



MINISTÉRIO DA DEFESA

MD20-S-01

PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS
PESE

2025



MINISTÉRIO DA DEFESA
ESTADO-MAIOR CONJUNTO DAS FORÇAS ARMADAS

PROGRAMA ESTRATÉGICO DE SISTEMAS ESPACIAIS
PESE

2ª Edição
2025



MINISTÉRIO DA DEFESA
GABINETE DO MINISTRO

PORTARIA GM-MD Nº 4.566, DE 8 DE OUTUBRO DE 2025.

Aprova o Programa Estratégico de Sistemas
Espaciais - MD20-S-01 (2ª Edição/2025).

O **MINISTRO DE ESTADO DA DEFESA**, no uso da atribuição que lhe é conferida pelo art. 87, parágrafo único, inciso I, da Constituição, tendo em vista o disposto no art. 24, inciso III, da Lei nº 14.600, de 19 de junho de 2023, no art. 1º, inciso III, do Anexo I do Decreto nº 11.337, de 1º de janeiro de 2023, e de acordo com o que consta do Processo Administrativo nº 60080.000124/2025-31, resolve:

Art. 1º Esta Portaria aprova o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais - MD20-S-01 (2ª Edição/2025), na forma do Anexo.

Art. 2º Fica revogada a Portaria Normativa nº 41/GM-MD, de 30 de julho de 2018, publicada no Diário Oficial da União nº 149, Seção 1, página 18, de 3 de agosto de 2018.

Art. 3º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

JOSÉ MUCIO MONTEIRO FILHO

(Publicado no DOU em: 14/10/2025; Edição: 196, Seção: 1, Página: 30)

REGISTRO DE MODIFICAÇÕES

NÚMERO DE ORDEM	ATO DE APROVAÇÃO	PÁGINAS AFETADAS	DATA	RUBRICA DO RESPONSÁVEL

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	13
1.1 Finalidade	13
1.2 Referências	13
1.3 Conceituações.....	13
1.4 Siglas e Abreviaturas.....	13
1.5 Informação.....	14
1.6 Aprimoramento	14
CAPÍTULO II – ANÁLISE ESTRATÉGICA.....	15
2.1 Importância do Domínio Espacial.....	15
2.2 Contextualização	15
2.3 Integração com a Sociedade.....	17
2.4 Eixos Estratégicos de Obtenção.....	18
2.5 Visão de Futuro.....	19
2.6 Tecnologias Críticas	19
2.7 Capacidades Desejadas	24
2.8 Estratégia de Exploração Comercial	25
CAPÍTULO III – ESFERAS DE ATUAÇÃO DO PESE	27
3.1 Divisão em Segmentos	27
3.2 Segmento Usuário	28
3.3 Segmento Lançador	29
3.4 Segmento Espacial	30
3.5 Segmento Solo	31
3.6 Capacitação.....	33
CAPÍTULO IV – PARCERIAS ESTRATÉGICAS.....	35
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO.....	37
ANEXO A – CONCEITUAÇÕES.....	39
ANEXO B – SIGLAS E BREVIATURAS.....	41

LISTA DE DISTRIBUIÇÃO

INTERNA	
ÓRGÃOS	EXEMPLARES
CHEFIA DE OPERAÇÕES CONJUNTAS	0
CHEFIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS	0
CHEFIA DE LOGÍSTICA E MOBILIZAÇÃO	0
CHEFIA DE EDUCAÇÃO E CULTURA	0
ASSESSORIA DE INTELIGÊNCIA DE DEFESA	0
ASSESSORIA DE DOCTRINA E LEGISLAÇÃO - Exemplar Mestre	0
PROTOCOLO GERAL	0
SUBTOTAL	0

EXTERNA	
ÓRGÃOS	EXEMPLARES
ESTADO-MAIOR DA ARMADA	0
ESTADO-MAIOR DO EXÉRCITO	0
ESTADO-MAIOR DA AERONÁUTICA	0
COMANDO DE OPERAÇÕES NAVAIS	0
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES	0
COMANDO DE OPERAÇÕES AEROESPACIAIS	0
SUBTOTAL	0
TOTAL	0

Este manual está disponível na página virtual do Ministério da Defesa, no endereço <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/estado-maior-conjunto-das-forcas-armadas/doutrina-militar/publicacoes-1/publicacoes-padronizadas>

PREFÁCIO

O Brasil iniciou sua trajetória no setor espacial em 1961, com a criação do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), tornando-se uma das primeiras nações a estabelecer uma estrutura para o desenvolvimento de um programa espacial. Na década de 1980, o país estabeleceu o Programa Espacial Brasileiro (PEB), que visava desenvolver tecnologias e capacidades na área de lançamentos e satélites. A partir de 1994, com a criação da Agência Espacial Brasileira (AEB), o Brasil começou a fortalecer sua cooperação internacional, participando de missões e projetos como o Programa de Satélites de Comunicação e estabelecendo parcerias com agências espaciais de outras nações.



A aspiração de ser uma potência espacial, ou seja, possuir capacidade para o desenvolvimento, construção, lançamento e operação de artefatos espaciais, revisitando o conceito da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), constitui um objetivo permanente do Estado brasileiro, sendo esse desafio um fator norteador na ampliação de competências em diversas áreas afins. Nesse contexto, onde interesses antagônicos e cerceamento tecnológico à importação de insumos críticos afetam severamente o alcance de objetivos nesse setor, a Estratégia Nacional de Defesa (END) emerge como um marco balizador relevante, ao definir o setor espacial como estratégico e conferir ao Comando da Aeronáutica (COMAER) a responsabilidade por sua coordenação.

