



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**ANÁLISE SWOT-AHP DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: PANORAMA E
PERSPECTIVA DA INOVAÇÃO NO SETOR ESPACIAL**

PEDRO GALVÃO BARROS

BRASÍLIA

2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PEDRO GALVÃO BARROS

DISSERTAÇÃO – MESTRADO EM ECONOMIA

Análise SWOT-AHP do Programa Espacial Brasileiro: Panorama e
perspectiva da inovação no setor espacial

Dissertação apresentada à Universidade de Brasília, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia para obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientadora: Prof. Dra. Camila Araújo Machado

PEDRO GALVÃO BARROS

ANÁLISE SWOT-AHP DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO: PANORAMA E
PERSPECTIVA DA INOVAÇÃO NO SETOR ESPACIAL

Dissertação apresentada à Universidade de
Brasília, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Economia
para obtenção do título de Mestre em
Economia.

Orientadora: Prof. Dra. Camila Araújo
Machado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Camila Araújo Machado (Orientadora)

Escola Superior de Defesa – ESD

Prof. Dr. Roberto de Goes Ellery Junior (Examinador interno)

Universidade de Brasília – UNB

Prof. Dr. Carlos Eduardo Gomes (Examinador externo)

Escola Superior de Defesa – ESD

Prof. Dr. Peterson Ferreira da Silva (Examinador externo)

Escola Superior de Defesa – ESD

A todos que, direta ou indiretamente, valorizam o conhecimento e a busca pela compreensão da realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo suporte durante meu período de ausência e a todas às instituições que possibilitaram a realização deste trabalho, bem como aos profissionais e colegas que contribuíram com apoio técnico e intelectual. Manifesto também reconhecimento às contribuições indiretas recebidas por meio de debates, questionamentos de ideias e vivências profissionais. Estendo ainda minha gratidão à comunidade dedicada ao estudo do setor espacial, cujas pesquisas e reflexões forneceram subsídios essenciais para a elaboração desse trabalho. Registro meu especial agradecimento à minha orientadora, pela orientação e pela condução precisa que permitiram o amadurecimento científico desta pesquisa. Aos membros da banca, agradeço por aceitarem compor a banca examinadora e pelas valiosas contribuições.

RESUMO

A economia espacial global tem experimentado transformações profundas impulsionadas pela inovação tecnológica, pela redução dos custos de lançamento e pelo fortalecimento do setor privado. O Programa Espacial Brasileiro (PEB) é o instrumento estratégico para a inserção do Brasil nesse mercado, embora ainda enfrente desafios de governança, orçamento e articulação institucional. Este estudo busca compreender o panorama do PEB por meio da aplicação do método SWOT-AHP como ferramenta de análise do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022–2031 sob a perspectiva da inovação no setor espacial, da redução dos custos de lançamento de artefatos espaciais e a redefinição do acesso ao espaço promovida pela dinâmica do *New Space*, que abre novas oportunidades para o Brasil. A metodologia adotada baseou-se em análise qualitativa e documental, no intervalo temporal compreendido entre o ano de 2010 a 2025, envolvendo levantamento normativo, dados orçamentários, relatórios oficiais, literatura acadêmica e estudos de caso, tais como a operação de lançamento da empresa sul-coreana Innospace no Centro de Lançamento de Alcântara no ano de 2023. Em seguida, aplicou-se a matriz SWOT para identificar e organizar os fatores internos e externos do PEB, os quais foram posteriormente submetidos ao método multicritério AHP, permitindo realizar comparações e calcular pesos locais e globais por meio de modelo computacional. Foi possível verificar a aplicabilidade do método a partir de uma simulação computacional e concluir que, em um cenário de exercício com pesos arbitrados, a integração entre a matriz SWOT e o método AHP permitiu identificar os fatores mais influentes no panorama do PEB, destacando a redução dos custos globais de lançamento e a ampliação do acesso comercial ao espaço.

Palavras-chave: Economia espacial, Inovação, Programa Espacial Brasileiro, SWOT-AHP.

ABSTRACT

The global space economy has undergone profound transformations driven by technological innovation, the reduction of launch costs, and the strengthening of the private sector. The Brazilian Space Program (PEB) is the strategic instrument for Brazil's insertion into this market, although it still faces governance, budgetary, and institutional coordination challenges. This study seeks to understand the PEB landscape through the application of the SWOT-AHP method as an analytical tool for the Brazilian National Space Activities Program (PNAE) 2022–2031, considering the perspective of innovation in the space sector, the reduction of space-launch costs, and the redefinition of access to space promoted by the dynamics of New Space, which opens new opportunities for Brazil. The methodology relied on qualitative and documentary analysis covering the period from 2010 to 2025, involving regulatory surveys, budget data, official reports, academic literature, and case studies, such as the 2023 launch operation conducted by the South Korean company Innospace at the Alcântara Launch Center. The SWOT matrix was then applied to identify and organize the internal and external factors of the PEB, which were subsequently assessed using the AHP multicriteria method, enabling comparisons and the calculation of local and global weights through a computational model. The results confirmed the applicability of the method based on a computational simulation and indicated that, under the scenario of arbitrated weights, the integration of SWOT and AHP allowed the identification of the most influential factors in the PEB landscape, highlighting the reduction of global launch costs and the expansion of commercial access to space.

Keywords: Space economy, Innovation, Brazilian Space Program, SWOT-AHP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gasto anual aplicado a programas espaciais a nível mundial no ano de 2022.....	3
Figura 2 – Investimentos PNAE 2012-2021.....	5
Figura 3 – Relacionamento entre NASA e <i>stakeholders</i>	8
Figura 4 – Representação do setor espacial no Vale do Paraíba, no estado de São Paulo.....	13
Figura 5 – Linha do tempo com marcos políticos relativos ao PEB.....	17
Figura 6 – Composição do CDPEB.....	18
Figura 7 – Composição do CNE.....	22
Figura 8 – Eixos de Atuação do OEE2.....	25
Figura 9 – Sinergia entre PESE e PNAE.....	31
Figura 10 – Arquitetura lógica dos sistemas espaciais do PESE.....	33
Figura 11 – Demanda e oferta para lançamentos de artefatos espaciais em órbita baixa.....	39
Figura 12 – Custo de lançamento por quilograma para a órbita LEO em função da data do primeiro lançamento.....	42
Figura 13 – Cerimônia de inauguração do COPE em 23 de junho de 2020.....	45
Figura 14 – Antena do COPE, responsável pela comunicação com o SGDC, operada no Segmento Terrestre sob coordenação conjunta do Ministério da Defesa e da Telebras.....	47
Figura 15 – Instalações do COPE-S, no Rio de Janeiro - RJ.....	48
Figura 16 – Demandas identificadas no relatório final do GT-15 no âmbito de órgãos do Poder Executivo Federal.....	52
Figura 17 – Cadeia de valor no setor espacial.....	64
Figura 18 – Benefícios associados em virtude da disponibilidade de dados de OBT, relatados pelas empresas entrevistadas.....	68
Figura 19 – Infraestrutura do CLA no município de Alcântara-MA.....	86
Figura 20 – Matriz SWOT.....	90
Figura 21 – Árvore de níveis hierárquicos.....	94
Figura 22 – Escala de comparações paritárias.....	95
Figura 23 – Resumo do método AHP.....	96
Figura 24 – Diagrama de hierarquia dos fatores da matriz SWOT.....	98
Figura 25 – Objetivos, critérios e fatores utilizados no método SWOT-AHP.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de satélites operados por países latino-americanos no ano de 2022.....	4
Tabela 2 – <i>Stakeholders</i> do Programa Espacial Brasileiro.....	14
Tabela 3 – Grupos Técnicos (GT).....	19
Tabela 4 – Missões espaciais em operação da Carteira de Execução do PNAE 2022–2031.....	28
Tabela 5 – Missões espaciais da Carteira de Admissão do PNAE 2022–2031.....	28
Tabela 6 – Comparativo de custo de lançamento por quilograma de carga útil para abastecimento da ISS.....	41
Tabela 7 – Exemplos de demandas governamentais não atendidas pelo PEB em 2007.....	50
Tabela 8 – Demanda atendida por meio de produtos e serviços espaciais, por Ministério.....	53
Tabela 9 – Categorização de demandas e respectivo grau de atendimento.....	54
Tabela 10 – Categorização de demandas comuns por ministério.....	56
Tabela 11 – Itens de interesse e demandas comuns entre ministérios na categoria de Cartografia, Mapeamento Temático, SIG, Levantamento Geodésico e Topográfico:.....	58
Tabela 12 – Exemplos de possíveis usuários civis e militares para cada produto do PESE.....	69
Tabela 13 – Escala de pesos para comparação paritária.....	95
Tabela 14 – Fatores de Força da Matriz SWOT.....	100
Tabela 15 – Fatores de Fraqueza da Matriz SWOT.....	101
Tabela 16 – Fatores de Oportunidades da Matriz SWOT.....	101
Tabela 17 – Fatores de Ameaças da Matriz SWOT.....	102
Tabela 18 – Escala de comparações paritárias para o fator de Oportunidades.....	103
Tabela 19 – Fatores da matriz SWOT ordenados conforme simulação do método AHP.....	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO (PEB).....	3
2.1	O papel econômico e estratégico dos <i>stakeholders</i> no setor espacial.....	7
2.2	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE).....	15
2.3	Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB).....	17
2.4	Conselho Nacional do Espaço (CNE).....	21
2.5	Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).....	23
2.6	Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE).....	30
3	INOVAÇÃO NO SETOR ESPACIAL.....	36
3.1	A redução dos custos envolvidos para lançamento de artefatos espaciais.....	40
3.2	O Centro de Operações Espaciais (COPE).....	44
3.3	Demandas no poder Executivo Federal: O GT-15 do CDPEB.....	49
3.4	Cadeia de valor no setor espacial.....	62
3.5	A Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO).....	70
4	O SETOR PRIVADO ESPACIAL NO BRASIL.....	73
4.1	Regulação e governança do setor espacial no Brasil.....	73
4.2	A Base Industrial de Defesa (BID).....	78
4.3	A empresa Visiona Tecnologia Espacial.....	82
4.4	O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e a empresa Innospace.....	85
5	ANÁLISE DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO.....	89
5.1	A matriz SWOT.....	89
5.2	Análise Multicritério de Decisão (AMD) e o método AHP.....	92
5.3	O método AHP associado à matriz SWOT (SWOT-AHP).....	96
5.4	Resultados e discussões.....	99
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
7	REFERÊNCIAS.....	108
8	APÊNDICE A — <i>SCRIPT</i> DE MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO AHP...117	
8.1	Arquivos de entrada:.....	117
8.2	<i>Script</i> de implementação.....	119

1 INTRODUÇÃO

Segundo McKinsey (2023), a atividade espacial tem passado por transformações significativas impulsionadas pela queda acentuada nos custos de lançamento e pelo rápido crescimento da participação do setor privado, que se tornou o segmento mais dinâmico da demanda por lançamentos. Nesse contexto, governos e empresas ampliam suas constelações e introduzem novos projetos satelitais, contribuindo para a expansão da economia espacial (McKinsey, 2023). No Brasil, o setor espacial tem sido alvo de políticas públicas e investimentos, mas ainda enfrenta desafios orçamentários e desafios relacionados com a nova dinâmica promovida pelo *New Space*.

No que tange aos desafios orçamentários, o setor espacial é afetado em relação à continuidade e à maturação das iniciativas previstas para o Programa Espacial Brasileiro. Em perspectiva internacional, a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) evidencia que programas espaciais dependem de investimentos estáveis e de previsibilidade orçamentária para evitar atrasos no desenvolvimento tecnológico (OECD, 2024). No contexto nacional, Marçal (2018) constata que a inconsistência temporal das políticas públicas, marcada por restrição orçamentária, descontinuidade e imprevisibilidade orçamentária, gera atrasos e interrupções e redução de eficiência. O Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022–2031 registra que, embora se estimassem R\$ 5,75 bilhões para ações finalísticas no período de 2012 a 2021, tais cifras nunca se concretizaram, resultando na execução de apenas R\$ 2 bilhões (Brasil, 2022c).

As mudanças promovidas pela dinâmica do *New Space*, termo designado para o conjunto de empresas que adotam modelos de negócio distintos da lógica de mercado tradicional, trazem desafios que redefinem a criação e captura de valor no segmento espacial. Como destacam Bousedra (2023) e Paravano, Locatelli e Trucco (2023), essa mudança exige maior integração dos atores e o fortalecimento das competências tecnológicas. Em convergência com esse entendimento, o PNAE 2022–2031 estabelece a articulação entre atores institucionais como fator crítico para o avanço do setor (Brasil, 2022c).

Diante desse contexto, surge o seguinte questionamento: como seria possível compreender o panorama do Programa Espacial Brasileiro (PEB) por meio do PNAE a partir dos fatores de Força, Fraqueza, Oportunidades e Ameaças?

O presente estudo tem como objetivo compreender o panorama do PEB através da aplicação da matriz SWOT em conjunto do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como ferramenta de análise a partir do PNAE 2022–2031. Para tanto, a análise concentra-se na

evolução do acesso ao espaço e na redução dos custos de lançamento, no papel da inovação como vetor de transformação do setor e na avaliação da participação brasileira frente as dinâmicas globais da economia espacial.

No Capítulo 2, apresenta-se a estrutura institucional do Programa Espacial Brasileiro (PEB), abordando a apresentação de seus *stakeholders*, a criação e as atribuições do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) e do Conselho Nacional do Espaço (CNE), além dos principais instrumentos de planejamento que o sustentam (PNDAE, PNAE 2022-2031 e PESE).

O Capítulo 3 discute a inovação no setor espacial, destacando a redução dos custos de lançamento de artefatos espaciais, o papel do Centro de Operações Espaciais (COPE) e do Grupo de Trabalho (GT) 15 do CDPEB na sistematização de demandas federais, a atuação da Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO) na integração de dados geoespaciais e a conformação da cadeia de valor do setor.

O Capítulo 4 examina o setor privado no Brasil e aborda os marcos regulatórios e de governança recentemente instituídos, a relação com a Base Industrial de Defesa (BID), a trajetória da Visão Tecnologia Espacial e o papel do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), em parceria com a empresa Innospace na inovação do segmento de lançamentos comerciais.

No Capítulo 5, realiza-se a análise estratégica do PEB por meio da matriz SWOT e da metodologia multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que permite hierarquizar fatores internos e externos. Esses fatores foram organizados, abrangendo desde a infraestrutura operacional existente, a sinergia institucional e os ativos já em operação até limitações orçamentárias, dependências tecnológicas, expansão de mercados de *downstream* e riscos associados à dinâmica global do *New Space*.

Na seção de Considerações Finais, conclui-se que a matriz SWOT foi capaz de sintetizar os principais fatores internos e externos do PEB, enquanto o método AHP permitiu quantificar suas relevâncias por meio de uma ordenação hierárquica. Foi possível verificar a aplicabilidade do método a partir de uma simulação computacional e concluir que, em um cenário de exercício com pesos arbitrados, a integração entre a matriz SWOT e o método AHP permitiu identificar os fatores mais influentes no panorama do PEB. Em ambiente simulado, houve destaque para os elementos “redução global dos custos de lançamento e a expansão de operadores comerciais capazes de viabilizar o uso comercial do CLA” e “O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC e CBERS”.

Já no contexto da América Latina, de acordo com Euroconsult (2022), os maiores orçamentos governamentais da região em 2022 foram os da Argentina (US\$ 208 milhões) e Brasil (US\$ 46 milhões). A relevância desses programas também pode ser observada na quantidade de satélites sob sua operação. Conforme compilado por Edl (2022) na Tabela 1, a Argentina opera 30 satélites, enquanto o Brasil opera 13 satélites, distribuídos entre aplicações de observação da Terra, comunicações e satélites científicos.

Tabela 1 – Quantidade de satélites operados por países latino-americanos no ano de 2022.

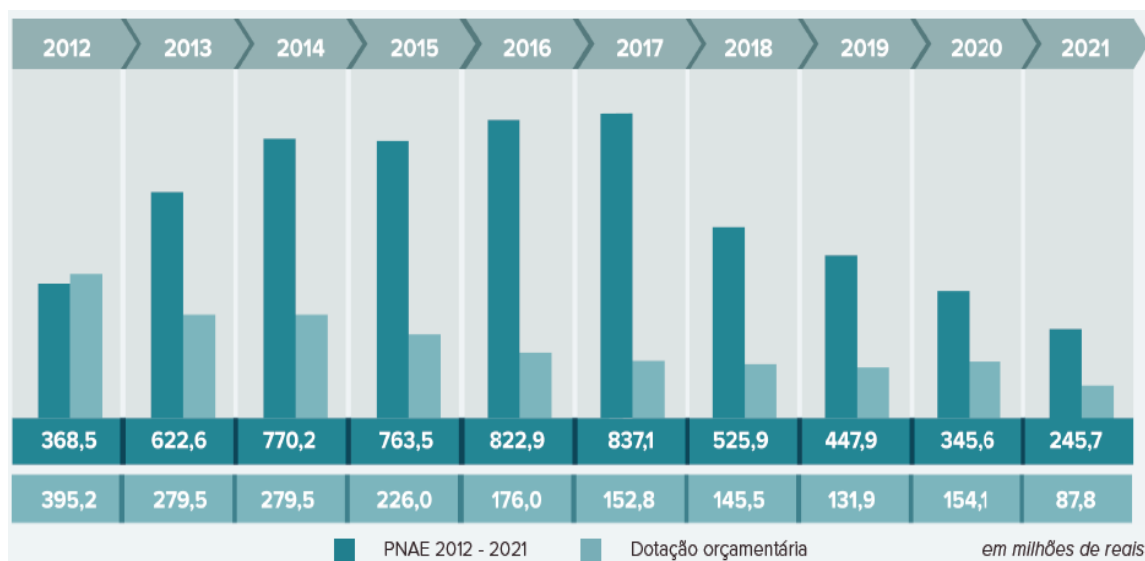
País	Quantidade de satélites
Argentina	30
Bolívia	1
Brasil	13
Chile	1
Colômbia	1
Equador	1
México	7
Paraguai	1
Peru	1
Venezuela	2
China/Brasil	2
EUA/Japão/Brasil	1
EUA/Argentina	4
Total	65

Fonte: Edl, 2022, p. 106, adaptado pelo autor.

Segundo Brasil (2022c), a fim de dotar o Programa Espacial Brasileiro com recursos financeiros suficientes para investimentos no período contemplado entre 2012 e 2021, demandavam-se recursos da ordem de R\$ 5,75 bilhões em ações finalísticas, distribuídos regularmente em R\$ 575 milhões em cada Lei Orçamentária Anual (LOA). Além desse montante, havia previsão de projetos em parceria, com recursos externos ao PNAE, da ordem de R\$ 3,4 bilhões (Brasil, 2022c). A princípio, é proposto que a origem de todo esse montante seja alocada através de fontes de financiamento oriundas do orçamento público, o que coloca o Estado na posição principal de patrocinador das atividades espaciais do País. No entanto, as cifras projetadas para o Programa Espacial Brasileiro nunca foram de fato realizadas, isto é, para o período de 2012-2021, as ações finalísticas associadas ao PNAE receberam apenas R\$

2 bilhões, conforme ilustrado na Figura 2 (Brasil, 2022c).

Figura 2 – Investimentos PNAE 2012-2021.



Fonte: Brasil, 2022c, p. 15.

Versiani, Rezende e Rodrigues (2010) ilustram que são desejáveis e necessárias ações do governo em papéis de relevância na efetivação em investimentos de infraestrutura, tais como a construção de estradas e portos, que por várias razões, não podem ser supridas de forma adequada pela iniciativa privada. O próprio funcionamento de mercados depende de ações do governo, garantido-se, por exemplo, o cumprimento de contratos entre agentes econômicos. Nesse sentido, a *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) destaca que, mesmo em um cenário de mudanças tecnológicas, o investimento público permanece essencial para sustentar atividades espaciais de caráter estruturante para garantir estabilidade, reduzir riscos e possibilitar a implementação de iniciativas que dificilmente seriam conduzidas apenas pelo mercado (OECD, 2014).

Versiani, Rezende e Rodrigues (2010) definem que as escolhas dos agentes econômicos envolvem *trade-offs*, isto é, em geral, é necessário sacrificar uma alternativa para obter o que foi escolhido. Nesse contexto, pode-se dizer que, do ponto de vista econômico, o custo da alternativa escolhida é dado pelo valor da alternativa que foi preterida. Ao se aplicar esse raciocínio ao setor espacial, observa-se que a sociedade também realiza escolhas sobre quais aplicações tecnológicas devem ser priorizadas, especialmente quando envolvem recursos escassos e investimentos de longo prazo. Assim, compreender o uso de serviços espaciais permite identificar como diferentes agentes atribuem valor a essas soluções e como esses serviços geram benefícios econômicos e sociais que justificam sua adoção.

A sociedade brasileira utiliza cotidianamente serviços sustentados por constelações satelitais, ainda que muitas vezes de forma indireta. Alguns exemplos são citados por Brasil (2009), tais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que emprega imagens de satélites para mapeamento de vegetação e monitoramento de queimadas. Adicionalmente com o uso de dados provenientes de satélites, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) fundamenta previsões meteorológicas enquanto o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) monitora desmatamentos com elevada acurácia. Órgãos como a Caixa Econômica Federal e a Casa Civil empregam imagens de alta resolução de satélites comerciais para acompanhamento de obras públicas. No entanto, como Brasil (2009) enfatiza, muitas dessas demandas exemplificadas são dependentes de prestação de serviço por empresas estrangeiras.

Abrir mão de agregar valor em áreas estratégicas, como o setor espacial, em um país de dimensões continentais, representa um custo de oportunidade mensurável. Essa perspectiva é reforçada por Monte e Scatteia (2017), que avaliaram os impactos socioeconômicos de programas de lançadores da Agência Espacial Europeia (ESA) e evidenciaram que investimentos públicos em infraestrutura espacial geram efeitos diretos, indiretos e induzidos ao longo da cadeia produtiva. A injeção inicial de recursos ativa fornecedores, aumenta a demanda por serviços especializados, remunera trabalhadores e estimula o consumo das famílias, além de ampliar a arrecadação tributária, que pode ser revertida em políticas públicas. Trata-se, portanto, de um ciclo econômico virtuoso no qual o investimento estatal em capacidades espaciais retorna para a sociedade em forma de atividade econômica, emprego e produtividade (Monte e Scatteia, 2017).

Uma análise de impacto realizada por Monte e Scatteia (2017) baseada na mensuração de retornos econômicos é aplicada a dois programas da ESA: os lançadores Ariane 5 e Vega. Com papel estratégico para assegurar o acesso independente da Europa ao espaço, o Ariane 5 opera desde meados da década de 1990 e corresponde ao principal programa europeu de desenvolvimento de lançadores pesados. O Vega, por sua vez, compõe o programa europeu de lançadores leves, destinado à inserção de satélites menores em órbitas baixas. Ambos sistemas são operados comercialmente pela Arianespace, empresa responsável pela execução e comercialização dos serviços de lançamento cujas receitas revertem para a cadeia industrial associada.

Segundo Monte e Scatteia (2017), a cada euro investido pela ESA no programa Ariane 5 gera, em média, 3,2 euros em valor agregado ao longo da cadeia produtiva. Esse resultado

corresponde ao fator de multiplicação que expressa o efeito econômico imediato decorrente da injeção de recursos no setor. O estudo ainda aponta que a balança comercial dos países-membros da ESA também é beneficiada, uma vez que a empresa Arianespace exporta 60% de seus serviços para países não-europeus (Monte e Scatteia, 2017).

As próximas seções apresentam os principais instrumentos e instâncias que orientam a condução do PEB, iniciando pelo papel econômico e estratégico dos *stakeholders*, pela Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), seguida pelo Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) e pelo Conselho Nacional do Espaço (CNE). Na sequência, discute-se o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2022–2031) e o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE).

2.1 O papel econômico e estratégico dos *stakeholders* no setor espacial

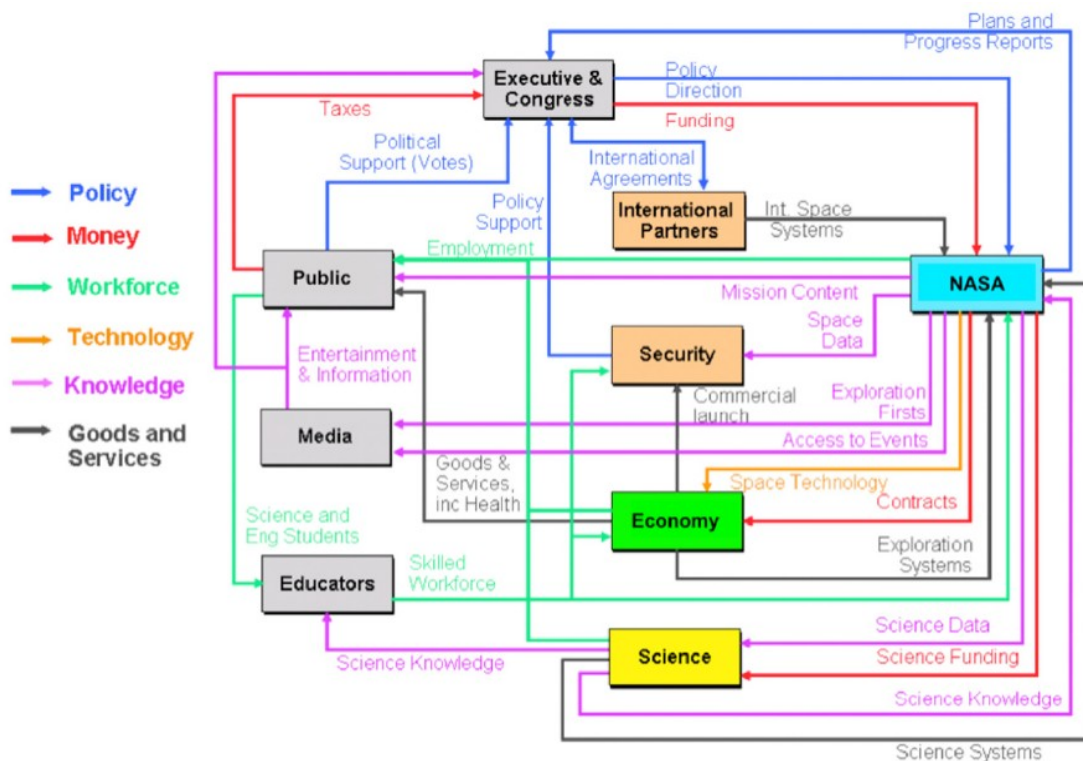
Conforme orienta o PNAE 2022–2031, o setor espacial brasileiro depende da convergência de diversos atores — governo, indústria, academia e sociedade — e de esforços de sensibilização da opinião pública (Brasil, 2022c), aspectos que estruturam o ambiente no qual os *stakeholders* interagem. Moltz (2015) descreve que o desenvolvimento das atividades espaciais no Brasil ocorre por meio da participação conjunta de instituições civis, militares e governamentais, além de colaborações internacionais estabelecidas para missões, satélites e projetos de pesquisa. Uma metodologia que provê uma análise rastreável a partir de necessidades dos *stakeholders* envolvidos na discussão de políticas públicas no setor espacial até os projetos que materializam a exploração humana do espaço foi apresentada por Cameron, Seher e Crawley (2011). Por exemplo, o Congresso dos Estados Unidos da América (EUA) fornece financiamento e diretrizes políticas à Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (*National Aeronautics and Space Administration* – NASA), com o objetivo de fomentar avanços científicos, benefícios econômicos e impacto positivo na opinião pública. De forma semelhante, a comunidade científica depende da NASA para obter dados e financiamento, ao mesmo tempo em que fornece conhecimento e inovação tecnológica que fortalecem o programa espacial.

Para estruturar essa análise, Cameron, Seher e Crawley (2011) identificaram as principais necessidades dos *stakeholders* e mapearam essas demandas em fluxos de valor quantificáveis. Nesse estudo, a rede de valor corresponde a uma representação do ambiente de *stakeholders* por meio de uma estrutura de nós e conexões que descrevem como diferentes atores geram e recebem benefícios dentro do programa espacial. Trata-se de um elemento da

metodologia que permite visualizar os fluxos que compõem os ciclos de valor no sistema, a fim de ressaltar como contribuições oferecidas por um ator retornam indiretamente a outros e, por fim, à NASA. O estudo revelou que os benefícios criados pela exploração espacial muitas vezes não retornam diretamente à NASA, mas percorrem cadeias complexas antes de gerar apoio institucional e financiamento. Um exemplo utilizado é a influência da exploração espacial na educação: ao inspirar jovens a seguir carreiras científicas e tecnológicas, a NASA fortalece a base de conhecimento do país, o que, por sua vez, reforça a percepção de sua relevância junto ao governo e à sociedade. Esse retorno, no entanto, ocorre ao longo de várias interações dentro da rede de valor, tornando essencial a adoção de uma visão sistêmica para a formulação de políticas e estratégias de longo prazo.

Com base nesse mapeamento das necessidades e fluxos de valor, Cameron, Seher e Crawley (2011) estruturam o modelo de rede da exploração espacial. Cria-se uma rede representativa com atribuições de valores quantificáveis para cada necessidade representada a partir do princípio racional de que a NASA deveria investir seus recursos em produtos que garantem o maior retorno. Desta forma, pôde-se mapear as relações, entradas e saídas de cada envolvido com a NASA, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Relacionamento entre NASA e *stakeholders*.



Fonte: Cameron, Seher e Crawley, 2011, p. 2090.

A análise de Cameron, Seher e Crawley (2011) revelou que os fluxos mais estratégicos para a sustentabilidade do programa espacial não são necessariamente aqueles ligados à operação dos veículos espaciais, mas sim aqueles relacionados ao impacto social, político e econômico da exploração espacial. Entre os fluxos de valor mais influentes, destacam-se o financiamento do Congresso dos EUA à NASA, a influência da opinião pública na formulação de políticas e o papel da mídia na amplificação da relevância das missões espaciais. O estudo evidenciou que o apoio político à NASA depende fortemente da percepção pública, que, por sua vez, é moldada pela forma como a exploração espacial é comunicada e como seus benefícios são compreendidos (Cameron, Seher e Crawley, 2011).

Outro achado relevante da análise de rede realizada por Cameron, Seher e Crawley (2011) foi a importância das conexões indiretas. O suporte governamental, por exemplo, não é apenas uma troca linear entre financiamento e progresso tecnológico; ele passa por ciclos de influência onde a percepção pública e a produção científica desempenham papéis centrais. A pesquisa científica financiada pela NASA fortalece a comunidade acadêmica, que, por sua vez, gera descobertas que aumentam a legitimidade da exploração espacial e justificam novos investimentos públicos. Esse ciclo de valor, que pode parecer difuso à primeira vista, é um dos principais motores da continuidade do programa espacial e da manutenção do financiamento governamental. O estudo propõe, portanto, um processo estruturado para a formulação de metas, baseado na identificação dos fluxos de valor mais impactantes dentro do ecossistema da exploração espacial (Cameron, Seher e Crawley, 2011).

Uma das premissas adotadas por Cameron, Seher e Crawley (2011) para a formulação de metas para a NASA, é que elas devem ser definidas de forma a assegurar retornos para os *stakeholders* mais relevantes. Isso implica que a agência não deve apenas perseguir avanços técnicos e científicos isoladamente, mas também garantir que esses avanços sejam percebidos como valiosos por aqueles que detêm influência sobre sua continuidade, como legisladores e o público em geral. Assim, o processo de definição de metas precisa ir além do escopo tecnológico e incluir dimensões como comunicação estratégica, engajamento do público e as interações com os *stakeholders* representados na rede de valor. A metodologia utilizada para derivar essas metas parte da lógica dos ciclos de valor identificados na análise de rede. Metas eficazes não devem apenas refletir os interesses diretos da NASA, mas também a forma como esses interesses se conectam aos de outros atores. Por exemplo, uma missão espacial bem-sucedida não deve ser vista apenas como um marco técnico, mas como um evento que contribui para o fortalecimento do apoio público sobre a importância da exploração espacial,

gerando maior apoio político e ampliando as oportunidades de financiamento futuro (Cameron, Seher e Crawley, 2011).

A partir da caracterização da rede de valor e da identificação dos fluxos de valor mais relevantes, Cameron, Seher e Crawley (2011) propõem dois tipos principais de metas: “o que fazer” e “como fazer”. As metas do primeiro grupo estão relacionadas às ações e aos resultados que a NASA deve gerar, tais como objetivos vinculados a eventos de exploração, produção de dados científicos ou criação de conteúdo de missão. As metas do segundo grupo dizem respeito à forma como esses resultados devem ser estruturados para assegurar retornos de valor ao longo da rede, incorporando as interações subsequentes previstas nos ciclos de valor. A estruturação dessas metas permite que a agência espacial alinhe suas decisões com um modelo econômico sustentável, no qual cada investimento se traduz em benefícios para os *stakeholders* e fortalece o ciclo de apoio necessário para a continuidade do programa espacial (Cameron, Seher e Crawley, 2011).

Consolidando os resultados apresentados, a análise da rede mapeada por Cameron, Seher e Crawley (2011) indica que os fluxos de maior relevância estão associados às relações entre a NASA, o Executivo e o Congresso, sobretudo no que se refere à direção política e ao financiamento. Também se observa a importância da participação do público, cuja influência ocorre por meio dos votos direcionados aos Poderes Executivo e Legislativo. A partir da caracterização desses fluxos de valor, os autores propõem metas que abrangem resultados vinculados a eventos de exploração, dados científicos, conteúdo de missão e atividades de ciência, elementos que apresentam maior potencial de retorno de apoio à agência.

Os elementos apresentados até aqui evidenciam que o Programa Espacial Brasileiro (PEB) opera em um ambiente complexo, marcado por interações diversas entre governo, indústria, academia e sociedade. As análises sobre investimentos, capacidades regionais, impactos econômicos e a dinâmica de participação dos *stakeholders* permitem compreender o contexto mais amplo no qual o setor espacial nacional está inserido e reforçam a importância da atuação coordenada do Estado na condução de políticas e objetivos de longo prazo. À luz desse panorama, torna-se necessário examinar como está estruturada a governança do PEB.

2.1.1 *Stakeholders* do Programa Espacial Brasileiro

O conceito de *stakeholder*, conforme discutido por Oliveira e Perondi (2012), refere-se aos indivíduos, grupos e organizações que mantêm algum tipo de relação com uma instituição e que podem afetar ou ser afetados por suas atividades. Esses atores incluem clientes,

fornecedores, funcionários, acionistas, comunidade e outros segmentos cujo engajamento está associado à expectativa de retorno e à sustentabilidade organizacional, inclusive em ambientes competitivos. Essa noção também se aplica às organizações públicas, nas quais a sobrevivência institucional depende da capacidade de atrair recursos e atender às demandas de setores como educação, saúde, segurança e emprego, frequentemente influenciados pela opinião pública. Assim, *stakeholders* são compreendidos como participantes que exercem influência direta ou indireta sobre o desenvolvimento de sistemas e processos, constituindo o ponto de partida para a identificação de seus interesses, expectativas, poderes e comportamentos.

O Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) é instituído pelo Decreto nº 1.953/1996 com a finalidade de organizar a execução das atividades destinadas ao desenvolvimento espacial de interesse nacional. Trata-se da estrutura definida pelo Poder Executivo para conduzir essas atividades conforme previsto na legislação pertinente. A composição do SINDAE inclui um órgão central, exercido pela Agência Espacial Brasileira (AEB); órgãos setoriais, representados pelo Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Aeronáutica (DEPED), atual Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); e órgãos e entidades participantes, que podem abranger ministérios, secretarias da Presidência, estados, Distrito Federal, municípios e o setor privado. Nesse último caso, a entrada desses órgãos e entidades depende de aprovação do Conselho Superior da AEB e deve ser formalizada por meio de convênio, que define as ações específicas a serem executadas (Brasil, 1996).

