militares.⁵⁰ Para ele, o conceito de integração de sistemas, de onde surge o conceito de GCR, também se aplica à tecnologia espacial, na qual a massificação da força é substituída pela busca pela massificação dos efeitos, afirmando a necessidade do uso eficiente e eficaz dos recursos espaciais. Esse conceito baseia-se na capacidade de obter superioridade de informação e utilizá-la para alavancar a força, mitigando a incerteza na tomada de decisão.

Assim, a geopolítica espacial emergiu como uma dimensão central nas relações internacionais contemporâneas, refletindo a crescente importância do espaço exterior na dinâmica de poder global. A teoria do poder espacial, influenciada por conceitos como a destruição mutuamente assegurada e o domínio das linhas celestiais de comunicação, revela a complexidade das interações políticas, econômicas e militares no espaço.⁵¹ Essa interação é amplificada pelo papel crítico que as atividades espaciais desempenham na formação de conflitos armados e no equilíbrio das forças geopolíticas. A militarização do espaço, exemplificada pelo

conceito de GCR e sua dependência dos sistemas C4ISR, destaca a indissociabilidade entre a tecnologia espacial e a estratégia militar.

Portanto, o espaço não é apenas um ambiente para exploração científica, mas um campo de batalha estratégico, onde as nações procuram estabelecer domínio e garantir seus interesses. A crescente introdução de novos atores na arena espacial, aliada à comercialização do espaço, reforçam a necessidade de monitoramento e SSA.

Consciência situacional espacial

Visão geral

De acordo com informações do Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Exterior, em setembro de 2023 havia mais de 4.550 satélites ativos ou objetos espaciais na órbita da Terra, gerenciados por mais de 50 países e entidades multinacionais. Destes, 2.948 estavam em órbita baixa da Terra, 1.278 em órbita média da Terra e 324 em órbita geostacionária.

Desde o lançamento do primeiro satélite em 1957 (pela URSS), a órbita terrestre vem acumulando detritos resultantes de operações de rotina, acidentes e detonações. Nas últimas seis décadas, houve mais de 500 eventos de fragmentação, incluindo desintegrações, colisões e explosões de artefatos espaciais.⁵²

De acordo com Richard Crowther, a expansão da população de detritos orbitais artificiais é um problema crescente que pode representar um risco significativo para a segurança das operações espaciais.⁵³



Figura 2. Distribuição de objetos na órbita da Terra

Fonte: Space Explored⁵⁴

Os detritos podem variar em tamanho, desde pequenas partículas até grandes satélites inoperantes, que representam um risco de colisão com satélites em funcionamento, pois não podem ser rastreados em sua totalidade. Colisões de satélites

com detritos são um evento relativamente raro, mas o alto número de satélites e detritos na órbita da Terra aumentou esse risco.

A corrida espacial estabeleceu a necessidade de monitoramento espacial, qual seja, a capacidade de localizar objetos feitos pelo homem na órbita da Terra, determinar sua posição e velocidades orbitais, e antecipar seu paradeiro no futuro. A Figura 2 ilustra como o monitoramento é crítico não apenas para garantir a operação e a segurança dos ativos espaciais, mas também a eficiência das operações militares contemporâneas.⁵⁵

Ao longo da Guerra Fria, o surgimento e a implantação em larga escala de mísseis balísticos intercontinentais, capazes de transportar seus arsenais nucleares em trajetórias balísticas pelo espaço, levaram os EUA e a URSS a criar redes de radares de monitoramento e alerta em seus territórios.⁵⁶ Além disso, o avanço das capacidades espaciais para atividades de inteligência e comunicação exigiu a instalação de telescópios ópticos para melhorar ainda mais as habilidades de rastreamento espacial. Além disso, instrumentos especializados exclusivos foram incorporados às capacidades de monitoramento existentes para coletar informações técnicas sobre experimentos de mísseis.⁵⁷ Nesse ambiente, a SSA floresceu com a intenção de compreender os fluxos no espaço circunterrestre, incluindo tanto as entidades naturais quanto os artefatos humanos que transitam neste domínio.

No entanto, a especificação do espaço circunterrestre ainda é objeto de debate acirrado. Embora certamente esteja dentro do escopo cislunar e que se estenda a um raio de pelo menos 100.000 km do planeta, envolvendo a maioria dos dispositivos artificiais atualmente em órbita, ainda não há consenso sobre seu marco inicial.⁵⁸

Na versão mais atual do documento estratégico de alto nível, o *Programa Nacional de Atividades Espaciais* (PNAE), a Agência Espacial Brasileira não propõe uma definição desse importante tema, fato que causa muita preocupação, uma vez que o PNAE representa a visão estratégica para o setor espacial brasileiro para os anos de 2022 a 2031.⁵⁹ Vale ressaltar que no documento uma pequena referência apela à implementação de um sistema regular de revisões periódicas, dado que a data dos trabalhos para a formulação desse programa começou em 2019, período em que a SSA ainda era bastante incipiente.

A Agência Espacial Europeia (ESA) propõe uma definição ampliada para SSA, segmentando-a em três domínios distintos de especialização: 1) “SST - Monitoramento Espacial e Rastreamento de Objetos [*Space Monitoring and Tracking of Objects*]”, dedicado à observação de objetos na órbita da Terra; 2) “SWE - Meteorologia Espacial [*SWE - Space Meteorology*]”, que se concentra no monitoramento das condições solares, vento solar e na magnetosfera, ionosfera e termosfera da

Terra; e 3) “NEO - Objetos Próximos à Terra [*Near-Earth Objects*],” que visa identificar objetos naturais com o potencial de colidir com nosso planeta.⁶⁰

John A. Kennewell e Ba-Mgu Vo apontam que os EUA, com o conjunto mais extenso de recursos globais de monitoramento, definem a SSA da seguinte forma:

... a compreensão imediata e antecipada de eventos espaciais, ameaças, atividades e condições, assim como o estado dos sistemas espaciais (incluindo espaço, solo e conexões). Essa definição envolve capacidades, limitações e aplicativos, visando cenários atuais e futuros, sejam eles amigáveis ou adversos. Essa perspectiva permite que líderes, tomadores de decisão, estrategistas e operadores alcancem e preservem o domínio espacial em contextos de conflito variados.⁶¹

Essa definição abrange não apenas a definição do domínio espacial em si, mas também as infraestruturas terrestres que o sustentam, como atributos estratégicos para a missão e os objetivos da entidade. De fato, podemos inferir dois tipos de conceitos diretamente relacionados a essa capacidade de monitorar o ambiente espacial:

- Consciência Situacional Espacial (*Space Situational Awareness, SSA*), a vigilância de objetos espaciais para manter a guarda deles no espaço exterior (análise passiva).
- Consciência do domínio espacial (*Space Domain Awareness, SDA*) — um conceito que vai além da definição de SSA, pois leva em consideração questões operacionais mais subjetivas, como responsabilidade pelo objeto espacial, missão a ser executada, intenções futuras, capacidades e vulnerabilidades (análise ativa).