Nesse escopo, a END atribuiu ao COMAER a responsabilidade de, com a AEB, promover uma série de medidas com vistas a garantir a autonomia de produção, lançamento, operação e de reposição de Sistemas Espaciais (SE), por intermédio do desenvolvimento de veículos lançadores de satélites e suas infraestruturas (segmento lançador), de satélites (segmento espacial), em órbitas baixa (LEO), média (MEO) e geoestacionária (GEO), e sistemas de solo que garantam o acesso, operação e proteção de ativos espaciais (segmento solo), e a estrutura de interface com os clientes (segmento usuário).

Ainda em consonância com a END, a Força Aérea disporá de um complexo de operações, controle e monitoramento, incluindo veículos lançadores, satélites (LEO, MEO e GEO) e respectivos aparatos de suporte, operação, visualização e de comunicações, que estejam sob integral domínio nacional, tornando o Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE) o núcleo da defesa aeroespacial, incumbido de liderar e integrar todos os ativos e capacidades aeroespaciais do País.

As diretrizes estratégicas estabelecidas pela END representam muito mais do que uma tarefa, mas sim uma oportunidade de transformação para a Aeronáutica, ao determinar a integração das atividades espaciais nas operações das Forças Armadas. A exploração e operação no domínio espacial será parte integral e condição indispensável ao cumprimento das ações estratégicas que orientarão a referida Força.

A atividade espacial, entretanto, não está restrita às Forças Armadas. Os esforços nacionais são concatenados por meio das atividades do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) e do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), os quais materializam a consolidação do Programa Espacial Brasileiro (PEB). A sinergia entre os programas civil e militar permitirá a busca por sistemas espaciais que atendam às suas respectivas demandas, possibilitando uma otimização mais eficaz dos limitados recursos destinados ao setor espacial.

Há, no Brasil, uma forte demanda por serviços de comunicações, de sensoriamento remoto e dados estratégicos provenientes de satélites, que precisam ser de domínio do Estado Brasileiro. É natural que haja uma convergência das decisões nacionais, concretas e ininterruptas, tornando possível a formação de um ciclo sustentável de desenvolvimento e de evolução compatíveis com as capacidades atuais e futuras do País. A consequência será a busca contínua pela autonomia do setor aeroespacial brasileiro, tornando crescentes e permanentes os benefícios à nossa sociedade.

O COMAER constituiu, em 2012, a Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais (CCISE) para gerir e manter atualizado o PESE, estabelecer as estratégias de implantação de SE, em coordenação com o Estado-Maior da Aeronáutica (EMAER). Uma década depois, o COMAER adequou sua governança espacial por meio da Diretriz nº 60-1 (DCA 60-1), de 16 de novembro de 2022, com o consequente rearranjo da CCISE e, também, com a consolidação da Gestão do PESE pelo EMAER.

Os avanços não se limitaram à governança do programa. A inauguração do Centro de Operações Espaciais (COPE), em 2017, representa um marco estratégico fundamental para a soberania nacional no setor espacial. Além disso, as operações do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC) e dos satélites de sensoriamento remoto trouxeram novos desafios, como a necessidade de aprimorar a Consciência Situacional Espacial (SSA) para aumentar a percepção no domínio espacial e garantir a segurança das operações. O uso de inteligência artificial no processamento, análise e distribuição dos produtos espaciais, bem como a aquisição de meios para ampliar a Consciência do Domínio Espacial (SDA), também se tornam cada vez mais importantes para assegurar uma atuação mais eficaz nesse cenário estratégico.

Da mesma forma, a Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024, que regulamenta as atividades espaciais (LAE), estabelece importante marco regulatório para as atividades espaciais no Brasil, promovendo a participação do setor privado e regulamentando o uso do espaço. A LAE é um passo crucial para garantir que o País possa se integrar mais efetivamente ao cenário global de exploração espacial, estimulando inovações e atraindo investimentos.

A criação e o fortalecimento de um programa espacial voltado para a defesa são fundamentais para garantir a soberania e a segurança nacional. A capacidade de monitorar vastas áreas do território, especialmente em regiões estratégicas como a Amazônia, é vital para o combate a atividades ilícitas, como o tráfico de drogas e desmatamento ilegal. Além disso, o uso de tecnologia espacial para vigilância e comunicação melhora a coordenação das Forças Armadas, contribuindo para uma Defesa mais robusta e eficaz. Assim, o programa espacial de defesa não apenas promove a segurança, mas também posiciona o Brasil como um ator relevante no contexto espacial internacional.

Assim, o MD apresenta, neste documento, a disposição das capacidades desejadas e projetos que conformam o PESE e, também, difunde diretrizes básicas que representam mais um passo em direção à conquista e ao domínio das complexas tecnologias envolvidas e, por conseguinte, da autonomia e independência necessárias ao pleno exercício da soberania nacional.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Finalidade

Estabelecer as diretrizes básicas para a implantação e operação dos Sistemas Espaciais de interesse do Ministério da Defesa, assim como apontar o futuro desejado para a exploração do domínio espacial.