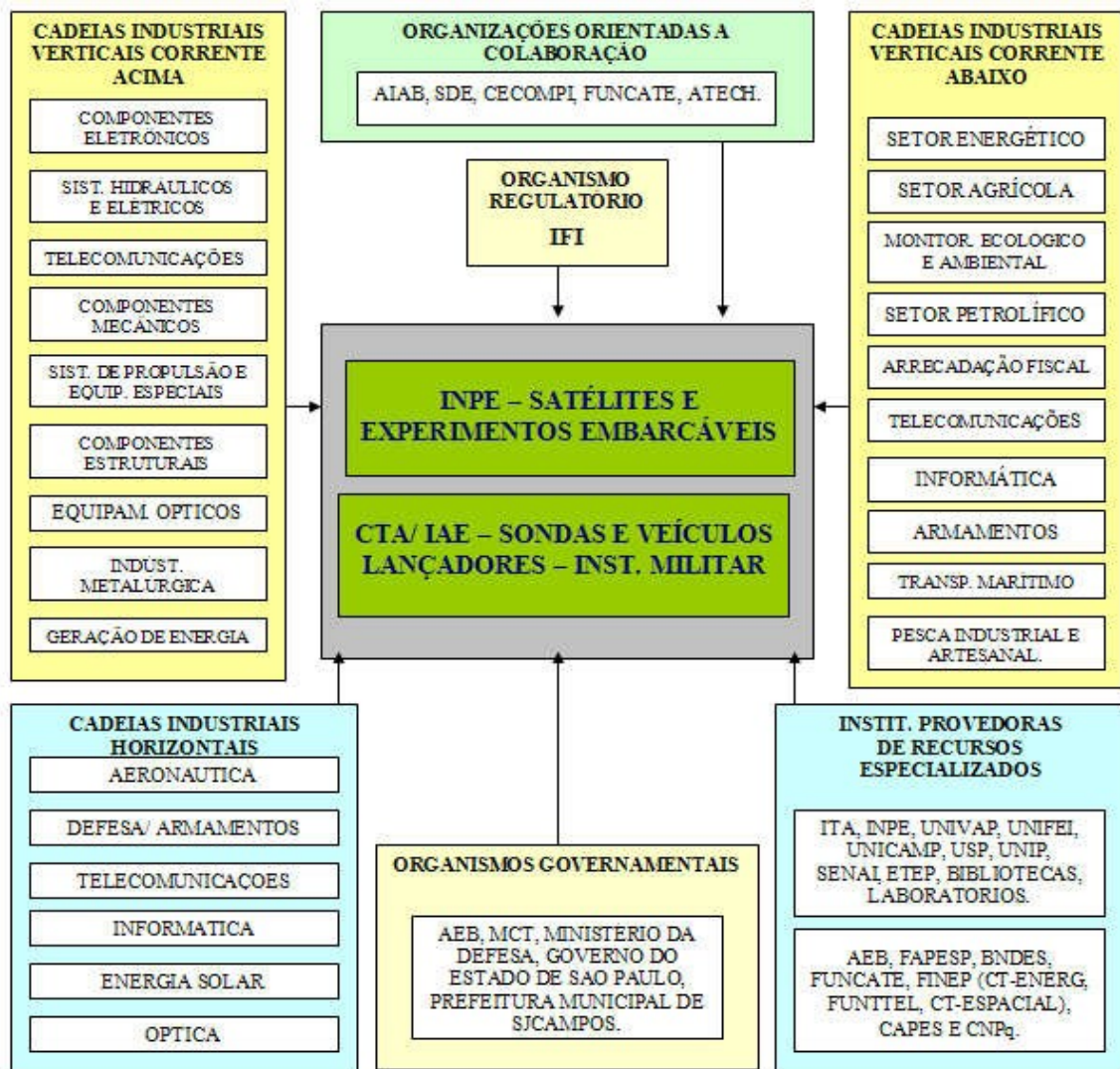
No estudo de Oliveira e Miguez (2011), foi apresentada parcela do setor espacial brasileiro localizada na região do Vale do Paraíba, no estado de São Paulo, que se consolidou como um arranjo produtivo complexo que envolve instituições governamentais, centros de pesquisa, organizações industriais e entidades especializadas. O DCTA e o INPE são identificados como os principais polos responsáveis pela execução das atividades vinculadas ao PNAE, atuando, respectivamente, no desenvolvimento de lançadores, e no desenvolvimento de satélites e das estações de solo. Em torno desses polos, o estudo identifica a presença de cadeias industriais associadas, instituições provedoras de recursos especializados, organismos reguladores e organizações vocacionadas à colaboração, formando um conjunto diversificado de atores que se relaciona direta ou indiretamente com o PEB.

Na representação sintetizada na Figura 4, no lado esquerdo, são identificadas cadeias

industriais verticalizadas da corrente acima, compostas por empresas que fornecem componentes estruturais, ópticos, eletrônicos, mecânicos e outros insumos necessários aos sistemas de satélites e veículos lançadores. Na direção oposta, aparecem as cadeias industriais da corrente abaixo, relacionadas aos setores que utilizam produtos e serviços espaciais, tais como energia, agricultura, monitoramento ambiental, petróleo, telecomunicações, transportes, pesca e educação. Logo abaixo do núcleo tecnológico, surgem cadeias horizontais, caracterizadas por setores que utilizam processos, tecnologias ou insumos semelhantes aos do setor espacial, incluindo segmentos aeronáuticos, de defesa, telecomunicações e outras áreas intensivas em conhecimento (Oliveira e Miguez, 2011).

Na mesma figura, destaca-se um organismo regulador, representado pelo Instituto de Fomento e Coordenação Industrial (IFI), cuja atuação envolve certificação, confiabilidade metrológica e coordenação industrial no âmbito aeroespacial. No topo, ao centro, são apresentadas organizações orientadas à colaboração que apoiam atividades técnicas e de integração entre empresas e instituições. Na base da figura, encontram-se as instituições provedoras de recursos especializados, entre elas universidades, escolas técnicas, laboratórios e instituições de fomento científico e tecnológico, que oferecem qualificação profissional, infraestrutura e pesquisa aplicada para sustentar o desenvolvimento do setor espacial na região (Oliveira e Miguez, 2011).

Figura 4 – Representação do setor espacial no Vale do Paraíba, no estado de São Paulo.



Fonte: Oliveira e Miguez, 2011, p. 3.

Nota: As siglas apresentadas podem ser consultadas na seção de abreviações.

A abordagem apresentada por Oliveira e Perondi (2012), realizou a identificação dos *stakeholders* do PEB a partir da análise dos objetivos estabelecidos nos seus marcos legais relacionados ao INPE, o que permite avaliar a coerência entre as atividades executadas e os propósitos institucionais. Os autores identificaram um conjunto de *stakeholders* incluindo tanto atores explicitamente mencionados nos documentos oficiais quanto aqueles inferidos a partir das funções desempenhadas. Esses *stakeholders* foram organizados em dez categorias gerais, compreendendo instâncias governamentais, setor industrial, instituições de educação e ciência, parceiros internacionais, funcionários, entidades vinculadas à segurança, a mídia e segmentos da sociedade brasileira. Com base nessa sistematização, resumem-se os principais

stakeholders identificados na Tabela 2.

Tabela 2 – Stakeholders do Programa Espacial Brasileiro

a) Governo Federal e Congresso:	Presidência da República; Legisladores; AEB – Agência Espacial Brasileira; Ministérios da Ciência e Tecnologia, do Meio Ambiente, do Planejamento e Orçamento e demais Ministérios, Secretarias da Presidência da República e Comissões Interministeriais; Estados, Distrito Federal e Municípios.
b) Setor Industrial:	Fornecedores e prestadores de serviço de infraestrutura; Indústria Brasileira, na condição de cliente das atividades de política industrial; Indústria Brasileira, na condição de fornecedora de bens e serviços especializados; Indústrias que utilizam facilidades do INPE para qualificação de seus produtos.
c) Educação:	Entidades nacionais, estrangeiras e internacionais de cooperação científica; Instituições de fomento e concessão de bolsas de estudo e capacitação; Conferências, congressos, simpósios e outros conclaves científicos nacionais e internacionais; Publicações técnico-científicas; Eventos técnico-científicos nacionais e internacionais; Alunos de pós-graduação; Instituições de formação e capacitação de pessoal.
d) Ciência:	Conferências, congressos, simpósios e outros conclaves científicos nacionais e internacionais; Organizações científicas do país e do estrangeiro; Publicações técnico-científicas; Comunidade técnico-científica; Pesquisadores e tecnologistas; Instituições de fomento e concessão de bolsas de estudo e capacitação; Alunos de pós-graduação.
e) Parceiros Internacionais:	Entidades estrangeiras e internacionais de cooperação técnico-científica; Agências Espaciais de outros países; Empresas estrangeiras com quem o Brasil tenha ou possa ter relações comerciais; Instituições parceiras internacionais.
f) Funcionários:	Recursos humanos especializados; Pesquisadores e tecnologistas; Instituições de formação e capacitação de pessoal; Capital humano – funcionários.
g) Segurança:	DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
h) Mídia:	Revistas e outros meios de publicação técnico-científicas; Mecanismos de divulgação dos resultados do Instituto.
i) Sociedade:	Mão de obra especializada; Clientes de produtos espaciais, de previsão do tempo e clima e do

	ambiente terrestre; Sociedade brasileira.
--	--

Fonte: Oliveira e Perondi, 2012, p. 6, adaptado pelo autor.

No PNAE 2022–2031, os *stakeholders* do setor espacial aparecem distribuídos entre diferentes segmentos da atividade espacial e incluem órgãos do governo federal, instituições científicas e tecnológicas, universidades, empresas da base industrial espacial, setores usuários de serviços e aplicações espaciais, instituições de fomento e governos estaduais e municipais. O documento enfatiza que o fortalecimento do setor depende da “articulação e convergência entre os diversos atores envolvidos — governo, indústria, academia e sociedade”, reconhecendo que a coordenação entre esses grupos é condição crítica para a implementação das políticas espaciais nacionais (Brasil, 2022c). Nesse contexto, a criação e o funcionamento do CNE e do CDPEB delineiam de forma mais clara o papel dos diferentes atores institucionais, ao estabelecer instâncias formais de governança encarregadas de propor diretrizes, identificar demandas, articular órgãos envolvidos e harmonizar iniciativas no âmbito do Programa Espacial Brasileiro (Brasil, 2019a; Brasil, 2022a). O PNAE também apresenta a Dimensão Setorial, que contempla cenários associados à defesa, segurança, agricultura, meio ambiente, telecomunicações, previsão do tempo, gestão de desastres e desenvolvimento regional (Brasil, 2022c).

2.2 Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE)

A estrutura institucional da governança espacial brasileira, fortalecida nas últimas décadas com a criação do Conselho Nacional do Espaço (CNE) e do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), tem como base as diretrizes formuladas no início da década de 1990 e consolidadas na atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE). Essa atualização foi aprovada pelo Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994, atendendo ao disposto na Lei nº 8.854/1994, que atribuiu à Agência Espacial Brasileira (AEB) a competência de executar e fazer executar a PNDAE, bem como propor as diretrizes e a implementação das ações dela decorrentes, além de propor a atualização da própria política e as diretrizes para sua consecução (Brasil, 1994).

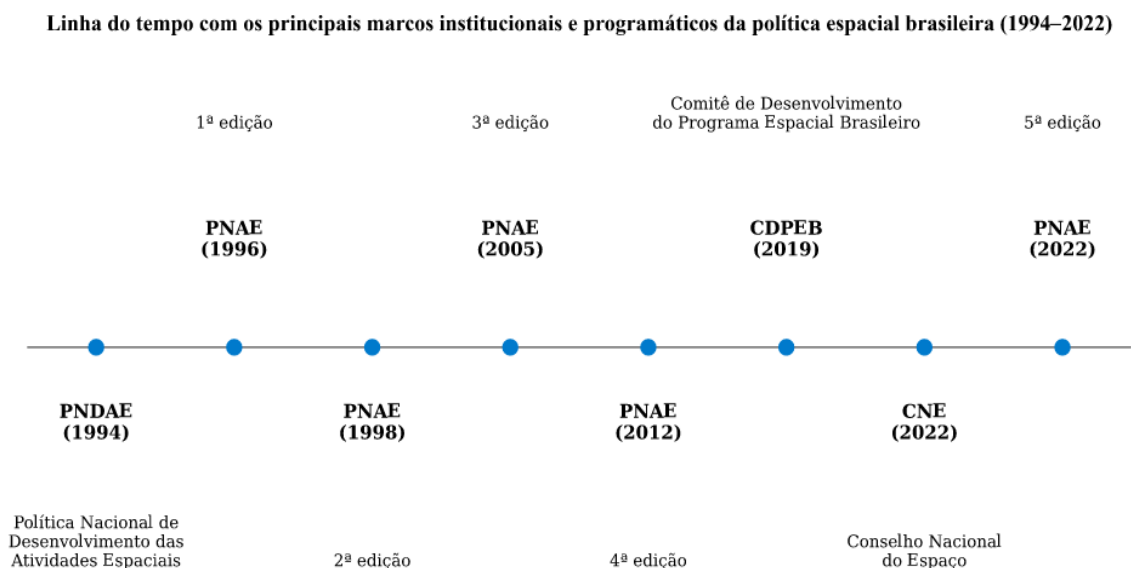
A PNDAE tem sido tratada na literatura como um dos principais marcos da reorganização institucional do setor espacial brasileiro. Moltz (2015) destaca essa política como um importante instrumento de planejamento, associado à criação da AEB e à necessidade de estabelecer diretrizes comuns para o desenvolvimento tecnológico, a

coordenação institucional e a ampliação das capacidades nacionais no campo espacial. A lógica introduzida pelo PNDAE buscou articular capacidades técnico-científicas, industriais e institucionais, fornecendo a base normativa a partir da qual o Estado brasileiro passou a ordenar de forma mais coerente o desenvolvimento das atividades espaciais (Made e Vellasco; Nascimento, 2020). Segundo Cepik, Souza e Dal-Berto (2023), os planos estratégicos do setor espacial brasileiro se materializam nos ciclos decenais do PNAE e estão ancorados na PNDAE, que fundamenta a lógica de planejamento estratégico do setor.

A PNDAE parte de uma conceituação ampla de atividades espaciais, englobando desde os sistemas espaciais propriamente ditos — como satélites, plataformas, cargas úteis e veículos lançadores — até a infraestrutura de apoio em solo e os serviços correlatos. Essa visão integrada contribuiu para a consolidação de uma abordagem sistêmica, cuja materialização se daria, posteriormente, por meio do PNAE (Brasil, 1994). A política justifica os investimentos públicos no setor com base na geração de externalidades positivas, na ampliação da autonomia tecnológica e na possibilidade de aplicação dual — civil e militar — das soluções espaciais, pois enfatiza os impactos econômicos e sociais resultantes de áreas como telecomunicações, meteorologia, sensoriamento remoto, navegação e ciência, além dos efeitos indiretos em setores como microeletrônica, informática e ciência de materiais (Brasil, 1994).

As diretrizes orientadoras para os programas e projetos subsequentes são também estabelecidas pela PNDAE. Entre elas, destacam-se: a priorização de demandas nacionais, a concentração de esforços em programas mobilizadores, a avaliação econômica dos investimentos, o incentivo à participação industrial, a valorização das atividades científicas e a cooperação internacional orientada por interesses estratégicos (Brasil, 1994). Embora tenha sido formulada em um período anterior à criação dos atuais órgãos colegiados de governança, a PNDAE mantém-se como referência normativa e conceitual para o planejamento do setor espacial brasileiro. Sua orientação se materializa nos ciclos do PNAE, atualmente na edição 2022-2031, e que desde sua origem exerce a função de principal instrumento de operacionalização das diretrizes da política espacial. A Figura 5 apresenta uma linha do tempo com os principais marcos políticos relativos do Programa Espacial Brasileiro (PEB), os quais serão abordados nas seções seguintes.

Figura 5 – Linha do tempo com marcos políticos relativos ao PEB.



Fonte: Elaboração própria.

2.3 Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB)

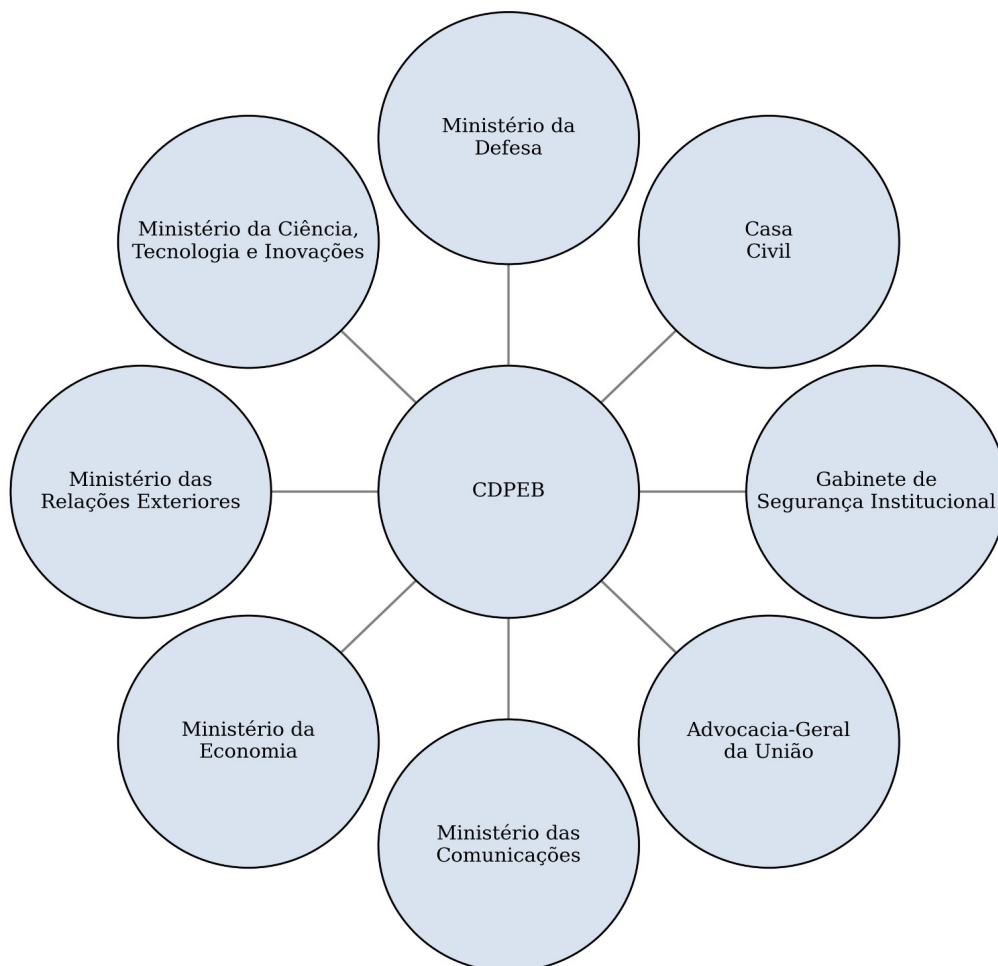
O arranjo institucional do setor espacial brasileiro foi complementado pela criação do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), instituído pelo Decreto nº 9.839/2019. O CDPEB é um órgão de assessoramento ao Presidente da República, ao qual compete formular propostas voltadas à potencialização do PEB, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias aplicáveis ao setor espacial, bem como à supervisão da execução das medidas necessárias ao fortalecimento do programa (Brasil, 2019a).

A composição do CDPEB expressa sua natureza interministerial, ao congrega ministros de áreas distintas do governo federal. De acordo com o Decreto nº 9.839/2019, a coordenação do comitê é exercida pelo Ministro de Estado Chefe do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República. Além do GSI, integram o CDPEB os ministros da Casa Civil, do Ministério da Defesa (MD), Ministério das Relações Exteriores (MRE), Ministério da Economia, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério das Comunicações (MCom), além do Advogado-Geral da União. Essa composição, ilustrada na Figura 6, evidencia a necessidade de integração entre temas como defesa, diplomacia, inovação tecnológica e economia, garantindo que as ações do Programa Espacial Brasileiro sejam conduzidas de forma coordenada e alinhada às prioridades do governo federal (Brasil,

2019a).

Figura 6 – Composição do CDPEB.

Composição do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB)



Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil, 2019a.

O CDPEB pode instituir Grupos Técnicos (GTs) destinados à elaboração de estudos especializados em temas essenciais ao Programa Espacial Brasileiro, conforme previsto nos Art. 6º e 7º do Decreto nº 9.839/2019. Esses GTs têm caráter temporário, duração limitada a um ano e são compostos por membros indicados pelas pastas representadas no comitê, com o objetivo de aprofundar análises sobre infraestrutura de lançamentos, veículos lançadores, fortalecimento da indústria espacial, composição de quadros de pessoal e questões fundiárias relacionadas aos centros de lançamento (Brasil, 2019a).

As resoluções do CDPEB têm instituído GTs dedicados a temas estratégicos e

específicos, o que resulta em estudos técnicos que subsidiam decisões interministeriais (Brasil, 2019a). Esses grupos, listados na Tabela 3, produzem diagnósticos, recomendações e propostas técnicas que orientam ações governamentais e fortalecem a coordenação do Programa Espacial Brasileiro (Brasil, 2025b). Entre eles, destacam-se: o GT-20, responsável por propor ações para a infraestrutura do Centro Espacial de Alcântara; o GT-19, que analisa alternativas nacionais de produção de propelentes e combustíveis espaciais; o GT-18, que examina a criação de uma empresa pública destinada ao desenvolvimento de projetos e atividades aeroespaciais; o GT-17, encarregado de estudos sobre a governança nacional de geoinformação; e o GT-15, voltado a identificar demandas dos órgãos e das entidades do Poder Executivo Federal por serviços espaciais.

Tabela 3 – Grupos Técnicos (GT)

Grupo Técnico (GT)	Assunto do GT
GT-23	Elaborar estudos e apresentar ações necessárias para propor uma estratégia de desenvolvimento tecnológico com vistas à implantação de um sistema brasileiro de posicionamento, navegação e tempo.
GT-22	Elaborar estudos e apresentar proposta de regulamentação de dispositivos da Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024.
GT-21	Elaborar estudos sobre o estabelecimento de governança do Sistema de Satélite de Defesa e Comunicações.
GT-20	Elaborar diagnóstico e propor iniciativas interministeriais para a infraestrutura necessária ao desenvolvimento das atividades do Centro Espacial de Alcântara.
GT-19	Realizar estudos sobre alternativas de produção, no Brasil, de Polibutadieno Líquido com Terminação Hidroxílica (PBLH), para uso em atividades espaciais.
GT-18	Realizar estudos sobre os encaminhamentos dados à proposta de criação de empresa pública destinada ao desenvolvimento de projetos e equipamentos aeroespaciais e à realização de projetos e atividades de apoio ao controle do espaço aéreo e áreas correlatas, denominada Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil – ALADA.
GT-17	Realizar estudos sobre o estabelecimento da governança nacional de geoinformação.
GT-16	Realizar estudos sobre o equacionamento do orçamento da União para atendimento às demandas dos órgãos do Poder Executivo Federal por serviços espaciais.
GT-15	Identificar demandas dos órgãos e das entidades do Poder Executivo Federal por serviços espaciais e realizar estudos sobre o equacionamento do orçamento da União para atendimentos a essas necessidades, visando reinvestimento para aperfeiçoamento dos sistemas que integram o Programa Espacial Brasileiro.
GT-14	Elaborar, com a participação da comunidade interessada, o Plano de Consulta

	sobre as ações e as políticas públicas do Estado Brasileiro para a área de interesse na consolidação do Centro Espacial de Alcântara, no município de Alcântara, no Maranhão.
GT-13	Planejar a implementação de políticas públicas e estabelecer o plano de consolidação Centro Espacial de Alcântara em área a ser afetada ao Comando da Aeronáutica, no município de Alcântara, no Maranhão, e propor a inclusão das necessidades de recursos para essa finalidade no Plano Plurianual do período compreendido entre 2020 e 2023.
GT-12	Elaborar a Lei geral do Espaço, com fundamento no inciso X do art. 22 da Constituição Federal
GT-11	Planejamento e definição de formas de financiamento do projeto mobilizador para o Programa Espacial Brasileiro.
GT-10	Orientar a integração de políticas públicas e ações sociais a serem implementadas em áreas do município de Alcântara-MA, com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-9	Elaboração de proposta de recomposição do quadro de pessoal do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial do Comando da Aeronáutica do Ministério da Defesa.
GT-8	Elaboração de proposta de Plano de <i>Marketing</i> , com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-7	Elaborar proposta de equacionamento da questão fundiária e patrimonial do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-6	Estabelecer negociações para desenvolvimento conjunto do VL-X, a fim de atender constelações de satélites, com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-5	Elaborar proposta de projeto mobilizador para o setor espacial brasileiro, para o período de cinco anos, visando fomentar o desenvolvimento da indústria nacional quanto aos seus componentes basilares, quais sejam, satélite, lançador e infraestrutura de lançamento e operação, com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-4	Elaborar proposta de criação de empresa pública destinada à exploração de atividades relacionadas ao desenvolvimento de projetos e equipamentos aeroespaciais e à realização de projetos e atividades de apoio ao controle do espaço aéreo e áreas correlatas, com vistas à potencialização do Programa Espacial Brasileiro.
GT-3	Realizar tratativas para a liquidação da empresa pública binacional <i>Alcântara Cyclone Space</i> (ACS).
GT-2	Realizar tratativas com o propósito de viabilizar acordos de salvaguardas tecnológicas com Estados estrangeiros, como forma de potencializar ações de fortalecimento do Programa Espacial Brasileiro.
GT-1	Consolidação da proposta de alteração da atual governança do setor espacial brasileiro.

Fonte: Brasil, 2025b, adaptado pelo autor.

Em análise conduzida por Souza, Harada e Felzcky (2024), o estudo correlaciona os temas dos Grupos Técnicos (GTs) do CDPEB com as áreas de projeção de poder espacial, com ênfase para as seguintes áreas: “Operações de Lançamento”, “Operações em Solo”, “Definir um programa espacial nacional”, “Formular uma política espacial nacional”. A correlação apresentada evidencia esforços concentrados em áreas relacionadas ao segmento lançador, como Operações de Lançamento e Operações em Solo. Paralelamente, áreas relacionadas à governança e legislação espacial, tais como “definição de um programa espacial nacional”, ganharam relevância devido à atuação de GTs. Apesar dos avanços na discussão de temas diretamente relacionados à implementação das estratégias e políticas do PEB, os autores ressaltam que questões fundamentais permanecem sem solução e que parte significativa dos assuntos, tais como questões fundiárias no entorno do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), retornou ao CDPEB ao longo dos anos, revelando sua complexidade. Nesse contexto, os autores concluem que, embora o CDPEB já demonstre contribuição relevante, a expansão temática e o tratamento de lacunas ainda existentes serão fundamentais para fortalecer a capacidade e a autonomia necessárias ao desenvolvimento do PEB (Souza, Harada e Felzcky, 2024).

Em relação a Edição 2022–2031 do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), algumas iniciativas resultam diretamente de estudos conduzidos por Grupos Técnicos do CDPEB. A Carteira de Admissão do PNAE descrita na Seção 2.5, contempla por exemplo a Constelação Essentia, uma constelação de nanosatélites voltada a mobilizar o setor produtivo nacional e a estimular parcerias internacionais, fruto do Relatório Final do GT-05 (Brasil, 2022c).

2.4 Conselho Nacional do Espaço (CNE)

A governança do setor espacial brasileiro foi ampliada com a criação do Conselho Nacional do Espaço (CNE), instituído pelo Decreto nº 11.224, de 5 de outubro de 2022. O CNE é um órgão de assessoramento ao Presidente da República, ao qual compete estabelecer parâmetros gerais para a formulação, o acompanhamento e a avaliação da política espacial brasileira, bem como estimular cooperações internacionais estratégicas no setor (Brasil, 2022a).

O CNE possui característica interministerial sendo presidido pelo Ministro de Estado Chefe da Casa Civil da Presidência da República e é composto pelos ministros do Gabinete de Segurança Institucional (GSI), do Ministério da Defesa (MD), do Ministério da Ciência,

Tecnologia e Inovação (MCTI), do Ministério da Economia (ME) e do Ministério das Comunicações (MCom) (Brasil, 2022a). A Figura 7 ilustra a composição do CNE.

Figura 7 – Composição do CNE



Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil, 2022a.

Entre as principais atribuições do Conselho Nacional do Espaço (CNE), conforme descrito em Brasil (2022a), destaca-se o estabelecimento dos parâmetros gerais que orientam a formulação, o acompanhamento e a avaliação da política espacial brasileira. Compete igualmente ao CNE definir os parâmetros aplicáveis às cooperações internacionais estratégicas e incentivar iniciativas desse tipo voltadas ao setor espacial. O CNE realizará suas reuniões anualmente, em caráter ordinário, e deve exercer suas competências em coordenação com o CDPEB. Além disso, representantes de órgãos e entidades, públicos e privados, podem ser convidados a participar das reuniões, sem direito a voto (Brasil, 2022a).

Conforme abordado por Souza, Harada e Felzcky (2024), segundos os autores,

“decorridos dois anos de sua criação, o CNE ainda não iniciou os seus trabalhos”.

2.5 Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE)

Criado em 1994 como instrumento principal da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) constitui o eixo central da ação do Estado brasileiro no setor espacial. Atualizado ciclicamente, o PNAE organiza metas e projetos em ciclos decenais e expressa a ambição estratégica do país em consolidar capacidades autônomas em várias áreas, tais como o de sensoriamento remoto, comunicações, meteorologia e ciência espacial. Na versão mais recente, instituído pela Portaria nº 756, de 29 de dezembro de 2021, da Agência Espacial Brasileira (AEB), referente ao período 2022–2031, observa-se o reconhecimento de uma demanda crescente por serviços espaciais em múltiplas políticas públicas e a necessidade de fortalecer conexões com agendas de desenvolvimento, inovação, defesa e integração nacional (Brasil, 2022c).

Setores intensivos em conhecimento, como o espacial, exigem continuidade política, estabilidade programática e horizontes de longo prazo para que capacidades tecnológicas possam ser construídas de forma cumulativa. Nesse sentido, o PNAE, estruturado como instrumento decenal, contribui para a integração entre instituições públicas ao estabelecer ciclos de planejamento capazes de orientar investimentos, reduzir discontinuidades e sustentar trajetórias tecnológicas compatíveis com a complexidade do setor (Made Vellasco, 2019).

O estudo de Cepik, Souza e Dal-Berto (2023) faz referência ao PNAE como o instrumento que define o ciclo atual das atividades espaciais brasileiras, estabelecendo sua vigência até 2031 e sucedendo o plano anterior no contexto das transformações que caracterizam a Terceira Era Espacial. No estudo, a Terceira Era Espacial é definida como o período iniciado nos anos 2000, caracterizado pela revisão de normas internacionais, pela ampliação do setor privado, pela militarização crescente das órbitas e pelo aumento do congestionamento espacial, fatores que elevam as exigências para programas espaciais nacionais.

O PNAE estabelece cinco fatores críticos para o fortalecimento do setor espacial brasileiro: articulação entre atores institucionais, sensibilização da opinião pública, a criação de oportunidades de investimentos, priorização de tecnologias inovadoras e harmonização de iniciativas civis e de defesa nacional (Brasil, 2022c). Sua arquitetura organiza-se em três

dimensões complementares entre si. A Dimensão Estratégica é representada pelos Objetivos Estratégicos de Espaço (OEEs), que estabelecem orientações de longo prazo para o setor. A Dimensão Tática desdobra os OEEs Eixos de Atuação, direcionamento e diretrizes. Já a Dimensão Setorial articula as aplicações específicas do espaço em áreas como agricultura, defesa, meio ambiente, ciência, comunicações e gestão de riscos. Esse arranjo permite que o planejamento do setor espacial brasileiro avance de forma coordenada, integrando diretrizes estratégicas, ações programáticas e benefícios à sociedade (Brasil, 2022c).

A Dimensão Estratégica do PNAE estrutura-se em sete Objetivos Estratégicos de Espaço (OEEs), que buscam direcionar o setor espacial brasileiro para habilitar o País a atender agendas estratégicas definidas pela Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), tais como a inserção do PEB entre as prioridades do Estado, o fomento ao empreendedorismo e à competitividade do setor produtivo, o avanço científico e tecnológico e o fortalecimento da autonomia nacional no domínio das atividades espaciais. O OEE1 estabelece a necessidade de consolidar um Programa Espacial Brasileiro de Estado, sustentado por recursos estáveis de curto, médio e longo prazo. O OEE2 enfatiza o atendimento efetivo às necessidades da sociedade e do Estado, especialmente por meio de aplicações de observação da Terra, coleta de dados ambientais, meteorologia, comunicação e posicionamento por satélites (Brasil, 2022c).

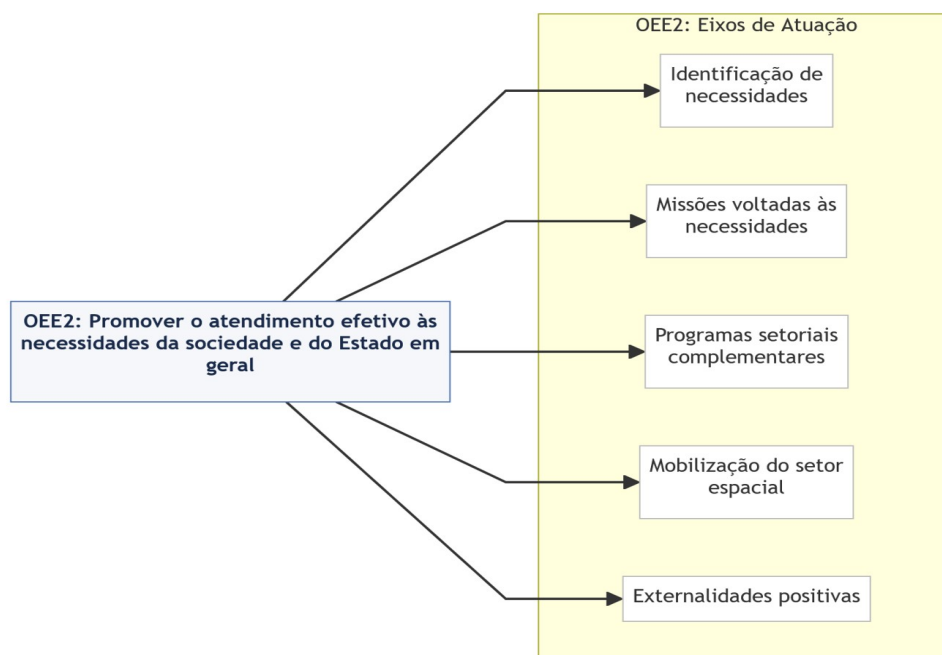
O OEE3 focaliza o fortalecimento competitivo da indústria nacional de bens e serviços espaciais, visando ampliar os benefícios socioeconômicos associados ao setor. O OEE4 promove o empreendedorismo privado e a dinamização do mercado nacional de produtos e serviços espaciais. O OEE5 orienta o desenvolvimento de competências científicas, tecnológicas e de inovação voltadas ao setor espacial. O OEE6 tem como objetivo garantir a não dependência no desenvolvimento e no controle dos sistemas espaciais nacionais. Por fim, o OEE7 busca consolidar, em todos os setores da sociedade, o entendimento dos benefícios diretos e indiretos do setor espacial para o País. Esses objetivos são complementares e orientam a estrutura das demais dimensões do PNAE, contribuindo para a coerência entre diretrizes estratégicas, programas estruturantes e aplicações setoriais. Esse arranjo favorece a articulação das ações espaciais com políticas públicas mais amplas de ciência, tecnologia, defesa e desenvolvimento nacional (Brasil, 2022c).

A Dimensão Tática do PNAE desdobra os Objetivos Estratégicos de Espaço (OEEs) em Eixos de Atuação, direcionamentos e diretrizes destinadas a organizar a atuação do setor espacial brasileiro, constituindo-se como o embrião para a materialização do Programa

Espacial Brasileiro enquanto documento formal. Nessa etapa, o planejamento concentra-se na definição das ações necessárias para converter os comandos estratégicos em iniciativas estruturantes, a fim de orientar a coordenação entre instituições, recursos e processos ao longo da década (Brasil, 2022c).

O desdobramento em Eixos de Atuação pode ser observado, por exemplo, no OEE2 representado na Figura 8, que se estrutura em eixos voltados à identificação contínua das necessidades da sociedade e do Estado, à promoção de missões orientadas a essas demandas, à integração por meio de Programas Setoriais complementares, à mobilização do setor espacial brasileiro e ao aproveitamento de externalidades positivas. Com os Eixos de Atuação, a Dimensão Tática torna-se instrumento que tem o objetivo de indicar o rumo de atuação do setor espacial e apoiar a implementação das entregas associadas aos objetivos estratégicos do PNAE (Brasil, 2022c).

Figura 8 – Eixos de Atuação do OEE2.



Fonte: Elaboração própria, com base em Brasil, 2022c.

Nota: Eixos de Atuação reduzidos a termos sintéticos, com base em Brasil (2022c, p. 43).

Entre os setores destacados pela Dimensão Tática do PNAE estão Infraestrutura, Agropecuária, Mineração, Meio Ambiente, Educação, Defesa Civil, Segurança Pública e Defesa Nacional. No caso de Defesa Nacional, sua relevância decorre do papel atribuído pela Política Nacional de Defesa (PND) e pelas diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa (END),

que orientam a atuação em torno das medidas voltadas à soberania, à integridade territorial e à proteção dos interesses nacionais. As atividades espaciais integram essas diretrizes por meio do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), instrumento que trata de forma detalhada das necessidades presentes e futuras de defesa e enfatiza o uso múltiplo dos sistemas espaciais, o fortalecimento da indústria nacional e a continuidade do desenvolvimento tecnológico. Dessa forma, o PNAE reconhece que a integração entre o setor espacial e as demandas de Defesa Nacional é fundamental para incorporar externalidades positivas e fortalecer o Programa Espacial Brasileiro como um todo (Brasil, 2022c).

Made Vellasco (2019) apresenta que, historicamente, o avanço da indústria espacial nacional dependeu de intervenção estatal estruturada, de políticas públicas consistentes e da atuação coordenada de instituições civis e militares. Essa interpretação reforça a centralidade do PNAE como Programa de Estado voltada à promoção de capacidades tecnológicas críticas, ao orientar investimentos estratégicos e ao estabelecer prioridades alinhadas às necessidades de desenvolvimento científico e industrial do país.

A Dimensão Setorial representa o desdobramento prático e integrador da estratégia e da tática do PEB. É nela que se materializam os compromissos do setor espacial com entregas concretas à sociedade, organizadas por meio de iniciativas, infraestruturas, programas e missões que conectam diretamente as capacidades orbitais ao atendimento de políticas públicas. Sua estrutura baseia-se em: os Cenários de Investimento, as Iniciativas Estruturantes e as Carteiras de Missões Espaciais, essa última dividida em Carteira de Execução e Carteira de Admissão (Brasil, 2022c).