Assim, a SDA é definida, em suma, pela identificação, caracterização e conhecimento efetivo de qualquer fator, ativo ou passivo, associado ao domínio espacial que possa afetar operações espaciais e, conseqüentemente, impactar a segurança, a economia ou o ambiente espacial.

Segundo o Major General John Shaw, na época Subcomandante do Comando Espacial da Força Aérea dos EUA, havia uma necessidade de ir além do conceito benigno de SSA para a mentalidade mais ampla oferecida pela SDA, à medida que o ambiente se tornou um domínio de combate.⁶²

A implicação do espaço como um domínio de combate requer que mudemos nosso foco além da mentalidade da SSA de um ambiente benigno para alcançar uma SDA mais abrangente. Da mesma forma, a Marinha trabalha para alcançar a conscientização do domínio marítimo em apoio às operações navais e a Força Aérea se esforça para obter o máximo conhecimento do domínio aéreo para alcançar a superioridade aérea.⁶³

De acordo com Flavio Américo, o conceito de operações multidomínio, relacionado às operações militares, pode ser definido pela ampla gama de interações observadas entre os cinco principais campos de ação (domínios de combate) das forças armadas durante um conflito: ar, mar, terra, espaço e cibernético.⁶⁴ A visão do espaço como um domínio de combate requer uma mudança de mentalidade conforme proposto pelo Major-General Shaw, uma vez que uma vantagem militar no domínio espacial pode representar uma mudança de rumo em qualquer conflito da atualidade.

Países com capacidades avançadas de SSA e SDA, como os EUA e talvez a Rússia, podem influenciar as relações geopolíticas, moldar o comportamento de atores estatais e não estatais e impulsionar tendências globais.⁶⁵ Conforme a Revisão de Política Espacial e a Estratégia de Proteção de Satélites do Departamento de Defesa dos EUA, as ameaças aos EUA e seus aliados, especialmente representadas pela China e pela Rússia, impulsionam a Estratégia de Segurança Nacional (NSS) e a Estratégia Nacional de Defesa (NDS) dos EUA, ambas de 2022, para proteger a sua segurança, prosperidade e modo de vida.⁶⁶

O NSS 2022 descreve três linhas de esforço para os EUA protegerem a ordem internacional livre e aberta:

- Investimento nas fontes e ferramentas subjacentes do poder e influência americana.
- Construção da coalizão de nações mais forte possível para aumentar a influência coletiva.
- Modernização e fortalecimento das forças armadas para que estejam equipadas para a era da competição estratégica com as grandes potências.⁶⁷

As prioridades do Departamento de Defesa dos EUA (*Department of Defense, DOD*), conforme descritas no NDS 2022, são:

- Defesa da nação diante da crescente ameaça multidomínio representada pela República Popular da China.
- Impedir ataques estratégicos contra os EUA, seus aliados e parceiros.
- Impedir a agressão, priorizando o desafio da República Popular da China na região do Indo-Pacífico e, em seguida, o desafio da Rússia na Europa.
- Construção de um ecossistema resiliente de defesa.⁶⁸

De fato, considerando que as atividades espaciais militares se expandiram muito rapidamente, a SSA/SDA tornou-se essencial no processo de tomada de decisão nas operações de sistemas espaciais. Isso se tornou urgente não apenas pelos evidentes interesses militares, mas pelo fato de que os sistemas espaciais têm um amplo espectro de aplicações para os diversos setores da economia.⁶⁹ Análogo ao

domínio aéreo, onde não há controle do espaço aéreo sem sensores capazes de realizar vigilância adequada, no domínio espacial não se pode considerar a capacidade SSA ou SDA sem sensores capazes de detectar, caracterizar e monitorar objetos espaciais.

Atualmente, a Força Aérea Brasileira se beneficia dos serviços de SSA e SDA fornecidos pelos EUA, amparado no Acordo de Compartilhamento de SSA (*SSA Sharing Agreement*) assinado em 2018. Através deste acordo, o Brasil é capaz de garantir a integridade de suas operações de satélite e de lançamento, principalmente no que diz respeito aos riscos de colisões com objetos espaciais. Além disso, esse acordo fornece ao país informações sobre as condições climáticas espaciais e as ameaças potenciais de outras nações. Essa dependência evidencia a falta de sensores nacionais que poderiam dar ao Brasil total autonomia em suas operações espaciais.⁷⁰

Monitoramento de objetos espaciais

O controle do ambiente aéreo e espacial é condição essencial para a Força Aérea Brasileira realizar ações que visam garantir a soberania, o patrimônio nacional e a integridade territorial, sua missão constitucional.⁷¹ Além disso, o exercício de controle do ambiente espacial equivale a garantir as condições para o desenvolvimento do poder nacional.

Proteger as capacidades de comando e controle (C2) das forças armadas em possíveis conflitos é fundamental para o sucesso das operações militares, especialmente em regiões remotas do território nacional. Desta forma, o Brasil precisa estabelecer medidas para garantir a integridade física dessas plataformas espaciais ao longo de suas operações em órbita, assim como a preservação da vida útil por meio de otimização de eventuais reposicionamento em órbita.⁷² Além disso, a consciência situacional de objetos residentes em órbitas próximas aos recursos espaciais brasileiros, especialmente aqueles localizados em órbitas geoestacionárias e de interesse militar ou estratégico, é essencial para a análise e mitigação de possíveis interferências eletromagnéticas, espionagem eletrônica ou sensoriamento remoto.