1.2 Referências

Os documentos consultados para a elaboração destas diretrizes foram:

- a) Constituição da República Federativa do Brasil de 1988;
- b) Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. "Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e dá outras providências";
- c) Decreto Legislativo nº 61, de 23 de maio de 2024. "Aprova os textos da Política Nacional de Defesa (PND), da Estratégia Nacional de Defesa (END) e do Livro Branco de Defesa Nacional (LBDN)";
- d) Portaria nº 601/GC3, de 20 de maio de 2020. "Aprova a reedição da Diretriz de Implantação do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais - PESE, no âmbito do Comando da Aeronáutica" - DCA 358-1;
- e) Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. "Aprova a Concepção Estratégica – Força Aérea 100" - DCA 11-45;
- f) Portaria nº 1.453/GC3, de 5 de junho de 2024. "Aprova o Plano Estratégico Militar da Aeronáutica" - (PCA 11-47); e
- g) Portaria nº 756, de 29 de dezembro de 2021. "Aprova o Programa Nacional de Atividades Espaciais" - (PNAE 2022-2031).

1.3 Conceituações

Para efeito deste documento, as conceituações empregadas são, além das previstas no Glossário das Forças Armadas – MD35-G-01 (5ª edição/2015), as que figuram no Anexo A.

1.4 Siglas e Abreviaturas

Para efeito deste documento, as siglas e abreviaturas empregadas são, além das previstas no Manual de Abreviaturas, Siglas, Símbolos e Convenções Cartográficas das Forças Armadas – MD33-M-02 (4ª edição/2021), as que figuram no Anexo B.

1.5 Informação

Este plano será revisto periodicamente a cada quatro anos, ou conforme atualizações tecnológicas e de cenário que impliquem a necessidade de revisão.

1.6 Aprimoramento

As sugestões para aperfeiçoamento deste documento são estimuladas e deverão ser encaminhadas ao Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, via cadeia de comando, para o seguinte endereço:

MINISTÉRIO DA DEFESA

Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
Assessoria de Doutrina e Legislação
Esplanada dos Ministérios
Bloco Q (Edifício Defensores da Pátria) - 4º Andar
Brasília - DF
CEP - 70049-900
adl1.emcfa@defesa.gov.br

CAPÍTULO II

ANÁLISE ESTRATÉGICA

2.1 Importância do Domínio Espacial

2.1.1 Conforme previsto na Doutrina Básica da FAB, o Poder Aeroespacial é definido como “a expressão do Poder Nacional resultante da integração dos recursos de que a Nação dispõe para a utilização do espaço aéreo e do espaço exterior, quer como instrumento de ação política e militar, quer como fator de desenvolvimento ou dissuasão”.

2.1.2 Dessa forma, o domínio do espaço tem ocupado uma parcela cada vez maior dentro do Poder Aeroespacial. A capacidade de operar e proteger o conjunto de elementos essenciais para o uso do espaço — incluindo os centros de controle, os centros de lançamento, os veículos lançadores, o segmento usuário e as plataformas espaciais — tornou-se fundamental para garantir a soberania nacional.

2.1.3 O domínio espacial está intrinsecamente ligado ao domínio cibernético e ambos concorrem para o correto e seguro fluxo informacional em prol das ações cinéticas e não cinéticas, devendo-se evitar dissociações que diminuam a eficiência em cenários multidomínio.

2.1.4 Satélites são essenciais para as operações militares, podendo ser usados para comunicação, navegação, reconhecimento, vigilância e outros. Um ataque físico ou cibernético a esses sistemas pode comprometer a capacidade operacional das Forças Armadas. A proteção desses ativos é vital para garantir a continuidade das operações e a integridade das informações.

2.1.5 Os sistemas satelitais também são essenciais para as atividades civis e demandam especial atenção, pois sua interrupção ou destruição pode gerar graves impactos sociais, econômicos e políticos, comprometendo diretamente a segurança da sociedade.

2.2 Contextualização

2.2.1 O PESE fornece um alinhamento de alto nível entre as capacidades requeridas, as necessidades operacionais e os recursos disponíveis ou necessários para suportar o desenvolvimento do programa, dentro das ações de planejamento do Plano Plurianual do Governo Federal.

2.2.2 Os critérios de decisão basilares a serem utilizados durante o ciclo de vida dos projetos do PESE são:

a) alinhamento estratégico: estar em conformidade com a END e com as capacidades e necessidades operacionais emitidas pelo EMAER, em coordenação com o Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas (EMCFA), Estado-Maior da Armada e Estado-Maior do Exército. O PESE está

estruturado de forma a contribuir diretamente para os Objetivos Nacionais de Defesa (OND), estabelecidos na PND e na END. Nesse sentido, o Programa visa:

- 1) a garantir a soberania do Brasil no acesso ao espaço exterior, em conformidade com os tratados internacionais dos quais o País é signatário;
- 2) a promover a autonomia nacional no desenvolvimento de tecnologias críticas e sensíveis;
- 3) a fortalecer a Base Industrial de Defesa, fomentando a produção nacional de sistemas espaciais;
- 4) a contribuir para a integração do território nacional por meio da ampliação da cobertura de comunicações e sensoriamento remoto; e
- 5) a ampliar a capacidade dissuasória do Estado brasileiro no domínio espacial, reconhecido como ambiente estratégico.