O planejamento da Dimensão Setorial adota cinco Cenários de Investimento — Cenário 0, 50, 100, 200 e 1.000 — construídos com base na expectativa de recursos decenais e vinculados ao Plano Plurianual. Cada cenário projeta uma combinação distinta de missões, infraestrutura e desenvolvimento de competências, conforme os recursos disponíveis. No cenário base (Cenário 0), estima-se um investimento de R\$ 1,2 bilhão para o período, com ênfase na continuidade de missões de pequeno porte, na manutenção de atividades básicas de infraestrutura e capacitação, e no voo do Veículo Lançador de Microsatélites (VLM-1), projetado para colocar em órbita microsatélites e cargas úteis com massa mínima de 30 kg. À medida que os cenários evoluem, o PNAE incorpora missões mais complexas — incluindo sensoriamento remoto com radar de abertura sintética — e amplia a capacidade nacional de acesso ao espaço e de operação de sistemas espaciais mais robustos (Brasil, 2022c).

As Iniciativas Estruturantes integram o núcleo permanente de capacidades

institucionais e operacionais do setor espacial. O Observatório do Setor Espacial Brasileiro, por exemplo, coloca-se como um instrumento para o aperfeiçoamento da gestão da política espacial, uma vez que possibilita meios para o monitoramento e para a avaliação de suas entregas e de seus resultados. O Procedimento para Seleção e Adoção de Missões Espaciais (ProSAME), por sua vez, define procedimentos e critérios técnicos para a análise e adoção de missões espaciais, garantindo que novas propostas estejam alinhadas ao planejamento estratégico e sejam viáveis do ponto de vista orçamentário, tecnológico e institucional. O Programa AEB Escola busca ampliar a formação de recursos humanos em ciência e tecnologia espacial, promovendo atividades educativas em diferentes níveis de ensino.

Outra iniciativa estruturante é o Mapeamento das Tecnologias Espaciais Brasileiras (MapTec), que visa identificar e organizar o conjunto de tecnologias disponíveis no país para o setor, servindo como base para articulações produtivas e decisões de investimento. O Programa Incuba Espaço atua como instrumento de estímulo à inovação e ao empreendedorismo, apoiando iniciativas privadas e *startups* voltadas a soluções espaciais. Já o Programa de Desenvolvimento Integrado para o Centro Espacial de Alcântara (PDI-CEA) tem como finalidade estruturar e consolidar o uso do centro de lançamentos como plataforma nacional de acesso ao espaço. A participação brasileira no consórcio Artemis, coordenado pela NASA, configura-se como estratégia de inserção internacional e domínio de tecnologias críticas ligadas à exploração lunar e a sistemas de próxima geração (Brasil, 2022c).

A Carteira de Execução reúne as missões espaciais que já se encontram em andamento no arranjo orçamentário vigente na AEB e integram a programação prevista para o período de vigência do PNAE 2022–2031. Sua composição reflete o estágio atual de maturidade do Programa Espacial Brasileiro e estrutura-se em três categorias previstas nesta edição do PNAE: Missões Espaciais em Operação, Missões de Nanosatélites e Acesso ao Espaço. As Missões Espaciais em Operação correspondem a projetos já consolidados e que dão continuidade a investimentos iniciados no ciclo anterior do programa. As Missões de Nanosatélites reúnem iniciativas recentes associadas ao fortalecimento da infraestrutura espacial nacional por meio de cargas úteis de pequeno porte e de menor complexidade. Já o Acesso ao Espaço compreende os esforços voltados ao desenvolvimento e à entrega de capacidades de lançamento, incluindo veículos, subsistemas e etapas associadas à sua cadeia tecnológica. A Tabela 4 apresenta as Missões Espaciais em Operação, organizadas por plataforma, descrição e categoria de carga útil.

Tabela 4 – Missões espaciais em operação da Carteira de Execução do PNAE 2022–2031.

Plataforma	Descrição	Carga Útil
CBERS-4	Satélite sino-brasileiro de observação da Terra	Óptico
CBERS 04A	Versão atualizada do CBERS-4 para observação da Terra	Óptico
Amazônia 1	Primeiro satélite de observação da Terra completamente desenvolvido no Brasil	Óptico
SPORT	Estudo da ionosfera e da anomalia magnética do Atlântico Sul	Científico
ITASAT2	Monitoramento do clima espacial	Científico
NanoMirax	Investigação de astrofísica de raios X	Científico
GOLDS-UFSC	Coleta de dados ambientais	Coleta de Dados

Fonte: Brasil, 2022c, p. 70-73, adaptado pelo autor.

A Carteira de Admissão, detalhada na Tabela 5, organiza propostas de missões espaciais em fase inicial de avaliação, ainda sem compromisso formal de execução. Sua função é consolidar, de forma sistematizada, os projetos que poderão futuramente integrar a Carteira de Execução, desde que atendam aos critérios estabelecidos pelo ProSAME. A versão atual da carteira foi construída a partir de demandas não concluídas no ciclo anterior, de contribuições técnicas recebidas no âmbito do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) e da análise de programas previstos em instrumentos de planejamento nacional. Essa carteira representa, portanto, o campo potencial de expansão do Programa Espacial Brasileiro ao longo da década. A Tabela 5 apresenta essas missões organizadas plataforma, descrição e categoria de carga útil.

Tabela 5 – Missões espaciais da Carteira de Admissão do PNAE 2022–2031.

Plataforma	Descrição	Carga Útil
Amazônia 1B	Continuidade da missão Amazônia para observação da Terra	Óptico
Amazônia 2	Aprimoramento da série Amazônia para monitoramento ambiental	Óptico
SABIA-Mar	Monitoramento oceânico e costeiro em parceria com a Argentina	Óptico
CBERS5	Nova geração de satélites sino-brasileiros de observação da Terra	Óptico
CBERS6	Satélite com sensor Radar de Abertura Sintética (SAR)	SAR
MAPSAR	Missão de sensoriamento remoto radar em banda L	SAR

Missão AgroBio	Sensoriamento para aplicações agrícolas e biotecnológicas	Óptico
BIOMESAT	Monitoramento de biomas brasileiros com foco ambiental	Óptico
Missão AQUAE de média resolução	Monitoramento de recursos hídricos	Óptico
Missão AQUAE de alta resolução	Monitoramento hídrico com maior detalhamento espacial	Óptico
EQUARS	Estudos de aeronomia equatorial e clima espacial	Científico
Mirax	Observação de fontes cósmicas em raios X	Científico
GEOMET-1	Satélite Geoestacionário Meteorológico	Meteorologia
Galileo Solar Space Telescope (GSST-PMM)	Estudos solares com plataforma multimissão	Científico
TURISAT	Microssatélite para detecção de focos de incêndio	Óptico
Constelação Essentia	Grupo de satélites para mobilização do setor produtivo nacional e estimular parcerias internacionais	Óptico
SelenITA	Missão em espaço profundo vinculado ao Acordo Artemis	Coleta de Dados
Transferência da PMM	Disponibilização da Plataforma Multimissão (PMM) à indústria	Coleta de Dados
P-100	Plataforma multimissão para satélites de 200 kg	Coleta de Dados
PMX	Plataforma multimissão para microssatélites	Observação da Terra
SGDC-2	Continuidade da capacidade estratégica em comunicações seguras	Comunicações
VL-X	Família de veículos lançadores	Lançadores

Fonte: Brasil, 2022c, p. 82-90, adaptado pelo autor.

O Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), lançado em 2017 a partir da base de Kourou, na Guiana Francesa, constitui um marco relevante para o Programa Espacial Brasileiro por reunir aplicações civis e militares sob administração nacional. Conforme Cepik, Souza e Dal-Berto (2023), o satélite assegura ao país capacidade própria de criptografia, amplia o acesso à banda larga em áreas remotas e reforça a soberania no gerenciamento de comunicações estratégicas e no apoio a sistemas das Forças Armadas, sendo reconhecido como uma das metas alcançadas do PNAE 2012–2021. Em continuidade a essa capacidade, o PNAE 2022–2031 incorpora o SGDC-2 em sua Carteira de Admissão, prevendo a manutenção e o fortalecimento das comunicações seguras como componente

estratégico do segmento espacial brasileiro (Brasil, 2022c).

Made Vellasco (2019) evidencia que o desenvolvimento do setor espacial brasileiro tem sido condicionado por necessidades de continuidade, estabilidade programática e construção gradual de capacidades, características próprias de atividades intensivas em conhecimento e orientadas ao longo prazo. Nesse quadro, a autora observa que o Programa Espacial Brasileiro busca consolidar-se como Programa de Estado, assegurando permanência de metas e previsibilidade de ações. O PNAE, inserido nesse processo, contribui para organizar objetivos e estruturar o planejamento setorial, em consonância com a evolução das capacidades científicas, industriais e organizacionais do país. A seção 2.6 examina o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), que tem seu foco na Defesa Nacional.

2.6 Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE)

O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) foi concebido para estruturar a implantação de sistemas espaciais destinados a atender, de forma integrada, às necessidades das Forças Armadas e de órgãos civis. O PESE contempla produtos de uso dual (civil e militar) voltados ao apoio das operações conjuntas e à oferta de serviços ao Estado e à sociedade (Andrade *et al.*, 2021).

Instituído no âmbito do Ministério da Defesa, o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) constitui-se como um programa estruturante voltado à obtenção de capacidades críticas no domínio espacial, com foco na Defesa Nacional. Foi formalizado pela Portaria Normativa nº 41/MD, de 30 de julho de 2018, que aprovou suas diretrizes, objetivos e estrutura organizacional. Coordenado pela Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE), o PESE busca prover o Estado brasileiro com soluções espaciais voltadas às necessidades operacionais das Forças Armadas e, complementarmente, a outras áreas de interesse público (Brasil, 2018b).

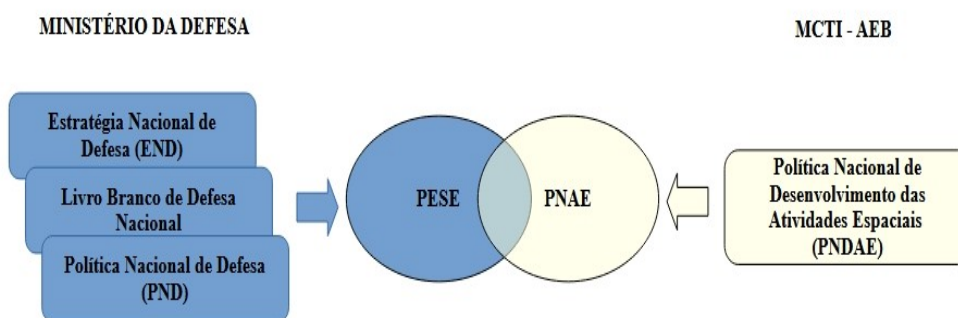
A estruturação do programa é de longo prazo, baseado em uma topologia escalonável que permite a inclusão contínua de novos sistemas e a integração com capacidades já implantadas. O escopo do Programa abrange a implantação de sistemas espaciais, a estruturação do Centro de Operações Espaciais (COPE) e o uso do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), bem como a capacitação de recursos humanos, a participação da Base Industrial de Defesa (BID) e a busca por um grau de nacionalização crescente dos itens e sistemas empregados (Brasil, 2018b).

O PESE adota o princípio do uso dual dos sistemas espaciais, isto é, os produtos

obtidos no âmbito do Programa podem atender simultaneamente a demandas militares e civis, como comunicações, observação da Terra e meteorologia. Essa orientação está alinhada à Estratégia Nacional de Defesa (END) e às necessidades operacionais emitidas pelas Forças Armadas, a fim de contribuir para a consolidação de capacidades sob domínio nacional e para o fortalecimento da autonomia tecnológica (Brasil, 2018b).

O Programa prevê a criação de um ambiente industrial favorável e sustentável, com lançamentos periódicos de sistemas espaciais, a participação da Base Industrial de Defesa (BID) e a inclusão de cláusulas de transferência de tecnologia, capacitação de pessoal, além da busca por um grau de nacionalização crescente dos itens e sistemas implantados (Brasil, 2018b). A sinergia com o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) também é prevista: quando projetos desenvolvidos no âmbito do PNAE atingem níveis adequados de prontidão e maturidade tecnológica, seus produtos passam a ter prioridade nas aquisições realizadas pela CCISE (Brasil, 2018b). A Figura 9 ilustra a sinergia entre o PESE e o PNAE.

Figura 9 – Sinergia entre PESE e PNAE.



Fonte: Elaboração própria com base em Brasil, 2018b.

Andrade *et al.* (2021) apontam que a organização do setor espacial brasileiro envolve múltiplas instituições civis e militares, o que exige mecanismos de coordenação para evitar fragmentação. O artigo destaca que iniciativas como o CDPEB e grupos interinstitucionais buscam aprimorar essa articulação e promover maior integração entre o PESE, e as ações sob responsabilidade da AEB, que tem como missão institucional a formulação, coordenação e execução da política espacial brasileira.

Outrossim, tem-se como diretriz estimular a cooperação internacional estratégica, condicionada à geração de conhecimento, transferência de tecnologia e capacitação nacional.

O programa também enfatiza a importância de desenvolver uma arquitetura de sistemas que seja modular, escalável e interoperável, permitindo sua adaptação a diferentes demandas operacionais, orçamentárias e institucionais (Brasil, 2018b).

A execução do PESE está estruturada em quatro fases principais: Planejamento, Capacitação, Operação e Sustentação. Essas etapas organizam o ciclo de vida dos projetos no âmbito do programa, estabelecendo marcos para sua formulação, implantação e continuidade (Brasil, 2018b).

A fase de Planejamento envolve o levantamento das necessidades operacionais, a definição do escopo e dos objetivos específicos dos projetos, bem como a elaboração dos respectivos cronogramas. Nessa etapa são também conduzidos estudos iniciais que incluem a análise de viabilidade conceitual, econômica, operacional e técnica, alinhados às diretrizes da Estratégia Nacional de Defesa (END) e às necessidades operacionais emitidas pelas Forças Armadas. A fase de Capacitação tem como foco a preparação dos recursos humanos necessários à especificação, desenvolvimento, operação, fabricação e suporte dos sistemas espaciais. Essa etapa contempla ações voltadas ao aprimoramento técnico e operacional das equipes, em alinhamento às necessidades estabelecidas pelo Ministério da Defesa (Brasil, 2018b).

A fase de Operação está relacionada à utilização dos sistemas espaciais implantados e ao seu amadurecimento operacional. Essa etapa envolve o emprego efetivo dos sistemas nas aplicações previstas e a manutenção da autonomia operacional necessária para garantir o desempenho técnico. Por fim, a fase de Sustentação caracteriza-se pela consolidação de um ambiente empresarial sustentável economicamente, com uma indústria espacial capaz de manter as capacidades instaladas e de criar novas missões e oportunidades de negócio. Essa etapa também pressupõe elevado grau de autonomia operacional e independência técnica nos sistemas espaciais operados pelas Forças Armadas e pelas entidades vinculadas ao Ministério da Defesa (Brasil, 2018b).

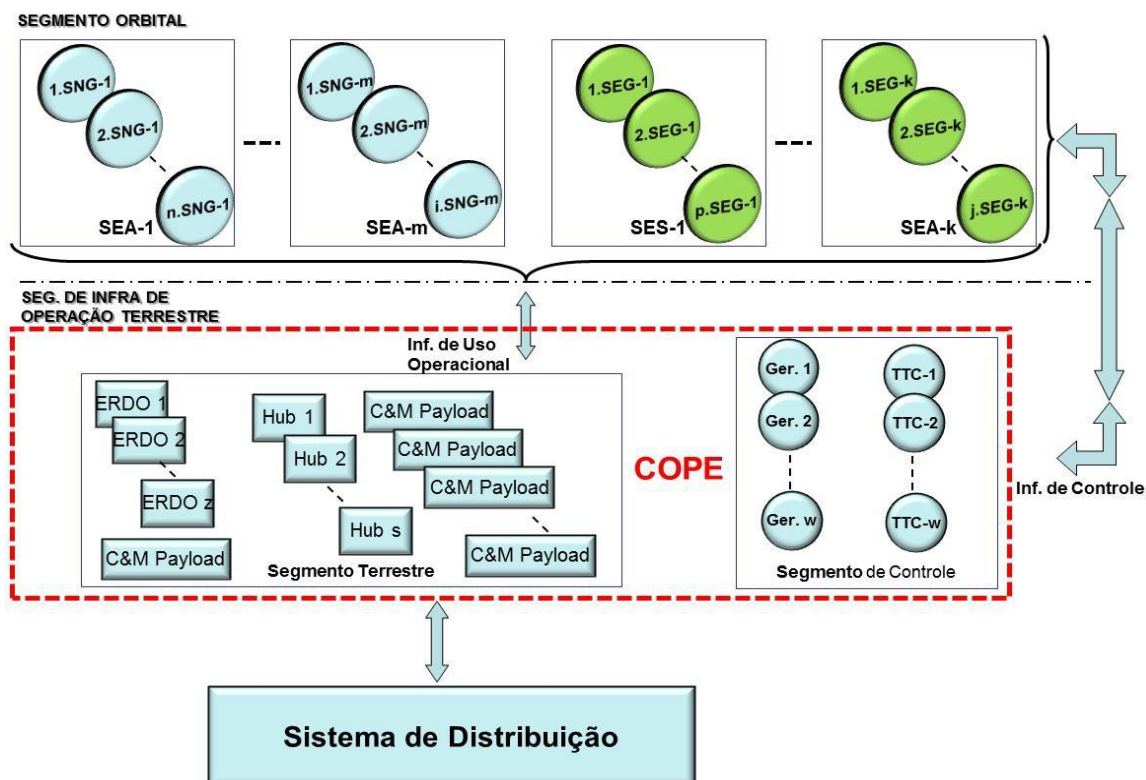
A arquitetura do PESE está organizada em três grandes componentes: o Segmento Espacial, o Segmento de Infraestrutura Terrestre e os Produtos do Programa (PP). Essa estrutura busca garantir o domínio de todo o ciclo funcional das operações espaciais, da coleta de dados à distribuição de serviços, sob controle nacional.

O Segmento Orbital do PESE compreende os Sistemas Espaciais Não-Geoestacionários (SNG) e os Sistemas Espaciais Geoestacionários (SEG). Os SNG abrangem satélites ou constelações em órbitas baixas, médias ou altamente elípticas, podendo incluir também satélites táticos manobráveis e até aeronaves remotamente pilotadas. Já os SEG correspondem a satélites

ou constelações em órbita geoestacionária. Esses dois grupos integram arquiteturas escalonáveis — SEA (Arquitetura Escalonável para SNG) e SES (Arquitetura Escalonável para SEG) — projetadas para atender às demandas dos Produtos do PESE (PP), como comunicações estratégicas, observação da Terra, posicionamento, meteorologia, mapeamento de informações e monitoramento do espaço (Brasil, 2018b).

O Segmento de Infraestrutura de Operação Terrestre é responsável pelo controle dos sistemas orbitais e pela recepção, processamento e distribuição das informações geradas. Esse segmento inclui o Centro de Operações Espaciais (COPE), que se divide em dois: o Segmento de Controle, encarregado da navegação e do gerenciamento remoto dos satélites, e o Segmento Terrestre, responsável pelo tráfego de dados entre os satélites e as Estações Remotas de Dados Orbitais (ERDO). A estrutura também prevê um COPE Secundário (COPE-S), instalado em local distinto, com função de contingência. Complementando esse arranjo, o Sistema de Distribuição garante que os dados processados sejam entregues aos usuários estratégicos e que estes possam enviar suas demandas ao sistema conforme prioridades operacionais (Brasil, 2018b). A Figura 10 ilustra a infraestrutura necessária para o controle do Segmento Espacial.

Figura 10 – Arquitetura lógica dos sistemas espaciais do PESE.



Fonte: Brasil, 2018b, p. 21.

A partir da infraestrutura apresentada na Figura 10, Demenicis (2018) exemplifica que o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) atende tanto ao público civil, por meio da operação da Telebras, quanto às Forças Armadas para apoiar operações militares. A autora descreve que o satélite é controlado nas instalações do COPE e tem o objetivo de prover conectividade em banda larga no território nacional, assegurar comunicações estratégicas ao governo federal e atender às demandas operacionais do Ministério da Defesa.

Os projetos do PESE estão organizados a partir de um conjunto de produtos definidos como prioritários, denominados Produtos do PESE (PP). Cada produto representa uma capacidade funcional a ser desenvolvida com base em sistemas espaciais, buscando atender a necessidades estratégicas da Defesa Nacional e, quando possível, gerar aplicações de uso dual. A formulação e priorização dos projetos seguem a metodologia *Top-Down*, isto é, os requisitos técnicos de sistemas espaciais são definidos a partir dos produtos desejados (Brasil, 2018b). Andrade *et al.* (2021) apontam que o PESE tem potencial para alavancar o setor industrial brasileiro ao estimular a nacionalização de sistemas e a transferência de tecnologias. O programa pode gerar oportunidades para empresas nacionais ao ampliar a demanda por serviços e produtos relacionados a satélites, contribuindo para a consolidação de capacidades produtivas alinhadas às necessidades do Estado.

Entre os produtos definidos no escopo do PESE destacam-se: comunicações estratégicas seguras, observação da Terra, meteorologia, navegação e posicionamento, alertas ambientais, dados meteorológicos e monitoramento do espaço. Cada um desses produtos corresponde a um conjunto de funcionalidades operacionais a serem viabilizadas por meio do desenvolvimento e operação de satélites, cargas úteis e infraestrutura terrestre associada. A partir desses produtos, foram definidos projetos sistêmicos que incluem constelações específicas, como o Carponis, voltado ao sensoriamento remoto óptico de alta resolução; o Lessonia, destinado à observação com radar de abertura sintética; o Atticora, com foco em comunicações táticas, exploração de sinais e navegação; e o Calidris, associado a comunicações estratégicas e meteorologia espacial. Esses projetos integram uma constelação planejada de sistemas orbitais com arquiteturas complementares e interoperáveis, associadas a plataformas de comando, controle e processamento sob domínio nacional (Brasil, 2018b).

Andrade *et al.* (2021) complementa que as constelações específicas podem ser integradas a estruturas já existentes, como o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), responsável pela vigilância de fronteiras; o Sistema de Gerenciamento da

Amazônia Azul (SisGAAz), empregado em atividades de monitoramento marítimo; o Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), dedicado à defesa aeroespacial. A integração prevista permite que produtos gerados pelas constelações atendam simultaneamente a funções de observação, comunicações, posicionamento e monitoramento.

Os projetos do PESE também envolvem o desenvolvimento e nacionalização de plataformas espaciais, subsistemas críticos e sistemas de controle e operação, em articulação com o setor industrial e científico. A abordagem visa garantir que o país avance em graus crescentes de autonomia tecnológica, domínio de engenharia de sistemas e capacidade de inovação, reduzindo a dependência externa em áreas sensíveis à soberania (Brasil, 2018b).

Andrade *et al.* (2021) indicam que os avanços do PESE dependem da superação das discontinuidades orçamentárias e aprimoramento na governança do setor espacial. Assinalam ainda que a melhoria contínua da coordenação interna e a integração entre os órgãos envolvidos são condições necessárias para evitar novos ajustes no cronograma e aprimorar a execução dos projetos previstos no programa.

O Capítulo 3 aprofunda a discussão sobre inovação no setor espacial, apresenta a redução de custos de lançamento, o papel operacional do Centro de Operações Espaciais (COPE) no contexto do PESE, a sistematização de demandas realizada pelo CDPEB através do Grupo Técnico (GT) 15, a cadeia de valor do setor e a integração geoespacial coordenada pela Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO).

3 INOVAÇÃO NO SETOR ESPACIAL

A inovação é apresentada no PNAE como essência do setor espacial brasileiro, com impactos que se estendem a diferentes segmentos econômicos devido às múltiplas aplicações das tecnologias espaciais. O documento ressalta que os investimentos em novas tecnologias devem estar associados a aplicações orientadas pelo mercado, de modo a garantir a sustentabilidade dos negócios resultantes desse esforço. Também aponta o papel do Estado na definição de rotas tecnológicas alinhadas aos segmentos estratégicos e na criação de condições favoráveis à inovação, o que inclui financiamento, programas de pesquisa, alinhamento institucional e incentivo ao empreendedorismo. As instituições públicas e privadas são orientadas a direcionar suas ações para gerar as sinergias necessárias ao ambiente de inovação (Brasil, 2022c).

Na formulação original de Schumpeter (1997), a inovação é compreendida como um fenômeno que rompe a trajetória estável associada ao fluxo circular da economia, ao introduzir novas formas de combinar recursos produtivos. O desenvolvimento não se explica por ajustes a mudanças externas nos dados econômicos, mas por transformações que surgem dentro do próprio sistema e que alteram sua estrutura de forma descontínua. Essas mudanças internas constituem o núcleo do processo desenvolvimentista, distinguindo-se das adaptações graduais que apenas preservam a trajetória existente. Esse conjunto de transformações decorre da atuação do agente empreendedor, responsável por reorganizar os meios de produção e promover combinações inéditas que modificam padrões de oferta, métodos produtivos ou estruturas de mercado. A inovação, nessa perspectiva, assume caráter transformador, pois altera permanentemente as condições vigentes, mobiliza recursos já existentes de maneiras distintas e desencadeia ciclos de expansão associados à difusão das novas combinações. Com a distinção das transformações internas das simples respostas a mudanças externas nos dados, Schumpeter identifica no primeiro caso o mecanismo capaz de produzir as rupturas que caracterizam o desenvolvimento econômico, vinculando esse processo à inovação como força apta a introduzir descontinuidades e redefinir a dinâmica industrial (Schumpeter, 1997).

Segundo Dewes (2012), já na década de 1920, observava-se a internalização das atividades científicas e inventivas nas grandes empresas, impulsionada pelo fortalecimento de departamentos corporativos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e pela formação de redes de laboratórios pertencentes a universidades, empresas e governo. Nesse contexto, a inovação passa a ser compreendida como um processo complexo e interativo, no qual sistemas científicos, tecnológicos e sociais coevoluem, articulando-se com o papel crescente do Estado

na promoção e estímulo às atividades de ciência, tecnologia e inovação (Dewes, 2012).

Dewes (2012) descreve a transição da inovação fechada para a inovação aberta como um movimento observado em diversos setores, no qual as empresas passam a ampliar o escopo de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento para além dos recursos internos. Essa abordagem envolve novos arranjos de relacionamento com outras organizações a partir de mudanças associadas à crescente complexidade tecnológica e aos elevados custos de pesquisa, que tornam necessária a descentralização das atividades de P&D e a interação com múltiplos agentes externos (Dewes, 2012).

A complexidade tecnológica do setor espacial é relatada por Ferreira e Neris Jr. (2016), que caracterizam o setor como sendo de elevado dinamismo, no qual as demandas por comunicação, monitoramento, sistemas de geoposicionamento e aplicações de defesa impulsionam a busca por equipamentos mais avançados, precisos e de menor custo. Satélites e veículos lançadores estão permanentemente na fronteira tecnológica, onde há necessidade de processos de desenvolvimento complexos e inovadores, baseados em múltiplas disciplinas científicas e de engenharia. Nesse ambiente, as empresas dependem de ciclos contínuos de capacitação e de mecanismos de aprendizagem para lidar com os longos ciclos de desenvolvimento e a elevada complexidade dos produtos espaciais (Ferreira e Neris Jr., 2016).

O setor espacial passa por uma transformação sem precedentes, impulsionada pelo avanço da tecnologia e pela crescente participação do setor privado. A economia espacial, que antes era dominada por iniciativas governamentais, hoje vê empresas privadas que desempenham um papel central na corrida pelo acesso ao espaço (McKinsey, 2023). Com a redução dos custos de lançamento e o aumento da demanda por satélites para diversas aplicações, surge uma questão fundamental: a indústria caminha para um excesso de oferta ou para uma escassez de capacidade de lançamento.

No ano de 2023, havia cerca de 7.500 satélites ativos em órbita, e essa quantidade cresce rapidamente, com uma média de 50 novos lançamentos por semana. Esse crescimento exponencial é impulsionado tanto pelo setor privado quanto por governos, que utilizam essas constelações para sensoriamento remoto, telecomunicações, navegação e segurança nacional (McKinsey, 2023). A *SpaceX* é uma empresa norte-americana fundada em 2002, dedicada a projetar, fabricar e lançar foguetes e espaçonaves. Além dessas atividades, a companhia opera a constelação de satélites *Starlink*, utilizada para oferecer serviços globais de internet de alta velocidade (Shaengchart e Kraiwanit, 2023). Empresas como *SpaceX* lideram o desenvolvimento de constelações de satélites, projetadas para fornecer internet de banda larga

e outros serviços inovadores a nível global (McKinsey, 2023).

No caso do segmento de comunicações via satélite, a expansão recente tem sido alavancada pela rápida multiplicação das constelações em órbita baixa e pela intensificação da competição privada, a exemplo da própria *SpaceX*, que desde 2019 lançou mais de 3.000 satélites *Starlink* em órbita da Terra (Shaengchart e Kraiwanit, 2023). Paralelamente, análises históricas indicam que a trajetória de redução de custos de acesso ao espaço modificou significativamente a dinâmica setorial através da inovação do setor em virtude da entrada de novos atores e a adoção de modelos industriais mais competitivos (Jones, 2018).

Diante desse cenário, a McKinsey (2023) projeta três possíveis desdobramentos até 2030, que variam conforme a quantidade de satélites lançados e suas características:

1) Cenário otimista: Estima-se que cerca de 67.000 satélites estarão em operação, cada um com uma massa média de uma tonelada e vida útil inferior a seis anos. Esse cenário pressupõe uma expansão acelerada do setor espacial, com uma grande demanda por lançamentos de alta capacidade, incluindo missões voltadas para estações espaciais e exploração além da órbita terrestre.

2) Cenário base: A projeção gira em torno de 24.000 satélites em operação, com uma massa média de 870 kg e vida útil um pouco superior a seis anos. Esse cenário reflete um crescimento mais moderado da indústria espacial, com um equilíbrio entre demanda e oferta de lançamentos.

3) Cenário conservador: Considera a presença de aproximadamente 18.000 satélites, cada um com uma massa média de 540 kg e uma vida útil estendida para quase oito anos. Esse cenário implica uma redução na frequência de lançamentos devido à maior durabilidade dos satélites e menor crescimento na demanda por serviços espaciais.

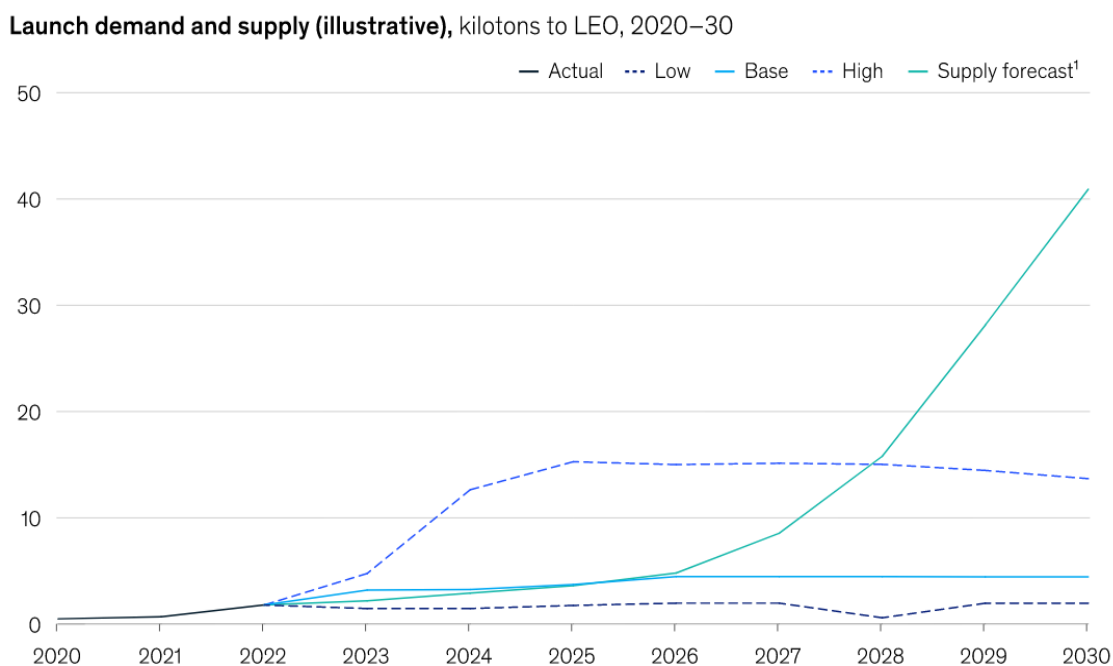
A curto prazo, a indústria pode enfrentar uma escassez de capacidade, devido à aposentadoria de alguns veículos de lançamento e à alta demanda por espaços nos foguetes existentes. No longo prazo, porém, a tendência pode se inverter, com o risco de ocorrer um excesso de oferta, principalmente se veículos de próxima geração, como o *Starship* da *SpaceX*, atingirem suas metas de reutilização e frequência de lançamento. O *Starship* é um veículo de grande porte projetado para ser totalmente reutilizável e capaz de levar cargas muito pesadas à órbita baixa, (McKinsey, 2023; Herberhold *et al.*, 2025).

Dessa forma, os provedores de lançamento enfrentam o desafio de equilibrar oportunidades de curto prazo com a necessidade de manter custos sob controle. Empresas do setor precisam adotar modelos de negócios flexíveis, que permitam rápida adaptação às

mudanças na demanda. O sucesso na economia espacial dependerá da capacidade de inovar, escalar operações e otimizar custos, a fim de garantir competitividade em um ambiente de negócios dinâmico e cada vez mais acessível (McKinsey, 2023).

A Figura 11 compila as informações de oferta e demanda, de modo que observa-se que em curto prazo, pode haver um deficit de capacidade de lançamento a fim de atender a demanda mundial corrente. No entanto, em longo prazo, pode-se haver excesso de oferta, uma vez que as constelações já estariam implementadas e somente necessitariam de serem substituídas a medida que a vida útil dos seus respectivos satélites fossem atingidas. A evolução recente da oferta e da demanda por lançamentos evidencia que o setor passa por mudanças estruturais influenciadas pela entrada de novos veículos, pela reutilização e pela maturação das constelações.

Figura 11 – Demanda e oferta para lançamentos de artefatos espaciais em órbita baixa.



Fonte: McKinsey, 2023.

Nota 1: Os dados não incluem lançamentos da Rússia e da China; a projeção de oferta considera o veículo *Starship*.

Os arranjos institucionais compostos por múltiplos atores públicos e privados, cujas interações estruturam a produção, difusão e uso de conhecimento são retomados por Mazzucato e Robinson (2018) a partir da literatura de sistemas de inovação. Esses sistemas são definidos como aqueles que podem assumir configurações nacionais, locais ou setoriais, envolvendo vínculos dinâmicos entre instituições, firmas, financiadores, organismos

reguladores e intermediários. Nesse contexto, a Seção 3.1, examinam-se os fatores que refletem na redução dos custos de lançamento e na ampliação do acesso ao espaço. Na Seção 3.2 apresenta-se o aparato operacional que o COPE representa no contexto da inovação que o PESE propõe. Na Seção 3.3, examina-se a identificação das demandas espaciais existentes no Poder Executivo Federal, elaboradas pelo GT-15 do CDPEB. Na Seção 3.4, discute-se a cadeia de valor no setor espacial, sua organização em fluxos capazes de estruturar a criação, distribuição e captura de valor. Por fim, na Seção 3.5, apresenta-se o papel da Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO) na governança de dados espaciais, sua importância para a padronização, integração e uso coordenado de informações geoespaciais no âmbito federal.

3.1 A redução dos custos envolvidos para lançamento de artefatos espaciais

A redução dos custos de acesso ao espaço tem sido impulsionada por mudanças estruturais no mercado de lançadores, especialmente pela entrada de empresas comerciais que romperam modelos tradicionais e introduziram maior eficiência tecnológica e gerencial. Conforme apresentado por Kang *et al.* (2025), a competição crescente favoreceu a adoção de práticas mais ágeis e econômicas, enquanto avanços recentes em reutilização de veículos lançadores reabriram o debate sobre a viabilidade econômica de sistemas recuperáveis. A experiência acumulada nas últimas décadas mostra que a redução de custos não depende apenas da tecnologia de reuso, mas também de fatores como frequência de lançamentos, arquitetura dos veículos e esforço de desenvolvimento.

Em seu estudo, Jones (2018) apresenta como os custos de lançamento por quilograma de carga útil, destinados ao abastecimento e apoio à Estação Espacial Internacional (ISS), sofreram reduções significativas entre os programas *Space Shuttle* e *Falcon 9 plus Dragon*. O *Space Shuttle* era um veículo espacial reutilizável capaz de transportar simultaneamente carga e tripulação para a órbita baixa, com um compartimento de carga de grandes dimensões e capacidade de sustentar tripulação por semanas em órbita. Cada missão custava cerca de US\$ 1,697 bilhão, entregando aproximadamente 16.050 kg à ISS, resultando em um custo de cerca de US\$ 105,8 mil por quilograma. Já o *Falcon 9*, desenvolvido pela *SpaceX*, é um foguete orbital de médio porte projetado com nove motores idênticos e com parcial reutilização. Em conjunto com a cápsula *Dragon*, utilizada para transporte de carga e tripulação e para o retorno de materiais à Terra, o sistema apresenta um custo de aproximadamente US\$ 150 milhões por lançamento, capaz de entregar 6.000 kg à ISS, a um custo próximo de US\$ 25 mil

por quilograma.