A exigência estratégica de proteger os recursos espaciais levou várias nações a adotar diversas soluções. Essas soluções combinam geralmente dados obtidos de uma rede de diferentes tipos de sensores e dados atualizados de forma colaborativa de entidades privadas e governamentais. Nos EUA, a Força-Tarefa Conjunta *Space Defense Commercial Operations Cell* (Célula de Operações Comerciais de Defesa Espacial), ou *JCO*, é o responsável pela coordenação entre entidades públicas e privadas para a integração e geração de dados da SSA em apoio ao Comando Espacial dos EUA.⁷³

Controle espacial

Nos últimos anos, um número crescente de países e atores empresariais se envolveu em atividades espaciais, resultando em um ambiente contestado, competitivo e congestionado, conforme ilustrado na literatura atual.⁷⁴ Essa tríade de adjetivos tornou-se a caracterização mais notável dos problemas encontrados pelos estados na busca pelo domínio do espaço exterior, percebidos como necessários para sua capacidade militar e segurança nacional.

O crescente uso e dependência do espaço para objetivos de segurança nacional levou vários países a investir no desenvolvimento de capacidades em Operações Espaciais Ofensivas Oponentes (*Adversary Offensive Space Operations, AOSO*). Esse conceito, detalhado em publicações como o relatório “Desafios à Segurança no Espaço (2022)” dos EUA, envolve um conjunto de técnicas e habilidades projetadas para estabelecer o controle do espaço, que se refere à capacidade de um país de usar as capacidades espaciais para seus objetivos estratégicos, enquanto previne ou limita seu uso por adversários.⁷⁵ A relevância dessas capacidades e os impactos de seus usos podem ser exemplificados por meio de eventos históricos.⁷⁶

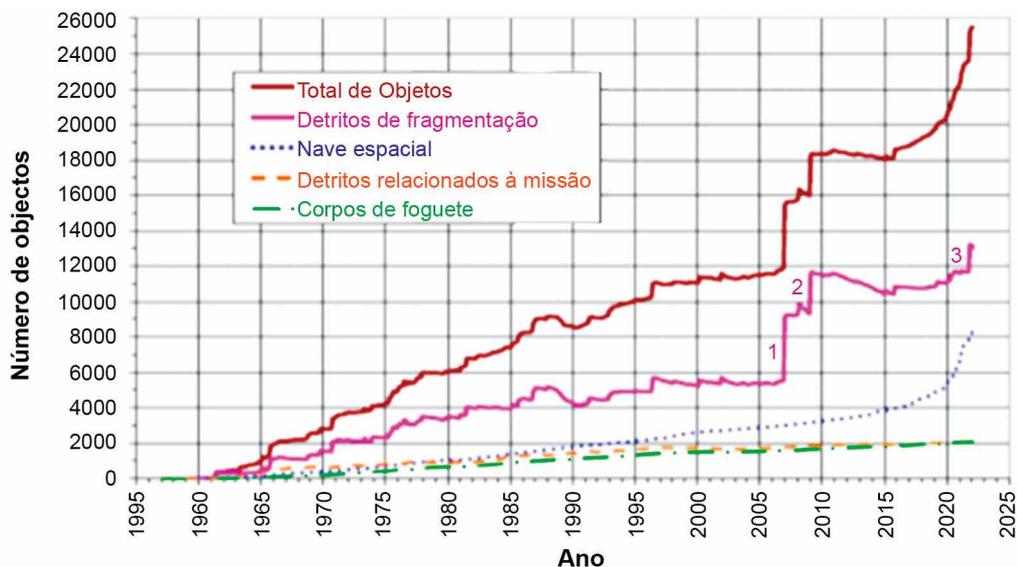


Figura 3. Crescimento do número de objetos na órbita da Terra

Fonte: NASA⁷⁷

O teste antissatélite (ASAT) realizado pela China em 2007 e pela Rússia em 2021 resultou na criação de detritos espaciais, conforme ilustrado pelos pontos 1 e 3 na Figura 3. Esses detritos representam um risco não apenas para os satélites em órbita, mas também para as operações espaciais. Além disso, o ponto 2 revela

um incidente diferente, a colisão de 2009 entre o satélite inativo Kosmos 2251 e o Iridium 33. Esse evento, embora não esteja diretamente relacionado à AOSO, destaca a vulnerabilidade dos sistemas espaciais às colisões e a importância da SDA para monitorar e prevenir essas ocorrências.

As operações espaciais ofensivas podem ser usadas para enganar, interromper, negar, degradar ou destruir qualquer um dos três elementos de um sistema espacial: o satélite, o sistema terrestre de apoio ou a ligação de comunicação entre eles. Um fator-chave na proliferação de capacidades espaciais ofensivas é o aumento do uso do espaço na guerra moderna. Durante grande parte da Guerra Fria, o espaço foi limitado principalmente a um papel relevante na coleta de inteligência estratégica, na aplicação de tratados de controle de armas e no alerta de possíveis ataques nucleares. Embora a Guerra Fria tenha visto um desenvolvimento significativo de testes de operações espaciais ofensivas, a estreita ligação entre as capacidades espaciais e a guerra nuclear forneceu um nível de dissuasão contra ataques aos sistemas espaciais naquela época da história.

Com o fim da Guerra Fria, muitas dessas capacidades espaciais estratégicas encontraram novos papéis, apoiando diretamente a guerra convencional, fornecendo apoio operacional e benefícios táticos às tropas no solo. Isso aumentou os incentivos para os países desenvolverem capacidades de operações espaciais ofensivas, enquanto diminuíram o valor de dissuasão da capacidade nuclear.

O relatório “*Global Counterspace Capabilities*”, que fornece uma análise das operações espaciais ofensivas usadas ao longo do tempo, apresenta um mapeamento das principais ações militares que ocorreram no espaço nos últimos anos.⁷⁸ O aumento no número de testes de armas ASAT é um indicador da crescente militarização do espaço. O relatório aborda, além de testes com mísseis ASAT com impacto cinético, outras ações relevantes realizadas a partir do espaço.