b) importância da missão: aumentar a eficiência e a eficácia das atividades das FA, quer sejam exclusivamente de defesa, quer sejam de aplicação dual; e

c) complementaridade e alinhamento com outras políticas governamentais, tais como:

1) Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais

Elevar a sinergia de ações do PESE com o PNAE, buscando complementaridade de ações em consonância com as ações estratégicas da END e priorizando a construção e a manutenção das capacidades operacionais específicas da Defesa no uso dos SE; além de colaborar na busca nacional pela autonomia nos segmentos espaciais, dentro dos preceitos estabelecidos, em 1979, pela MECB;

2) Política de Desenvolvimento Industrial

Contribuir para a capacitação e consolidação da base industrial do setor espacial e de defesa, para o adensamento tecnológico e para a organização da cadeia produtiva do ecossistema espacial, mediante o uso do poder de compra governamental; e

3) Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação

Estimular e demandar inovações tecnológicas em busca de soluções que requeiram o desenvolvimento de novos conhecimentos, de forma independente e autônoma à altura de uma nação soberana, trazendo sustentabilidade ao modelo de negócios do ecossistema espacial.

2.2.3 O PESE considera o emprego integrado dos meios espaciais no contexto das Operações Multidomínio, com vistas à interoperabilidade entre os domínios terrestre, marítimo, aéreo, espacial e eletromagnético-cibernético-cognitivo. Essa integração será orientada pela lógica de emprego conjunto e sinérgico das capacidades estratégicas de Defesa.

2.2.4 A análise de cenários prospectivos aponta o surgimento de tecnologias emergentes e disruptivas como uma megatendência, sugerindo especial atenção com as tecnologias quânticas e espaciais. No setor espacial é imprescindível a existência de fóruns dedicados às coordenações estratégicas e à tomada de decisões no mais alto nível político. Nesse sentido, as diversas entidades envolvidas no PEB têm encontrado no Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB) uma estrutura essencial para promover o alinhamento de diretrizes e fortalecer a governança do programa.

2.2.5 O CDPEB foi criado em 2018 no âmbito do Gabinete de Segurança Institucional, inicialmente com caráter temporário, e vem desempenhando um papel estratégico no contexto do PEB. Com a publicação do Decreto nº 9.839, de 14 de junho de 2019, tornou-se um colegiado permanente, com atribuições que incluem a definição de diretrizes e metas para o aprimoramento do programa, por meio de resoluções, além da supervisão da implementação das ações necessárias para alcançar esses objetivos.

2.2.6 Assim, o Comitê atua como um órgão de assessoramento ao Presidente da República, responsável por formular propostas voltadas a:

- a) fornecer subsídios para o fortalecimento do PEB;
- b) promover o desenvolvimento e o uso de tecnologias espaciais aplicáveis aos segmentos de infraestrutura de lançamentos, veículos lançadores e artefatos orbitais e suborbitais; e
- c) supervisionar a execução das medidas necessárias para impulsionar o PEB. Como resultado dos trabalhos do seu primeiro Grupo Técnico, foi apresentada a proposta de um Projeto de Lei para a criação do Conselho Nacional do Espaço (CNE), que se tornaria a mais alta instância de governança do PEB. Tal proposta foi concretizada em 2022, com a instituição do CNE por meio de Decreto Presidencial.

2.3 Integração com a Sociedade

2.3.1 O Programa Espacial Brasileiro é a denominação que se dá ao conjunto de programas que compreendem projetos e iniciativas do setor espacial brasileiro, quais sejam:

- a) o Programa Nacional de Atividades Espaciais – PNAE, de competência da Agência Espacial Brasileira; e
- b) o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais – PESE, de competência do Comando da Aeronáutica.

2.3.2 Por meio desses programas, a AEB e o Comando da Aeronáutica, que exercem a função de Autoridade Espacial Civil e Autoridade Espacial de Defesa, respectivamente, conforme definido pela Lei nº 14.946, de 31 de julho de 2024 (LAE), unem esforços para promover o desenvolvimento do país, melhorar a qualidade de vida da sociedade brasileira e atender às demandas estratégicas do Estado, consolidando a capacidade nacional em atividades espaciais.

2.3.3 Uma característica importante para os sistemas espaciais do PESE é o seu uso dual, ou seja, embora atendam às necessidades da Defesa, também são capazes de trazer benefícios para a população civil. Pode-se fazer um paralelo com o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro – SISCEAB, que é administrado pela FAB e controla também os voos comerciais, garantindo a segurança nos céus brasileiros.

2.3.4 A sociedade já está habituada aos benefícios de aplicações duais de sistemas satelitais no seu cotidiano, embora nem todos tenham consciência desse fato. Dentre os exemplos existentes, podemos destacar o uso de *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), que traz precisão à navegação de meios aéreos, espaciais, terrestres e navais, independentemente de serem civis ou militares, potencializando, também, as funcionalidades dos dispositivos portáteis e Internet das Coisas (IoT); o uso de informações meteorológicas provenientes de satélites, as quais são utilizadas

pelas FA no planejamento e na execução das operações militares e pela Defesa Civil, principalmente em resposta a desastres naturais e calamidades públicas; e, ainda, o uso de meios de comunicações satelitais para atender às necessidades da sociedade conectada.

2.3.5 É vital que a sociedade esteja ciente dos benefícios que o uso dual dos SE traz às suas vidas. Apenas com o apoio da população é possível obter o investimento adequado e a valorização do setor espacial.