A diferença entre os dois sistemas apresenta uma redução expressiva nos custos de acesso ao espaço, conforme sintetizado na Tabela 6. Embora o *Space Shuttle* oferecesse elevada capacidade de transporte e um compartimento de carga de grandes dimensões, sua complexidade operacional e seus altos custos por missão limitaram sua eficiência. O *Falcon 9*, por sua vez, apresenta um modelo de engenharia simplificado, caracterizado pelo uso de motores idênticos e por um projeto voltado à reutilização, o que contribuiu para custos substancialmente menores. Em conjunto com a cápsula *Dragon*, capaz de realizar transporte de carga, o sistema alcança valores por quilograma sensivelmente inferiores aos do programa *Shuttle*, resultando em uma redução de custos da ordem de quatro vezes no transporte de cargas à ISS (Jones, 2018).

Tabela 6 – Comparativo de custo de lançamento por quilograma de carga útil para abastecimento da ISS.

Sistema	Shuttle	Falcon 9 plus Dragon
Custo total por lançamento (US\$ milhões)	1.697	150
Massa da carga transportada para a ISS (kg)	16.050	6.000
Custo do kg transportado (US\$ mil/kg)	105,8	25

Fonte: Jones, 2018, p. 3, adaptado pelo autor.

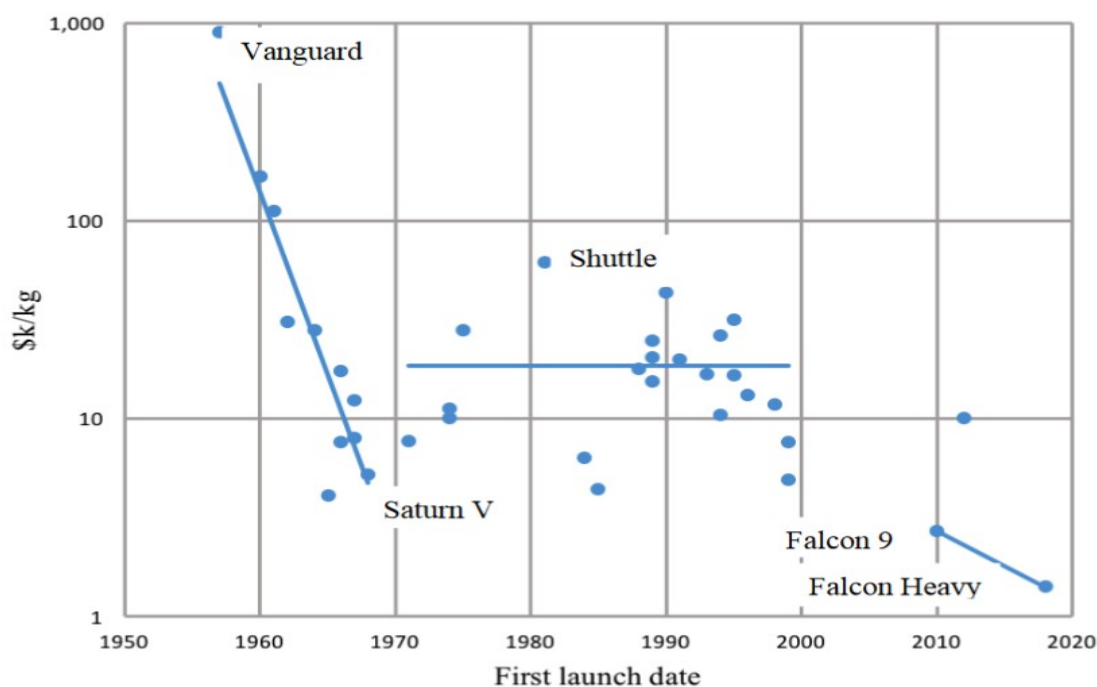
Ao longo da história, os custos de lançamento por quilograma para a Órbita Baixa da Terra (LEO) variaram amplamente. Segundo (Jones, 2018), o foguete Vanguard, um dos primeiros sistemas de lançamento, chegou a custar US\$ 894.700 por quilograma transportado. Com a introdução do Saturn V, utilizado no programa Apollo, esse custo caiu drasticamente para US\$ 5.200/kg, tornando-se um dos sistemas mais eficientes de sua época. No entanto, a era dos ônibus espaciais representou um retrocesso em termos de custo-benefício, atingindo valores da ordem de US\$ 61.700/kg, sendo um dos sistemas mais dispendiosos já operados.

Durante as décadas de 1970 a 2000, o custo médio de lançamento para órbita LEO permaneceu relativamente constante, em torno de US\$ 18.500/kg. Esse comportamento foi uma consequência de limitações técnicas e institucionais que dificultaram ganhos de eficiência, como a falta de atualização de tecnologias complexas e a manutenção de baixas taxas anuais de lançamento. No plano institucional, barreiras culturais e organizacionais impediram a adoção de melhorias potenciais, em um ambiente dominado por programas governamentais que operavam sem incentivos econômicos claros para reduzir custos ou aumentar produtividade. Esses elementos contribuíram para um longo período de estagnação

dos custos de acesso ao espaço (Jones, 2018).

A queda expressiva nos custos se materializou com a introdução de novos lançadores comerciais, especialmente a partir do *Falcon 9*. Segundo Jones (2018), o *Falcon 9* apresenta um custo de aproximadamente US\$ 2.720 por quilograma para LEO, enquanto o *Falcon Heavy* reduz ainda mais esse valor para cerca de US\$ 1.400/kg, conforme representado na Figura 12. Esses números contrastam fortemente com os cerca de US\$ 61.700/kg do ônibus espacial, onde conclui-se uma redução de ordem de magnitude nos custos para lançamentos em órbita LEO. No caso das missões para a ISS, o custo caiu de US\$ 105.800/kg com o *Shuttle* para US\$ 25.000/kg com o *Falcon 9* acoplado à cápsula *Dragon*. Demonstra-se então que a entrada do setor privado e o uso de tecnologias reutilizáveis inauguraram uma nova fase de competitividade e eficiência no acesso ao espaço.

Figura 12 – Custo de lançamento por quilograma para a órbita LEO em função da data do primeiro lançamento.



Fonte: Jones, 2018, p. 2.

O impacto dessa transformação ultrapassa o domínio estritamente aeroespacial. A expressiva redução dos custos tem possibilitado novas oportunidades econômicas, especialmente com a expansão da indústria de satélites e o fortalecimento da infraestrutura global de telecomunicações (McKinsey, 2023). A redução das barreiras financeiras também favorece a entrada de *startups* e novos atores no setor, o que provoca a ampliação do ambiente de inovação e diversificação da base de participantes no mercado espacial (Adilov *et al.*,

2022; McKinsey, 2023).

A significativa redução dos custos de lançamento espacial nas últimas décadas não pode ser atribuída a um único fator, mas sim a uma combinação de avanços técnicos e mudanças institucionais (Jones, 2018). Historicamente, os altos custos eram justificados por uma abordagem voltada à maximização da performance, herdada do desenvolvimento de mísseis balísticos, o que resultou em sistemas extremamente sofisticados, porém pouco orientados à eficiência econômica (Jones, 2018). Além disso, a ausência de concorrência real no setor aeroespacial e a predominância de programas governamentais criaram um ambiente de inércia, no qual os incentivos para inovação em custo eram limitados (Kang *et al.*, 2025; Jones, 2018). A entrada de empresas privadas desafiou esse modelo e introduziu novas práticas de engenharia e gestão que remodelaram a economia do setor, abrindo caminho para um contexto mais competitivo e eficiente (McKinsey, 2023; Adilov *et al.*, 2022).

No campo técnico, diversas tentativas de redução de custos foram propostas ao longo do tempo, mas poucas tiveram sucesso prático. A reutilização de veículos espaciais, por exemplo, sempre foi vista como uma solução promissora, mas a experiência do ônibus espacial demonstrou que, sem um projeto otimizado para reuso, os custos de manutenção e preparação para novos lançamentos podem superar as economias pretendidas. O modelo da *SpaceX*, em contrapartida, conseguiu atingir a reutilização de forma eficiente, e assim, reduziu significativamente o custo por lançamento. Outra estratégia fundamental foi a simplificação dos veículos lançadores. Tradicionalmente, foguetes eram projetados para obter o máximo desempenho, muitas vezes ao abrir mão da robustez e da economia. No caso do Falcon 9, a padronização de componentes, como o uso de nove motores idênticos, favoreceu a redução de custos de produção e operação (Jones, 2018).

Entretanto, os principais obstáculos à redução dos custos não eram apenas técnicos, mas também institucionais. Durante décadas, os lançamentos espaciais foram realizados predominantemente por programas governamentais estruturados em modelos tradicionais de contratação do tipo *cost-plus*, nos quais o governo arcava integralmente com os custos incorridos pelo fornecedor, acrescidos de uma margem de lucro. Nesse arranjo, qualquer aumento de despesa era simplesmente repassado ao contratante, de modo que os fornecedores não tinham incentivos claros para reduzir gastos ou adotar práticas mais eficientes. Essa estrutura institucional, combinada com baixa competição e com organizações pouco orientadas a ganhos de produtividade, dificultou a implementação de melhorias que poderiam ter reduzido os custos de acesso ao espaço e contribuiu para o período de estagnação (Jones,

2018).

A chegada de novos concorrentes, especialmente a *SpaceX*, alterou de forma significativa a dinâmica do setor ao introduzir abordagens que possibilitaram reduções expressivas nos custos de lançamento. Conforme Jones (2018), a combinação entre simplicidade de *design*, padronização de componentes e implementação prática da reutilização permitiu diminuir substancialmente o custo por quilograma colocado em órbita em comparação aos modelos tradicionais. No plano institucional, Kang *et al.* (2025) destacam que a entrada de empresas comerciais remodelou um mercado historicamente pouco competitivo e criou incentivos mais claros para eficiência e inovação. Esse movimento também ampliou o acesso de novos atores ao setor, uma vez que a redução dos custos tende a democratizar a participação de empresas emergentes e operadores menores (Adilov *et al.*, 2022). Em paralelo, a expansão da atividade comercial e o crescimento acelerado das constelações de satélites reforçam que a queda de custos contribuiu para transformar o setor espacial em um ambiente mais dinâmico e orientado à eficiência, com impactos diretos sobre os modelos de negócio e a estrutura industrial (McKinsey, 2023).

A redução dos custos de lançamento, motivada por avanços técnicos e arranjos institucionais mais eficientes, ampliou a escala e a complexidade das operações espaciais. Com a expansão de constelações e serviços orbitais, cresce também a necessidade de estruturas nacionais capazes de monitorar e controlar sistemas em operação. No Brasil, dentre as estruturas nacionais criadas com esse objetivo há o Centro de Operações Espaciais (COPE), estruturado no âmbito do Ministério da Defesa e contemplado pelo Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE).

3.2 O Centro de Operações Espaciais (COPE)

O Centro de Operações Espaciais (COPE) tem como finalidade planejar e executar o controle e o emprego dos sistemas espaciais, além de gerenciar e coordenar as ações necessárias à manutenção da segurança nas operações desses sistemas. Foi institucionalizado por meio do acordo nº 001/2014, firmado entre a Telebras e o Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER), com a anuência do Ministério da Defesa, tendo como objetivo a construção e implantação em área militar (Oliveira, 2020). Sua concepção inicial está diretamente ligada à necessidade de implantação do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), conforme estabelecido pelo Decreto nº 7.769, de 28 de junho de 2012, que previa, entre outras providências, a implantação da infraestrutura de solo para controle e

operação do segmento orbital do SGDC (Brasil, 2012). Localizado em Brasília e subordinado ao COMAE, o COPE é responsável pela operação de plataformas satelitais, cargas úteis e segmentos de solo vinculados ao Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), incluindo satélites geoestacionários de aplicação dual e satélites não-geoestacionários. (Brasil, 2018b).

A linha de consolidação institucional do projeto se estruturou em três marcos principais: a assinatura do Acordo de Cooperação nº 001/2014, que estabeleceu as bases para a construção e implantação do Núcleo do Centro de Operações Espaciais (NuCOPE) (Oliveira, 2020); o lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC), ocorrido em 4 de maio de 2017, conforme previsto no Decreto nº 7.769, de 28 de junho de 2012 (Brasil, 2012); e a inauguração oficial do COPE, realizada em 23 de junho de 2020, conforme apresentado na Figura 13 (Jornal Grande Bahia, 2020).

Figura 13 – Cerimônia de inauguração do COPE em 23 de junho de 2020.



Fonte: Jornal Grande Bahia, 2020.

Ainda que não o mencionem nominalmente, documentos como a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), a Estratégia Nacional de Defesa (END), o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2022–2031), o Conselho Nacional do Espaço (CNE) e o Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) convergem na formulação de diretrizes que justificam e amparam a criação de uma

infraestrutura com as atribuições hoje desempenhadas pelo COPE. Essa sinergia entre documentos estratégicos e diretrizes institucionais ampara a criação de uma infraestrutura com as atribuições hoje desempenhadas pelo COPE. Ela contribui diretamente para a inovação na operação dual (civil e militar) de sistemas orbitais e a necessidade de articulação institucional entre os diversos atores estatais responsáveis pelas atividades espaciais.

Tal ecossistema, fruto da sinergia interministerial (entre o Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação) e que caracteriza a governança do setor espacial brasileiro, converge para elementos presentes nos principais instrumentos e iniciativas de política pública recentes: a busca pela autonomia nacional na operação e gestão de sistemas espaciais, evidenciada na ênfase à soberania tecnológica e operacional do SGDC (Brasil, 2022c; Demenicis, 2018); a adoção de modelos de uso dual (civil e militar) que visam maximizar retornos estratégicos e sociais a partir de uma mesma infraestrutura orbital (Brasil, 2018b; Oliveira, 2020); e a articulação entre diferentes órgãos estatais (Brasil, 2022c), expressa na própria constituição do COPE como centro conjunto das três Forças Armadas em cooperação com a Telebras (Oliveira, 2020).

As instalações do COPE seguem uma lógica escalável e redundante, detalhada no PESE, dividida em dois grandes segmentos: o Segmento de Controle e o Segmento Terrestre, ambos integrados à infraestrutura do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) (Brasil, 2018b). O COPE é composto por salas de controle operacional, ambientes técnicos com climatização redundante, geradores de energia, áreas de segurança cibernética e redes segregadas para as aplicações de Defesa e civis (Oliveira, 2020).

O Segmento de Controle é responsável pelo domínio orbital e funcional dos satélites. Compreende as atividades de navegação, execução de manobras, monitoramento de parâmetros e ativação dos sistemas embarcados. Abriga o Centro de Controle de Satélites, equipado com estações de Telemetria, Rastreamento e Comando (TT&C), *softwares* dedicados ao planejamento de missão e gestão de órbita. Esse segmento assegura o controle contínuo do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) e de outros satélites de interesse da Defesa, como os sensores ópticos e de radar no escopo do PESE (Oliveira, 2020).

Já o Segmento Terrestre compreende os subsistemas que viabilizam o intercâmbio de dados entre os satélites e a superfície. Nessa função, destaca-se o Conjunto de Antenas de Banda X e Ka, com capacidade de transmissão (*uplink*) e recepção (*downlink*), bem como o conjunto de servidores e enlaces seguros que suportam a rede lógica de comunicação com os

terminais do Ministério da Defesa e da Telebras (Demenicis, 2018). A comunicação com o SGDC é realizada prioritariamente por meio das antenas de Banda X (uso militar) e Banda Ka (uso civil), cuja operação é compartilhada entre o Ministério da Defesa e a Telebras. Essas antenas, ilustradas na Figura 14, fazem parte de um subsistema de comunicações em ambiente controlado, com redundância física e lógica para garantir disponibilidade total. Segundo o Demenicis (2018), esse segmento também incorpora os sistemas de climatização, fornecimento de energia autônoma, redundância de dados e protocolos de segurança cibernética e física, todos instalados em ambiente de alta disponibilidade e com certificação de resiliência compatível com instalações de missão crítica.

Figura 14 – Antena do COPE, responsável pela comunicação com o SGDC, operada no Segmento Terrestre sob coordenação conjunta do Ministério da Defesa e da Telebras.



S2 A. Soares / Força Aérea Brasileira

Fonte: Brasil, 2020b.

A arquitetura do COPE prevê ainda a existência do COPE Secundário (COPE-S), instalado em local distinto com alto grau de automação e capacidade de assumir, remotamente, todas as funções do centro principal em caso de contingência. O COPE-S, representado na Figura 15, está localizado em outro ponto geográfico, na cidade do Rio de Janeiro-RJ, e possui grau elevado de automação, com número reduzido de operadores

humanos. Ele foi projetado para garantir continuidade total das funções críticas do centro principal em situações de contingência, como falhas sistêmicas ou ameaças à segurança física ou cibernética da unidade principal (Oliveira, 2020). Esse arranjo garante a continuidade de missão e atende ao princípio de redundância operacional estabelecido no projeto original do SGDC (Brasil, 2012; Brasil, 2018b).

Figura 15 – Instalações do COPE-S, no Rio de Janeiro - RJ



Fonte: Brasil, 2018a.

No eixo da capacitação, o COPE se tornou um polo nacional de formação de operadores e especialistas em controle satelital. Desde a fase pré-operacional, a Força Aérea Brasileira enviou militares para capacitação em centros especializados de diversos países, entre os quais destacam-se: *Thales Alenia Space* (França), *MDA Space* (Canadá), *ImageSat* (Israel), *GSOC – German Space Operations Center* (Alemanha), *FACH – Fuerza Aérea de Chile* (Chile), *NPS – Naval Postgraduate School* (Estados Unidos da América) e o centro de operações da Aeronáutica Militar Italiana em Roma. Além disso, foi criado o Curso de Ambientação em Sistemas Espaciais (CASE), voltado à formação interna e contínua dos quadros operacionais (Oliveira, 2020). De acordo com Demenicis (2018), o domínio de pessoal técnico especializado é condição indispensável para o exercício pleno da soberania espacial, uma vez que o domínio de capacidades operacionais e tecnológicas próprias é

apontado como condição indispensável para a autonomia nacional.

A consolidação do COPE como centro autônomo de controle de sistemas espaciais traduz um modelo institucional inovador, que articula governança compartilhada, capacitação nacional e independência operacional. Sua estrutura civil-militar, a interoperabilidade com órgãos civis como a Telebras e o domínio integral da operação do SGDC refletem a convergência entre as diretrizes do PESE, PNAE e os objetivos de longo prazo estabelecidos desde a PNDAE.

Dada a apresentação do aparato operacional que o COPE representa no contexto da inovação que o PESE propõe, o capítulo avança para a Seção 3.3 em direção a um eixo distinto da inovação no setor: a identificação, pelo GT-15 do CDPEB, das demandas espaciais existentes no Poder Executivo Federal, elemento fundamental para compreender como diferentes órgãos estruturam suas necessidades e prioridades em matéria espacial.

3.3 Demandas no poder Executivo Federal: O GT-15 do CDPEB

Atores governamentais não apenas utilizam aplicações tecnológicas, mas participam de redes institucionais nas quais a produção, difusão e uso do conhecimento são estruturados por interações entre diversos agentes. Segundo Mazzucato e Robinson (2018), o processo inovativo é moldado pela atuação conjunta de múltiplos atores, incluindo empresas, organizações de pesquisa e agências públicas.

O PNAE 2022–2031 estabelece que o planejamento das atividades espaciais deve considerar as necessidades da sociedade e das políticas públicas em execução, dado que diversos setores dependem de bens e serviços orbitais para desempenhar suas funções. A Dimensão Setorial do PNAE apresenta iniciativas e carteiras de missões associadas a áreas tais como observação da Terra, meio ambiente, meteorologia, comunicações, segurança e defesa civil entre aquelas que utilizam aplicações espaciais. A incorporação dessas necessidades ao planejamento contribui para organizar programas setoriais, orientar prioridades e estruturar missões em coerência com as políticas públicas atendidas pelo PEB (Brasil, 2022c).

O levantamento apresentado por Brasil (2009) demonstra que, em 2007, órgãos federais possuíam demandas espaciais essenciais não supridas pelo PEB. Embrapa, INMET, Ibama, Caixa Econômica Federal e Casa Civil dependiam de satélites estrangeiros para mapeamento ambiental, monitoramento de queimadas e desmatamentos, previsão do tempo e acompanhamento de obras públicas, conforme detalhado na Tabela 7.

Tabela 7 – Exemplos de demandas governamentais não atendidas pelo PEB em 2007

Instituição	Demandas	Forma de atendimento e origem
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)	Mapeamento e Caracterização da Vegetação	Satélites norte-americanos da <i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i> (NOAA).
		Satélites europeus SPOT operados pela empresa SPOT-Image.
	Acompanhamento do uso da terra e Estimativas de Fitomassa	Satélites norte-americanos da NOAA.
		Satélites norte-americanos Landsat
Monitoramento Orbital de Queimadas	Satélites norte-americanos da NOAA.	
Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)	Previsão do tempo com apoio de dados e imagens de satélites	Satélite chinês FENG YUN
		Satélites norte-americanos GOES, operados pela NOAA
		Satélites europeus operados pela <i>European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites</i> (EUMETSAT)
		Satélites japoneses operados pela <i>Japan Meteorological Agency</i> (JMA)
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama)	Monitoramento Orbital de Desmatamentos de elevada acurácia	Satélite japonês Daichi
Caixa Econômica Federal	Acompanhamento da Execução do Programa Minha Casa, Minha Vida	Imagens de alta resolução fornecidas pelo satélite IKONOS (EUA).
Casa Civil e Gabinete de Segurança Institucional	Acompanhamento da Execução de Obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)	Imagens de alta resolução fornecidas pelos satélites comerciais EROS (Israel), IKONOS (EUA) e Quickbird (EUA).
Ministério das Comunicações	Programa de inclusão digital GESAC (Governo Eletrônico – Serviço de Atendimento ao Cidadão)	Satélites europeus <i>Star One C1</i> e <i>C2</i> (banda C), operados por consórcio de empresas e pela Embratel
Ministério da Defesa	Sistemas de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS)	Satélites europeus <i>Star One C1</i> e <i>C2</i> (bandas X e C), operados pela Embratel

Fonte: Brasil, 2009, p. 75, *apud* Ribeiro, 2007.

No ano de 2019, a AEB publicou o relatório denominado de “Demandas Nacionais ao Setor Espacial”, dedicado à identificação e análise de demandas nacionais ao setor espacial, a fim de compreender as necessidades da sociedade, bem como orientar as ações da indústria espacial e dos institutos de pesquisa na busca de soluções voltadas ao PEB. A metodologia

adotada baseou-se em pesquisa qualitativa por meio de questionários estruturados em rodadas de consulta com especialistas das áreas temáticas indicados pelas instituições participantes. Foram investigadas soluções para as áreas de observação da Terra, Coleta de Dados, Meteorologia, Comunicações, Posicionamento e Navegação por Satélites, Missões Científicas. No campo das aplicações de observação da Terra, o relatório registrou que 41 especialistas, na primeira rodada, citaram 106 atividades que configuram tendências nacionais, concentradas principalmente em proteção ambiental, agropecuária, defesa e segurança, gestão de riscos e incidentes e gestão territorial (Brasil, 2019b).

Já no ano de 2021, o Grupo Técnico 15 (GT-15) foi instituído no âmbito do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), conforme previsto na Resolução nº 15, de 25 de março de 2021, do Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República. Seu escopo principal consistiu na identificação das demandas dos órgãos e entidades do Poder Executivo Federal por serviços espaciais e na realização de estudos sobre o equacionamento do orçamento da União para atendimento dessas necessidades.

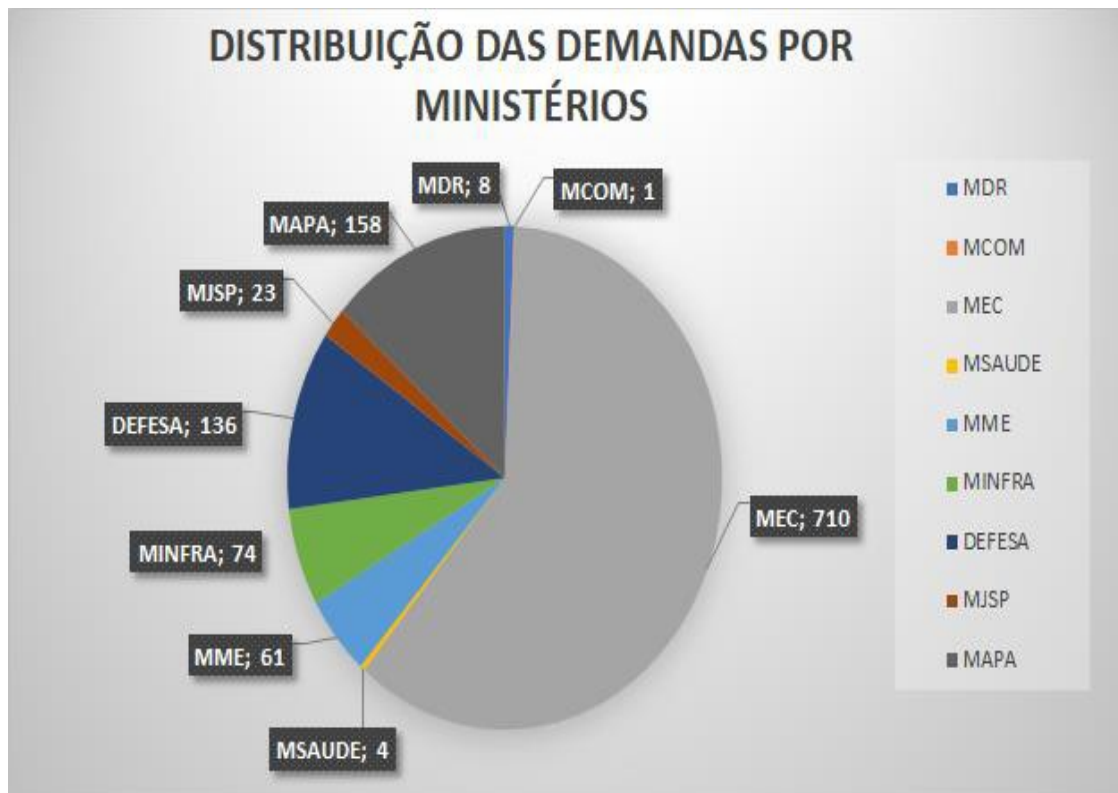
A coordenação das atividades do GT-15 coube ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), com a participação de representantes da Casa Civil, do Ministério da Defesa e do próprio GSI. Também foram convidados a integrar o grupo, com direito à indicação de representantes titulares e suplentes, ministérios setoriais de áreas diversas — como Justiça, Agricultura, Saúde, Infraestrutura, Educação, Meio Ambiente, entre outros — bem como instituições diretamente envolvidas com o setor espacial, como a Agência Espacial Brasileira (AEB), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Comando da Aeronáutica. A justificativa para a criação do grupo encontra respaldo na constatação de que os sistemas espaciais têm se consolidado como infraestrutura essencial ao funcionamento do Estado, tanto pelo valor dos dados fornecidos quanto pelo impacto sobre a autonomia tecnológica, a indução de inovação e os efeitos sobre a base industrial e econômica nacional. Assim, o GT-15 consistiu em reunir subsídios sobre a dimensão, a natureza e a cobertura atual das demandas espaciais no Executivo Federal (Brasil, 2021).

O desenvolvimento dos trabalhos do GT-15 baseou-se em uma metodologia estruturada com destaque para a elaboração e aplicação de um questionário padronizado, enviado aos ministérios e entidades vinculadas da administração federal. A concepção desse instrumento coube ao INPE, que utilizou como referência um estudo anterior da Agência Espacial Brasileira (AEB), intitulado “Demandas Nacionais ao Setor Espacial” (Brasil,

2019b). De acordo com Brasil (2021), além da identificação direta das demandas, o relatório elaborado pelo GT-15 permitiu captar informações sobre o nível de conhecimento técnico existente nos ministérios acerca do uso de produtos e serviços espaciais e o interesse por capacitação nessas áreas. Os dados coletados foram sistematizados em uma base consolidada com 76 documentos de resposta, abrangendo 1.175 demandas apresentadas por 9 ministérios e suas entidades vinculadas, conforme ilustrado na Figura 16.

Segundo o relatório do GT-15, uma demanda corresponde à necessidade institucional por produtos, serviços ou aplicações espaciais que apoiem o cumprimento das missões dos ministérios e de suas entidades vinculadas. Cada demanda é registrada de forma individualizada no questionário enviado aos órgãos, devendo ser caracterizada quanto à sua frequência de ocorrência, à relevância para a atuação institucional, à finalidade da informação demandada, ao grau de atendimento atual por soluções espaciais, aos custos anuais envolvidos e aos possíveis impactos associados ao seu não atendimento (Brasil, 2021).

Figura 16 – Demandas identificadas no relatório final do GT-15 no âmbito de órgãos do Poder Executivo Federal.



Fonte: Brasil, 2021, p. 7.

Nota: As demandas foram respondidas pelos seguintes ministérios: Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), Ministério das Comunicações (MCOM), Ministério da Educação (MEC), Ministério da Saúde

(MSAUDE), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Infraestrutura (MINFRA), Ministério da Defesa (DEFESA), Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A categorização das demandas seguiu uma lógica funcional e temática a fim de mapear o uso efetivo ou potencial das tecnologias espaciais em políticas públicas diversas tais como gestão ambiental, agricultura e pecuária, segurança, infraestrutura, mudança climática, entre outras. Com base nessa matriz, foi possível construir um quadro representativo das necessidades espaciais do Estado brasileiro (Brasil, 2021). Nesse contexto, o GT-15 buscou quantificar o grau de atendimento atual das demandas identificadas, a partir da autodeclaração feita pelos órgãos consultados. A análise apresentada por meio da Tabela 8 revelou que, em média, apenas 50% das demandas de cada ministério são atualmente atendidas por meio de produtos e serviços espaciais.

Tabela 8 – Demanda atendida por meio de produtos e serviços espaciais, por Ministério.

Ministério	Nº total de demandas	Nº de demandas atendidas	Atendimento % (por Ministério)
Ministério do Desenvolvimento Regional	8	4	50,00%
Ministério das Comunicações	1	1	100,00%
Ministério da Saúde	4	0	0,00%
Ministério de Minas e Energia	61	26	42,62%
Ministério da Educação	710	307	43,24%
Ministério da Defesa	136	56	41,18%
Ministério da Justiça e Segurança Pública	23	17	73,91%
Ministério da Infraestrutura	74	69	93,24%
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento	158	108	68,35%
Total	1175	588	50,04%

Fonte: Brasil, 2021, p. 10, adaptado pelo autor.

Embora apenas 50% da média das demandas sejam atualmente atendidas, quando essas demandas são detalhadas apenas por categoria de uso, o percentual médio de atendimento cai para 23%, conforme a Tabela 9. Esses números revelam um uso ainda limitado e fragmentado da infraestrutura espacial já disponível.

Tabela 9 – Categorização de demandas e respectivo grau de atendimento.

Categorias de demandas	Nº de demandas	Atendimento %
Gestão Ambiental e Biodiversidade	204	13,24%
Gestão de Riscos e Desastres	142	19,01%
Agricultura / Pecuária	134	20,15%
Meteorologia	105	24,76%
Cartografia / Mapeamento Temático / SIG / Levantamento Geodésico etc.	82	18,29%
Comunicações	60	23,33%
Uso e Cobertura do Solo	58	18,97%
Gestão de Recursos Minerais	51	17,65%
Inteligência / Defesa / Segurança	51	33,33%
Infraestrutura	50	22,00%
Mares, Oceanos e Hidrologia	39	20,51%
Geolocalização / Busca / Navegação / Perícias / Fiscalizações	33	30,30%
Mudanças Climáticas	30	20,00%
Setor de Energia	30	16,67%
Desenvolvimento Regional / Planejamento Territorial e Urbano	29	20,69%
Saúde	27	22,22%
Gestão Patrimonial / Regularização Fundiária	19	47,37%
Gestão Logística e de Atividades Dinâmicas	18	16,67%
Gestão de Mudanças de Fenômenos e Objetos	13	30,77%
Total	1175	Média: 23%

Fonte: Brasil, 2021, p. 11, adaptado pelo autor.

Com o objetivo de compreender a fragmentação da infraestrutura espacial já disponível, ampliou-se a análise a partir de respostas de demanda de cada ministério e partir da categorização correspondente (Brasil, 2021). Por exemplo, pode-se observar na Tabela 10 que a categoria de Cartografia é demandada de forma comum pelo MDR, MSAUDE, MEC, MME, MINFRA e MAPA.

Ainda com o objetivo de detalhar a similaridade entre demandas dos ministérios, as categorias de demanda foram novamente divididas em itens de interesse (Brasil, 2021). A Tabela 11 detalha a categoria de “Cartografia, Mapeamento Temático, Sistema de Informação Geográfica (SIG), Levantamento Geodésico e Topográfico”, onde o item de interesse “Mapeamento do uso e da cobertura do solo” foi demandado pelo MEC e pelo MAPA. Esse conjunto de informações alimentou a segunda fase do trabalho do GT-15, que consistiu no agrupamento e classificação das demandas entre ministérios distintos, onde foi possível constatar 488 tipos distintos de demandas, o que permitiu a análise de sua recorrência e de possíveis sobreposições interministeriais.

Tabela 10 – Categorização de demandas comuns por ministério.

Categorias de demandas	MDR	MCOM	MEC	MSAÚDE	MME	MINFRA	DEFESA	MJSP	MAPA	Total de demandas	Qtde de Ministérios
Total	8	1	710	4	61	74	136	23	158	1.175	9
Gestão Ambiental e Biodiversidade	1	0	150	0	3	10	13	0	27	204	6
Gestão de Riscos e Desastres	1	0	96	0	12	7	13	1	12	142	7
Agricultura / Pecuária	0	0	88	0	0	5	2	0	39	134	4
Meteorologia	0	0	71	0	2	0	10	0	22	105	4
Cartografia / Mapeamento Temático / SIG / Geodésico / Topográfico	1	0	48	1	10	9	0	0	13	82	6
Comunicações	2	1	23	0	6	0	19	5	4	60	7
Uso e Cobertura do Solo	0	0	39	0	1	2	7	0	9	58	5
Gestão de Recursos Minerais	0	0	26	0	13	4	7	1	0	51	5
Inteligência / Defesa / Segurança	1	0	8	0	0	0	34	8	0	51	4
Infraestrutura	1	0	15	0	1	15	15	2	1	50	7
Mares, Oceanos e Hidrologia	0	0	23	0	6	0	4	0	6	39	4
Geolocalização / Busca e Salvamento / Navegação / Perícias e Fiscalizações	1	0	17	1	3	4	2	2	3	33	8
Mudanças Climáticas	0	0	23	0	3	1	0	0	3	30	4

Setor de Energia	0	0	23	0	0	2	3	0	2	30	4
Desenvolvimento Regional / Planejamento Territorial e Urbano	0	0	20	0	0	3	3	0	3	29	4
Saúde	0	0	21	2	0	0	2	0	2	27	4
Gestão Patrimonial / Regularização Fundiária	0	0	5	0	0	5	2	1	6	19	5
Gestão Logística e de Atividades Dinâmicas	0	0	7	0	0	7	0	0	4	18	3
Gestão de Mudanças de Fenômenos e Objetos	0	0	7	0	1	0	2	3	0	13	4

Fonte: Brasil, 2021, p. 9.

Nota: As demandas foram respondidas pelos seguintes ministérios: Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), Ministério das Comunicações (MCOM), Ministério da Educação (MEC), Ministério da Saúde (MSAUDE), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Infraestrutura (MINFRA), Ministério da Defesa (DEFESA), Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 11 – Itens de interesse e demandas comuns entre ministérios na categoria de Cartografia, Mapeamento Temático, SIG, Levantamento Geodésico e Topográfico:

Demandas	MDR	MCOM	MEC	MSAÚDE	MME	MINFRA	DEFESA	MJSP	MAPA	Total de demandas	Qtde de Ministérios
Levantamento geológico e de potencial de novas fronteiras e integrações geológicas regionais	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2
Mapas para reconhecimento de áreas	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3	2
Mapeamento cartográfico de bacias hidrográficas	0	0	4	0	1	0	0	0	0	5	2
Elaboração de mapas da malha viária	0	0	2	0	0	2	0	0	0	4	2
Produção e atualização de bases cartográficas de sítios arqueológicos	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	2
Geração de mapas de declividade	0	0	4	0	0	0	0	0	1	5	2
Identificação de interferências em empreendimentos ferroviários	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2
Mapeamento do uso e da cobertura do solo	0	0	5	0	0	0	0	0	1	6	2
Mapeamento geomorfológico: fragilidade ambiental	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	2

Georreferenciamento de imóveis	0	0	2	1	1	0	0	0	1	5	4
Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente – APPs	0	0	4	0	0	0	0	0	1	5	2
Mapeamento de feições de terreno	0	0	6	0	2	1	0	0	1	10	4
Mapeamento de territórios e propriedades (urbanas e rurais)	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3	2
Programa de Levantamento Hidroviário – PLH	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2

Fonte: Brasil, 2021, p. 15.