A análise da Figura 4, que representa o número de testes ASAT realizados pelos principais atores no cenário espacial nos últimos 60 anos, mostra que Rússia, EUA e China realizaram o maior número de testes. O gráfico também mostra que o número de testes ASAT aumentou significativamente nos últimos anos, principalmente devido ao desenvolvimento de novas tecnologias, como armas de energia direcionada.⁷⁹

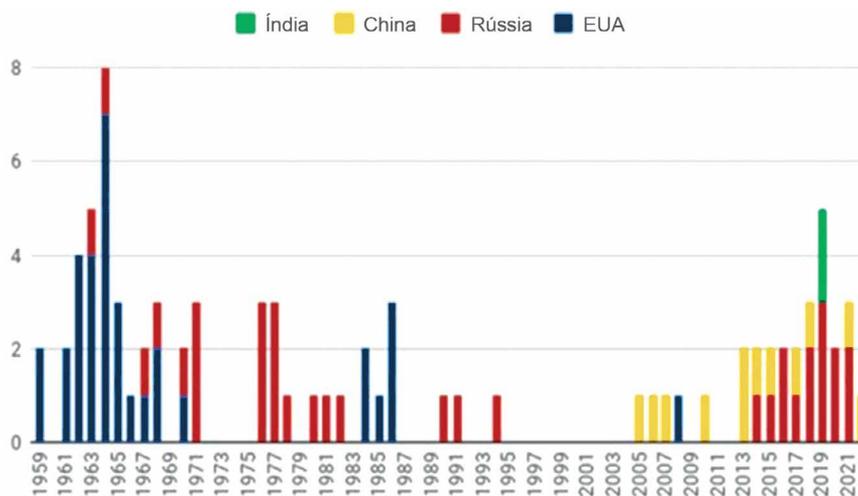


Figura 4. Número de testes ASAT, por ano, por país

Fonte: Secure World Foundation 80

De fato, a crescente proliferação de operações espaciais ofensivas aumenta significativamente o risco de incidentes no espaço, potencialmente desencadeando ou exacerbando conflitos globais. Essa tendência ameaça a sustentabilidade do uso do domínio espacial, que, por meio uma variedade de táticas, pode destruir ou desativar satélites, gerar detritos orbitais significativos, comprometer a infraestrutura crítica e promover grave instabilidade na arena geopolítica. Assim, o espaço exterior, uma vez considerado a última fronteira da humanidade, se transformou em um palco onde as complexidades políticas, militares e tecnológicas entram em jogo. A ambição do Brasil de garantir a soberania e avançar os interesses nacionais no espaço está alinhada com a tendência global de maximizar os benefícios que o domínio espacial pode oferecer.

O envolvimento intensificado no espaço, embora promissor de muitas maneiras, também revela um aspecto mais inquietante. A competição acirrada pelo domínio e controle espacial, juntamente com a proliferação de operações espaciais ofensivas e o crescente número de testes com armas antissatélite, desenha um cenário em rápida transformação. Nesse contexto, a segurança e a sustentabilidade do domínio espacial emergem como questões cruciais para o futuro próximo. Portanto, à medida que a atividade espacial continua a expandir fronteiras, é imperativo reconhecer e abordar esses desafios emergentes para garantir um espaço seguro e sustentável para as gerações futuras.

Considerações Finais

Como o principal objetivo deste estudo foi investigar como o desenvolvimento da SSA pode influenciar ou contribuir para a defesa nacional e a projeção de poder no cenário geopolítico internacional, essa pesquisa foi baseada em premissas metodológicas, buscando delinear a relação entre a exploração espacial e o poder militar e destacar a crescente importância dos satélites em operações militares e atividades civis. O trabalho identificou como a SSA e a SDA se referem à capacidade de detectar, rastrear, prever, caracterizar o comportamento de objetos em órbita ao redor da Terra e que essas habilidades são fundamentais para apoiar operações seguras no espaço e proteger ativos espaciais críticos.

Devido à crescente dependência desses conjuntos espaciais para uma variedade de aplicações, desde comunicações globais até previsão do tempo e defesa nacional, a capacidade de monitorar e entender o ambiente espacial tornou-se uma necessidade estratégica apoiando tanto a segurança cooperativa quanto a soberania nacional. O espaço exterior, antes visto como um vasto vazio, agora é reconhecido como um domínio contestado, onde nações e entidades empresariais competem por posições orbitais e frequências de rádio.

Os desafios para SSA e SDA incluem o rápido aumento no número de objetos em órbita, presença de detritos espaciais em abundância e a falta de padrões internacionais claros e acordos sobre operações espaciais. Além disso, a miniaturização de tecnologias de satélite e a crescente acessibilidade ao espaço levaram ao lançamento de constelações de pequenos satélites, o que aumentou a complexidade do ambiente espacial.

Reconhecendo a criticidade do acesso e das operações espaciais, várias nações investiram em tecnologias e sistemas avançados para melhorar sua SDA. Isso inclui radares baseados no solo, telescópios ópticos e satélites dedicados a rastrear objetos em órbita. Além disso, há um movimento crescente em direção à colaboração internacional para compartilhar dados e melhorar a precisão e a cobertura da SSA em um nível global. O setor privado também desempenha um papel vital na evolução da SSA. Com o surgimento do New Space e a crescente comercialização espacial, as empresas privadas estão desenvolvendo suas próprias capacidades de SSA, muitas vezes em parceria com agências governamentais. À medida que o espaço continua a se tornar mais congestionado e contestado, a necessidade de uma SSA robusta e confiável só aumentará. Isso provavelmente verá um aumento na cooperação internacional, assim como a integração de capacidades civis, de comércio e de defesa para assegurar um ambiente espacial seguro e sustentável.

O surgimento da geopolítica espacial como uma consideração central nas relações internacionais destaca o papel crítico que o espaço desempenha na dinâmica

de poder global. A crescente dependência de ativos espaciais, a militarização do espaço e a necessidade de uma SSA eficaz no ambiente espacial são todos indicativos da importância estratégica do espaço nos tempos contemporâneos. À medida que avançamos para um futuro onde o espaço desempenha um papel ainda mais central na vida cotidiana e nas operações militares, a capacidade de entender e operar efetivamente nesse domínio será de crucial importância.

Embora o espaço exterior ofereça imensas oportunidades, ele também apresenta desafios significativos. Para o Brasil, o investimento em capacidades espaciais e a adoção de uma abordagem estratégica são essenciais para assegurar que o país não apenas se beneficie do espaço, mas que também exerça uma voz e um papel relevante na arena geopolítica, contribuindo assim para seu uso pacífico e sustentável.

Devido à crescente importância do espaço exterior para a segurança, economia e desenvolvimento do país, é essencial que o Brasil adote medidas para se posicionar mais estrategicamente nesse cenário. A pesquisa realizada neste estudo acadêmico, analisando literatura especializada e o marco normativo e legal brasileiro, revela uma aparente inércia ou priorização inadequada desse esforço, apesar da importância para a projeção de poder, como evidenciado pela Agência Espacial Brasileira em não se pronunciar sobre a SSA em seu recém-lançado PNAE 2022–2031. Embora seja o principal instrumento para o planejamento civil de atividades espaciais para a próxima década, o documento nem sequer menciona o assunto, demonstrando um descompasso com outras nações ativas no setor espacial. Contudo, há uma expectativa de que isso seja abordado em uma possível atualização futura do PNAE.