2.4 Eixos Estratégicos de Obtenção

2.4.1 Para viabilizar o PESE, o poder de compra e os instrumentos de financiamento do Estado deverão ser estrategicamente utilizados nos projetos, por intermédio de acordos nacionais e internacionais, parcerias com entidades públicas e/ou privadas nacionais e/ou estrangeiras que já disponham de projetos com ofertas de transferência de tecnologias, caso aplicável. Além disso, deverão promover a ampla participação da Base Industrial de Defesa (BID), conforme orienta a END. Dessa maneira, podem ser utilizadas diferentes maneiras de obtenção de SE. Dentre as opções, destacam-se:

a) desenvolvimento interno: centros de pesquisa de excelência, como o Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), possuem larga experiência no desenvolvimento de tecnologias espaciais. É a maneira primária de a FAB adquirir SE nacionais;

b) desenvolvimento governamental externo à FAB: outras organizações governamentais, como o Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), também possuem excelência no desenvolvimento de plataformas espaciais, e devem ser utilizadas, por meio de parcerias, sempre que possível;

c) desenvolvimento privado: por meio de subvenções econômicas, é possível utilizar recursos de fundos públicos para o desenvolvimento de tecnologias por empresas privadas. É uma maneira de estimular o crescimento da BID e obter os SE de interesse sem as restrições típicas das instituições públicas;

d) aquisição direta: maneira mais rápida de aquisição de SE. Deve ser utilizada quando o SE em questão já está consolidado no mercado e existir um condicionante temporal que seja impeditivo para o desenvolvimento nacional; e

e) acordos de compensação tecnológica (*off-set*): os processos de aquisição/desenvolvimento devem considerar, além das características técnicas e operacionais dos SE, os critérios estabelecidos para os acordos de compensação tecnológica e industrial, caso aplicável. Isso implica a participação dos demais órgãos governamentais afetos aos SE implantados, assim como da indústria de defesa, em todas as etapas do processo, a fim de possibilitar a absorção de conhecimentos necessários ao desenvolvimento de projetos futuros.

2.5 Visão de Futuro

2.5.1 O PESE direciona o desenvolvimento de projetos estratégicos ao integrar rotas tecnológicas com suas diretrizes e critérios de decisão. Essas rotas tecnológicas guiam o avanço e a maturação de tecnologias específicas, organizando o desenvolvimento de blocos tecnológicos essenciais para atender às necessidades operacionais das FA e às demandas da END.

2.5.2 Rotas tecnológicas são esquemas ou caminhos que guiam o desenvolvimento e a integração de tecnologias necessárias para o avanço na criação de produtos estratégicos num certo período de tempo. Elas podem ser visualizadas como uma estrutura analítica de um programa abrangente, composto por diversos projetos interconectados que buscam dominar e amadurecer blocos tecnológicos específicos, que são componentes fundamentais para a solução do problema inicial, isto é, o produto ou sistema para atender à demanda identificada. A rota tecnológica não apenas guia o progresso técnico, mas também facilita a gestão de recursos, prazos e riscos, assegurando que o desenvolvimento ocorra de forma eficiente e eficaz.

2.5.3 Para viabilizar a inserção de satélites em órbita é essencial definir os meios necessários, com foco em veículos lançadores e tecnologias associadas que ofereçam melhor desempenho, maior capacidade de carga útil e maior confiabilidade. No contexto dos sistemas de lançamento, as tecnologias prioritárias incluem inovações que tornem os sistemas de propulsão mais eficientes, aumentem a capacidade de carga útil, reduzam o impacto ambiental, promovam o reuso de partes ou de todo o sistema propulsivo, e aumentem a confiabilidade.

2.5.4 A rota tecnológica de acesso ao espaço do PESE está centrada no desenvolvimento da capacidade brasileira de colocar artefatos espaciais em órbita por meios próprios, com o uso de veículos lançadores nacionais, desenvolvidos de forma incremental e progressiva, visando à redução de riscos técnicos e à máxima eficiência no uso dos recursos disponíveis, buscando entregar capacidades com valor real à sociedade e ao Estado.

2.5.5 Já para os satélites, o que se busca é a utilização de artefatos de menor porte em sistemas de órbitas baixas, com vida útil mais curta, acompanhando a tendência mundial. Para tanto, a rota tecnológica objetiva a redução de custos de produção, propiciando a reposição continuada da frota ao longo dos anos, acompanhando as constantes evoluções tecnológicas.

2.5.6 Para o usuário dos sistemas espaciais, busca-se a integração das informações e sistemas, de modo a, por exemplo, compartilhar informações de SSA/SDA com os sistemas de defesa cibernética e aérea do País.