Nota: As demandas foram respondidas pelos seguintes ministérios: Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), Ministério das Comunicações (MCOM), Ministério da Educação (MEC), Ministério da Saúde (MSAUDE), Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Infraestrutura (MINFRA), Ministério da Defesa (DEFESA), Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O levantamento realizado pelo GT-15 incorporou, sempre que informado pelos ministérios, os custos anuais estimados para o atendimento das demandas espaciais: a contratação de serviços externos, a aquisição de imagens ou dados e, em menor medida, a manutenção de estruturas internas voltadas ao monitoramento, comunicação, navegação e sensoriamento remoto. Ainda que os dados orçamentários tenham sido fornecidos com diferentes níveis de precisão e critérios de cálculo, os ministérios participantes informaram, ao todo, R\$ 860,9 milhões por ano em gastos relacionados às suas demandas espaciais. Desse total, aproximadamente R\$ 685,86 milhões referem-se a demandas classificadas como atendidas, enquanto cerca de R\$ 175 milhões dizem respeito a demandas ainda não plenamente atendidas, mas que já mobilizam recursos orçamentários em algum grau (Brasil, 2021).

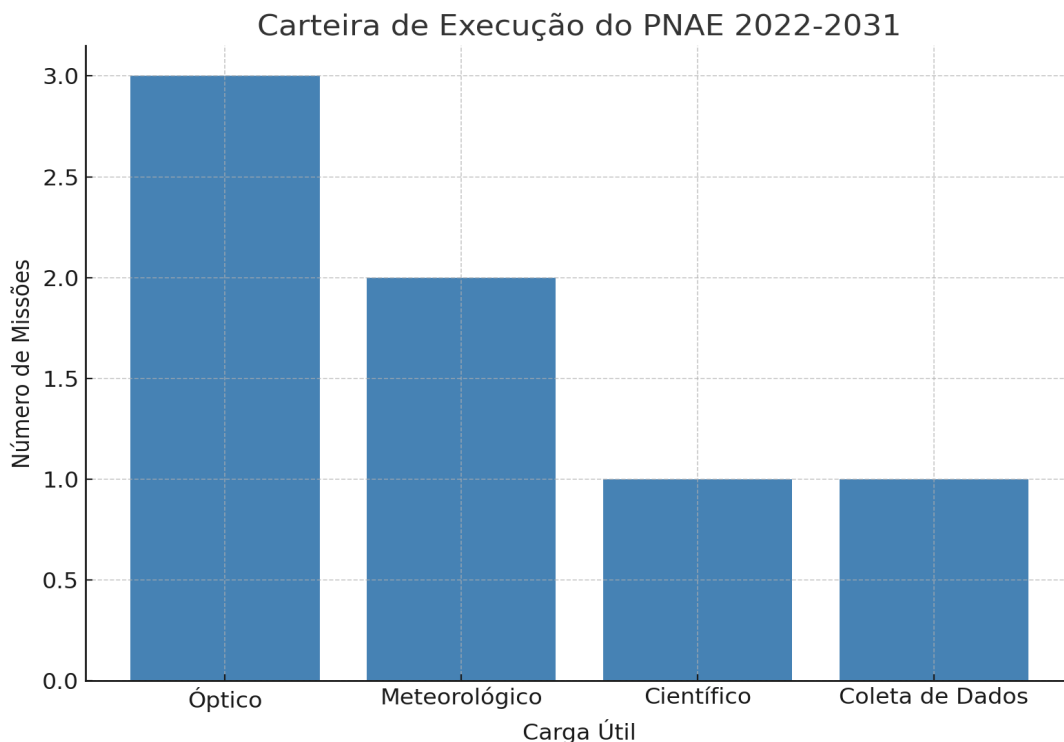
Além da estimativa de custos, o GT-15 solicitou aos respondentes que avaliassem os impactos esperados caso as demandas não fossem atendidas. As respostas apontaram uma variedade de consequências negativas, que vão desde atrasos em obras públicas e dificuldades em processos de desapropriação até agravamento de riscos ambientais, vulnerabilidade à ocupação irregular de áreas, limitações à fiscalização e perda de capacidade de resposta em situações de emergência. Tais impactos não se restringem à ineficiência administrativa: afetam diretamente a entrega de políticas públicas essenciais à sociedade brasileira, como segurança hídrica, vigilância epidemiológica, defesa civil e combate ao desmatamento (Brasil, 2021).

O GT-15 também observou que parte das dificuldades enfrentadas pelos ministérios decorre de desconhecimento técnico sobre a aplicabilidade das tecnologias espaciais, bem como da falta de capacitação institucional para a formulação de projetos integrados com esses recursos. Embora o interesse por treinamentos tenha sido quase unânime, a atuação dos ministérios ainda é condicionada por limitações técnicas internas e pela carência de pessoal especializado. Tal cenário reforça a importância de uma estrutura coordenadora nacional que funcione não apenas como instância de governança, mas também como centro de difusão de boas práticas, formação técnica e articulação institucional (Brasil, 2021).

A comparação entre os dados sistematizados pelo GT-15 e as carteiras de execução e admissão do PNAE 2022–2031 revela uma convergência temática importante no que se refere às cargas úteis priorizadas. A maioria das demandas interministeriais identificadas pelo GT-15 está concentrada nas categorias de observação da Terra, cartografia temática, monitoramento ambiental, uso e cobertura do solo, infraestrutura, entre outras, que exigem

insumos derivados majoritariamente de cargas ópticas, meteorológicas e de coleta de dados. Essas mesmas cargas aparecem como prioritárias na Carteira de Execução do PNAE, conforme o Gráfico 1, com ênfase em satélites ópticos e meteorológicos, sugerindo que o planejamento vigente busca dar continuidade à capacidade instalada já em operação.

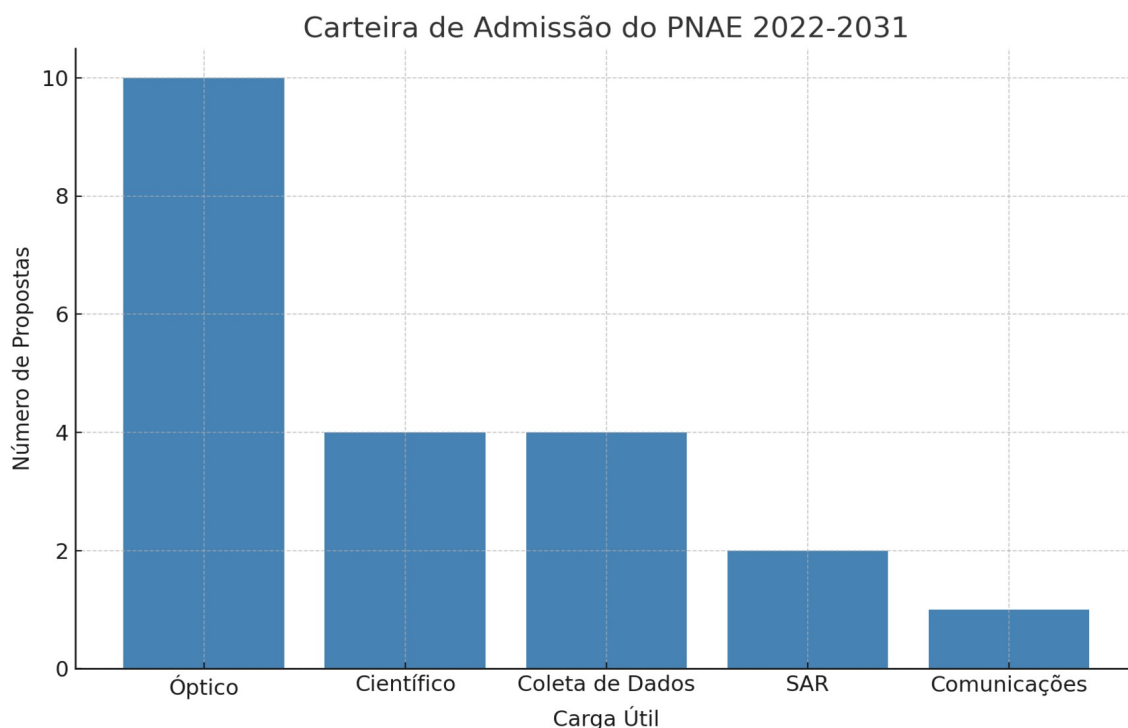
Gráfico 1 – Carteira de Execução do PNAE 2022-2031



Fonte: Elaboração própria com base em (Brasil 2022b).

Ao mesmo tempo, a Carteira de Admissão ilustrada no Gráfico 2, aponta para a incorporação futura de novas plataformas com foco em sensoriamento óptico, científico e SAR — este último particularmente relevante para demandas associadas à detecção de riscos, segurança, infraestrutura, desmatamento, monitoramento marítimo e uso da terra em condições climáticas adversas. Essa sobreposição indica que os dados levantados pelo GT-15 podem funcionar como insumo estratégico para o ajuste fino da carteira de admissões, com vistas a maximizar o atendimento das demandas governamentais já identificadas e mitigar lacunas críticas no atendimento das políticas públicas.

Gráfico 2 – Carteira de Admissão do PNAE 2022–2031.



Fonte: Elaboração própria com base em (Brasil 2022b).

Esse mapeamento de demandas realizado pelo GT-15 do CDPEB contribui para a definição de prioridades tecnológicas e para a racionalização dos investimentos previstos nos programas espaciais, oferecendo ao Poder Executivo uma visão integrada das aplicações de maior sensibilidade operacional e estratégica. Ao mesmo tempo, a heterogeneidade dessas demandas reforça a necessidade de compreender como os diferentes segmentos do setor espacial se articulam para gerar e distribuir valor, o que conduz à discussão desenvolvida na Seção 3.4, dedicada à análise da cadeia de valor no setor espacial.

3.4 Cadeia de valor no setor espacial

A compreensão da cadeia de valor no setor espacial é um elemento central para a análise dos benefícios econômicos e sociais gerados por essas atividades. No contexto da exploração espacial, Cameron, Seher e Crawley (2011) observam que o valor gerado pelas missões não se restringe aos elementos técnicos, como os veículos de transporte ou os sistemas em órbita. Os autores argumentam que parte expressiva dos benefícios está associada ao desenho das missões e à forma como as atividades espaciais geram efeitos para diferentes públicos, como a economia, a ciência, a mídia e a sociedade. Esses efeitos, ainda que não

gerem retornos diretamente à organização responsável, sustentam a legitimidade e a continuidade dos programas.

Segundo Paravano, Locatelli e Trucco (2023), a cadeia produtiva do setor espacial é constituída por três segmentos que organizam os atores e as atividades responsáveis por gerar e distribuir valor. Esse arranjo se inicia com o segmento *upstream*, composto por empresas e instituições dedicadas à pesquisa, desenvolvimento, construção e gestão das infraestruturas e tecnologias espaciais que viabilizam o setor. Em seguida, a estrutura segue para o segmento *downstream*, onde organizações especializadas transformam essas tecnologias e dados em soluções digitais, serviços inovadores e aplicações avançadas. Por fim, a cadeia se completa no nível dos *end-users* (doravante denominado apenas pelo termo de usuários), formado por empresas e instituições que demandam e aplicam produtos e serviços resultantes da combinação de tecnologias espaciais com capacidades digitais, a fim de capturar valor para suas atividades, serviços e produtos.

Segundo Bousedra (2023), a ascensão do segmento *downstream* no setor espacial deve ser compreendida à luz da mudança estrutural promovida pelas empresas do *New Space*, isto é, aquelas que introduzem modelos de negócio distintos da lógica tradicional. A autora faz referência à definição de Chesbrough e Rosenbloom segundo a qual o modelo de negócio descreve a forma pela qual uma empresa se posiciona na cadeia de valor, gera receita e sustenta sua operação. Sob essa ótica, a transformação recente do setor espacial resulta não apenas de avanços tecnológicos, mas da reconfiguração do papel das empresas na criação e captura de valor. Paravano, Locatelli e Trucco (2023) endossam esse entendimento e ressaltam que as necessidades dos *stakeholders* são atendidas quando os dados brutos disponibilizados pelos satélites são transformados em informações úteis.

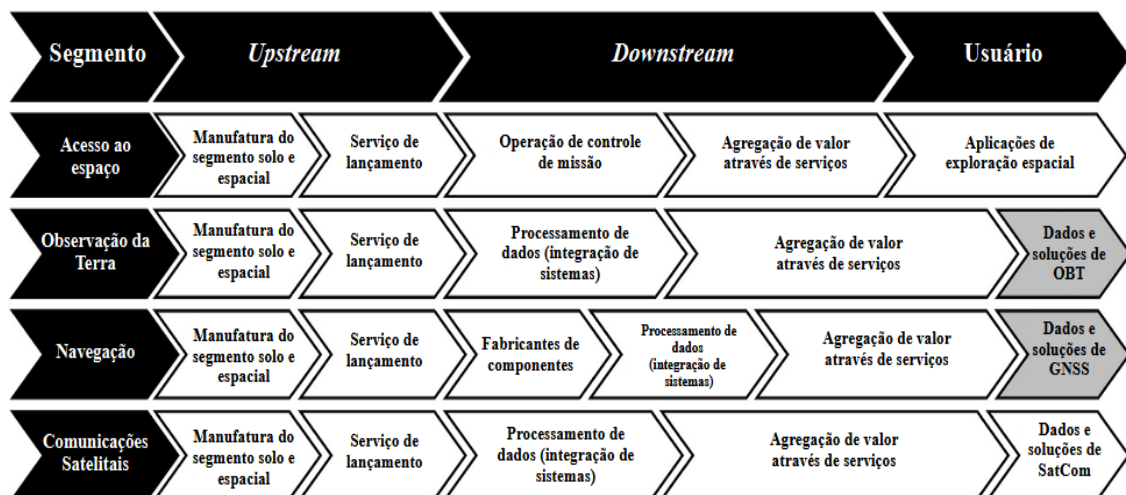
Antes do advento do *New Space*, o modelo industrial predominante baseava-se em alta complexidade tecnológica, ciclos de desenvolvimento longos e custos elevados, comparáveis à construção de grandes infraestruturas de rede. A confiabilidade era assegurada por projetos de grande escala financiados majoritariamente por governos nacionais, com produção concentrada em poucos fabricantes incumbentes. Nessa configuração, a participação privada era limitada e orientada a contratos institucionais, com foco em etapas *upstream* da cadeia espacial (Bousedra, 2023).

Com o *New Space*, esse modelo foi progressivamente substituído por estratégias empresariais mais ágeis, orientadas por inovação, redução de custos e aproximação com o mercado final. A miniaturização de satélites, a padronização de componentes e o uso de

plataformas de produção em escala permitiram a entrada de novos atores, incluindo *startups* e grandes empresas de tecnologia, as quais passaram a se posicionar nos mercados *downstream*, estabelecendo relações diretas com os usuários finais para compreender suas demandas e, a partir delas, reorganizar sua posição na cadeia de valor (Bousedra, 2023).

De acordo com Paravano, Locatelli e Trucco (2023), dentro da cadeia de valor do setor espacial, representada na Figura 17, existem quatro fluxos de valor que estruturam atividades e aplicações capazes de gerar benefícios aos usuários. O primeiro é o fluxo de acesso ao espaço, sustentado por veículos, plataformas e tecnologias que viabilizam a exploração além da atmosfera. O segundo corresponde à observação da Terra (OBT), que permite o monitoramento de superfícies terrestres, ambientes aquáticos e condições atmosféricas por meio de imagens de satélite. O terceiro refere-se aos sistemas de navegação, responsáveis por fornecer posição, velocidade e tempo a dispositivos compatíveis. Por fim, o fluxo de comunicações abrange a transmissão de dados utilizada em serviços como telecomunicações, difusão televisiva, telefonia, rádio e acesso à internet.

Figura 17 – Cadeia de valor no setor espacial



Fonte: Paravano, Locatelli e Trucco, 2023, p. 556, adaptado pelo autor.

Nota: A análise realizada pelos autores concentrou-se nos elementos da figura com o fundo cinza.

No fluxo de valor em navegação por satélite, o acesso gratuito a infraestruturas como o *Global Navigation Satellite System* (GNSS) possibilitou o surgimento de novos produtos, serviços e modelos de negócio baseados em posicionamento. Paravano, Locatelli e Trucco (2023) apontam que empresas como Uber e Deliveroo, que atuam, respectivamente, nos serviços de mobilidade sob demanda e de entrega urbana, tornaram-se gigantes globais a

partir do consumo direto desses dados, que transformaram padrões de mobilidade e hábitos de consumo. Esse exemplo demonstra como os usuários podem capturar valor a partir do GNSS, convertendo dados de posicionamento em serviços inovadores e em novos empreendimentos.

No fluxo de valor na área de observação da Terra (OBT), as imagens de satélite fornecem informações sobre aspectos como urbanização e clima, utilizadas por usuários na formulação de decisões relacionadas aos serviços. Paravano, Locatelli e Trucco (2023) registram que, nos setores de Energia, Transportes e Logística, o valor efetivamente capturado supera o valor inicialmente esperado pelos *stakeholders*. Um dos entrevistados do setor de Energia afirmou utilizar dados de satélite para avaliar a evolução e a situação do mercado, indicando que essas informações aprimoram as previsões e o monitoramento realizados em serviços de seguros.

Mazzucato e Robinson (2018) destacam que a inovação decorre das relações entre empresas, instituições de pesquisa e órgãos públicos, uma vez que a rede formada por esses atores e suas interações constitui o elemento central de análise do processo inovativo. A expansão das atividades *downstream* também está ligada à evolução do valor atribuído aos dados espaciais, cuja lógica econômica difere substancialmente dos bens físicos tradicionais.

Bens públicos são caracterizados por apresentarem custo marginal zero ou muito baixo para usos adicionais e por envolverem dificuldade de excluir pessoas do seu consumo, como ocorre em serviços relacionados à defesa nacional (OECD, 2008). Segundo Bousedra (2023), uma vez produzido o primeiro conjunto de imagens por um satélite de observação da Terra (OBT), esse material pode ser utilizado simultaneamente por diversas empresas com custo adicional nulo ou quase nulo. Esses atributos fazem com que as imagens de OBT tornem-se análogas a bens públicos, quando consideradas de apropriabilidade imperfeita, o que as distingue de bens físicos convencionais e contribui para a complexidade na mensuração de seu valor, uma vez que não reside, apenas na produção da imagem bruta pelo satélite, e sim no modo como ela é interpretada, combinada com outras fontes e integrada a serviços específicos (Bousedra, 2023).

Esse novo entendimento impacta diretamente a organização industrial do setor espacial, especialmente entre os operadores de observação da Terra (OBT). Empresas que antes limitavam sua atuação na produção de dados brutos passaram a incorporar serviços analíticos e soluções sob medida, movendo-se em direção à integração vertical. Essa tendência reflete uma reorientação estratégica impulsionada pela percepção de que a cadeia de valor dos dados espaciais não é linear, ou seja, o valor de um mesmo dado pode variar

conforme o tempo, o contexto de uso ou a integração com outras informações. Um exemplo citado por Bousedra (2023) é o das imagens coletadas que podem adquirir importância crítica a posteriori, como no caso de desastres naturais.

A valorização crescente do dado em múltiplos contextos depende, contudo, de condições institucionais que ampliem seu acesso, circulação e reutilização no *downstream*. A adoção de políticas públicas de dados abertos, ainda que limitada, também contribui para democratizar o acesso e ampliar o uso econômico dos dados espaciais. Bousedra (2023) destaca o papel da União Europeia nesse processo, com plataformas como o *Copernicus Open Access Hub* e o serviço *Copernicus Data and Information Access Services* (DIAS), que disponibilizam gratuitamente tanto imagens satelitais do programa Sentinel quanto produtos derivados voltados ao monitoramento terrestre, marítimo e climático. Além de fomentar a pesquisa e apoiar políticas públicas, essas plataformas buscam estimular pequenas empresas e *startups* a desenvolver serviços comerciais baseados nesses dados.

A inovação orientada por dados em serviços (*Data-Driven Service Innovation*) transforma a forma como o valor é criado em setores intensivos em informação, como o espacial (Schymanietz, Jonas e Möslein, 2022). Trata-se de uma dinâmica que ultrapassa a adoção de novas tecnologias e exige uma reconfiguração organizacional mais ampla, capaz de alinhar processos, infraestrutura e cultura institucional às especificidades da gestão baseada em dados. Nesse contexto, o valor não decorre apenas da simples posse da informação, mas da capacidade de analisá-la, combiná-la com outras fontes e convertê-la em soluções personalizadas e orientadas ao usuário.

Esse processo, no entanto, depende da consolidação de um ecossistema de inovação em que múltiplos fatores organizacionais, técnicos e institucionais atuem de forma coordenada. Segundo Schymanietz, Jonas e Möslein (2022), a criação de valor orientada por dados demanda a presença simultânea de elementos como governança eficaz, cultura organizacional voltada ao cliente e ao uso estratégico de dados, colaboração interna e externa, padronização de processos e garantia de privacidade. Outros fatores decisivos incluem a capacidade de recombinar recursos, o domínio sobre coleta e propriedade dos dados, a existência de modelos sustentáveis de receita e a disponibilidade de equipes com formação adequada em Tecnologia da Informação (TI). A ausência de sinergia entre esses aspectos compromete a conversão dos dados em soluções inovadoras, sobretudo em setores intensivos em informação pública complexa, como o espacial.

Uma análise realizada por Lupi, Morretta, e Zirulia (2024) foi realizada para o setor de

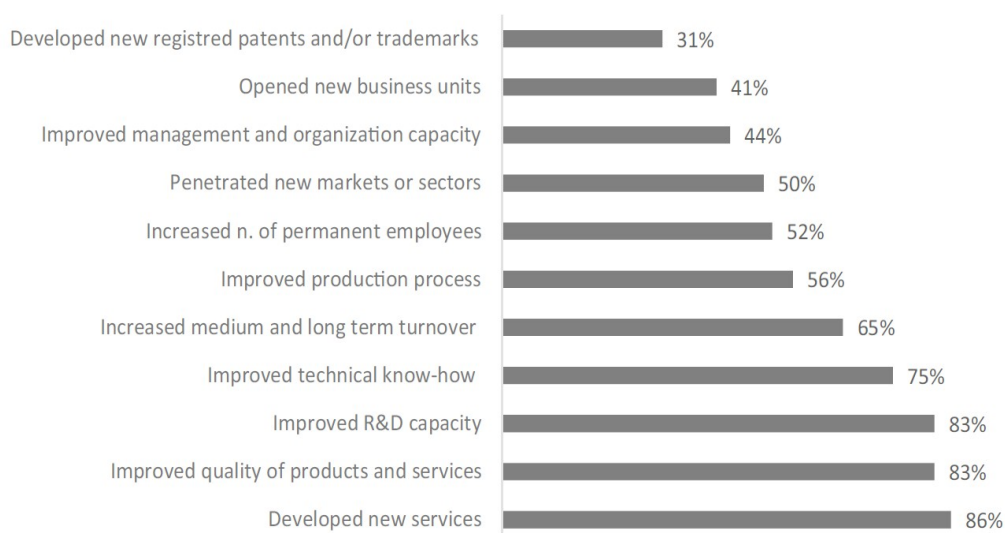
observação da Terra (OBT) na Itália como campo emergente de inovação baseada em dados e consequentes transformações estruturais na economia. Composto majoritariamente por micro e pequenas empresas com alta capacitação tecnológica, o setor de *downstream* atua na conversão de dados brutos de satélite em serviços aplicados a múltiplas áreas, como agricultura, planejamento urbano, gestão de riscos e mobilidade. Esses serviços são desenvolvidos com apoio de tecnologias de *big data*, inteligência artificial e interoperabilidade entre fontes. Apesar da ampliação do acesso a dados públicos por meio de políticas de dados abertos, a plena exploração do potencial inovador depende de capacidades organizacionais internas, especialmente no caso de pequenas e médias empresas.

A pesquisa empírica conduzida por Lupi, Morretta, e Zirulia (2024) identificou 89 empresas atuantes no setor *downstream* na Itália, com ampla predominância de firmas voltadas ao desenvolvimento de *software* e aplicações baseadas em dados de OBT. Do total da amostra, 48% das empresas declararam que entre 1% e 25% de seu faturamento provém de atividades relacionadas à OBT, enquanto aproximadamente 25% das empresas indicaram uma participação superior a 76% em suas receitas. Já entre as microempresas, 17% relataram uma participação de OBT entre 1% e 25% no faturamento, e 14% indicaram uma faixa entre 76% e 100% no faturamento, o que evidencia a diversidade de perfis mesmo entre organizações de menor porte. Quanto à natureza jurídica e ao estágio de desenvolvimento das empresas, 22% se autodefinem como *startups*, enquanto 49% estão registradas no “*Registro delle start up e piccole e medie imprese innovative*”, que reúne tanto *startups* quanto Pequenas e Médias Empresas (PME) inovadoras. Essa última categoria é descrita como mais consolidada e com maior relevância para o desenvolvimento inovador do país. As grandes empresas, por sua vez, concentram majoritariamente entre 1% e 25% de seu faturamento em atividades de OBT, o que reforça a tendência de alocação dessas funções a unidades especializadas, sem que a observação da Terra represente sua atividade principal.

A análise estatística conduzida por Lupi, Morretta, e Zirulia (2024) permitiu identificar dois eixos principais de impacto das atividades de OBT sobre as empresas italianas: o eixo da inovação e o eixo econômico. O primeiro refere-se a ganhos qualitativos relacionados ao aprimoramento de processos produtivos, da qualidade dos serviços, da capacidade de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e da gestão organizacional. Já o segundo abrange efeitos econômicos de médio e longo prazo, como aumento do faturamento, contratação de pessoal, entrada em novos mercados e registro de patentes. Dados da pesquisa mostram que 86% das empresas desenvolveram novos serviços, 83% melhoraram a qualidade

de seus produtos e 75% aprimoraram o conhecimento técnico, resultados destacados na Figura 18, o que confirma o papel da inovação orientada por dados no setor.

Figura 18 – Benefícios associados em virtude da disponibilidade de dados de OBT, relatados pelas empresas entrevistadas.



Fonte: Lupi, Morretta e Zirulia, 2024, p. 115.

No contexto da América Latina, Edl (2022) descreve a relevância da criação da *startup* argentina Satellogic S.A., fundada em 2010, ancorada no desenvolvimento de produtos para observação da Terra. Com estrutura vertical, a empresa proporciona a integração de projetos, realiza a fabricação dos seus próprios satélites e oferta serviços baseados em fornecimento de imagens de satélite e análise de dados. A constelação de satélites de observação da Terra Aleph-1 é composta majoritariamente por satélites da série ÑuSat, que são equipados com sensores ópticos no espectro visível e infravermelho capazes de fornecer imagens, com resolução espacial de 1 metro (Edl, 2022).

A implementação da constelação Aleph-1 foi um dos principais motores do crescimento recente da participação argentina no mercado de satélites. Quanto à participação no portfólio argentino, 21 dos 30 satélites foram construídos pela Satellogic, número que cresceu para 39 após novos lançamentos em 2022 (Edl, 2022). Entre os benefícios observados estão a ampliação da capacidade nacional em sensoriamento remoto, o posicionamento da empresa no mercado global e a demonstração de que atores tardios podem ganhar competitividade (Edl, 2022).

No caso brasileiro, Oliveira e Miguez (2011) relatam que a disponibilização de imagens do CBERS (vide Tabela 4 e Tabela 5) tem papel relevante para que a sociedade

reconheça os retornos concretos do setor espacial em seu cotidiano, tal como a formação de demandas por parte de usuários nacionais, como Embrapa, Petrobras e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), que passaram a exigir maior qualidade nas imagens geradas pelos satélites. Lima Júnior (2019) compila os possíveis usuários dos sistemas previstos no PESE (vide Seção 2.6) e os associa às diferentes classes de produtos orbitais. Como sintetizado na Tabela 12, Comunicações (COM), Mapeamento de Informações (MAI), Monitoramento Espacial (MOE), Observação da Terra (OBT) e Posicionamento (POS) são classes que poderiam atender a um conjunto heterogêneo de órgãos militares e civis. Essa distribuição reforça, que assim como o COPE (vide Seção 3.2), produtos espaciais concebidos no âmbito do PESE articulam com necessidades civis operacionais, regulatórias e científicas.

Tabela 12 – Exemplos de possíveis usuários civis e militares para cada produto do PESE

Classe	Produto	Possíveis Usuários Civis	Possíveis Usuários Militares
COM	ADM	Telecomunicação governamental	Organizações Militares, Navios
	BLG	Empresas de Telecomunicação (Internet, TV, telefonia); Empresas de Telecomunicação Celular	Estações militares de comunicação de dados e voz, Portal de Inteligência Operacional (PIOp), Rede Operacional de Defesa (ROD), SISCEAB
	BES	Comunicações Aeronáuticas, PM	Comunicações Táticas, Datalink
MAI	EXC	PF, Polícia Civil, MPF, ABIN, ANATEL	Centros de Inteligência, SISDABRA, COMDCIBER
	EXN	SIVAM, PF, ABIN, ANATEL	Centros de Inteligência, SISDABRA
	CSA	Defesa Civil, Bombeiros, PM	SISCEAB, SISDABRA
MOE	MOE	INPE, AEB, Universidades	COPE, SISCEAB
OBT	SRO	ABIN, EMBRAPA, MMA, BNDES	Centros de Inteligência, Cartografia
	SRR	CENSIPAM, EMBRAPA, IBAMA	Centros de Inteligência, Cartografia
	MET	Serviços de Informação Meteorológica, Defesa Civil	Centros de Planejamento de Operações, Centros de Inteligência
POS	NAV	Empresas de transporte	Guiagem de Armamentos

Fonte: Lima Júnior, 2019, p. 14.

Nota: As siglas referentes às Classes correspondem a: Comunicações (COM), Mapeamento de Informações (MAI), Monitoramento Espacial (MOE), Observação da Terra (OBT) e Posicionamento (POS). As siglas referentes aos Produtos são: Telecomunicações Administrativas (ADM), Banda Larga (BLG), Banda Estreita (BES), Análise de sinais de comunicação (EXC), Estudo de emissões de equipamentos, como radares (EXN), Operações de busca e salvamento (CSA), Monitoramento Espacial (MOE), Sensoriamento Remoto Óptico (SRO), Sensoriamento Remoto por Radar (SRR), Meteorológico (MET), Navegação (NAV) e Centro de Operações Espaciais (COPE).

A caracterização da cadeia de valor na Seção 3.4 mostra que a criação e a distribuição de valor no setor espacial dependem da integração entre os fluxos tecnológicos e os diferentes perfis de usuários, o que requer organização e consistência no tratamento das informações produzidas. Essa necessidade traz à tona o papel dos mecanismos de governança de informações geoespaciais, o que conduz à Seção 3.5, dedicada à atuação da Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO) na padronização e integração desses dados no âmbito federal e exemplifica o processo descrito por Dewes (2012), no qual inovação ocorre em arranjos interativos e dependentes de coordenação entre agentes.

3.5 A Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO)

O processo de consolidação de uma política pública para a gestão da informação geoespacial no Brasil teve um marco inaugural com a criação da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), por meio do Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Segundo o decreto, a INDE tem por objetivo promover o adequado ordenamento na geração, no armazenamento, no acesso, no compartilhamento, na disseminação e no uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal. Sua estrutura é composta por dois instrumentos operacionais centrais: o Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG) e o Portal Brasileiro de Dados Geoespaciais da INDE, ambos sob responsabilidade técnica e administrativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa plataforma funciona como ambiente de disseminação de dados geoespaciais oficiais, homologados segundo padrões definidos por instância normativa competente, e tem como finalidade central evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos públicos (Brasil, 2008).

Embora a INDE tenha se consolidado como pilar técnico-operacional no campo da informação geoespacial, o processo mais amplo de transformação digital da administração pública demandou um novo arranjo institucional voltado à integração e governança de dados administrativos em geral, não necessariamente espaciais. Para isso, foi criada a Infraestrutura Nacional de Dados (IND), no âmbito da Estratégia Federal de Governo Digital 2024–2027, instituída pelo Decreto nº 12.198, de 24 de setembro de 2024. A IND é definida como um conjunto de normas, políticas, arquiteturas, padrões e ativos de informação destinados a promover o uso estratégico dos dados em posse dos órgãos e entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Ao contrário da INDE, a IND tem coordenação central na Secretaria de Governo Digital do Ministério da Gestão e da Inovação

em Serviços Públicos, e sua implementação ocorre por meio dos Planos de Transformação Digital de cada órgão. Assim, enquanto a INDE foca nos dados com componente geoespacial, a IND atua como infraestrutura transversal de integração de dados administrativos para fins de políticas públicas digitais (Brasil, 2024).

Nesse contexto de especialização funcional e coexistência de infraestruturas paralelas, emergiu a necessidade de uma instância central de coordenação estratégica e normatização interministerial no campo da geoinformação. Foi para suprir essa lacuna que se instituiu, por meio da Portaria GM/MPO nº 32, de 14 de março de 2025, a Comissão Nacional de Geoinformação (CONGEO). A CONGEO é um órgão de assessoramento e deliberação colegiada, vinculado ao Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO), com a missão de promover a governança da geoinformação no âmbito da administração pública federal. Entre suas competências estão: estabelecer diretrizes e orientações para a governança da geoinformação, monitorar sua implementação e promover a articulação entre órgãos e entidades públicos e privados, tanto em nível nacional quanto internacional (Brasil, 2025a).

A CONGEO é composta por dezoito órgãos e entidades, incluindo ministérios com atuação sobre o território nacional, os três Comandos das Forças Armadas, o Gabinete de Segurança Institucional e o IBGE, este último responsável por sua Secretaria-Executiva. A presidência da comissão é exercida pela Secretaria Nacional de Planejamento do MPO. A estrutura da comissão compreende um Plenário, uma Presidência, a Secretaria-Executiva e os Comitês Temáticos. Estes últimos podem ser criados para tratar de assuntos específicos, com duração de até dezoito meses e possibilidade de prorrogação, sendo sua composição e competências definidas por resolução interna (Brasil, 2025a).

No desempenho de suas funções, a CONGEO passou a articular-se diretamente com as duas infraestruturas nacionais de dados: a INDE e a IND. Conforme previsto na Portaria que a instituiu, cabe à comissão promover a coordenação e harmonização da governança da geoinformação no âmbito federal, em alinhamento às diretrizes da Estratégia Federal de Governo Digital e aos instrumentos de planejamento do Estado brasileiro (Brasil, 2025a). Na prática, a CONGEO exerce o papel de instância normativa e integradora: é responsável por homologar os padrões da INDE (Brasil, 2008), definir diretrizes para o Diretório Brasileiro de Dados Geoespaciais (DBDG) e articular a integração com os dados administrativos abrangidos pela IND (Brasil, 2024). Já a INDE permanece como o ambiente técnico de disseminação de dados espaciais, enquanto a IND complementa esse arranjo ao consolidar bases não necessariamente espaciais. A sinergia entre as três estruturas — CONGEO, INDE e

IND — permite racionalizar os fluxos de informação, padronizar a produção de dados desde sua origem e assegurar a interoperabilidade em todos os níveis da administração pública.

As plataformas espaciais, por sua natureza, constituem fontes massivas de geração de dados em múltiplas categorias, desde imagens de sensoriamento remoto até medições ambientais, informações meteorológicas, dados de posicionamento e resultados de experimentos científicos. Dada essa vocação, as plataformas satelitais não devem ser pensadas apenas como fornecedoras de dados brutos, mas desde sua concepção devem ser projetadas como vetores de produtos informacionais prontos para uso por diferentes segmentos da sociedade (Paravano, Locatelli e Trucco, 2023).

Após apresentar a redução de custos de lançamento (Seção 3.1), o aparato operacional do COPE (Seção 3.2), identificação das demandas espaciais existentes no Poder Executivo Federal (Seção 3.3), a cadeia de valor no setor espacial (Seção 3.4), o papel da Comissão Nacional de Geoinformação (Seção 3.5), o Capítulo 4 apresenta a relação do setor privado com o Programa Espacial Brasileiro.

4 O SETOR PRIVADO ESPACIAL NO BRASIL

O setor privado brasileiro apresenta um conjunto diversificado de empresas alinhadas às diretrizes do PEB, que foram catalogadas pela AEB e compiladas no Catálogo da Indústria Espacial Brasileira. A publicação mantém a base industrial atualizada com 65 empresas, facilita a inserção das empresas no cenário internacional e oferece uma visão clara das sinergias entre os diferentes segmentos que compõem o setor nos segmentos do *Upstream* e *Downstream* (Brasil, 2023a).

A organização do setor de defesa no Brasil envolve um conjunto amplo de atividades de pesquisa, desenvolvimento, produção e manutenção de tecnologias consideradas estratégicas para o Estado. Esse conjunto de iniciativas busca fortalecer competências nacionais, reduzir vulnerabilidades externas e ampliar a capacidade de desenvolver soluções próprias em áreas sensíveis. A Base Industrial de Defesa (BID) representa o arranjo institucional que integra empresas estatais e privadas, além de organizações civis e militares, responsáveis por atuar nessas etapas e sustentar a construção de capacidades tecnológicas essenciais ao país.

Mazzucato e Robinson (2018) evidencia que a participação empresarial é determinante para a criação e captura de valor, especialmente em ambientes intensivos em tecnologia, como o espacial. Este Capítulo é organizado de forma que na Seção 4.1, apresenta-se um marco regulatório recentemente instituído para disciplinar as atividades comerciais do setor espacial no país, que passa a viabilizar a atuação de empresas brasileiras e estrangeiras no território nacional. Na Seção 4.2, discute-se a relação do setor espacial com a Base Industrial de Defesa (BID). Na Seção 4.3, analisa-se a trajetória da Visiona Tecnologia Espacial e os desenvolvimentos associados aos seus projetos. Por fim, na Seção 4.4, aborda-se o papel desempenhado pelo Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) em parceria com a empresa Innospace na dinamização do segmento de lançamentos comerciais.