Enquanto isso, a Força Aérea Brasileira tem treinado cada vez mais tanto em SSA quanto em SDA. Embora ainda não tenha os sensores capazes de produzir dados de monitoramento adequados, já existe uma organização responsável por receber e analisar os dados compartilhados por meio do *Acordo de Compartilhamento da SSA* com os EUA. A Força Aérea Brasileira também desenvolveu planos para a aquisição de telescópios e radares para monitoramento de objetos espaciais, mas ainda não dispõe de recursos necessários para estabelecer um Sistema de Monitoramento Espacial adequado.

Dito isso, uma das contribuições deste estudo é informar os tomadores de decisão de que o desenvolvimento das capacidades nacionais de SSA e SDA diminuirá a dependência de outras nações, além de garantir que o país tenha informações em tempo real sobre seus próprios ativos espaciais e possíveis ameaças, permitindo assim uma proteção adequada. Além disso, o investimento em pesquisa, inovação e desenvolvimento de tecnologias espaciais é crucial para melhorar as capacidades de SSA e SDA e garantir que o Brasil esteja na vanguarda da exploração espacial e da sua utilização.

Embora a capacitação nacional seja essencial, a cooperação internacional em questões espaciais é igualmente crítica. Isso pode incluir compartilhamento de dados, colaboração em missões espaciais e desenvolvimento conjunto de tecnologias. Por fim, é essencial que Brasil estabeleça um quadro regulatório e legal claro para atividades no espaço exterior. Os países líderes no contexto tecnológico espacial, capazes de projetar poder no cenário geopolítico internacional por meio das capacidades espaciais, têm governança centralizada e histórico de esforços na definição de diretrizes sobre lançamentos, operações de satélite, mitigação de detritos espaciais e operações espaciais ofensivas, atividades essenciais para as ambições de qualquer país no setor espacial. □

Notas

1. Steven J. Dick, *Remembering the Space Age (Recordações da era espacial)* (Washington, DC: NASA, 2008); Matthew Weinzierl, “Space, The Final Economic Frontier,” (Espaço, a última fronteira) *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 32, no. 2, 2018, 173–192, <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.32.2.173>.

2. Carlos Eduardo Valle Rosa, *Aerospace Geopolitics (Geopolítica aeroespacial)* (SP: Dialética, 27 de julho de 2022).

3. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), “Space 2030: Exploring the Future of Space Applications (Espaço 2030: Explorando o futuro das aplicações espaciais)” https://www.oecd-ilibrary.org/economics/space-2030/background-paper-3_9789264020344-10-en.

4. Walter Peeters, “Evolution of Space Economy: Government Space to Commercial Space and New Space,” (Evolução da economia espacial: do espaço governamental ao espaço comercial e o novo espaço), *Astropolitics*, Vol. 19, no. 3, 2021, 206–222, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14777622.2021.1984001>.

5. Michael Robert Migaud, Robert A. Greer, and Justin B. Bullock, “Developing an adaptive space governance framework,” (Desenvolvendo uma estrutura de governança espacial adaptativa) *Space Policy*, Vol. 55, fevereiro de 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265964620300424?via%3Dihub>; Roger D. Lanius, John M. Logsdon e Robert W. Smith, *Reconsidering Sputnik: forty years since the soviet satellite (Reconsiderando o Sputnik: quarenta anos desde o satélite soviético)* (London: Routledge, Taylor & Francis Group, 2000)

6. Steven J. Dick, *Remembering the space age (Recordações da era espacial)* (Washington, DC: NASA, 2008).

7. Gil Denis, Didier Alary, Xavier Pasco, Nathalie Pisot, Delphine Texier e Sandrine Toulza, “From new space to big space: how commercial space dream is becoming a reality,” (Do novo espaço ao imenso espaço: como o sonho do espaço comercial está se tornando realidade) *Acta Astronautica*, Vol. 166, janeiro de 2020, 431–443, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576519313451?via%3Dihub>.

8. Ministério Defesa, “National Defense Policy and National Defense Strategy (Política de defesa nacional e estratégia defensiva)” (Brasília, DF: Brazilian Ministry of Defense, 2016); De-

partment of Defense, "Defense Space Strategy Summary" (Resumo da estratégia de defesa espacial) (Washington, DC: US Department of Defense, 2020), https://media.defense.gov/2020/jun/17/2002317391/-1/1/2020_defense_space_strategy_summary.pdf.

9. Malcolm R. Davis, "Australia confronts a contested space domain and a rising China," (A Austrália enfrenta um domínio espacial acirrado e uma China em ascensão) <https://www.aspi.org.au/opinion/australia-confronts-contested-space-domain-and-rising-china>; Xiaodan Wu, "China and Space Security: how to bridge the gap between its stated and perceived intentions," (China e segurança espacial: como fazer a ponte entre suas intenções declaradas e percebidas,) Space Policy, Vol. 33, no.1, agosto de 2015, 20–28, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265964615300023?via%3Dihub>.

10. James Clay Moltz, "The Changing Dynamics of Twenty-First Century Space Power," (As mudanças na dinâmica do poder espacial do século XXI) Journal of Strategic Security, Vol. 12, no. 1, 2019, 15–43.

11. Euroconsult, "Euroconsult Projects Government Space Project Budgets to Reach \$1 Billion During the Next Decade," (Euroconsult projeta verba de projetos espaciais do governo para atingir US\$1 bilhão durante a próxima década) Satnews, janeiro de 2022, <https://news.satnews.com/2022/01/05/euroconsult-projects-government-space-projects-budgets-to-reach-1-billion-during-the-next-decade/>.

12. John A. Kennewell and Ba-Ngu Vo, "An overview of space situational awareness," (Uma visão geral da consciência situacional espacial), apresentado na International Conference on Information Fusion, (Istambul: 9 a 12 Julho de 2013), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6641108>; Brian Weeden, Paul Cefola and Jaganath Sankaran, "Global Space Situational Awareness Sensors," apresentado na AMOS Conference, 2010, https://www.researchgate.net/publication/228787139_Global_Space_Situational_Awareness_Sensors.

13. Everett C. Dolman, *Astropolitik: classical geopolitics in the space age (Astropolitik: geopolítica clássica na era espacial)* (London: Frank Cass Publishers, 1st ed., 2002).