2.6 Tecnologias Críticas

2.6.1 Para que as rotas tecnológicas possam ser efetivamente seguidas, uma série de tecnologias deve ser dominada nacionalmente. Foram elencadas as principais tecnologias necessárias para o sucesso do PEB a seguir:

2.6.1.1 No campo dos satélites:

a) Propulsores e Atuadores

Propulsores e atuadores são cruciais para manobrar os satélites em órbita e mantê-los na atitude de voo desejada. Dependendo da aplicação desejada, tecnologias como propulsão elétrica (iônica e de efeito Hall), híbrida, *green propellants* e design eficiente de atuadores e injetores aumentam a capacidade de manobra e a vida útil de satélites.

b) Sistemas de Geração e Gerenciamento de Energia

Para sistemas espaciais, a geração e gerenciamento de energia de forma eficiente é fundamental. Dentre diferentes tecnologias empregadas, destacam-se painéis solares com células fotovoltaicas de alta eficiência, módulos e técnicas de gerenciamento de energia, unidades de condicionamento e baterias para armazenamento e utilização eficiente da energia gerada.

c) Materiais Avançados

Tecnologias de materiais que resistam às condições extremas do espaço, como vácuo, radiação ionizante e variações de temperatura, são cruciais para a construção de estruturas duradouras e confiáveis.

d) Sistemas de Comunicação

Para transmitir dados entre a Terra e os satélites, e entre dois satélites, são necessários sistemas de comunicação avançados, incluindo sistemas FSO (*Freespace Optics*), amplificadores de alta potência em micro-ondas e ondas milimétricas, antenas de alto ganho e feixes móveis e protocolos de comunicação eficientes e seguros, e sistemas quânticos. A utilização de enlaces ópticos para comunicação tem sido considerada em aplicações que demandem reduzida latência e elevadas taxas de transmissão de dados, bem como maior robustez frente a interferências e vulnerabilidades de origem eletromagnética, considerando a vulnerabilidade de sistemas espaciais frente a ameaças de origem cibernética.

e) Computação de bordo e gerenciamento dos dados

Satélites são responsáveis pela geração e gerenciamento de vastas quantidades de dados simultaneamente. Nesse sentido, técnicas de processamento a bordo de gerenciamento e armazenamento de dados que reduzam o custo computacional, tempo e consumo de energia associado às operações são relevantes para a operação de sistemas satelitais.

f) Sistemas de Navegação

A precisão na determinação da posição e da órbita é essencial para a operação bem-sucedida de sistemas espaciais. Tecnologias como GPS, sistemas inerciais e sistemas autônomos de navegação desempenham um papel vital e complementar, traduzidos em resiliência e robustez do sistema frente à inoperabilidade de uma das fontes de dados de navegação.

2.6.1.2 Para os veículos lançadores:

a) Propulsão de Estágios

Motores de foguete potentes e eficientes são necessários para superar a gravidade da Terra. A tecnologia de propulsão em estágios permite o descarte controlado de estágios vazios.

b) Sistemas de Controle de Voo

Tecnologias de controle de atitude e de trajetória garantem que o veículo de lançamento siga uma trajetória precisa e alcance a órbita desejada.

c) Sistemas *Pressure-Fed* para propulsores

Tecnologias de válvulas de controle de fluxo de propelente, tanques de armazenamento para altas pressões, sistemas de ignição e injeção de propelente, materiais resistentes a condições extremas, além de sistemas de monitoramento e controle de parâmetros críticos.

d) Separação de Cargas Úteis:

Mecanismos avançados de separação garantem que os satélites sejam implantados na órbita correta, evitando colisões e garantindo o sucesso das missões.

e) Estruturas Leves e Resistentes

Materiais avançados são usados na construção de veículos lançadores para garantir que sejam fortes o suficiente para suportar as forças durante o lançamento, mas também leves o bastante para otimizar a eficiência do combustível.

f) Sistemas de Resfriamento

Motores de foguete e outros sistemas geram calor intenso. Tecnologias de resfriamento eficazes são vitais para evitar danos e garantir o desempenho adequado dos componentes dos subsistemas.

g) Materiais de Reentrada

Veículos Lançadores podem reentrar na atmosfera em velocidades muito altas. Materiais resistentes ao calor são necessários para protegê-los durante essa fase.

2.6.1.3 E, adicionalmente, para os sistemas de solo e seguimento usuário:

a) Sensores e técnicas de aquisição avançados

Sistemas de SDA, usualmente, utilizam redes heterogêneas e distribuídas de sensores que podem ser compostas por radares, sensores eletro-ópticos, lasers e antenas para aquisição passiva de sinais de radiofrequência (RF). Tais redes são utilizadas para monitorar atividades espaciais e identificar potenciais ameaças ao uso seguro do espaço de forma complementar e coordenada no tempo e espaço. No contexto de tecnologias em desenvolvimento na área de sensores, além de inovações incrementais nos tipos tradicionais de sensores citados, destaca-se a utilização de sensores hiper espectrais para a caracterização de objetos espaciais, radares quânticos, sensores adaptativos e sensores neuromórficos. Os últimos são utilizados segundo uma técnica de aquisição conhecida por *event-based sensing*. Tal técnica é particularmente útil em aplicações de vigilância, que requeiram detecção de eventos singulares e não usuais como manobras de satélites, eventos de geração de debris ou *rendez-vous* indesejados em objetos de interesse. É importante destacar que muitas das tecnologias citadas ainda se encontram em estágio de desenvolvimento e sua utilização tem sido planejada para ser empregada em caráter complementar às técnicas e sensores tradicionais mencionados no início do parágrafo.

b) Processamento de Dados em Tempo Real e Fusão de Sensores

Grandes volumes de dados são coletados e processados em tempo real para identificar padrões e anomalias que possam representar riscos para ativos espaciais. O processamento pesado

também facilita a análise e a distribuição dos produtos espaciais aos usuários. A fusão de sensores permite que tal processamento ocorra de forma otimizada e transparente ao usuário final, de forma que os dados produzidos pelos diversos sensores da rede possam ser utilizados de maneira coordenada e complementar para atender aos requisitos de confiabilidade e mitigação de incertezas associadas às observações.