4.1 Regulação e governança do setor espacial no Brasil

A trajetória recente do marco regulatório espacial brasileiro revela um processo gradual de amadurecimento institucional. Conforme apontado por Souza, Harada e Felzky (2024), o relatório final do GT-12 (vide Tabela 3) do CDPEB, concluído em 2020, estabeleceu bases para um arcabouço legal mais moderno e coerente. Em 2024, foi sancionada a Lei nº 14.946, que estabelece os princípios gerais para a regulamentação das atividades

espaciais no Brasil. A norma define competências, procedimentos de autorização e fiscalização, bem como obrigações dos operadores públicos e privados. Como objetivo, busca-se ampliar a segurança jurídica, garantir a soberania nacional sobre os artefatos lançados e alinhar o país às exigências do mercado internacional, viabilizando a atuação de empresas brasileiras e estrangeiras no território nacional.

O texto normativo distribui competências entre a Agência Espacial Brasileira (AEB), o Comando da Aeronáutica e, subsidiariamente, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), estabelecendo distinções entre missões civis, militares e duais (art. 5). A nova legislação também reforça a proteção da propriedade intelectual (art. 8), regulamenta a instalação de sensores estratégicos (art. 7), e cria mecanismos de supervisão, investigação e registro das atividades em território nacional (arts. 19, 25, 27 e 28). A figura do operador espacial é disciplinada de modo a permitir a participação de entidades públicas ou privadas, mediante autorização formal da AEB (arts. 9, 12 e 13), incluindo a possibilidade de transferência de controle de sistemas orbitais (art. 24). Por fim, a norma legal prevê a exploração direta ou indireta das infraestruturas espaciais por parte da União, inclusive por dispensa de licitação (art. 11).

4.1.1 Estrutura de Governança: Autoridades Reguladoras

A governança das atividades espaciais no Brasil é dividida entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e o Comando da Aeronáutica, cada qual com atribuições específicas. A AEB é responsável por regulamentar e fiscalizar as atividades espaciais civis, enquanto o Comando da Aeronáutica exerce essas funções no âmbito da defesa nacional. Em casos de atividades espaciais duais, que possuam tanto fins civis quanto militares, ambas as autoridades devem atuar em coordenação, sendo exigido consenso para decisões conjuntas (Brasil, 2024):

Art. 5º Compete à:

I - autoridade espacial de defesa, exercida pelo Comando da Aeronáutica, regulamentar e fiscalizar as atividades espaciais de defesa nacional;

II - autoridade espacial civil, exercida pela Agência Espacial Brasileira (AEB), regulamentar e fiscalizar as atividades espaciais civis realizadas no País.

§ 1º No caso de atividade espacial dual, as autoridades referidas nos incisos I e II do caput deste artigo atuarão em coordenação, cabendo decisões por consenso, na forma de regulamento.

4.1.2 Controle e Supervisão de Dados e Infraestruturas Sensíveis

A segurança nacional e a proteção de infraestruturas críticas, isto é, aquelas cujo

funcionamento é indispensável, são aspectos fundamentais na governança do setor espacial. Para garantir o controle adequado, a legislação estabelece que a recepção e distribuição de dados espaciais sobre infraestruturas críticas e áreas sensíveis podem ser reguladas pelo Ministério da Defesa (Lei nº 14.946/2024, art. 6º). Além disso, a autorização para instalação e operação de sensores de monitoramento e vigilância espacial deve ser concedida pela autoridade espacial de defesa, com consulta à AEB, visando a consciência situacional espacial (Brasil, 2024):

Art. 7º A autorização para a instalação e a operação de sensores de monitoramento e de vigilância de artefatos e detritos espaciais e sua infraestrutura associada, em território nacional, dar-se-á pela autoridade espacial de defesa, ouvida a autoridade espacial civil, em proveito da consciência situacional espacial, sem prejuízo do disposto na Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999.

4.1.3 Proteção da Propriedade Intelectual e Tecnológica

A legislação também visa proteger o desenvolvimento tecnológico e a propriedade intelectual no setor espacial. Os processos de patenteamento, absorção tecnológica e transferência de tecnologia são regulamentados para evitar a perda de conhecimento estratégico e garantir a soberania do país em suas inovações espaciais (Brasil, 2024):

Art. 8º Com base nos tratados internacionais ratificados pelo País e na legislação brasileira, proteger-se-ão os processos de patenteamento de invenções e de modelos de utilidade, absorção tecnológica, transferência de tecnologias, exportação de bens sensíveis e propriedade intelectual que se vinculem às atividades espaciais.

4.1.4 Licenciamento e Autorização para Atividades Espaciais Civis

A AEB tem a responsabilidade de estabelecer normas para a execução de atividades espaciais civis e emitir as respectivas licenças e autorizações. Nenhuma entidade pode realizar operações espaciais no Brasil sem a devida autorização, o que garante que as missões e projetos espaciais estejam em conformidade com as regulamentações nacionais e internacionais (Brasil, 2024):

Art. 12. A AEB, por meio de ato próprio, estabelecerá as normas para a execução de atividades espaciais civis no território nacional.

Art. 13. A AEB, observado regulamento próprio, expedirá licenças e autorizações para operadores espaciais civis.

4.1.5 Controle de Lançamentos Espaciais e Segurança Aérea

O Comando da Aeronáutica é responsável pela autorização de voos de veículos

lançadores no espaço aéreo brasileiro, garantindo a segurança das operações e a compatibilidade das trajetórias com a infraestrutura aeronáutica do país. Esse processo ocorre em coordenação com a AEB, especialmente nos casos de atividades civis, para análise conjunta da conjunção de lançamento (Brasil, 2024):

Art. 14. O Comando da Aeronáutica expedirá a autorização para voo de veículo lançador em espaço aéreo brasileiro, com vistas à execução de atividades espaciais civis no território nacional.

Parágrafo único. O Comando da Aeronáutica coordenará a análise de conjunção de lançamento em conjunto com a AEB para o caso de atividades espaciais civis.

4.1.6 Supervisão e Fiscalização das Atividades Espaciais

A governança do setor inclui a supervisão contínua das atividades espaciais. As autoridades responsáveis têm a competência de acompanhar e fiscalizar as operações para garantir conformidade com as regulamentações estabelecidas. Essa supervisão pode ser realizada em parceria com entidades nacionais e internacionais, visando aprimorar a capacidade de monitoramento do setor (Brasil, 2024):

Art. 19. A supervisão das atividades espaciais compreende as ações de acompanhamento e de fiscalização que a autoridade espacial competente executará, conforme regulamento próprio.

Parágrafo único. A autoridade espacial competente poderá celebrar acordos com o propósito de instrumentalizar a supervisão das atividades espaciais.

4.1.7 Registro Espacial Brasileiro (Resbra)

O Registro Espacial Brasileiro (Resbra) é instituído pela Lei nº 14.946/2024 e coordenado pela AEB como um sistema destinado à coleta, ao tratamento e ao armazenamento de dados e informações sobre as atividades espaciais nacionais. Conforme o art. 25, o Resbra pode reunir dados relativos a operadores espaciais, artefatos espaciais, licenças, autorizações e outorgas de direitos associados às atividades civis, contribuindo para a organização e o acompanhamento institucional do setor. (Brasil, 2024):

Art. 25. A fim de cumprir as obrigações internacionais às quais o Brasil se submete referentes à formalização do Estado de registro, a AEB estabelecerá e coordenará o Registro Espacial Brasileiro (Resbra), como sistema de coleta, de tratamento e de armazenamento de dados e de informações sobre as atividades espaciais nacionais.

4.1.8 Prevenção e Investigação de Acidentes Espaciais

A prevenção de acidentes em atividades espaciais é disciplinada pelos arts. 27 e 28 da

Lei nº 14.946/2024, que instituem o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes em Atividades Espaciais (Sipae). O sistema é composto pela AEB, pelo Comando da Aeronáutica e por organizações militares e civis que atuam na fabricação, operação e manutenção de artefatos espaciais, no controle do espaço aéreo e em atividades de apoio da infraestrutura espacial. Sua finalidade é viabilizar a identificação de fatores relacionados a acidentes e orientar ações voltadas à segurança das operações espaciais. (Brasil, 2024):

Art. 27. Para os fins exclusivos de prevenção de acidentes em atividades espaciais, é instituído o Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes em Atividades Espaciais (Sipae).

Parágrafo único. Para os efeitos do caput deste artigo, considera-se sistema o conjunto de órgãos, de organizações, de entidades e de elementos relacionados entre si para a finalidade específica de prevenção de acidentes em atividades espaciais ou por interesse de coordenação e orientação técnica e normativa, sem implicar subordinação hierárquica.

Art. 28. Compõem o Sipae:

I - a AEB;

II - o Comando da Aeronáutica; e

III - as organizações militares e civis, públicas e privadas, que atuem em:

a) fabricação de artefatos espaciais;

b) operação de artefatos espaciais;

c) manutenção de artefatos espaciais;

d) controle do espaço aéreo; e

e) atividades de apoio da infraestrutura espacial.

4.1.9 Normas para Outorgas de Direitos e Transações Espaciais

A AEB tem competência de autorizar a transferência de propriedade e de comando e controle de sistemas espaciais civis registrados no País ou pelo Brasil. Essa atribuição assegura que alterações na titularidade ou na operação desses sistemas sejam formalmente avaliadas pelo órgão competente, em consonância com os requisitos estabelecidos na legislação nacional. (Brasil, 2024):

Art. 24. Caberá à AEB autorizar a transferência de propriedade e de comando e controle de sistemas espaciais civis com registro no País ou pelo Brasil.

4.1.10 Exploração Econômica das Atividades Espaciais

O art. 11 da Lei nº 14.946/2024 autoriza a União a realizar, de forma direta ou indireta e dispensada a licitação, a exploração econômica da infraestrutura espacial e das atividades espaciais, inclusive dos serviços inerentes à operação de sistemas espaciais. A exploração direta ocorre por meio de órgãos ou entidades da administração pública federal, enquanto a exploração indireta pode ser realizada mediante os instrumentos previstos em lei (Brasil,

2024):

Art. 11. A União poderá realizar, de forma direta ou indireta, dispensada a licitação, a exploração econômica da infraestrutura espacial e das atividades espaciais, incluídos os serviços inerentes à operação e à utilização de sistemas espaciais.

§ 1º A exploração direta ocorrerá por intermédio de órgãos ou entidades da administração pública federal.

§ 2º A exploração indireta poderá ocorrer mediante instrumentos previstos em lei.

A partir da Lei nº 14.946/2024, compreende-se em que medida esse arcabouço normativo sustenta a participação de atores produtivos na economia espacial. Nesse contexto, a Seção 4.2 examina a Base Industrial de Defesa (BID), cuja atuação integra o ambiente institucional e tecnológico necessário para viabilizar o desenvolvimento de capacidades industriais vinculadas ao setor espacial.

4.2 A Base Industrial de Defesa (BID)

A Base Industrial de Defesa (BID) é definida no Livro Branco de Defesa Nacional (Brasil, 2020^a, p. 133) como “o conjunto de organizações estatais e privadas, civis e militares, que realizam ou conduzem pesquisas, projetos, desenvolvimento, industrialização, produção, reparo, conservação, revisão, conversão, modernização ou manutenção de produto de defesa (PRODE) no País”. Sua consolidação ocorreu através de instrumentos normativos como a Estratégia Nacional de Defesa (END), que estabeleceu a necessidade de reconstrução de uma indústria nacional voltada para as demandas das Forças Armadas, e pela Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID), formulada com o objetivo de fomentar a inovação e assegurar a autonomia tecnológica do país (Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino, 2017).

A partir desses marcos, o setor passou a ser orientado não apenas pela demanda das instituições militares, mas também por objetivos mais amplos de política industrial e inovação tecnológica. Segundo Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino (2017), a BID responde à necessidade de reduzir a dependência de fornecedores estrangeiros, especialmente em áreas sensíveis como sistemas embarcados, sensores, aeronaves e comunicações. Nesse sentido, a BID assume papel de vetor para o desenvolvimento autônomo de capacidades críticas e para a geração de externalidades positivas à economia nacional.

Alguns exemplos de empresas e cooperações tecnológicas presentes no país são citados por Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino (2017). A AEL Sistemas, empresa brasileira controlada pela israelense Elbit Systems, atua no desenvolvimento de sistemas embarcados e sensores, com participação tanto da modernização de aeronaves da Força Aérea Brasileira

(FAB) quanto no fornecimento de torres não tripuladas para o blindado Guarani, veículo destinado à substituição e modernização da frota de blindados do Exército Brasileiro. A Israel Aerospace Industries (IAI), estatal israelense especializada em plataformas aéreas, coopera com a brasileira Avionics Services, e fornece soluções aplicadas ao avião de transporte KC-390, desenvolvido pela Embraer. No âmbito das iniciativas nacionais, Embraer, Avibras e AEL constituíram a Harpia Sistemas, *joint venture* voltada ao desenvolvimento de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), simuladores e sistemas optrônicos. Após o encerramento da empresa, o projeto do ARP Falcão segue em desenvolvimento pela Avibras, com grande parte da tecnologia concebida nacionalmente e com apoio do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) (Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino, 2017). Esses exemplos ilustram como o avanço de iniciativas no país dependem diretamente de condições estáveis de planejamento, financiamento e coordenação institucional, o que explica a relevância das políticas públicas para sustentar a continuidade dos projetos e consolidar as capacidades tecnológicas da BID.

A estabilidade e previsibilidade das políticas públicas voltadas ao setor de defesa figuram entre os principais desafios para o fortalecimento da BID. A análise realizada por Marçal (2018), com foco nos programas estratégicos do Exército Brasileiro, destaca o desalinhamento entre o planejamento oficial e a execução prática dos projetos de longo prazo, em virtude da descontinuidade de investimentos, da imprevisibilidade orçamentária e das alterações de prioridades institucionais ao longo dos ciclos governamentais. Com base no Plano de Articulação e Equipamentos de Defesa (PAED), documento que orienta as necessidades de meios e materiais das Forças Armadas em horizonte de médio e longo prazo, observa-se a exposição de algumas iniciativas a períodos de descontinuidade, redimensionamento ou incerteza orçamentária. Citam-se como exemplos de iniciativas, o Projeto Guarani, voltado à substituição e modernização da frota de blindados do Exército Brasileiro, o Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), que busca ampliar a vigilância eletrônica ao longo das fronteiras terrestres, e o ASTROS 2020, um sistema de artilharia de longo alcance para lançamento de foguetes e mísseis com precisão.

Segundo Marçal (2018), completam o conjunto os programas, a Defesa Cibernética, voltada à proteção de redes e sistemas e contra-ataques digitais, e de Defesa Antiaérea, que envolve o desenvolvimento e a aquisição de meios para neutralizar ameaças provenientes do espaço aéreo. O autor destaca as oscilações de investimentos, a descontinuidade de recursos, a interrupção de políticas por troca de governo, restrições orçamentárias como causas que

refletem uma dificuldade estrutural de manter continuidade em projetos que, por natureza, demandam planejamento de longo prazo. Como consequência, a criação de um ambiente confiável para o setor industrial é comprometida, uma vez que se depende de previsibilidade para mobilizar investimentos, manter capacidades instaladas e qualificar pessoal técnico especializado. A superação dessas oscilações exige mecanismos de governança institucionalizada, que articulem diferentes áreas do governo e do setor produtivo em torno de objetivos comuns. Como conclui Marçal (2018), a previsibilidade e a continuidade são condições indispensáveis para que a indústria de defesa possa cumprir seu papel estratégico, tanto no campo militar quanto como vetor de inovação tecnológica e desenvolvimento nacional.

A consolidação da BID também exige políticas voltadas à produção de conhecimento, internalização de tecnologia e articulação entre setores estratégicos da economia. Como destaca Bacêlo (2021), esse objetivo passa pela valorização da tecnologia dual, capaz de atender simultaneamente a demandas civis e militares, e de gerar retorno em termos de inovação, capacitação produtiva e soberania tecnológica. O incentivo à produção de bens e serviços com potencial de uso dual favorece o adensamento tecnológico da indústria, amplia o retorno social sobre os investimentos públicos e contribui para o desenvolvimento de competências críticas; trata-se de uma forma de direcionar o esforço estatal voltado à defesa, de modo a produzir benefícios também para outros setores estratégicos da economia (Bacêlo, 2021).

A Lei nº 12.598/2012 estabelece as categorias de Empresa Estratégica de Defesa (EED) e de Produto Estratégico de Defesa (PED), como elementos estruturantes da política setorial. As EED correspondem a empresas brasileiras envolvidas na produção, no desenvolvimento ou na manutenção de itens essenciais à capacidade operacional das Forças Armadas, enquanto os PED abrangem produtos cuja obtenção demanda elevada complexidade tecnológica e relevância estratégica. Com o propósito de aumentar a competitividade da BID, o Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (RETID), estabelece um conjunto de isenções, tais como a desoneração de PIS/Pasep, COFINS e IPI, destinadas às EED envolvidas na produção, desenvolvimento ou manutenção de PED. No entanto, poucas empresas conseguem usufruir do regime, o que causa um efeito limitante da medida com redução do alcance dos benefícios fiscais e comprometimento do estímulo ao desenvolvimento tecnológico setorial. Por isso, aponta-se a necessidade de aprimorar o RETID, sobretudo no sentido de simplificar processos, ampliar o acesso das empresas e

articular o regime a políticas de inovação que garantam previsibilidade e sustentação de longo prazo para a indústria de defesa (Bacêlo, 2021).

A conexão entre centros de excelência tecnológica e empresas do setor de defesa é apontada por Bacêlo (2021) como condição necessária para a internalização de capacidades, uma vez que a inovação depende de interação contínua entre governo, universidades e indústria. Além da aquisição de produtos prontos, é preciso construir trajetórias de aprendizado e domínio do ciclo completo de desenvolvimento tecnológico. Esse desafio é particularmente evidente no caso das Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), cuja incorporação pelas Forças Armadas brasileiras tem ocorrido, majoritariamente, por meio da aquisição de plataformas desenvolvidas no exterior. Embora tais parcerias tragam ganhos operacionais e ampliem canais de cooperação, o fortalecimento da BID exige a superação do papel de mero comprador. Como destacam Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino (2017), mais do que incorporar ARPs prontas ao inventário nacional, o Brasil precisa construir trajetórias próprias de inovação que permitam a evolução da BID no setor.

A comparação entre diferentes modelos de política industrial de defesa permite situar o caso brasileiro em perspectiva internacional. No Reino Unido, a *Defence and Security Industrial Strategy* (DSIS) promove uma articulação estruturada entre governo, setor produtivo e comunidade científica, a fim de priorizar a manutenção de capacidades industriais críticas e a valorização da inovação. A política britânica é sustentada por incentivos fiscais amplos, nos quais grandes empresas utilizam o *Research and Development Expenditure Credit* (RDEC) e pequenas e médias empresas recorrem ao *Research and Development Allowance* (RDA). Além disso, a DSIS define capacidades industriais a serem retidas no país, estabelece critérios para avaliação de planos de aquisição e orienta um sistema de compras públicas sensível ao valor social gerado pela cadeia produtiva. Em contraste, o modelo brasileiro, embora disponha de instrumentos como o RETID, carece de mecanismos estáveis e coordenados que assegurem previsibilidade ao setor empresarial e induzam trajetórias tecnológicas de longo prazo (Bacêlo, 2021).

O fortalecimento de capacidades tecnológicas nacionais através da BID requer empresas capazes de integrar setores civil e militar e de internalizar conhecimento estratégico, como preveem as iniciativas voltadas às Empresas Estratégicas de Defesa (EED). Uma vez que é credenciada como EED e ao mesmo tempo compõe o Catálogo da Indústria Espacial Brasileira (Brasil, 2023a), apresenta-se, portanto, o papel da Visiona Tecnologia Espacial na Seção 4.3 como um exemplo de organização orientada ao desenvolvimento e à integração de

soluções espaciais.

4.3 A empresa Visiona Tecnologia Espacial

A Visiona Tecnologia Espacial é uma das empresas brasileiras voltadas à integração de sistemas espaciais e serviços satelitais. Criada em 2012, fruto de uma *joint-venture* entre a Embraer Defesa & Segurança e a Telebras, a empresa nasceu com o propósito de fortalecer o Programa Espacial Brasileiro, impulsionando o desenvolvimento de soluções tecnológicas avançadas no setor (Brasil, 2023a; Visiona, 2024). Desde sua fundação, a Visiona tem desempenhado um papel estratégico na ampliação das capacidades nacionais em satélites e telecomunicações. Um de seus marcos mais relevantes foi a participação no Programa do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC-1), lançado em 2017, que proporcionou avanços significativos na oferta de banda larga e reforçou a segurança das comunicações estratégicas do país. Além desse projeto, a empresa tem expandido sua atuação para outras frentes, oferecendo serviços de sensoriamento remoto e telecomunicações via satélite. Entre suas especialidades estão operações de aerolevanteamento SAR nas bandas X e P, utilizadas em setores como agricultura, óleo e gás, meio ambiente, defesa e segurança. Em seu portfólio, destacam-se as plataformas VCUB, nanossatélite de observação da Terra e coleta de dados, e SatVHR, satélite de observação da Terra de altíssima resolução, como exemplos da inovação promovida pela empresa no setor espacial brasileiro (Visiona, 2025a).

4.3.1 O satélite VCUB

O VCUB, lançado em 2023, representa um marco para a indústria espacial brasileira por ser o primeiro satélite de observação da Terra e coleta de dados projetado pela indústria nacional. Com massa de 12 quilos, enquadra-se na classe dos nanossatélites e foi desenvolvido com arquitetura sofisticada, incluindo uma câmera reflexiva OPTO 3UCAM e um conjunto de sensores capazes de gerar imagens com elevada qualidade radiométrica e geométrica. Sua concepção seguiu padrões internacionais de engenharia de sistemas espaciais e incorporou metodologia que utiliza modelos digitais para projetar e validar sistemas complexos. Esse conjunto de práticas permitiu dotar o satélite de funcionalidades típicas de plataformas de maior porte, como sistema de controle estabilizado em três eixos, fusão de dados de sensores e um módulo autônomo de detecção e correção de falhas (Visiona, 2025b).

O projeto do VCUB, segundo Visiona (2025b), foi desenvolvido com o apoio de uma

ampla rede de parceiros nacionais. Entre as empresas da base industrial brasileira envolvidas estão a OPTO *Space & Defense*, responsável pela câmera de imageamento, além da AMS Kepler, Metalcard e Orbital Engenharia. No âmbito institucional, o projeto contou com apoio financeiro da Embrapii e do Instituto Senai de Inovação, o que ilustra o caráter colaborativo da iniciativa e a importância da articulação entre setor produtivo, centros de pesquisa e entidades de fomento para o fortalecimento do PEB.

Em missão, o VCUB ainda teve o objetivo de validar em órbita o *software* de gestão de dados de bordo, comunicações, telemetria e controle de órbita e atitude concebidos no país. O satélite também inaugura a primeira missão de sensoriamento remoto realizada por uma empresa privada brasileira e incorpora o conceito de *software-defined satellite*, arquitetura que permite reconfigurar funções do satélite por *software* após o seu lançamento. Em outubro de 2024, após sua fase inicial de operação, a Visiona divulgou as primeiras imagens captadas pelo VCUB e confirmou o êxito da missão (Visiona, 2025b).

4.3.2 O satélite SatVHR

A Visiona Tecnologia Espacial lidera o desenvolvimento do SatVHR, um satélite de observação da Terra de altíssima resolução, cujo projeto conta com a participação de diversas empresas e Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICTs) brasileiras (Visiona, 2024). Projetado para ser um satélite de pequeno porte, o SatVHR terá capacidade de realizar aplicações de monitoramento ambiental, gestão de recursos hídricos, defesa territorial e segurança pública. Sua tecnologia poderá ser empregada para acompanhar mudanças em florestas, rios e mares, além de contribuir para a proteção de terras indígenas e áreas estratégicas do país. O projeto conta com um aporte de R\$ 220 milhões da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) previsto até o de 2026 (Mundogeo, 2024).

O PNAE destaca que as atividades espaciais formam um ambiente de alto valor agregado, no qual a inovação, a infraestrutura especializada e a articulação de diversas cadeias produtivas exercem papel sobretudo indutor a fim de alavancar cadeias correlatas e orientar políticas que apoiem o desenvolvimento de tecnologias espaciais. O documento enfatiza a necessidade de adoção de iniciativas de fomento, mecanismos contratuais mais flexíveis e maior articulação entre governo, academia, instituições de pesquisa, entidades de apoio, empresas e parceiros internacionais. Essa integração permite compartilhar conhecimento, identificar sinergias de demanda e alinhar o mercado nacional às dinâmicas globais, além de ampliar a competitividade externa por meio de cooperações que viabilizam o

desenvolvimento conjunto de tecnologias e o acesso a novos mercados (Brasil, 2022c).

Subsídios para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) constituem um mecanismo comum para incentivar a inovação em setores de alta intensidade tecnológica, a exemplo da iniciativa realizada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), que alocou cerca de US\$ 300 milhões em contratos de P&D em pequenas empresas no setor espacial no ano de 2022. (OCDE, 2024).

Nesse contexto, a FINEP desempenha um papel importante no incentivo à pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico no Brasil. Como entidade vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), sua atuação visa fortalecer a competitividade da indústria nacional, viabilizando investimentos estratégicos em setores de alta tecnologia. No contexto espacial, a FINEP tem fomentado iniciativas inovadoras por meio de subvenções econômicas, como ocorreu através de chamamento público no ano de 2022, voltado ao desenvolvimento de satélites de pequeno porte para observação da Terra (Brasil, 2022d). Publicado em parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), tem como objetivo selecionar projetos inovadores no setor de desenvolvimento de satélites. Os recursos disponibilizados, de até R\$ 220 milhões, são não reembolsáveis, o que caracteriza um investimento direto no avanço tecnológico do país. Essa iniciativa busca estimular o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços inovadores, de forma a minimizar riscos tecnológicos a fim de fomentar maior autonomia na produção nacional de satélites de alta resolução (Brasil, 2022d).

O edital estabelece critérios de elegibilidade para as empresas que desejam participar. Apenas empresas brasileiras podem se candidatar, e cada projeto deve ser desenvolvido em colaboração com, pelo menos, cinco outras empresas nacionais, além de contar com a participação obrigatória de uma Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação (ICT). Esse modelo fortalece a indústria espacial brasileira e incentiva a cooperação entre empresas e instituições de pesquisa para acelerar o desenvolvimento tecnológico (Brasil, 2022d).

Com o objetivo de a política de fomento consolidar a capacidade produtiva nacional no setor, a proposta selecionada deve contemplar todas as etapas do desenvolvimento de um satélite de pequeno porte, desde engenharia de sistemas, construção de partes e peças, integração e testes, até a produção do modelo de voo. O edital também estabelece que todas as atividades do projeto devem ser realizadas em território nacional, entretanto, permite que atividades específicas, como certificação, prototipagem e testes, sejam realizadas fora do país (Brasil, 2022d).

A análise de mérito das propostas é conduzida por um Comitê de Avaliação formado por representantes da FINEP, MCTI, AEB e pode contar com consultores externos. Os projetos são avaliados com base em critérios como grau de inovação, risco tecnológico, impacto esperado, clareza da proposta e experiência da empresa proponente e coexecutoras. O prazo de execução do projeto é de até 36 meses, podendo ser prorrogado a critério da FINEP, conforme justificativas apresentadas pela empresa proponente (Brasil, 2022d).

Além do financiamento, a FINEP exige contrapartidas financeiras das empresas participantes, estabelecendo diferentes percentuais conforme o porte da organização. Empresas de grande porte, por exemplo, devem aportar um mínimo de 5% do valor solicitado, enquanto micro e pequenas empresas têm exigências reduzidas, com contrapartida mínima de 0,5%. O acompanhamento técnico e financeiro do projeto é realizado tanto pela FINEP quanto pela AEB, por meio de visitas de acompanhamento e reuniões técnicas para avaliar o progresso das atividades do projeto (Brasil, 2022d).

Os satélites a serem desenvolvidos sob o edital (Brasil, 2022d) devem atender a parâmetros técnicos fundamentais para garantir desempenho adequado e viabilidade operacional. Entre os principais requisitos definidos pela AEB (Brasil, 2022e), destacam-se que os satélites devem ter menos de 500kg e serem capazes de gerar imagens de alta resolução. Eles precisam ser projetados como sistemas completos, incluindo tanto a plataforma quanto os instrumentos de observação, e ter vida útil mínima de três anos em órbita para assegurar o retorno científico, tecnológico e financeiro do investimento.

Os projetos VCUB e SatVHR ilustram o avanço da Visiona na integração de sistemas espaciais e no desenvolvimento de sistemas nacionais em sensoriamento remoto. Enquanto o VCUB validou tecnologias nacionais em um nanossatélite, o SatVHR amplia essa conquista ao incorporar instrumentos de altíssima resolução e contar com um aporte financeiro da FINEP para o desenvolvimento do projeto.

Uma vez apresentado o papel da Visiona como Empresa Estratégica de Defesa (EED) e sua interação com a FINEP para o desenvolvimento de plataformas nacionais, na próxima seção, será apresentada a infraestrutura do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), área na qual o Brasil também apresenta avanços em lançamentos comerciais.

4.4 O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e a empresa Innospace

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) está localizado em Alcântara-MA e é composto por um conjunto de instalações organizadas em cinco setores funcionais: Comando e

Controle, Preparação e Lançamento, Controle de Satélites, Apoio, e Residencial/Hoteleiro (Figura 19). Sua infraestrutura inclui instalações tecnológicas como estações de telemedidas, de rastreamento e de meteorologia, além de plataformas de lançamento, sistemas meteorológicos, sistemas de comunicações e estruturas gerais de apoio logístico, conforme previsto no Programa de Desenvolvimento Integrado do Centro Espacial de Alcântara (PDI-CEA) (Brasil, 2022b).

Com a promulgação do Acordo de Salvaguardas Tecnológicas com os Estados Unidos da América, por meio do Decreto nº 10.220, de 5 de fevereiro de 2020, o Brasil passou a estar amparado para lançar artefatos espaciais com componentes americanos a partir de seu território. A partir de 2020, conduziram-se ações para identificação e negociação com empresas interessadas em operar comercialmente no CLA, além da preparação do entorno de Alcântara de modo a viabilizar a operação do centro e gerar benefícios socioeconômicos à região de influência. Posteriormente, o PDI-CEA passou a considerar o CLA como um centro de lançamento comercial, prevendo a comercialização de lançamentos e a aplicação das receitas decorrentes em manutenção e investimentos necessários à prontidão operacional (Brasil, 2022b).

Figura 19 – Infraestrutura do CLA no município de Alcântara-MA



Fonte: Brasil, 2022b, p. 14.

A dois graus ao sul da linha do Equador, o CLA oferece vantagens técnicas consideráveis para lançamentos orbitais, especialmente em termos de economia de propelente, segurança natural e acesso a múltiplos azimutes. Essa localização privilegiada, aliada a uma infraestrutura em processo de modernização, tem sido apontada como base para a construção de

um complexo espacial multifuncional no país (Martini *et al.*, 2024). Inserido no segmento de *upstream*, que concentra atividades de alta intensidade tecnológica relacionadas à manufatura de sistemas espaciais e à infraestrutura de suporte ao lançamento, o Centro Espacial de Alcântara (CEA) disponibiliza a estrutura necessária para os serviços de lançamento e para o segmento de solo. Essa inserção permite conectar os fabricantes de satélites e veículos lançadores às operações em órbita (Brasil, 2022b).

A partir de 2020, o uso comercial do Centro de Lançamento de Alcântara passou a ser regulamentado por meio de editais públicos, adotando como modelo jurídico de cessão de uso de sua infraestrutura mediante autorização de uso às empresas selecionadas. Entre 2020 e 2021, empresas formalizaram propostas com diferentes modelos operacionais e tipos de missão. As selecionadas incluíram a canadense *C6 Launch Systems*, a norte-americana *Hyperion* e a sul-coreana *Innospace*, cujos planos variavam desde lançamentos sob demanda até a instalação de estruturas próprias no CLA (Zaparolli, 2021).

O PNAE aponta que a criação de centros espaciais aptos a receber operações privadas exige mais do que a organização da infraestrutura interna, uma vez que requer igualmente o desenvolvimento do entorno logístico, urbano e de negócios, além de um arcabouço institucional robusto. Como essas tarefas ultrapassam as competências diretas do setor espacial, o documento enfatiza a necessidade de envolver outras instituições do Estado para viabilizar plenamente esse tipo de empreendimento (Brasil, 2022c). Com a evolução da discussão das dinâmicas do setor espacial e conforme apresentado na Seção 4.1, a Lei nº 14.946/2024 passou a regulamentar as ações de operadores espaciais civis (Brasil, 2024).

A concretização da perspectiva de receber operações privadas começou a se desenhar com a atuação da empresa sul-coreana *Innospace*. Em 19 de março de 2023, a *startup* realizou com sucesso, a partir do CLA, o lançamento do foguete suborbital HANBIT-TLV. O teste experimental, denominado Operação Astrolábio, marcou o primeiro lançamento de uma empresa privada estrangeira a partir do território brasileiro, operando em regime de cooperação com a Força Aérea Brasileira (Brasil, 2023b). O voo teve como carga útil o SISNAV, um sistema de navegação inercial desenvolvido pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), subordinado ao Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). O veículo HANBIT-TLV utilizou um sistema de propulsão híbrido com combustível à base de parafina e oxidante líquido, desenvolvido com tecnologia própria da *Innospace*. O sucesso do voo validou a viabilidade do sistema de lançamento da empresa sul-coreana e os componentes brasileiros embarcados (Ferreira, 2023).

Com base nesse cenário emergente, têm sido propostas novas configurações institucionais e territoriais para ampliar a articulação entre os diversos agentes do setor aeroespacial, promovendo sinergias entre pesquisa, produção, operação e mercado. Nesse contexto, o conceito de Complexo Acadêmico, Industrial, Militar e Espacial de Alcântara (CAIMEA), proposto por Martini *et al.* (2024), visa estruturar um ecossistema sustentável por meio da coordenação entre instituições de defesa, ciência, tecnologia, educação, setor privado e sociedade local. Entre seus componentes estão a presença da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) como polo de formação e pesquisa, a criação de zonas logísticas e de integração tecnológica, o suporte operacional e de segurança pela estrutura militar, além de condições para estimular investimentos privados. Essa articulação permitiria ao CLA atuar como catalisador de uma economia espacial no país, à semelhança de complexos existentes em Kourou, na Guiana Francesa, com potencial para gerar inovação, emprego qualificado e atração de investimentos (Martini *et al.*, 2024).

A apresentação do setor privado demonstrou que o ambiente nacional apresenta avanços relevantes em regulação, governança e capacidade industrial, com destaque para a atuação da Base Industrial de Defesa, o papel da Visiona na integração de sistemas e o crescente dinamismo do Centro de Lançamento de Alcântara, especialmente com a entrada de novos operadores. Considerando a Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), o qual inclui o Programa Espacial Brasileiro (PEB), o contexto da inovação no setor espacial e a conjuntura do setor privado nesse ambiente, podem ser delineadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças mediante a perspectiva da inovação no setor espacial. O próximo capítulo fundamenta a análise estruturada com o uso combinado da matriz SWOT e do método multicritério *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

5 ANÁLISE DO PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

Após a fundamentação teórica desenvolvida nos capítulos anteriores e com o objetivo de compreender o panorama e perspectiva do Programa Espacial Brasileiro (PEB), foi aplicado a matriz SWOT como ferramenta de análise do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE 2022–2031). Nesse sentido, este capítulo apresenta a estrutura analítica utilizada para identificar, classificar e avaliar os fatores internos e externos que auxiliam na compreensão estratégica do setor espacial brasileiro. O conceito de matriz SWOT e suas limitações são descritos na seção 5.1, seguida da seção 5.2 onde se apresenta o método de análise multicritério *Analytical Hierarchy Process* (AHP) como fator de incremento da robustez quantitativa da ordenação hierárquica de fatores elencados na matriz SWOT. Um caso aplicado ao setor espacial sul-coreano é apresentado na seção 5.3, e por fim, os resultados e discussões são apresentados na seção 5.4.

5.1 A matriz SWOT

A matriz SWOT, sigla oriunda do conjunto de palavras em inglês *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*, respectivamente, Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças, é uma ferramenta de análise estratégica voltada à compreensão dos fatores internos e externos que influenciam o desempenho de organizações. Conforme Puyt, Lie e Wilderom (2023), o modelo tem origem na metodologia SOFT (*Satisfactory, Opportunity, Fault, Threat*), desenvolvida por Robert Franklin Stewart no *Stanford Research Institute* (SRI) durante a década de 1960. A proposta visava criar um processo de planejamento participativo voltado à integração entre gestores. Puyt, Lie e Wilderom (2023) apontam que a função inicial da metodologia era estimular o diálogo organizacional e permitir que equipes identificassem pontos fortes e fracos de desempenho e reconhecessem eventuais oportunidades e ameaças. O método é então compreendido como um processo sistemático de aprendizado e cocriação gerencial, no qual a formação da estratégia organizacional ocorre de maneira compartilhada e participativa (Puyt, Lie e Wilderom, 2023).