14. Brain E. Fredriksson, *Globalness: towards a space power theory (Globalidade: em direção a uma teoria do poder espacial)* (Montgomery, Alabama: Air University Press, 2006).

15. Robert C. Harding, *Space Policy in Developing Countries: the search for safety and development on the final frontier (Política espacial nos países em desenvolvimento: a busca pela segurança e pelo desenvolvimento na fronteira final)* (Londres: Routledge, 2012).

16. Michael Sheehan, *The International Politics of Space (A política internacional do espaço)* (London: Routledge, 2007).

17. Colin Gray, *Modern Strategy (Estratégia Moderna)* (New York: Oxford University Press, 1999).

18. Colin Gray, *Modern Strategy (Estratégia Moderna)*.

19. Henry Mintzberg, Joseph Lampel, James B. Quinn e Sumantra Goshal, *The strategy process: concepts and selected cases (O processo estratégico: conceitos e casos selecionados)* (Porto Alegre: Bookman, 2007).

20. Matthew Mowthorpe and Thomas Kane, *Geopolitical Developments and The Future of the Space Sector (Desenvolvimentos geopolíticos e o futuro do setor espacial)* (France: OECD, 2004), https://www.oecd-ilibrary.org/economics/space-2030/background-paper-3_9789264020344-10-en; Daniel Blinder, "Geopolítica y recursos naturales espaciales," (PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad, noNo. 15, 2018, 1–18; Everett C. Dolman, *Astropolitik: classical geopolitics in*

the space age (Astropolitik: geopolítica clássica na era espacial), 1st ed., (London: Frank Cass Publishers, 2002).

21. Daniel Blinder, “Geopolítica y recursos naturales espaciales.”

22. Daniel Fiott, *The European space sector as an enabler of European Union strategic autonomy (O setor espacial europeu como facilitador da autonomia estratégica da União Europeia)* (Belgium: European Parliament, 2020), [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/653620/EXPO_IDA\(2020\)653620_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/653620/EXPO_IDA(2020)653620_EN.pdf).

23. Department of Defense, “Defense Space Strategy Summary,” (Resumo da estratégia de defesa espacial) (Washington, DC: Department of Defense, 2020), https://media.defense.gov/2020/jun/17/2002317391/-1/-1/1/2020_defense_space_strategy_summary.pdf.

24. Romain B. Bosc e Michelle Hermes, “Geospatial technology’s Role in The Conflict in Ukraine,” (O papel da tecnologia geoespacial no conflito da Ucrânia) GMFUS News, Out. 2022, 1–5, <https://www.gmfus.org/news/geospatial-technologys-role-conflict-ukraine>.

25. Engel Pedro Costa, “Dependence on space technology in military operations” (Dependência de tecnologia espacial em operações militares”) (Pedrouços: Institute of Higher Military Studies, 2013), <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/9985>.

26. Daganit Paikowsky, “Space Technology, Patterns of Warfare and Force Build-Up: Between a Power and a Small State” (Tecnologia espacial, padrões de guerra e ampliação de força: entre uma potência e uma nação menor) (Tel Aviv: Samuel Neaman Institute for Advanced Studies in Science and Technology, 2017), <https://www.neaman.org.il/EN/Between-Power-Small-State>.

27. Martin N. Sweeting, “Modern Small Satellites—Changing the Economics of Space,” (Pequenos satélites modernos - mudando a economia do espaço) Proceedings of the IEEE 106, no. 3, 2018, 343–361.

28. United States, Defense Intelligence Agency, “Challenges to Safety in Space,” (Desafios para a segurança no espaço) Military Power Publications, Vol. 46, 2019, https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/Challenges_Seguranca_Space_2022.pdf.

29. European Space Policy Institute, “Emerging Spacefaring Nations – Full Report,” (Relatório completo: nações emergentes de exploração espacial) ESPI Report 79, (Viena: ESPI, 2021), <https://www.espi.or.at/wp-content/uploads/2022/06/ESPI-Report-79-Emerging-Spacefaring-Nations-Full-Report.pdf>.

30. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, *Manual da OCDE sobre Medir a Economia Espacial* (Paris: OECD Publishing, 2nd ed., 2022).

31. Bledy E. Bowen, *War in Space: strategy, spacepower, geopolitics (Guerra no espaço: estratégia, poder espacial, geopolítica)* (Reino Unido: Edinburgh University Press, 2020).

32. I. Sourbès-Verger, *L'espace, Lieu Particulier des Rivalités Politiques et Technologiques, (O espaço, lugar especial de rivalidades políticas e tecnologias)* Revue Défense Nationale, No. 851, junho de 2022, 73–78.

33. Lucie Sénéchal-Perrouaultand and Liffan C., “La stratégie d’innovation chinoise dans le domaine spatial: les lancements spatiaux chinois à la conquête du marché,” (A estratégia de inovação chinesa no domínio espacial: lançamentos espaciais chineses conquistam mercado) Asia Trends, No. 5, 2019; Xavier Pasco, *Le nouvelâ gespacial: de la guerre New Space* (Paris: CNRS Éditions, 2017); Ken Davidian, “Definition of New Space,” (Definição do novo espaço) Ann Liebert, Inc., Vol. 8, no. 2, 2020, 53–55, <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/space.2020.29027.kda?journalCode=space>.

34. Nikolai Khlystov e Gayle Markovitz, “Space is booming. Here’s how to embrace the \$1,8 trillion opportunity,” (O espaço está bombando. Veja como abraçar a oportunidade de US\$1,8 trilhão) Fórum Econômico Mundial, 8 de abril de 2024, <https://www.weforum.org/agenda/2024/04/space-economy-technology-invest-rocket-opportunity/>..

35. Alicia Cechin e Scarlett Queen Almeida Bispo, “The Chinese rise in the aerospace sector” (A ascensão da China no setor aeroespacial) (Brasília, DF: IPEA Repository, 2022), <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11488>.

36. Zaaem Shabbir, Ali Sarosh, and Sheikh Imran Nasir, “Policy Considerations for Nascent Space Powers,” (Considerações políticas para potências espaciais nascentes) Space Policy, Vol. 56, maio de 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S02659646210060>.

37. Rajeswari Pillai Rajagopalan, “From Earth to Space: India and China’s Space Programmes Gear Up for Intense Competition Ahead,” (Da Terra ao espaço: os programas espaciais da Índia e da China se preparam para a intensa competição que se aproxima) Observer Research Foundation, junho de 2020, <https://www.orfonline.org/research/from-earth-to-space-68717/>.