c) Modelagem e Simulação

Tecnologias de modelagem computacional e simulação são usadas para prever o comportamento de objetos no espaço e avaliar diferentes cenários, além de contribuir para a capacitação e formação dos profissionais do espaço.

d) Redes de Comunicação Seguras

No contexto das operações de rotina desempenhadas em Sistemas SDA, Segmento Solo e Segmento Usuário, os Sistemas de Informação devem apresentar altos níveis de confiabilidade, robusteza, segurança e resiliência contra ameaças de origem cibernética. Para tanto, Estações de Solo, Observatórios, Centros de Operação e de Controle de Missão devem possuir meios e protocolos de comunicação segura, visando à garantia da confidencialidade e da integridade dos dados tramitados, impedimento de acessos não autorizados, manipulação ou interceptação das informações tramitadas.

e) Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina

Essas tecnologias são aplicadas para automatizar a detecção de ameaças e melhorar a capacidade de resposta a situações dinâmicas, além da diminuição da carga de trabalho e da melhoria no processamento, análise e distribuição dos produtos espaciais aos usuários. Para o tratamento de imagens, é capaz de fornecer análises de maneira muito mais rápida, com detecção de alvos de interesse, estáticos ou em movimento, e ainda classificá-los. Em atividades de vigilância do espaço, tecnologias de IA têm sido utilizadas na implementação de redes autônomas de sensores, capazes de processar os dados dos sensores, detectar, acompanhar objetos e tomar decisões com reduzida ou nenhuma intervenção humana, baseada em critérios pré-definidos. Considerando que o Aprendizado de Máquina é uma subárea no campo da Inteligência Artificial, sua utilização tem sido mais especificamente associada ao tratamento dos dados produzidos pelos sensores, de forma a otimizar o processo de detecção de objetos, especialmente, em conjuntos de dados com elevado nível de ruído oriundo dos sensores e das condições de observação, análise de correlações, classificação de objetos e detecção de anomalias ou atividades não usuais.

f) Sistemas integrados de processamento digital e de gerenciamento de Banco de Dados Geoespaciais

Tais sistemas são fundamentais no segmento solo para o uso efetivo dos usuários, estando intrinsecamente ligados à IA e ao Aprendizado de Máquina. A ausência de integração e registro histórico limita a capacidade potencial da plataforma, uma vez que o uso de imagens e vetores de forma unitária impossibilita um emprego, treinamento e gerenciamento abrangente de Inteligência Artificial.

2.6.2 Após uma análise dedicada de especialistas, foi definida uma ordem de prioridade das tecnologias a serem desenvolvidas.

2.6.2.1 No campo dos satélites:

- a) propulsores Iônicos, Arc Jet e Hidrogênio;
- b) sistemas ópticos (Lentes e Espelhos);
- c) sensores eletro-ópticos para Observação da Terra e Espaço (e.g. CCD, CMOS);
- d) sensores radares para Observação da Terra (*Phased Array* e SAR);
- e) sistemas de Posicionamento, Navegação e Tempo;
- f) sistemas de Observação/Mapeamento do Clima Espacial;
- g) sensores Solares, de Estrelas e Magnetômetros; e
- h) spin (Único e Duplo) e Estabilização Ativa em 3 eixos (Rodas de Momento e Giroscópios).

2.6.2.2 Para veículos lançadores:

- a) tubeiras móveis e atuadores;
- b) sistemas de Guiamento, Navegação e Controle;
- c) redes Elétricas;
- d) coifas;
- e) sistemas Inerciais a Laser;
- f) sistemas de Reentrada;
- g) sistemas *Pressure-Fed* para propulsores Híbridos e Líquidos;
- h) aceleração Hipersônica;
- i) voo Hipersônico; e
- j) propulsores Híbridos, Líquidos e Sólidos.

2.6.2.3 Para os sistemas de solo e seguimento usuário:

- a) sistemas radares para monitoramento de objetos espaciais;
- b) telescópios de Grande Abertura;
- c) fusão de Sensores para Navegação e Sistemas de Aquisição de dados para atividades de SSA/SDA; e
- d) sistemas de Informação e aplicativos de propriedade nacional para Análise de Missão, Condução de Operações e prospecção de cenários no âmbito de atividades espaciais, englobando Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina.

2.6.3 Desse modo, considerando o interesse prioritário do MD e do COMAER em construir a Capacidade de Proteção prevista na END, torna-se essencial o domínio daquelas tecnologias críticas para SE, como forma de se obter acesso autônomo ao espaço e liberdade de ação na produção de tais SE.

2.7 Capacidades Desejadas

2.7.1 Visando atingir as capacidades operacionais desejadas e preconizadas na END, o PESE privilegia metodologias de projeto *Top-Down*, procurando iniciar as atividades a partir das capacidades desejadas, ou seja, inicialmente são definidos requisitos de alto nível para aplicações e soluções de projeto para depois buscar produtos que atendam tais requisitos e forneçam as capacidades almejadas.