De acordo com Leigh (2010), *Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats* representam influências organizacionais conhecidas como SWOT. Define-se *Strength* (Força) como um aprimorador interno de competências ou recursos valiosos, e *Weakness* (Fraqueza) como um inibidor interno das competências, recursos ou atributos necessários ao sucesso. *Opportunity* (Oportunidade) é caracterizada como um aprimorador externo de desempenho

que pode ser explorado para obtenção de benefícios, enquanto *Threat* (Ameaça) constitui um inibidor externo capaz de reduzir conquistas organizacionais. Esses elementos são comumente organizados em uma matriz 2×2, que diferencia os aprimoradores internos e externos dos inibidores correspondentes, conforme ilustrado na Figura 20. Essa representação tem por finalidade enfatizar uma visão holística das quatro categorias, ainda que, na prática, cada uma delas possa ser examinada separadamente, sem que comparações entre categorias sejam o objetivo explícito da análise (Leigh, 2010).

Figura 20 – Matriz SWOT

Internal	Strengths a. b. c.	Weaknesses a. b. c.
	Opportunities a. b. c.	Threats a. b. c.
	Enhancer	Inhibitor

Fonte: Leigh, 2010, p. 116.

Nota: Os termos em inglês da figura foram mantidos na forma original da matriz SWOT para preservar a padronização do modelo. Em língua portuguesa, os termos correspondem aos fatores classificados como: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). As legendas dos eixos correspondem a *Enhancer* (Aprimorador), *Inhibitor* (Inibidor), *External* (Externo) e *Internal* (Interno). Cada elemento (a, b ou c) é então classificado de acordo com cada fator da matriz SWOT.

Leigh (2010) destaca que, no desenvolvimento de estratégia de negócios, os fatores SWOT costumam ser delineados por *stakeholders* e conduzidos por gestores ou consultores que buscam coletar dados perceptivos dos participantes. Essa abordagem busca reunir avaliações sobre influências internas e externas relacionadas ao sucesso organizacional, de modo que as informações obtidas reflitam a memória coletiva e as avaliações do grupo.

Observa-se que, nesse processo, a análise SWOT fornece uma visão intrínseca do ambiente organizacional, ainda que sua precisão dependa da qualidade e disponibilidade dos dados coletados (Leigh, 2010). Essa lógica se alinha ao contexto do Programa Espacial Brasileiro (PEB), cuja governança envolve múltiplos *stakeholders* (vide Seção 2.1) responsáveis por influenciar a definição de prioridades necessárias ao planejamento do setor espacial.

Quanto às possibilidades de emprego da matriz SWOT como método de análise, Leigh (2010) associa sua aplicação em análise de desempenho, a fim de identificar em que medida práticas internas e fatores externos impactam os resultados obtidos por uma organização. Ainda propõe-se o uso em análise de causa, para avaliar quais práticas devem ser mantidas, ampliadas ou descontinuadas. Adicionalmente, a ferramenta pode apoiar o planejamento estratégico, a fim de identificar fatores que contribuem ou prejudicam a efetividade da organização. Também pode ser utilizada em avaliações para monitorar o ambiente interno e externo e acompanhar o surgimento de novos elementos de força, fraqueza, oportunidade e ameaça (Leigh, 2010).

Além dessas categorias, inclui-se a análise por matriz SWOT em aplicações de investigação apreciativa (para esclarecer forças e oportunidades), comparação por referência (*benchmarking*) — usada para identificar oportunidades e ameaças entre as melhores práticas —, análise setorial (para contextualizar oportunidades de mercado), análise situacional (para avaliar tendências relacionadas a clientes, custos e concorrência) e planejamento de cenários para considerar situações futuras prováveis, possíveis e preferenciais (Leigh, 2010).

O emprego da análise através de matriz SWOT foi realizada por Mota (2025) no setor público de infraestrutura no contexto da priorização de projetos de construção em uma instituição federal de ensino superior. O estudo relata que a utilização da SWOT permitiu compreender o ambiente interno e externo da instituição e apoiar a definição dos critérios utilizados na priorização dos projetos (Mota, 2025). O uso do SWOT em contextos de alta complexidade tecnológica é estudado por Lee *et al.* (2021), que analisaram a indústria de satélites e espaço da Coreia do Sul. A estrutura analítica representada através de um quadro organizado de fatores foi base para a formulação de estratégias voltadas ao fortalecimento da capacidade tecnológica nacional. A identificação de oportunidades associadas à convergência entre as indústrias do setor espacial e de tecnologias digitais destacou a utilidade do método em cenários que exigem a integração entre diferentes áreas do conhecimento (Lee *et al.*, 2021).

Neste estudo, a matriz SWOT é utilizada como instrumento de compreensão do

Programa Espacial Brasileiro (PEB) a partir da identificação, classificação e avaliação de seus fatores internos (Forças e Fraquezas) e externos (Oportunidades e Ameaças) de acordo com o PNAE 2022–2031. Dessa forma, a matriz SWOT é aplicada como etapa preliminar de sistematização das variáveis que poderiam influenciar o desempenho do PEB, permitindo que cada fator identificado seja posteriormente quantificado e hierarquizado.

A seleção dos fatores que compõem a matriz SWOT é um processo que envolve a identificação dos fatores internos e externos mais relevantes ao contexto de análise. Kurttila *et al.* (2000) destacam que essa etapa pode ser conduzida por especialistas dos setores público, acadêmico e industrial, que, a partir de questionários estruturados, eliminam elementos redundantes e mantêm apenas aqueles considerados essenciais em cada categoria. Leigh (2010) ressalta que a identificação dos fatores deve ocorrer de forma prévia e participativa, assegurando a representatividade das percepções dos *stakeholders* e evitando vieses na definição dos elementos analisados. Lee *et al.* (2021) derivaram os fatores da matriz SWOT a partir da análise de pesquisas e relatórios acadêmicos sobre o setor espacial da Coreia do Sul. Essa última proposta foi escolhida e adotada neste estudo para levantamento dos fatores da matriz SWOT, e assim como Lee *et al.* (2021), foram utilizadas obras acadêmicas, normas e relatórios governamentais relacionados ao Programa Espacial Brasileiro.

As limitações da matriz SWOT são reconhecidas na literatura. Leigh (2010) observa que a SWOT, por possuir natureza qualitativa, não atribui pesos ou magnitudes relativas aos fatores identificados, o que reduz sua capacidade de priorização quando utilizada sem métodos complementares. Puyt, Lie e Wilderom (2023) acrescentam que o uso da matriz sem contextualização histórica e sem a participação ativa dos decisores pode transformá-la em um exercício meramente descritivo, comprometendo seu potencial de gerar aprendizado organizacional. Em contextos de maior complexidade como os relatados por Lee *et al.* (2021) e Mota (2025), a ausência de critérios objetivos de comparação entre fatores torna o resultado dependente da percepção dos participantes. Na próxima seção, explora-se como tais limitações podem ser mitigadas.

5.2 Análise Multicritério de Decisão (AMD) e o método AHP

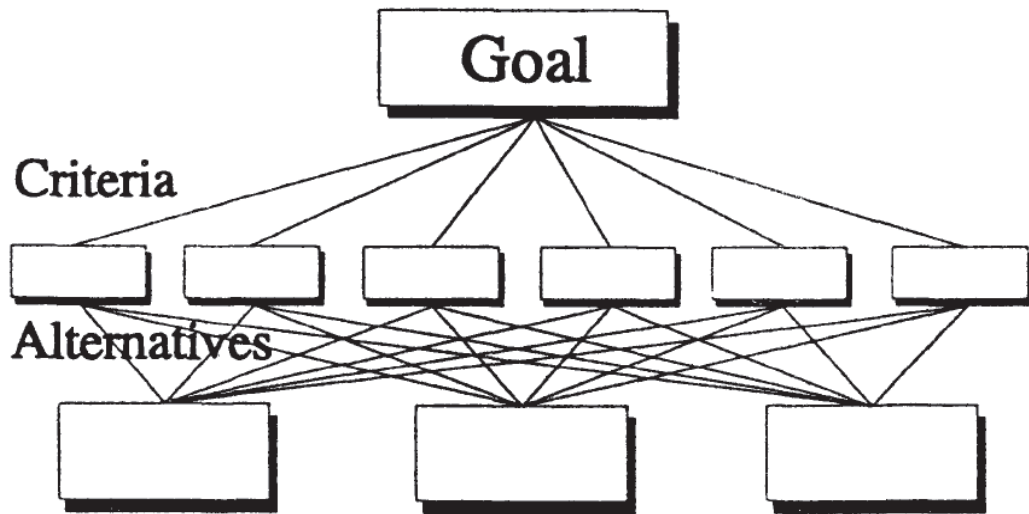
A Análise Multicritério de Decisão (AMD) é apresentada por Infante (2024) como um quadro teórico e metodológico essencial para tratar problemas complexos de decisão, sobretudo em contextos caracterizados por múltiplos critérios e interesses em conflito. As metodologias multicritério, como o *Analytical Hierarchy Process* (AHP), oferecem

alternativas estruturadas para avaliar critérios diversos em processos decisórios, e permitem contemplar objetivos concorrentes tais como segurança, transparência e cooperação, considerando tanto critérios quantitativos quanto qualitativos. A AMD fornece, portanto, uma interface de análise interdisciplinar que facilita a identificação de estratégias robustas e favorece a colaboração entre formuladores de políticas públicas e representantes setoriais (Infante, 2024). Segundo Mota (2025), o objetivo da AMD não é fornecer uma solução única ao decisor, mas auxiliar pessoas e organizações a realizarem escolhas em situações de dúvida, incerteza e conflito de interesses, envolvendo múltiplos critérios e diferentes pontos de vista.

O *Analytical Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido por Thomas Saaty como um método estruturado de apoio à decisão voltado à resolução de problemas complexos que envolvem múltiplos critérios (Saaty, 2008). Através de opiniões de especialistas, pesos são atribuídos aos critérios e comparados entre si, o que permite mensurar uma ordem de prioridades e converter julgamentos qualitativos em valores quantitativos (Saaty, 2008). Um exemplo de aplicação do método AHP é o realizado por Lee *et al.* (2021) para avaliar fatores internos e externos ao desenvolvimento da indústria de satélites e espaço da Coreia do Sul. O estudo envolveu um grupo de especialistas cujas respostas foram sintetizadas para indicar estratégias de fortalecimento tecnológico. Soares, Santos e Gomes (2022) aplicaram o método AHP em uma simulação de seleção de aeronaves cargueiras para a Força Aérea Brasileira a partir de critérios técnicos e econômicos de forma hierárquica. Outro exemplo de aplicação do método AHP foi proposto por Mota (2025) a fim de ordenar projetos de infraestrutura em uma instituição pública de ensino superior de acordo com prioridades estabelecidas a partir de critérios objetivos.

De maneira geral, o método AHP estrutura o problema de decisão em uma hierarquia de três níveis: o objetivo geral; os critérios; e as alternativas. Essa disposição é representada por meio de uma árvore de níveis hierárquicos, conforme representado na Figura 21, na qual cada elemento de um nível é comparado em relação aos elementos do nível imediatamente superior (Soares, Santos e Gomes, 2022). A construção da hierarquia é seguida da elaboração das matrizes de comparação, cálculo dos pesos, verificação da consistência e síntese das prioridades. O produto final é um *ranking* de alternativas, cuja soma de pesos equivale a 1, representando o grau relativo de preferência para cada opção analisada (Soares, Santos, e Gomes, 2022).

Figura 21 – Árvore de níveis hierárquicos.



Fonte: Saaty e Vargas, 2001, p. 3.

A implementação geral do método AHP segue quatro etapas principais descritas por Saaty (2008):

- 1) Definir o problema e o tipo de conhecimento desejado;
- 2) Estruturar a hierarquia da decisão, com o objetivo no topo, seguido dos critérios e das alternativas;
- 3) Construir matrizes de comparações paritárias para os elementos de cada nível; e
- 4) Derivar as prioridades locais e obter as prioridades globais das alternativas.

No método AHP, as entradas do processo são o objetivo decisório, os critérios e as alternativas, as quais recebem pesos através das matrizes de comparações paritárias que expressam pesos relativos. Essas comparações, ilustradas na Figura 22, utilizam uma escala de 1 a 9, conforme descrito por Saaty e Vargas (2001) na Tabela 13, em que o valor 1 representa igual importância entre os elementos e 9 indica extrema importância de um elemento sobre o outro.

Figura 22 – Escala de comparações paritárias

Item	Weight ← Same → Weight																	Item
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
S1									1									S2
S1									1									S3
S1									1									S4
S2									1									S3
S2									1									S4
S3									1									S4

Fonte: Lee *et al.*, 2021, p. 8.

Tabela 13 – Escala de pesos para comparação paritária

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
2	Importância fraca	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
3	Importância moderada	A experiência e o julgamento favorecem moderadamente uma atividade em relação à outra.
4	Importância moderada a forte	A preferência por uma atividade é claramente perceptível, embora ainda moderada.
5	Importância forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
6	Importância forte a muito forte	A preferência por uma atividade é robusta e demonstrada em situações práticas.
7	Importância muito forte ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida em relação à outra; sua dominância é demonstrada na prática.
8	Importância muito, muito forte	Uma atividade é quase absolutamente preferida à outra.
9	Importância extrema	As evidências que favorecem uma atividade em relação à outra são da mais alta ordem possível de afirmação.

Fonte: Saaty e Vargas, 2001, p. 3, adaptado pelo autor.

O resultado do método é um vetor de prioridades que representa um conjunto de pesos relativos, obtidos por meio da normalização e do cálculo do autovetor principal das matrizes. As prioridades locais são posteriormente sintetizadas, multiplicando-as pela prioridade de seus nós superiores e somando os resultados, gerando uma prioridade global para cada alternativa. O modelo ainda prevê o cálculo de um índice de consistência que permite avaliar

a coerência dos julgamentos emitidos (Saaty, 2008). Mendes, Erthal Júnior e Hosken (2013) detalham a aplicação do método AHP em seis passos, conforme a Figura 23, os quais foram utilizados neste estudo e usado como base para a implementação em modelo computacional através do *script* do Apêndice A.

Figura 23 – Resumo do método AHP

Resumo do método AHP, segundo Saaty			
Sequência	Nº Equação	Equação	Descrição da equação
1º Passo	Eq. 1	$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$	Formação das matrizes de decisão. Expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais (ARAYA et al., 2004).
2º Passo	Eq. 2	$W_i = \left(\prod_{j=1}^n W_{ij} \right)^{1/n}$	Cálculo do autovetor (W_i). Consiste em ordenar as prioridades ou hierarquias das características estudadas (COSTA, 2006).
3º Passo	Eq. 3	$T = \left \frac{W_1}{\sum W_i} ; \frac{W_2}{\sum W_i} ; \frac{W_3}{\sum W_i} \right $	Cálculo de Normalização dos autovetores. Possibilita a comparabilidade entre os critérios e alternativas (COSTA, 2006).
4º Passo	Eq. 4	$\lambda_{m\acute{a}x} = T \times W$	Índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e os pesos dos critérios (COSTA, 2006).
5º Passo	Eq. 5	$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{(n - 1)}$	Índice de Consistência (IC). Permite avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos pareados (COSTA, 2006).
6º Passo	Eq. 6	$RC = \frac{IC}{CA}$	Razão de Consistência (RC). Permite avaliar a inconsistência em razão da ordem da matriz de julgamentos. Caso o valor seja maior que 0,10, revisar o modelo e, ou, os julgamentos (COSTA, 2006).

Fonte: Mendes, Erthal Júnior e Hosken, 2013, p. 341.

Organizar comparações paritárias e sintetizar julgamentos em escalas de prioridade pelo método AHP, fornece uma base estruturada e quantitativa para decisões complexas (Saaty, 2008; Saaty e Vargas, 2001). Essa característica foi explorada por Kurttila *et al.* (2000) no contexto da formulação de estratégias para a certificação florestal na Finlândia, em um processo de decisão que envolveu variáveis econômicas, sociais e ambientais. Kurttila *et al.* (2000) integraram a matriz SWOT, responsável por identificar fatores internos e externos relevantes, ao AHP, utilizado para atribuir prioridades numéricas a esses fatores e verificar a consistência dos julgamentos. Na próxima seção explica-se como esse modelo foi implementado.

5.3 O método AHP associado à matriz SWOT (SWOT-AHP)

A associação entre a matriz SWOT e o método AHP torna-se uma abordagem analítica que busca superar as limitações qualitativas do diagnóstico estratégico tradicional (Saaty e

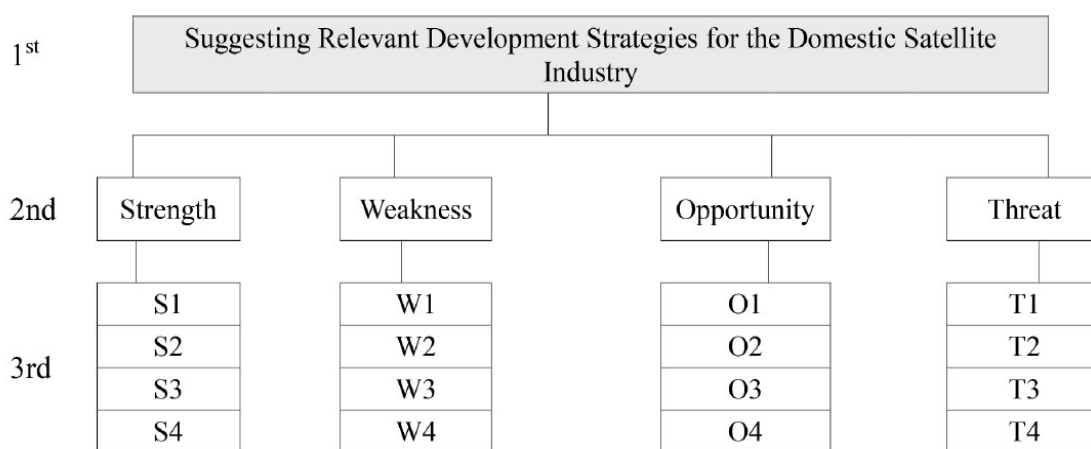
Vargas, 2001). Conforme abordado na seção anterior, o AHP permite quantificar julgamentos subjetivos e estabelecer hierarquias de prioridade entre fatores decisórios (Saaty, 2008; Saaty e Vargas, 2001). A associação dessas propriedades à matriz SWOT, por sua vez, amplia a capacidade de examinar os ambientes interno e externo de modo mensurável e comparável. Essa integração foi explorada por Kurttila *et al.* (2000) e por Lee *et al.* (2021), em estudos de natureza aplicada e orientados à formulação de estratégias setoriais.

O trabalho de Kurttila *et al.* (2000) teve como finalidade desenvolver um instrumento de apoio à decisão para o planejamento estratégico de certificação florestal na Finlândia, em um contexto que envolvia fatores econômicos, sociais e ambientais. O estudo reconhece que a matriz SWOT, embora útil para identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, apresentava limitações por não permitir avaliar quantitativamente a relevância de cada fator nem testar a coerência dos julgamentos. Assim, os autores propuseram associar o AHP ao processo de análise SWOT, transformando-o em um modelo híbrido capaz de produzir valores numéricos e prioridades hierárquicas entre os elementos. A aplicação do estudo dos referidos autores partiu da identificação dos fatores internos e externos relevantes ao caso. Em seguida, foram realizadas comparações paritárias entre os fatores de cada grupo e, posteriormente, entre os quatro grupos SWOT, permitindo calcular as prioridades locais e globais. As análises foram conduzidas em conjunto com o diretor de uma propriedade florestal e um especialista em planejamento, utilizando o método do autovalor principal para derivar os pesos e verificar a consistência dos julgamentos.

Os resultados obtidos por Kurttila *et al.* (2000) demonstraram que o método híbrido proporcionou valores quantitativos para os fatores da SWOT e favoreceu uma análise mais estruturada sobre a formulação de estratégias. No estudo de caso, observou-se predominância de forças e oportunidades, indicando a viabilidade estratégica da certificação florestal como alternativa competitiva para a propriedade analisada. O processo também se mostrou útil para identificar as dimensões críticas do ambiente operacional (custos, benefícios e impactos ambientais) e para ilustrar de forma gráfica a predominância relativa de cada grupo SWOT. O principal ganho apontado pelos autores foi o aumento da precisão e da profundidade analítica da SWOT, uma vez que as comparações paritárias exigiram do tomador de decisão uma análise mais criteriosa dos pesos atribuídos a cada fator. Além disso, o método mostrou-se aplicável a diferentes contextos de planejamento estratégico, inclusive com potencial de uso em processos participativos, mediante agregação dos julgamentos de múltiplos especialistas (Kurttila *et al.*, 2000).

O estudo de Lee *et al.* (2021) aplicou a abordagem da matriz SWOT associado ao método AHP à indústria de satélites e espaço da Coreia do Sul, com o objetivo de identificar estratégias para acelerar o desenvolvimento do setor e fortalecer a participação de empresas privadas. O trabalho baseou-se em revisão de literatura e documentos governamentais para definir os fatores SWOT do setor espacial coreano, cujo diagrama de hierarquia de fatores está ilustrado na Figura 24. Após eliminar itens redundantes, o modelo final contemplou quatro fatores em cada grupo (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças) (Lee *et al.*, 2021).

Figura 24 – Diagrama de hierarquia dos fatores da matriz SWOT



Fonte: Lee *et al.*, 2021, p. 7

Em seguida, foi conduzida uma pesquisa estruturada com 32 especialistas provenientes da indústria, da academia e de institutos de pesquisa, utilizando comparações paritárias em escala de nove pontos, conforme o método de Saaty. O procedimento resultou em pesos relativos para cada fator, permitindo classificar sua importância hierárquica. Os fatores de oportunidades da matriz SWOT apresentaram o maior peso agregado, seguidas das forças, ameaças e fraquezas. Entre os itens mais relevantes, destacaram-se a ampliação da utilização do setor público, o potencial do mercado espacial e a convergência das tecnologias de informação e comunicação (Lee *et al.*, 2021).

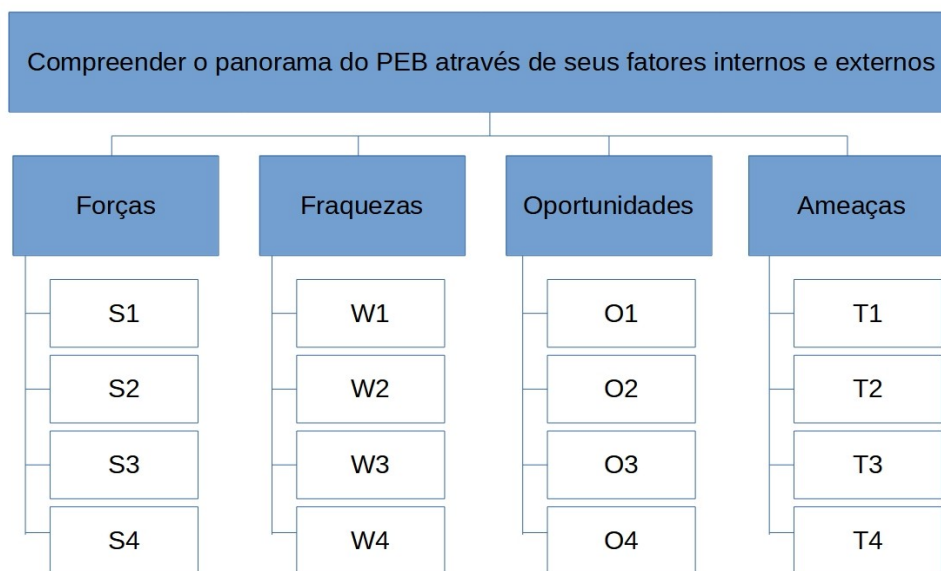
A adoção do método híbrido (SWOT-AHP) por Kurttila *et al.* (2000) e Lee *et al.* (2021) exemplifica a flexibilidade do modelo em contextos setoriais distintos. Em ambos estudos, a integração entre diagnóstico situacional e análise multicritério produziu resultados quantitativos capazes de orientar decisões estratégicas complexas. Na próxima seção, esse mesmo modelo é retomado e adaptado ao caso em estudo, o que permitiu analisar o panorama e perspectiva do Programa Espacial Brasileiro (PEB).

5.4 Resultados e discussões

O objetivo deste estudo tem como proposta compreender o panorama do Programa Espacial Brasileiro (PEB) através de seus fatores internos e externos a partir da aplicação da matriz SWOT como ferramenta de análise do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022–2031. A fim de concretizar tal análise, adotou-se de um modelo de ordenação hierárquica de fatores internos e externos identificados na matriz SWOT a partir do método AHP.

Assim como Lee *et al.*, (2021), inicialmente foi realizado o mapeamento de objetivo, critérios e fatores, conforme ilustrado no diagrama de hierarquia da matriz SWOT representado na Figura 25. A adoção de quatro fatores por categoria segue a prática de Kurttila *et al.* (2000) e Lee *et al.* (2021) que limita o número de itens para garantir clareza na comparação entre pares. De modo consistente, os quatro fatores de cada quadrante neste trabalho foram definidos a partir da revisão dos documentos oficiais e da análise desenvolvida nos capítulos anteriores.

Figura 25 – Objetivos, critérios e fatores utilizados no método SWOT-AHP



Fonte: Elaboração própria.

Nota: As siglas S1 a S4, W1 a W4, O1 a O4 e T1 a T4 correspondem, respectivamente, aos fatores *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).

Neste estudo, a matriz SWOT é aplicada como etapa preliminar de sistematização das variáveis que poderiam influenciar o desempenho do PEB, permitindo que cada fator

identificado seja posteriormente quantificado e hierarquizado. Assim como Lee *et al.* (2021), foram utilizadas obras acadêmicas, normas e relatórios governamentais relacionados ao Programa Espacial Brasileiro.

Os fatores internos e externos da matriz SWOT foram delineados não apenas a partir do limite geográfico do Brasil, mas a partir da análise do PEB desenvolvida nos capítulos anteriores. Assim, a matriz SWOT e seus fatores internos (Força e Fraqueza) e externos (Oportunidades e Ameaças) são apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 14, 15, 16 e 17.

Os elementos de Força identificados derivam de capacidades já consolidadas do Programa Espacial Brasileiro (PEB). Esses fatores, listados na Tabela 14, resultam tanto da infraestrutura nacional instalada e em estado operacional, como o CLA e o COPE, e os sistemas orbitais já em estado de operação, como o SGDC e Amazônia-1. Também foram considerados os mecanismos institucionais de coordenação que estruturam a atuação do setor, como a sinergia entre o PNAE e o PESE e o mapeamento sistemático de demandas do Poder Executivo Federal pelo CDPEB/GT-15.

Tabela 14 – Fatores de Força da Matriz SWOT

Força	Principais referências utilizadas na dissertação
Operacionalidade da infraestrutura do CLA e COPE consolidada através de produtos oriundos do PESE (S1).	Brasil (2018b); Brasil (2022b); Demenicis (2018); Oliveira (2020); Zaparolli (2021).
Presença de sinergia entre programas: PNAE e PESE (S2).	Andrade <i>et al.</i> (2021), Brasil (2018b); Brasil (2022c).
O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC, CBERS (S3).	Brasil (2012); Brasil (2018); Brasil (2022c); Cepik, Souza e Dal-Berto (2023); Oliveira (2020).
Demandas espaciais existentes mapeadas no âmbito do Poder Executivo Federal pelo CDPEB/GT-15 (S4).	Brasil (2009), Brasil (2019b); Brasil (2021)

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Foram incluídos os identificadores S1 a S4 ao término de cada fator.

Os elementos de Fraqueza refletem limitações internas ao PEB a partir do PNAE 2022–2031 e do conjunto de evidências analisadas que fragilizam a capacidade nacional de desenvolver e manter soluções espaciais de forma autônoma. Entre esses fatores, listados na Tabela 15, destacam-se a baixa execução orçamentária ao longo da última década, dependência de ministérios do Executivo Federal para levantamento de suas próprias demandas no setor espacial a partir de iniciativas do CDPEB. Também foram consideradas a

dependência tecnológica externa de insumos para a produção de subsistemas críticos em plataformas nacionais e a reduzida previsibilidade e continuidade orçamentária necessária para manter a Base Industrial de Defesa (BID).

Tabela 15 – Fatores de Fraqueza da Matriz SWOT

Fraqueza	Principais referências utilizadas na dissertação
Baixa execução orçamentária no âmbito do PEB: para o período de 2012 a 2021, dos R\$ 5,75 bi previstos, apenas R\$ 2 bi foram aplicados (W1).	Brasil (2022c); Marçal (2018).
Apenas o Ministério da Defesa interage com PNAE através de um programa estratégico, o PESE. A interação institucional do restante do Poder Executivo Federal, ainda é realizada através de iniciativas do CDPEB e GTs (W2).	Brasil (2018b), Brasil (2019b); Brasil (2021); Andrade <i>et al.</i> (2021); Souza, Harada e Felzcky (2024)
Dependência tecnológica externa de insumos para a construção de subsistemas críticos em plataformas nacionais (W3).	Brasil (2018b); Teixeira Júnior, Freitas e Marcelino (2017); Bacêlo (2021).
Baixa previsibilidade e continuidade orçamentária para manter a Base Industrial de Defesa (W4).	Brasil (2018b); Bacêlo (2021); Marçal (2018).

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Foram incluídos os identificadores W1 a W4 ao término de cada fator.

Os elementos de Oportunidade reúnem fatores externos ao PEB que, embora fora da governança direta do PNAE, criam um ambiente favorável para a expansão das capacidades nacionais no setor espacial. Entre esses fatores, listados na Tabela 16, destacam-se a redução global dos custos de lançamento e a ampliação de operadores comerciais capazes de viabilizar o uso comercial do CLA, a expansão contínua dos mercados de *downstream* em diversas áreas de aplicação e o fortalecimento dos mecanismos de financiamento público para iniciativas de inovação, como no caso do apoio da FINEP ao projeto SatVHR da Visiona. Também se soma a esse conjunto o avanço da governança nacional de dados geoespaciais, que amplia a integração entre atores públicos e privados e favorece a geração de serviços baseados em dados espaciais.

Tabela 16 – Fatores de Oportunidades da Matriz SWOT

Oportunidades	Principais referências utilizadas na dissertação
A redução global dos custos de lançamento e expansão de operadores comerciais como viabilização do uso comercial do CLA por empresas, tais como a sul-coreana Innospace no ano de 2023 (O1).	Brasil (2018b); Brasil (2022b); Brasil (2024); Euroconsult (2022), Jones (2018); McKinsey (2023); Zapparoli (2021).

Expansão dos mercados de <i>downstream</i> nas áreas de agricultura de precisão, meio ambiente, defesa, telecomunicações, segurança pública (O2).	Bousedra (2023); Cameron, Seher e Crawley (2011); Euroconsult (2022); Monte e Scatteia (2017); Schymanietz, Jonas e Möslein, (2022).
Realização de financiamento público de iniciativas através da FINEP, tais como o projeto do SatVHR da empresa Visiona (O3).	FINEP (2022a); FINEP (2022b), Ferreira (2023); McKinsey (2023); Visiona (2024);
Avanço na governança nacional de dados geoespaciais mediante a integração entre <i>stakeholders</i> e inovação baseada em serviços (O4).	Bousedra (2023); Brasil (2008); Brasil (2024); Brasil (2025a); Paravano, Locatelli e Trucco (2023); Schymanietz, Jonas e Möslein (2022).

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Foram incluídos os identificadores O1 a O4 ao término de cada fator.

Os elementos de Ameaça englobam fatores externos ao PEB que podem comprometer a efetividade das políticas previstas pelo PNAE 2022–2031 e dificultar a consolidação das capacidades nacionais no setor espacial. Como apresentado na Tabela 17, destacam-se a reduzida dotação orçamentária brasileira quando comparada a outros países com maior volume de investimentos, a concorrência imposta pela dinâmica global do *New Space* sobre empresas nacionais e o risco de obsolescência tecnológica decorrente do rápido avanço da inovação em escala internacional. Soma-se a esse conjunto a persistente dependência de satélites estrangeiros para atendimento de demandas de órgãos do Executivo Federal, o que expõe o país a vulnerabilidades em aplicações críticas e limita a autonomia operacional do PEB.

Tabela 17 – Fatores de Ameaças da Matriz SWOT

Ameaças	Principais referências utilizadas na dissertação
Dotação orçamentária reduzida quando comparado a outros países (T1).	Brasil (2022c); Edl (2022); Euroconsult (2022).
Concorrência e pressão da dinâmica global do <i>New Space</i> sobre empresas nacionais (T2).	Adilov <i>et al.</i> (2022); Bousedra (2023); Brasil (2022c); McKinsey (2023); Paravano, Locatelli e Trucco (2023); Shaengchart e Kraiwanit (2023).
Risco de obsolescência tecnológica rápida frente ao ritmo de inovação global (T3).	Bousedra (2023); Jones (2018); McKinsey (2023).
Dependência de satélites estrangeiros para atendimento de demandas nacionais (T4).	Brasil (2009), Brasil (2022c).

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Foram incluídos os identificadores T1 a T4 ao término de cada fator.

Uma vez apresentados os fatores que compõem a Matriz SWOT, aplica-se a metodologia de análise multicritério *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para realizar a ordenação hierárquica entre fatores. Para sua execução, foi implementado em modelo computacional através do *script* desenvolvido pelo autor (Apêndice A) seguindo os passos elencados na Figura 23, no qual aplicam-se pesos aos fatores internos e externos mapeados na matriz SWOT.

Como o objetivo deste trabalho é compreender o panorama e perspectiva do Programa Espacial Brasileiro (PEB), e não estabelecer empiricamente prioridades entre os fatores, os pesos atribuídos no modelo computacional do método AHP foram definidos pelo próprio autor para fins de simulação, conforme exemplificado para o fator de Oportunidades na Tabela 18. Abordagem semelhante é adotada por Kurttila *et al.* (2000), em que os pesos dos fatores são definidos de forma subjetiva pelo decisor no processo de comparação entre pares (etapa de *pairwise comparison*), sem a necessidade de dados empíricos externos. Já para os pesos entre as categorias, ao implementar o método AHP, baseou-se nos valores de pesos dimensionados por Lee *et al.* (2021), considerando que até o momento da pesquisa não houve esse tipo de análise no contexto do PEB.

Tabela 18 – Escala de comparações paritárias para o fator de Oportunidades

Item	Pesos							Igual		Pesos							Item	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8		9
O1							X											O2
O1							X											O3
O1					X													O4
O2									X									O3
O2							X											O4
O3							X											O4

Fonte: Valores arbitrados pelo autor, com base em Lee *et al.*, 2021, p. 8.

Uma vez definidos os fatores que compõem a Matriz SWOT, procedeu-se ao cálculo dos pesos locais por meio da aplicação do método AHP onde foram obtidos os pesos relativos dentro de cada categoria (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças), que foram então normalizados para permitir sua comparação interna. Os pesos locais foram normalizados a partir da solução vetorial conforme as etapas descritas na Figura 23, seguindo o procedimento

do método AHP. Em seguida, aplicaram-se os pesos de cada categoria.

Com essa estrutura, resultado do que foi descrito anteriormente, os itens foram ordenados conforme sua contribuição relativa na hierarquia resultante, permitindo identificar aqueles que exerceriam maior influência no panorama avaliado. Os resultados finais encontram-se sistematizados na Tabela 19, na qual se apresentam os pesos locais, os pesos por categoria e os respectivos pesos globais atribuídos a cada fator da matriz SWOT.

Tabela 19 – Fatores da matriz SWOT ordenados conforme simulação do método AHP

Id	Fator	Peso Local	Peso da Categoria	Peso Global	Ranking
O1	A redução global dos custos de lançamento e expansão de operadores comerciais como viabilização do uso comercial do CLA por empresas, tais como a sul-coreana Innospace no ano de 2023.	0,520	0,487	0,253	1
S3	O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC, CBERS.	0,564	0,238	0,134	2
O2	Expansão dos mercados de <i>downstream</i> nas áreas de agricultura de precisão, meio ambiente, defesa, telecomunicações, segurança pública.	0,201	0,487	0,098	3
O3	Realização de financiamento público de iniciativas através da FINEP, tais como o projeto do SatVHR da empresa Visiona.	0,201	0,487	0,098	4
W1	Baixa execução orçamentária no âmbito do PEB: para o período de 2012 a 2021, dos R\$ 5,75 bi previstos, apenas R\$ 2 bi foram aplicados.	0,544	0,119	0,065	5
S1	Operacionalidade da infraestrutura do CLA e COPE consolidada através de produtos oriundos do PESE.	0,263	0,238	0,063	6
T1	Dotação orçamentária reduzida quando comparado a outros países.	0,375	0,156	0,059	7
T3	Risco de obsolescência tecnológica rápida frente ao ritmo de inovação global	0,375	0,156	0,059	8
O4	Avanço na governança nacional de dados geoespaciais mediante a integração entre <i>stakeholders</i> e inovação baseada em serviços.	0,078	0,487	0,038	9
W3	Dependência tecnológica externa de insumos para a construção de subsistemas críticos em plataformas nacionais.	0,254	0,119	0,030	10
S2	Presença de sinergia entre programas: PNAE e PESE.	0,118	0,238	0,028	11
T2	Concorrência e pressão da dinâmica global do New Space sobre empresas nacionais.	0,125	0,156	0,020	12
T4	Dependência de satélites estrangeiros para	0,125	0,156	0,020	13

	atendimento de demandas nacionais.				
W4	Baixa previsibilidade e continuidade orçamentária para manter a Base Industrial de Defesa.	0,151	0,119	0,018	14
S4	Demandas espaciais existentes mapeadas no âmbito do Poder Executivo Federal pelo CDPEB/GT-15.	0,055	0,238	0,013	15
W2	Apenas o Ministério da Defesa interage com PNAE através de um programa estratégico, o PESE. A interação institucional do restante do Poder Executivo Federal, ainda é realizada através de iniciativas do CDPEB e GTs.	0,050	0,119	0,006	16

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os campos da tabela correspondem a:

Id: código de identificação atribuído a cada fator da matriz SWOT.