38. Rajeswari Pillai Rajagopalan, “From Earth to Space: India and China’s Space Programmes Gear Up for Intense Competition Ahead,” (Da Terra ao espaço: os programas espaciais da Índia e da China se preparam para a intensa competição que se aproxima) Observer Research Foundation, junho de 2020, <https://www.orfonline.org/research/from-earth-to-space-68717/>.

39. Rajeswari Pillai Rajagopalan, “From Earth to Space: India and China’s Space Programmes Gear Up for Intense Competition Ahead,” (Da Terra ao espaço: os programas espaciais da Índia e da China se preparam para a intensa competição que se avizinha) Observer Research Foundation, junho de 2020, <https://www.orfonline.org/research/from-earth-to-space-68717/>; James Clay Moltz, “The Changing Dynamics of Twenty-First Century Space Power,” (As mudanças na dinâmica do poder espacial do século XXI) Journal of Strategic Security 13, no. 1, 15-43, 2019, <https://scholarcommons.usf.edu/jss/vol12/iss1/2>.

40. Rajeswari Pillai Rajagopalan, “From Earth to Space: India and China’s Space Programmes Gear Up for Intense Competition Ahead,” (Da Terra ao espaço: os programas espaciais da Índia e da China se preparam para a intensa competição que se aproxima) Observer Research Foundation, junho de 2020, <https://www.orfonline.org/research/from-earth-to-space-68717/>.

41. Clea Simon, “Entrepreneurial approach to space exploration,” (Abordagem empreendedora para a exploração espacial) The Harvard Gazette, agosto de 2023, <https://news.harvard.edu/gazette/story/2023/08/india-takes-entrepreneurial-approach-to-space-exploration/>.

42. Rajeswari Pillai Rajagopalan, “From Earth Space: India and China’s Space Programmes Gear Up Intense Competition Ahead,” (Da Terra ao espaço: os programas espaciais da Índia e da China se preparam para a intensa competição que se aproxima) Observer Research Foundation, junho de 2020, <https://www.orfonline.org/research/from-earth-to-space-68717/>; Robert C. Harding, *Policy Developing Countries: the search for safety and development on the final frontier*.

43. Daniel Fiott, *The European space sector as an enabler of European Union strategic autonomy (O setor espacial europeu como facilitador da autonomia estratégica da União Europeia)* (Belgium: European Parliament, 2020), [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/653620/EXPO_IDA\(2020\)653620_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2020/653620/EXPO_IDA(2020)653620_EN.pdf).

44. Bleddy E. Bowen, “*War in Space: strategy, spacepower, geopolitics*” (*Guerra no espaço: estratégia, poder espacial, geopolítica*) (United Kingdom: Edinburgh University Press, 2020); Angeliki Papadimitriou, Maarten Adriaensen, Ntorina Antoni and Christina Giannopapa, “Perspective on Space and Safety Policy, Programmes and Governance in Europe,” (Perspectiva sobre política, programas e

governança espacial e de segurança na Europa) *Acta Astronautica*, Vol. 161, dezembro de 2019, 183-191, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576518303485?via%3Dihub>.

45. Joan Johnson-Freese, *Space as a strategic asset (Espaço como ativo estratégico)* (Nova York: Columbia University Press, 2007).

46. Peter Anson and Dennis Cummings, “The first space war: contribution of satellites to the Gulf War,” (A primeira guerra espacial: a contribuição dos satélites para a guerra do Golfo) *The RUSI Journal*, Vol. 136, no.4, março de 2008, 45–53, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03071849108445553>.

47. Joan Johnson-Freese, *Space as a strategic asset (Espaço como ativo estratégico)* (Nova York: Columbia University Press, 2007).

48. Joan Johnson-Freese, *Space as a strategic asset (Espaço como ativo estratégico)*.

49. Nuno Gonçalo Miguel, “Sistema de Sistemas: o triunfo da tecnologia?” (System Systems: the triumph of technology?), *Nação e Defesa*, Vol. 122, no. 4, 2009, 203–217, https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/507/1/NeD122_NunoGoncaloMiguel.pdf.

50. Engel Pedro Costa, “Dependence on space technology in military operations” (Dependência de tecnologia espacial em operações militares”) (Pedrouços: Institute of Higher Military Studies, 2013), <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/9985>.

51. Carlos Eduardo Valle Rosa, *Aerospace Geopolitics (Geopolítica aeroespacial)* (SP: Dialética, 27 de julho de 2022).

52. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, “Space Sustainability: the economics of space debris in perspective.” (Sustentabilidade espacial: a economia dos detritos espaciais em perspectiva)

53. Richard Crowther, “Orbital debris: a growing to space operations,” (Detritos orbitais: uma ameaça crescente às operações espaciais) *Philosophical transactions of the royal society a mathematical, physical and engineering sciences*, Vol. (Transações filosóficas da sociedade real e ciências matemáticas, físicas e de engenharia) 361, no. 1802, novembro de 2002, 157–168, <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2002.1118>.

54. Arin Waichullis, “NASA says falling satellite poses ‘risk of harm’ on Earth [Update],” (NASA indica que a queda de satélite representa um risco de dano para a Terra) *Space Explored*, abril de 2023, <https://spaceexplored.com/2023/04/21/old-nasa-satellite-falling-to-earth/>.

55. Lal Bhavya et al., *Global trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM) (Tendências globais em consciência situacional espacial e gerenciamento de tráfego espacial)* (Washington: IDA Science & Technology Policy Institute, 2018).

56. David Frank Winkler e Julie L. Webster, *Searching the Skies: the legacy of The United States Cold War Defense Radar Program (Investigando nos céus: o legado do programa de radar de defesa da guerra fria dos EUA)* (Illinois: Headquarters Air Combat Command, 1997), <https://nuke.fas.org/guide/usa/airdef/1997-06-01955.pdf>.

57. Brian Cefola and Jaganath Sankaran, “Global Space Situational Awareness Sensors,” (Sensores de consciência situacional espacial global) apresentado na AMOS Conference, 2010, https://www.researchgate.net/publication/228787139_Global_Space_Situational_Awareness_Sensors.

58. John A. Kennewell e Ba-Ngu Vo, “An overview of space situational awareness,” (Uma visão geral da consciência situacional espacial) apresentado na International Conference on Information Fusion, (Istambul, 09 a 12 de julho de 2013), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6641108>.