Fator: descreve o elemento analisado no âmbito das categorias Força, Fraqueza, Oportunidade ou Ameaça.

Peso Local: indica a proporção relativa de cada fator normalizado em sua categoria.

Peso da Categoria: apresenta o peso atribuído à categoria SWOT correspondente.

Peso Global: contribuição final de cada fator no conjunto da análise.

Ranking: posição sequencial de acordo com ordem decrescente de Peso Global.

Os resultados globais obtidos pela aplicação do modelo AHP evidenciam uma ordenação clara entre os fatores mapeados. No ambiente simulado, o fator com maior peso global foi “A redução global dos custos de lançamento e expansão de operadores comerciais como viabilização do uso comercial do CLA”, destacando-se como o elemento externo de maior influência na análise. Como apresentado por Jones (2018), sucessivos avanços tecnológicos e a entrada de novos operadores privados reduziram drasticamente o custo por quilograma lançado em órbita. Essa redução permitiu a ampliação do mercado global de lançamentos, tendência igualmente destacada pela Euroconsult (2022) e pela McKinsey (2023). No contexto brasileiro, abriu-se caminho para a operação de lançamentos comerciais por atores privados no território nacional através da regulamentação da Lei nº 14.946/2024 (Brasil, 2024), além da concretização do lançamento de um foguete suborbital realizado pela empresa sul-coreana Innospace no CLA, conforme apresentado por Zapparolli (2021).

O segundo fator de maior peso global foi “O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC e CBERS”, e evidencia a relevância das capacidades nacionais existentes no segmento espacial. Classificada como fator de força, a existência de um histórico contínuo de operação de satélites por instituições brasileiras, documentado no PNAE (Brasil, 2022c) e no PESE (Brasil, 2018b), demonstra que o país desenvolveu competências técnicas consolidadas no setor espacial. Essa capacidade é reforçada por análises recentes que descrevem a maturidade acumulada pelo setor na gestão de missões como o SGDC (Cepik, Souza e Dal-Berto, 2023; Oliveira, 2020). Assim, o destaque atribuído ao fator na hierarquia do modelo AHP traz coerência e aponta o domínio

operacional de satélites como um ativo relevante para o PEB.

Na extremidade oposta da hierarquia, o fator com menor peso global foi “Apenas o Ministério da Defesa interage com PNAE através de um programa estratégico, o PESE. A interação institucional do restante do Poder Executivo Federal, ainda é realizada através de iniciativas do CDPEB e GTs”. Como fator de fraqueza, a fragmentação institucional e a ausência de mecanismos mais robustos de coordenação dificultam a consolidação de prioridades comuns e a integração das diferentes agendas governamentais no setor espacial (Andrade *et al.*, 2021; Souza, Harada e Felzcky, 2024).

O segundo fator com menor peso global foi “Demandas espaciais existentes mapeadas no âmbito do Poder Executivo Federal pelo CDPEB/GT-15”, um fator de força cuja influência relativa permaneceu reduzida na hierarquia obtida. Como discutido nos capítulos anteriores, embora o processo tenha registrado informações de diversos ministérios, sua função permanece predominantemente diagnóstica (Brasil, 2009; Brasil, 2019b; Brasil, 2021).

A síntese dos resultados revelou a distribuição relativa de importância entre os fatores analisados, permitindo compreender os elementos que impulsionam o PEB e aqueles que limitam seu avanço institucional. A hierarquia obtida reforça os achados discutidos ao longo do estudo e orienta a reflexão sobre prioridades futuras. O capítulo seguinte apresenta as considerações finais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho desenvolveu uma análise estruturada do panorama do Programa Espacial Brasileiro (PEB) a partir do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) 2022–2031, organizando o conjunto de fatores internos e externos que influenciam o setor por meio da Matriz SWOT. A investigação contemplou a infraestrutura existente, a governança do setor, as oportunidades decorrentes da evolução do acesso ao espaço e da redução dos custos de lançamento, bem como as ameaças associadas à dinâmica global da economia espacial. Em seguida, aplicou-se o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como instrumento complementar para a ordenação hierárquica desses fatores, permitindo atribuir pesos locais e pesos globais por meio de simulação do modelo computacional.

A partir dessa abordagem, tornou-se possível responder ao questionamento que orientou este estudo: como seria possível compreender o panorama e a perspectiva do PEB a partir do PNAE utilizando os fatores de Força, Fraqueza, Oportunidades e Ameaças como elementos estruturantes. A combinação entre SWOT e AHP permitiu aprofundar e articular os temas centrais apresentados, tais como a evolução do acesso ao espaço, papel da inovação como vetor de transformação e a posição brasileira frente às dinâmicas globais, de modo a compreender a interação institucional do setor espacial brasileiro.

Os resultados demonstraram que a Matriz SWOT foi capaz de sintetizar os principais fatores internos e externos do PEB, enquanto o método AHP permitiu quantificar sua relevância por meio de uma ordenação hierárquica dos fatores. Foi possível verificar a aplicabilidade do método através de simulação computacional em um cenário com pesos arbitrados. A análise indicou que os fatores de “redução global dos custos de lançamento e a expansão de operadores comerciais capazes de viabilizar o uso comercial do CLA” e “O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC e CBERS” constituíram os fatores de maior prioridade entre todos os avaliados na simulação.

Embora a simulação computacional do modelo aplicado contenha restrições, como a atribuição de pesos pelo próprio autor, a proposta mostra-se plausível para apoiar a compreensão integrada do PEB e ilustrar como diferentes fatores podem ser priorizados em um exercício analítico baseado no PNAE 2022–2031. A fim de melhorar a precisão do modelo aplicado, sugere-se para trabalhos futuros, uma nova aplicação com pesos atribuídos a partir de avaliação em esferas competentes no âmbito do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) e Conselho Nacional do Espaço (CNE).

7 REFERÊNCIAS

ADILOV, Nodir; ALEXANDER, Peter; CUNNINGHAM, Brendan; ALBERTSON, Nikolas. An analysis of launch cost reductions for low Earth orbit satellites. **Economics Bulletin**, v. 42, n. 3, p. 1561–1574, 2022. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/ebl/ecbull/eb-22-00204.html>. Acesso em: 26 fev. 2025.

ANDRADE, Israel de Oliveira; VITAL, José Vagner; OKADO, Giovanni Hideki Chinaglia; HILLEBRAND, Giovanni Roriz Lyra. O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) do Brasil: Desafios, Oportunidades e Perspectivas. **Revista Profissional da Força Aérea dos EUA**, Terceira Edição, 2021, p. 133–154. Disponível em: [https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume 3 Issue 3/05-Oliveira-Hillebrand_port.pdf](https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/JOTA/Journals/Volume%203%20Issue%203/05-Oliveira-Hillebrand_port.pdf). Acesso em: 02 ago. 2025.

BACÊLO, Alexandre Costa. **O incentivo à produção de tecnologia dual como política pública para desenvolvimento da indústria naval de defesa**: uma análise comparativa entre os benefícios fiscais e as orientações contidas em leis e documentos de defesa do Brasil e do Reino Unido. 2021. Tese (Curso de Política e Estratégia Marítimas) – Escola de Guerra Naval, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://repositorio.marinha.mil.br/handle/ripcmb/845520>. Acesso em: 09 jul. 2025.

BOUSEDRA, Kenza. Downstream space activities in the New Space era: paradigm shift and evaluation challenges. **Space Policy**, v. 64, May 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2023.101553>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Conselho de Altos Estudos e Avaliação Tecnológica. **A Política Espacial Brasileira** – Parte I. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2009. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/arquivos/politica-espacial>. Acesso em: 16 jan. 2025.

BRASIL. Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994. Aprova a atualização da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais – PNDAE. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 1994. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d1332.htm. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996. Institui o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais – SINDAE e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 10 jul. 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/d1953.htm. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 28 nov. 2008. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6666.htm. Acesso em: 15 fev. 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.769, de 28 de junho de 2012. Dispõe sobre a gestão do planejamento,

da construção e do lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas – SGDC. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 29 jun. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7769.htm. Acesso em: 11 abr. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.839, de 14 de junho de 2019. Institui o Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 17 jun. 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9839.htm. Acesso em: 12 fev. 2025.

BRASIL. Decreto nº 11.224, de 5 de outubro de 2022. Institui o Conselho Nacional do Espaço. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 6 out. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11224.htm. Acesso em: 13 jan. 2025

BRASIL. Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024. Dispõe sobre as atividades espaciais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 1 ago. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14946.htm. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Demandas Nacionais do Setor Espacial: Relatório Final**. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2019. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2019/09.18.19.23/doc/Demandas%20Nacionais%20ao%20Setor%20Espacial%202019.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Catálogo da Indústria Espacial Brasileira**. 2. ed. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/catalogo-da-industria-espacial-brasileira/catalogo-de-fornecedores-do-centro-espacial-de-alcantara/2-edicao-catalogo-da-industria-espacial-brasileira.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Programa de Desenvolvimento Integrado para o Centro Espacial de Alcântara (PDI-CEA)**. Versão 0.90. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/programa-de-desenvolvimento-integrado-para-o-centro-espacial-de-alcantara-2013-pdi-cea/pdi-cea-versao-0-90comp.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Agência Espacial Brasileira. **Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE 2022–2031**. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/programa-nacional-de-atividades-espaciais>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Espaçoporto de Alcântara entra no mercado de transporte espacial**. Brasília: Agência Espacial Brasileira, 20 mar. 2023.

Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/espacoporto-de-alcantara-entra-no-mercado-de-transporte-espacial>. Acesso em: 2 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estação de trabalho no Centro de Operações Espaciais (COPE)**. 1 fotografia. 2018. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/sintonizemcti/45958644591/>. Acesso em: 11 mar 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Financiadora de Estudos e Projetos. **Edital de Seleção Pública: Satélite de pequeno porte de Observação da Terra de alta resolução**. Rio de Janeiro: Finep, 29 jun. 2022. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/686>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Financiadora de Estudos e Projetos. **Especificações técnicas definidas pela AEB: Edital de Seleção Pública para Desenvolvimento de Satélites de Pequeno Porte para Observação da Terra**. Brasília: Finep, 2022. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/686>. Acesso em: 25 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. Portaria Normativa nº 41/MD, de 30 de julho de 2018. Aprova o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais – PESE (MD20-S-01, 1ª Edição). **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/legislacao/emcfa/publicacoes/doutrina/md20a_sa_01a_programaa_estrategicoa_dea_sistemas_espaciais_pesee_2018.pdf. Acesso em: 9 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília: Ministério da Defesa, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/livro-branco-de-defesa-nacional>. Acesso em: 28 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **Antena do Centro de Operações Espaciais (COPE)**. 1 fotografia. 2020. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/portalfab/50017016346/>. Acesso em: 11 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Portaria GM/MPO nº 32, de 14 de março de 2025. Institui a Comissão Nacional de Geoinformação – CONGEO. **Diário Oficial da União**: Seção 1, Brasília, DF, 17 mar. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mpo-n-32-de-14-de-marco-de-2025-617960249>. Acesso em: 23 maio 2025.

BRASIL. Presidência da República. Gabinete de Segurança Institucional. Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. **Grupos Técnicos**. Brasília: GSI/PR, 7 jan. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/gsi/pt-br/coligiados-do-gsi/cdpeb-comite-de-desenvolvimento-do-programa-espacial-brasileiro/grupos-tecnicos>. Acesso em: 10 maio 2025.

BRASIL. Presidência da República. Gabinete de Segurança Institucional. Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. **Relatório Final**: Grupo Técnico com a finalidade de identificar demandas dos órgãos e das entidades do Poder Executivo Federal por serviços espaciais e realizar estudos sobre o equacionamento do orçamento da União para

atendimentos a essas necessidades. Brasília, 2021. Disponível em: <https://buscalai.cgu.gov.br/PedidosLai/DetalhePedido?id=3923485>. Acesso em: 13 maio 2025.

CAMERON, Bruce G.; SEHER, Theodore; CRAWLEY, Edward F. Goals for space exploration based on stakeholder value network considerations. **Acta Astronautica**, v. 68, n. 11–12, p. 2088–2097, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2010.11.003>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CEPIK, Marco Aurélio Chaves; SOUZA, Jaíne Garcia de; DAL-BERTO, Vanessa Redel. The consolidation of the Brazilian space program: changes and challenges in the third space age. **Austral: Brazilian Journal of Strategy & International Relations**, v. 12, n. 23, p. 11–39, jan./jun. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/2238-6912.131982>. Acesso em: 12 jun. 2025.

DEMENICIS, Luciene da Silva. **O satélite geostacionário de defesa e comunicações estratégicas (SGDC): uma análise das contribuições para a defesa nacional**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/2895>. Acesso em: 05 jan. 2025.

DEWES, Mariana de Freitas. **Projetos Nacionais de Inovação: Práticas do setor espacial brasileiro**. 2012. 133 f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Administração, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/65607>. Acesso em: 05 out. 2025.

EDL, Andrés. Developing space programs and cooperation in Latin America. **Academic and Applied Research in Military and Public Management Science**, v. 21, n. 3, p. 101–116, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.32565/aarms.2022.3.6>. Acesso em: 01 set. 2025.

EUROCONSULT. **New record in Government Space Defense spendings driven by investments in Space Security and Early Warning**. Disponível em: <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/new-record-in-government-space-defense-spendings-driven-by-investments-in-space-security-and-early-warning>. Acesso em 25 fev. 2025.

FERREIRA, Jeff. Innospace signs technology agreement with Brazil for suborbital rocket flight test from Alcântara. **SpaceNews**, 20 mar. 2023. Disponível em: <https://spacenews.com/innospace-signs-technology-agreement-with-brazil-for-suborbital-rocket-flight-test-from-alcantara/>. Acesso em: 2 fev. 2025.

FERREIRA, Marcos José Barbieri; NERIS JR., Celso. O setor espacial brasileiro à luz das recentes mudanças dos arranjos organizacionais. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 4, dez. 2016. 1º Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação. Disponível em: <https://doi.org/10.5151/engpro-1enei-057>. Acesso em: 02 out. 2025.

HERBERHOLD, Moritz; BUSSLER, Leonid; SIPPEL, Martin; WILKEN, Jascha. Comparison of SpaceX's Starship with winged heavy-lift launcher options for Europe. **CEAS Space Journal**, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12567-025-00625-8>. Acesso

em: 3 out. 2025.

INFANTE, Carlos Eduardo Durange de C. Interdisciplinary Multicriteria Analysis in the Simulation of Complex Negotiations. **Revista da Escola de Guerra Naval**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 125-147, jan./abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21544/2359-3075.301115>.

JONES, Harry W. **The recent large reduction in space launch cost**. In: 48th International Conference On Environmental Systems, 2018, Albuquerque, NM. Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center, 2018. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20200001093>. Acesso em: 02 fev. 2025.

KANG, Si-Yoon; JO, Min-Seon; CHOI, Jeong-Yeol; YANG, Soo Seok. Cost Effectiveness of Reusable Launch Vehicles Depending on the Payload Capacity. **Aerospace**, v. 12, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/aerospace12050364>. Acesso em: 02 fev. 2025.

LEE, Jun; KIM, Ikjun; KIM, Hyomin; KANG, Juyoung. SWOT-AHP analysis of the Korean satellite and space industry: strategy recommendations for development. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 164, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120515>. Acesso em: 11 out. 2025.

LEIGH, Doug. SWOT analysis. In: SILBER, K. H.; FOSHAY, W. R.; WATKINS, R.; LEIGH, D.; MOSELEY, J. L.; DESSINGER, J. C. (ed.). **Handbook of improving performance in the workplace**. San Francisco: Wiley – International Society for Performance Improvement, 2010. v. 2, cap. 5, p. 115–140. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9780470592663.ch24>. Acesso em: 11 out. 2025.

LUPI, Veronica; MORRETTA, Valentina; ZIRULIA, Lorenzo. Earth observation data, innovation and economic performance: a study of the downstream sector in Italy. **Eurasian Business Review**, v. 14, p. 103–136, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40821-024-00261-y>. Acesso em: 09 set. 2025.

JORNAL GRANDE BAHIA. Governo Bolsonaro inaugura Centro de Operações Espaciais Principal: unidade é responsável pelo controle e monitoramento de satélites. **Jornal Grande Bahia**, 24 jun. 2020. Disponível em: <https://jornalgrandebahia.com.br/2020/06/brasil-inaugura-centro-de-operacoes-espaciais-principal-unidade-e-responsavel-pelo-controle-e-monitoramento-de-satelites>. Acesso em: 11 fev. 2025.

KURTTILA, Mikko; PESONEN, Mauno; KANGAS, Jyrki; KAJANUS, Miika. Utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT analysis – a hybrid method and its application to a forest-certification case. **Forest Policy and Economics**, v. 1, n. 1, p. 41–52, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(99\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(99)00004-0). Acesso em: 01 out. 2025.

LIMA JÚNIOR, Antônio Ferreira. **Programa Estratégico de Sistemas Espaciais: desafio do emprego dual e oportunidades de expansão das atividades de Inteligência de Imagens na Força Aérea Brasileira**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Altos Estudos em Defesa) — Escola Superior de Guerra, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1384>. Acesso em: 26 set. 2025.

MADE VELLASCO, Fabiany Maria. **O desenvolvimento da indústria espacial brasileira: uma abordagem institucional.** 2019. Dissertação (Mestrado em Governança e Desenvolvimento) — Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2019. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4336>. Acesso em: 03 ago. 2025.

MADE E VELLASCO, Fabiany Maria; NASCIMENTO, Henrique Fernandes. A governança do setor espacial brasileiro: a AEB no exercício do Centro Estratégico do Sindae. **Revista do Serviço Público**, Brasília, v. 71, p. 183–211, dez. 2020. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/5988>. Acesso em: 02 out. 2025.

MARÇAL, Maurício dos Santos. **Inconsistência temporal das políticas públicas na área de Defesa: restrição orçamentária ou falha de planejamento?** 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/34417>. Acesso em: 03 fev. 2025.

MARTINI, Bruno; DAMASCENO, Nicholas; MAGALHÃES, Josevan; NASCIMENTO JÚNIOR, Wanderley dos Reis; REIS DA SILVA, Maria Célia Barbosa; ANTUNES, Cláudia Sousa. Idealizing a space cluster in Alcântara, Brazil. **Journal of the Americas**, v. 6, n. 2, p. 202–227, 2024. Disponível em: <https://www.airuniversity.af.edu/JOTA/Archives>. Acesso em: 03 fev. 2025.

MAZZUCATO, Mariana; ROBINSON, Douglas K. R. Co-creating and directing innovation ecosystems? NASA’s changing approach to public-private partnerships in low-earth orbit. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 136, p. 166–177, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.034>. Acesso em: 02 out. 2025.

MCKINSEY, **Space launch: Are we heading for oversupply or a shortfall.** 17 abr. 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-launch-are-we-heading-for-oversupply-or-a-shortfall>. Acesso em 25 fev. 2025.

MENDES, Luiz Fernando Rosa; ERTHAL JÚNIOR, Milton; HOSKEN, Luiz Alberto Louzada. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 4, n. 1, p. 338-345, jan./jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.18407/issn.1983-9952.2013.v4.n1.p338-345>. Acesso em: 28 out. 2025.

MOLTZ, James Clay. Brazil’s space program: dreaming with its feet on the ground. **Space Policy**, v. 33, p. 13–19, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2015.05.001>. Acesso em: 28 set. 2025.

MONTE, Luca del; SCATTEIA, Luigi. A socio-economic impact assessment of the European launcher sector. **Acta Astronautica**, v. 137, p. 482–489, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2017.01.005>. Acesso em: 28 jan. 2025

MOTA, Rayara Falkenstins Góis Mendes. **Priorização de projetos de construção em instituição pública de ensino superior com enfoque multicritério.** 2025. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/82347>. Acesso em: 01 out. 2025.

MUNDOGEO. Desenvolvimento do satélite SatVHR pode tornar-se um marco para a indústria espacial brasileira. **MundoGEO**, 21 jun. 2024. Disponível em: <https://mundogeo.com/2024/06/21/desenvolvimento-do-satelite-satvhr-pode-tornar-se-um-marco-para-a-industria-espacial-brasileira/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

OECD. **OECD Glossary of Statistical Terms**. Paris: OECD, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264055087-en>. Acesso em: 24 set. 2025.

OECD. **Space economy investment trends: OECD insights for attracting high-quality funding**. Paris: OECD, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9ae9a28d-en>. Acesso em: 14 mar. 2025.

OLIVEIRA, Rodrigo Alvim. **A capacitação do Centro de Operações Espaciais frente aos desafios do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais – PESE**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Altos Estudos em Defesa) – Escola Superior de Guerra, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/1051>. Acesso em: 15 jan. 2025.

OLIVEIRA, Mônica Elizabeth Rocha de; MIGUEZ, Rogério Ramos Bastos. **Apresentação do setor espacial brasileiro sob a ótica dos aglomerados (clusters)**. In: 2º Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais, São José dos Campos, 03–04 maio 2011. Disponível em: <http://plutao.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/plutao/2012/02.06.12.32/doc/1301.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

OLIVEIRA, Mônica Elizabeth Rocha de; PERONDI, Leonel Fernando. Proposal of a Methodology of Stakeholder Analysis for the Brazilian Satellite Space Program. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 4, n. 1, p. 89–98, 2012. Disponível em: <https://jatm.com.br/jatm/article/view/146/590>. Acesso em: 02 out. 2025.

PARAVANO, Alessandro; LOCATELLI, Giorgio; TRUCCO, Paolo. What is value in the New Space Economy? The end-users perspective on satellite data and solutions. **Acta Astronautica**, v. 210, p. 554–563, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2023.05.001>. Acesso em: 26 set. 2025.

PUYT, Richard W.; LIE, Finn Birger; WILDEROM, Celeste P. M. The origins of SWOT analysis. **Long Range Planning**, v. 56, n. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2023.102304>. Acesso em: 02 out. 2025.

SAATY, Thomas Lorie. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>. Acesso em: 01 out. 2025.

SAATY, Thomas Lorie; VARGAS, Luis Gonzalez. **Models, methods, concepts & applications of the Analytic Hierarchy Process**. New York: Springer Science+Business Media, 2001. (International Series in Operations Research & Management Science, v. 34). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1>. Acesso em: 01 out. 2025.

SANTOS, Márcia Alvarenga dos; SOUZA, Petrônio Noronha de; GROSNER, Ian. A necessidade de uma lei geral do espaço no Brasil. **Revista Direito.UnB**, v. 4, n. 3, p. 106-138,

set./dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/revistadedireitounb/article/view/34672>. Acesso em: 03 out. 2025.

SCHYMANIETZ, Martin; JONAS, Julia M.; MÖSLEIN, Kathrin M. Exploring data-driven service innovation—aligning perspectives in research and practice. **Journal of Business Economics**, v. 92, p. 1167–1205, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11573-022-01095-8>. Acesso em: 24 jul. 2025.

SHAENGCHART, Yarnaphat; KRAIWANIT, Tanpat. Starlink satellite project impact on the Internet provider service in emerging economies. **Research in Globalization**, v. 6, 100132, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100132>. Acesso em: 26 set. 2025.

SILVA, Carlos Eduardo José da; SALLES-NETO, Luiz Leduino de; SANTOS, Marcos dos. Ranking of instructors in a Brazilian Air Force school using the AHP and TOPSIS methods. **Pesquisa Operacional**, v. 44, p. 1-23, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2023.043.00274249>. Acesso em: 02 out. 2025.

SILVA, Sérgio Luís de Andrade; SOUSA, Fabiano Luís de. Towards the Brazilian Space Program Modeling Through the Combination of Stakeholder Theory and System Dynamics Methodology. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 10, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5028/jatm.v10.960>. Acesso em: 04 out. 2025.

SOARES, Leandro de Mattos Bento; SANTOS, Marcos dos; GOMES, Andrei Eduardo de Souza. **Quadro para tomada de decisões estratégicas e o método AHP Gaussiano: uma abordagem multi-metodológica na seleção de um modelo de aeronave cargueira de grande porte para a Força Aérea Brasileira**. In: XVIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, 2021, Resende. Associação Educacional Dom Bosco, 2021. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos21/16332256.pdf>. Acesso em: 02 out. 2025.

SOUZA, Erivando Pereira; HARADA, Marcio Akira; FELZCKY, Ricardo. **Análise das ações no âmbito do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) sob a ótica da projeção de poder espacial**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Altos Estudos em Defesa) — Escola Superior de Defesa, Brasília, 2024. Disponível em: <https://repositorio.esg.br/handle/123456789/2040>. Acesso em: 25 out. 2025.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Tradução de Maria Sílvia Possas. São Paulo: Editora Nova Cultural, 1997.

TEIXEIRA JÚNIOR, Augusto Wagner Menezes; FREITAS, Marco Túlio Delgobbo; MARCELINO, Aaron Campos. A cooperação Brasil-Israel e as aeronaves remotamente pilotadas: impactos para a Base Industrial de Defesa. **Revista Política Hoje**, v. 26, n. 1, p. 85-105, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.51359/1808-8708.2017.8293>. Acesso em: 02 out. 2025.

VERSIANI, Flávio Rabelo; REZENDE, Bruno Pereira; RODRIGUES, Patrícia Costa.

Alguns conceitos básicos de economia. Brasília: Universidade de Brasília, 2010.

VISIONA. **A empresa.** 2025. Disponível em: <https://visionaespaial.com/empresa/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

VISIONA. **Plataforma VCUB.** 2025. Disponível em: <https://visionaespaial.com/plataforma-vcub>. Acesso em: 26 fev. 2025.

VISIONA. **Visiona divulga as primeiras imagens captadas pelo satélite VCUB1 e confirma o sucesso da missão.** 18 out. 2024. Disponível em: <https://visionaespaial.com/visiona-divulga-as-primeiras-imagens-captadas-pelo-satelite-vcub1-e-confirma-o-sucesso-da-missao/>. Acesso em: 20 fev 2025.

ZAPAROLLI, Domingos. Pronto para decolagem. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, n. 307, set. 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-edicao-de-setembro-de-2021>. Acesso em: 2 ago. 2025.

ZIMMERMAN, R. The actual cost to launch. **Behind the Black**, 6 abr. 2012. Disponível em: <http://behindtheblack.com/behind-theblack/essays-and-commentaries/the-actual-cost-to-launch/>. Acesso em: 25 fev. 2025.

8 APÊNDICE A — *SCRIPT* DE MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO AHP

O *script* deste apêndice foi elaborado em código *python* e seguiu os passos descritos na Figura 23 para implementação do modelo para o método SWOT-AHP. O desenvolvimento foi realizado no ambiente *Google Colab*, que fornece infraestrutura em nuvem para execução, com suporte a bibliotecas científicas.

As entradas necessárias para executar o modelo para o método SWOT-AHP são:

- 1) O mapeamento de objetivo, critérios e fatores, conforme ilustrado no diagrama de hierarquia da matriz SWOT representado na Figura 25;
- 2) Comparações paritárias entre os fatores de cada grupo; e
- 3) Fatores da matriz SWOT.

A saída do modelo é uma tabela com os fatores ordenados em ordem decrescente de prioridade, apresentando o índice de consistência das comparações paritárias e o peso global de cada fator, obtido pela multiplicação dos pesos relativos entre os grupos SWOT e entre os fatores de cada grupo.

8.1 Arquivos de entrada:

8.1.1 Comparação paritária na extensão .csv, conforme modelo abaixo:

especialista	categoria	i	j	valor
E1	O	O1	O2	3
E1	O	O1	O3	3
E1	O	O1	O4	5
E1	O	O2	O3	1
E1	O	O2	O4	3
E1	O	O3	O4	3
E1	S	S3	S1	3
E1	S	S3	S2	5
E1	S	S3	S4	7
E1	S	S1	S2	3
E1	S	S1	S4	5

E1	S	S2	S4	3
E1	W	W1	W3	3
E1	W	W1	W4	4
E1	W	W1	W2	7
E1	W	W3	W4	2
E1	W	W3	W2	6
E1	W	W4	W2	4
E1	T	T1	T2	3
E1	T	T1	T3	1
E1	T	T1	T4	3
E1	T	T3	T2	3
E1	T	T3	T4	3
E1	T	T2	T4	1

Fonte: Elaboração própria

Nota: A título de entendimento, uma linha deste arquivo significa: O especialista E1 avaliou a Oportunidade (O1) de importância moderada (3) em relação à Oportunidade (O2).

8.1.2 Fatores da matriz SWOT em extensão .csv, conforme modelo abaixo:

id	fator
S1	Operacionalidade da infraestrutura do CLA e COPE consolidada através de produtos oriundos do PESE.
S2	Presença de sinergia entre programas: PNAE e PESE.
S3	O PEB já possui domínio na operação de satélites, tais como o Amazônia-1, SGDC, CBERS.
S4	Demandas espaciais existentes mapeadas no âmbito do Poder Executivo Federal pelo CDPEB/GT-15.
W1	Baixa execução orçamentária no âmbito do PEB: para o período de 2012 a 2021, dos R\$ 5,75 bi previstos, apenas R\$ 2 bi foram aplicados.
W2	Apenas o Ministério da Defesa interage com PNAE através de um programa estratégico, o PESE. A interação institucional do restante do Poder Executivo Federal, ainda é realizada através de iniciativas do CDPEB e GTs.
W3	Dependência tecnológica externa de insumos para a construção de subsistemas críticos em plataformas nacionais.
W4	Baixa previsibilidade e continuidade orçamentária para manter a Base Industrial de Defesa.
O1	A redução global dos custos de lançamento e expansão de operadores comerciais como viabilização do uso comercial do CLA por empresas, tais como a sul-coreana Innospace no ano de 2023.
O2	Expansão dos mercados de downstream nas áreas de agricultura de precisão, meio ambiente, defesa, telecomunicações, segurança pública.

O3	Realização de financiamento público de iniciativas através da FINEP, tais como o projeto do SatVHR da empresa Visiona.
O4	Avanço na governança nacional de dados geoespaciais mediante a integração entre stakeholders e inovação baseada em serviços.
T1	Dotação orçamentária reduzida quando comparado a outros países.
T2	Concorrência e pressão da dinâmica global do New Space sobre empresas nacionais.
T3	Risco de obsolescência tecnológica rápida frente ao ritmo de inovação global
T4	Dependência de satélites estrangeiros para atendimento de demandas nacionais.

Fonte: Elaboração própria

8.2 *Script* de implementação.

```
!pip install pandas numpy

#Carregar o arquivo de comparações entre fatores
from google.colab import files
import pandas as pd
import numpy as np

print("Faça upload do arquivo CSV de comparações...")
uploaded = files.upload()

# Carrega o primeiro arquivo enviado
csv_path = list(uploaded.keys())[0]
print("Arquivo carregado:", csv_path)

df = pd.read_csv(csv_path, sep=';')

print("\nPré-visualização do arquivo:")
display(df.head())

def construir_matriz_A(df, categoria, especialista=None):
    """
    Constrói a matriz de comparações A (n×n) para a categoria desejada.

    df → dataframe com colunas:
        especialista, categoria, i, j, valor
    categoria → "S", "W", "O", ou "T"
    especialista → string opcional (E1, E2...)

    """

    # Filtrar pela categoria
    df_cat = df[df["categoria"] == categoria]

    # Se quiser um especialista específico
    if especialista is not None:
        df_cat = df_cat[df_cat["especialista"] == especialista]

    # Identificação automática dos itens (S1, S2, S3, S4, etc)
```

```

itens = sorted(list(set(df_cat["i"].unique()) | set(df_cat["j"].unique())))
n = len(itens)

# Matriz identidade como base
A = np.ones((n, n), dtype=float)

# Índices dos itens
idx = {item: k for k, item in enumerate(itens)}

# Preenchendo matriz com os julgamentos
for _, row in df_cat.iterrows():
    i, j, val = row["i"], row["j"], row["valor"]
    A[idx[i], idx[j]] = val          # Comparação direta
    A[idx[j], idx[i]] = 1 / val     # Comparação inversa

return A, itens

A_S, itens_S = construir_matriz_A(df, categoria="S", especialista="E1")

print("Itens da categoria S:", itens_S)
print("\nMatriz A (categoria S):\n")
print(A_S)

A_W, itens_W = construir_matriz_A(df, categoria="W", especialista="E1")

print("Itens da categoria W:", itens_W)
print("\nMatriz A (categoria W):\n")
print(A_W)

A_O, itens_O = construir_matriz_A(df, categoria="O", especialista="E1")

print("Itens da categoria O:", itens_O)
print("\nMatriz O (categoria O):\n")
print(A_O)

A_T, itens_T = construir_matriz_A(df, categoria="T", especialista="E1")

print("Itens da categoria T:", itens_T)
print("\nMatriz A (categoria T):\n")
print(A_T)

#Passos 2-6 de Saaty
#2 - Calcular o vetor de pesos  $W_i$  (autovetor / média geométrica) - Eq. 2
#3 - Normalizar esse vetor - Eq. 3
#4 - Calcular  $\lambda_{\max}$  - Eq. 4
#5 - Calcular IC - Eq. 5
#6 - Calcular RC - Eq. 6

import numpy as np

# Tabela RI padrão de Saaty
RI_TABLE = {
    1: 0.0,
    2: 0.0,
    3: 0.58,
    4: 0.90,
    5: 1.12,
    6: 1.24,

```

```

7: 1.32,
8: 1.41,
9: 1.45
}

def ahp_pesos_e_consistencia(A):
    """
    Calcula pesos (via média geométrica), lambda_max, IC e RC
    para uma matriz de comparações A (n x n).
    """
    n = A.shape[0]

    # Eq. 2 -  $W_i = (\prod_j a_{ij})^{(1/n)}$ 
    produtos = np.prod(A, axis=1)
    Wi = produtos ** (1.0 / n)

    # Eq. 3 - normalização
    pesos = Wi / Wi.sum()

    # Eq. 4 - lambda_max
    Aw = A @ pesos
    lambda_max = np.sum(Aw / pesos) / n

    # Eq. 5 - Índice de Consistência
    IC = (lambda_max - n) / (n - 1)

    # Eq. 6 - Razão de Consistência
    RI = RI_TABLE.get(n, 1.49) # valor para n>9 se precisar
    RC = IC / RI if RI > 0 else 0.0

    return pesos, lambda_max, IC, RC

pesos_cat = {} # guarda pesos por categoria
id2peso_local = {} # guarda peso local por id (S1, W3, O2, T4)

# Rodar para cada categoria
for nome, A, itens in [
    ("S", A_S, itens_S),
    ("W", A_W, itens_W),
    ("O", A_O, itens_O),
    ("T", A_T, itens_T),
]:
    pesos, lam, IC, RC = ahp_pesos_e_consistencia(A)

    # Guarda em estruturas para uso posterior
    pesos_cat[nome] = {"itens": itens, "pesos": pesos}
    for item, p in zip(itens, pesos):
        id2peso_local[item] = float(p)

    # Impressão (continua igual)
    print(f"\n=== Categoria {nome} ===")
    for item, p in zip(itens, pesos):
        print(f"{item}: {p:.4f}")
    print(f"lambda_max = {lam:.4f}, IC = {IC:.4f}, RC = {RC:.4f}")

from google.colab import files
import pandas as pd

```

```

print("Faça upload do CSV dos fatores (id, fator, ...)")
uploaded = files.upload()
csv_fatores = list(uploaded.keys())[0]
print("Arquivo carregado:", csv_fatores)

df_fatores = pd.read_csv(csv_fatores, sep=';')

print("\nColunas do arquivo original:")
print(df_fatores.columns)

print("\nPré-visualização:")
display(df_fatores.head())

# Construir um dicionário id -> peso_local_ahp
id2peso_local = {}

for cat, info in pesos_cat.items():
    for item, peso in zip(info["itens"], info["pesos"]):
        id2peso_local[item] = float(peso)

# Criar coluna 'categoria' a partir da primeira letra do id (S, W, O, T)
df_fatores["categoria"] = df_fatores["id"].str[0]

# Adicionar coluna com o peso local AHP
df_fatores["peso_local_ahp"] = df_fatores["id"].map(id2peso_local)

# Pesos globais dos grupos SWOT (fixos, como no artigo coreano)
peso_grupo = {
    "S": 0.238,
    "W": 0.119,
    "O": 0.487,
    "T": 0.156,
}

# Coluna com o peso do grupo para cada linha
df_fatores["peso_grupo"] = df_fatores["categoria"].map(peso_grupo)

# Peso global = peso_local_ahp * peso_grupo
df_fatores["peso_global"] = df_fatores["peso_local_ahp"] *
df_fatores["peso_grupo"]

# Ranking global (1 = mais importante)
df_fatores["rank_global"] = df_fatores["peso_global"].rank(
    ascending=False, method="dense"
).astype(int)
df_fatores = df_fatores.sort_values(by="rank_global",
ascending=True).reset_index(drop=True)

print("\nTabela final com pesos locais e globais:")
display(df_fatores.sort_values("rank_global"))

# Salvar em novo CSV
output_name = "resultado.csv"
df_fatores.to_csv(output_name, sep=';', index=False)
print("\nArquivo salvo como:", output_name)
files.download("resultado.csv")

```