59. Brasil, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Agência Espacial Brasileira, “National Policy on Space Activities: 2022-2031,” (Política nacional de atividades espaciais) (Brasília, DF: Ministry of Science, 2nd ed., Technology and Innovation, 2023).

60. N. Bobrinsky e L. Del Monte, “The space situational awareness program of the European Space Agency,” (O programa de consciência situacional espacial da Agência Espacial Europeia) *Cosmic Research* 48, n. 5, 2010, 392-398, <https://link.springer.com/article/10.1134/S0010952510050035>.

61. John A. Kennewell e Ba-Ngu Vo, “An overview of space situational awareness.” (Uma visão geral da consciência situacional espacial)

62. Sandra Erwin, “Air Force: SSA is no more; It is ‘Space Domain Awareness,’” (Força Aérea: SSA é coisa do passado; conheça a consciência do domínio espacial) *Space News*, 2019, 9-12, <https://spacenews.com/air-force-ssa-is-no-more-its-space-domain-awareness/>.

63. Sandra Erwin, “Air Force: SSA não é mais; É ‘Space Domain Awareness.’” (Força Aérea: SSA é coisa do passado; conheça a consciência do domínio espacial)

64. Flávio Américo, “Multidomain Operations, a perspective,” (Operações multidomínio, uma perspectiva) *Terrestrial Military Doctrine Journal*, Vol. 9, no. 27, julho a setembro de 2021, 4-9, <https://www.ebrevistas.eb.mil.br/DMT/article/download/8409/7289>.

65. Lal Bhavya et al., *Global trends in Space Situational Awareness (SSA) and Space Traffic Management (STM)*. (Tendências globais em consciência situacional espacial (SSA) e gerenciamento de tráfego espacial)

66. Departamento de Defesa, *Space Policy Review and Strategy on Protection of Satellites*. (Revisão da política espacial e estratégia de proteção de satélites).

67. The White House, *National Security Strategy (Estratégia de Segurança Nacional)* (Washington, DC: The White House, 2022), <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Seguranca-Strategy-10.2022.pdf>.

68. Department of Defense, *National Defense Strategy of the United States of America* (Washington, DC: US Department of Defense, 2022), <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1183514.pdf>.

69. N. Bobrinsky e L. Del Monte, “The space situational awareness program of the European Space Agency,” (O programa de consciência situacional espacial da Agência Espacial Europeia) *Cosmic Research*, Vol. 48, no. 5, 2010, 392-398, <https://link.springer.com/article/10.1134/S0010952510050035>.

70. Brazil, Air Force Command, “Brazil and the U.S. sign a cooperation agreement in the space area,” (Brasil e os assinam um acordo de cooperação na área espacial) (Brasília, DF: Agência Força Aérea, 2018). <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/32598/ESPA%C3%87O%20-%20Brasil%20e%20EUA%20assinam%20termo%20de%20coopera%C3%A7%C3%A3o%20na%20%C3%A1rea%20espacial>.

71. Brasil, Comando da Aeronáutica, “Portaria n.º 2.102/GC3,” Boletim do Comando da Aeronáutica, No. 180, 2018.

72. Brasil, Comando da Aeronáutica, “Portaria Normativa n.º 1.691/EMCFA/MD,” Diário oficial da União 149, agosto de 2015.

73. Theresa Hitchens, “SPACECOM plans: new, unified ‘Commercial Integration Office’ to work with private firms,” (SPACECOM: novo e unificado escritório de integração comercial para trabalhar no espaço com empresas privadas) *Breaking Defense*, março de 2023, <https://breakingdefense.com/2023/03/spacecom-plans-new-unified-commercial-integration-office-to-work-with-private-firms/>.

74. Departamento de Defesa, *National security space strategy: unclassified summary (Estratégia espacial de segurança nacional: resumo não classificado)* (Washington, DC: US Department of Defense, 2011), <https://www.hsdl.org/?view&did=10828>.

75. Department of Defense, *Space Domain Awareness, (Conscientização do domínio espacial)* (Washington, DC: Department of Defense, 2023), [https://www.starcom.spaceforce.mil/Portals/2/SDP%203-100%20Space%20Domain%20Awareness%20\(November%202023\)_pdf_safe.pdf](https://www.starcom.spaceforce.mil/Portals/2/SDP%203-100%20Space%20Domain%20Awareness%20(November%202023)_pdf_safe.pdf).

76. NASA, “The intentional Destruction of Cosmos 1408,” (A destruição intencional do Cosmos 1408) *Orbital Debris Quarterly News*, Vol. 26, no. 1, Mar 2022, <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/odqnv26i1.pdf>.

77. NASA, “The intentional Destruction of Cosmos 1408.” (A destruição intencional do Cosmos 1408)

78. Secure World Foundation “Global Counterspace Capabilities Report: an open-source assessment,” No. 4, 2023, (Relatório global de capacidades de combate espacial: uma avaliação de código secreto aberto, no. 4, 2023) <https://swfound.org/counterspace/>.

79. Secure World Foundation “Global Counterspace Capabilities Report: an open-source assessment,” No. 4, 2023, (Relatório global de capacidades de combate espacial: uma avaliação de código secreto aberto, no. 4, 2023), <https://swfound.org/counterspace/>.

80. Secure World Foundation “Global Counterspace Capabilities Report: an open-source assessment,” (Relatório global de capacidades de combate espacial: uma avaliação de código secreto aberto)

Aluísio Viveiros Camargo

Professor da Escola de Economia, Gestão, Contabilidade e Gestão Pública da Universidade de Brasília (UnB). Doutorando e pesquisador do Centro de Estudos Multidisciplinares Avançados (UnB) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com foco em economia do Novo Espaço, geopolítica, inovação e gerenciamento de projetos complexos. Ele tem mestrado em economia e bacharel em direito. Seus esforços profissionais e acadêmicos multifacetados o levaram a assumir posições de liderança na Agência Espacial Brasileira e no setor privado.

Coronel Piloto Marcello Corrêa de Souza, Força Aérea Brasileira

Formado na Academia da Força Aérea Brasileira em 1996 como Bacharel em Ciências Aeronáuticas. Pós-graduação da Escola de Pós-Graduação Naval em 2018 com mestrado em operações de sistemas espaciais. Atua como vice-diretor do Centro de Planejamento, Orçamento e Gestão de Comando de Operações Aéreas e Espaciais Brasileiras.