2.7.2 Os SE devem ser concebidos e priorizados em relação às capacidades requeridas pelas FA, de tal forma que permitam atender às atribuições previstas na END, além de consolidar a indústria aeroespacial brasileira e de fortalecer todo o ecossistema espacial.

a) A lista de Capacidades requeridas pelas FA foi organizada da seguinte forma:

I – Observação da Terra; estratégica e tática; regional, no entorno estratégico e globalmente; em alta resolução e de forma eletro-óptica, multiespectral e hiperspectral;

II – Observação da Terra; estratégica e tática; regional, no entorno estratégico e globalmente; em alta resolução; ativamente e em múltiplas bandas (X, L, C etc.);

III – Acesso ao espaço, em voos suborbitais, LEO, MEO e GEO;

IV – Vigilância do espaço, de objetos espaciais catalogados ou não, em distâncias suborbitais, LEO, MEO, GEO e HEO, para monitoramento espacial;

V – Determinar janelas de lançamento, efetuar análise de risco e gerenciamento da reentrada de objetos espaciais de interesse sob espaço aéreo jurisdicional brasileiro;

VI – Conduzir atividades de LEOP (*Launch and Early Operations*) para os satélites da Defesa;

VII – Monitorar e detectar ameaças aos objetos espaciais de interesse (OI) para o Brasil, bem como detectar anomalias, *rendez-vous* indesejados e manobras orbitais não esperadas por parte de OI;

VIII – Realizar análises de conjunção, conduzir manobras anticolisão e medidas de mitigação de risco de colisão para os OI;

IX – Realizar atividades de monitoramento, modelamento e de pesquisas na área de clima espacial visando à segurança na operação dos satélites que sejam de interesse para a Defesa – e.g. Monitoramento de parâmetros de atividade solar; identificação, isolamento e correção de efeitos indesejáveis na propagação de ondas eletromagnéticas na ionosfera, como efeitos de cintilação ionosférica;

X – Comunicação segura em voz e dados; estratégica e tática; regional, no entorno estratégico e globalmente; em múltiplas bandas (UHF, L, X, Ka, Ku, Q, V, etc.);

XI – Mapeamento de informações, Comunicação (Com) e Não Comunicação (N Com);

XII – Assessoramento à decisão, nos níveis político, estratégico, operacional e tático, de forma precisa e oportuna, por meio de produtos, serviços e/ou análises;

XIII – Comando e Controle, Comunicações, Computação, Inteligência, Vigilância, Aquisição de Alvos e Reconhecimento (C⁴ISTR) em prol das ações do EMCFA e das Forças Singulares;

XIV – Navegar e localizar-se, em todo o território nacional, na Amazônia Azul e no entorno estratégico; com precisão, cobertura e alta disponibilidade; e

XV – Explorar economicamente, de forma direta ou indireta, a infraestrutura e a navegação aeroespaciais.

2.8 Estratégia de Exploração Comercial

2.8.1 Os recursos orçamentários destinados ao PNAE e ao PESE têm se mostrado insuficientes para atender plenamente às demandas governamentais. Para enfrentar essas limitações e reduzir a dependência de tecnologias sensíveis estrangeiras, a criação da Empresa de Projetos Aeroespaciais do Brasil - ALADA surge como uma medida estratégica, e será fundamental para promover a autossuficiência em projetos aeroespaciais que são cruciais para a soberania e segurança do Brasil.

2.8.2 A empresa ALADA possibilita um incremento de investimentos no Programa Espacial Brasileiro, através da complementação do orçamento governamental devido à exploração comercial privada, trazendo recursos deste setor para reinvestimentos em projetos. Além de fortalecer o setor de defesa, a ALADA desempenhará um papel decisivo no desenvolvimento econômico, impulsionando a inovação tecnológica, a geração de empregos e o fortalecimento da indústria nacional. Como braço empresarial do Estado, a subsidiária liderará projetos estratégicos, assegurando maior independência tecnológica e fomentando o progresso do setor aeroespacial, em sintonia com as demandas da END e do Marco Regulatório de Ciência e Tecnologia. Dessa maneira, garantirá o atendimento da Capacidade XV, listada no item anterior.



2.8.3 O Complexo Espacial Brasileiro é conjunto de infraestrutura, equipamentos, recursos humanos, bens e serviços, que somados compõem a capacidade brasileira de acesso ao espaço e de exploração de sistemas espaciais. Todas estas capacidades serão exploradas pela empresa ALADA, principalmente para a exploração comercial.



2.8.4 Desde 2020, com o acordo firmado entre AEB e a FAB, cujo objetivo foi fortalecer a cooperação no desenvolvimento e realização de lançamentos espaciais comerciais e científicos em território brasileiro, sobretudo por empresas privadas, envolvendo a utilização de estruturas da FAB, como o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), promoveu-se:

a) maior participação do Brasil no mercado global de lançamentos espaciais, atraindo empresas nacionais e internacionais interessadas em lançar satélites;

b) maior investimento para modernizar e aprimorar as capacidades dos Centros de lançamento; e

c) incremento no treinamento e capacitação de pessoal especializado, além de troca de conhecimentos técnicos, aumentando a expertise do Brasil na indústria espacial.

2.8.5 O grande resultado foi a viabilização de lançamentos comerciais de foguetes e colocação de satélites em órbita, especialmente em um mercado competitivo, além da consolidação do Brasil

como um ator relevante na indústria espacial global. Este movimento busca diversificar as fontes de financiamento do Programa Espacial Brasileiro. Ao atrair investidores e parceiros, o país não apenas fortalece sua indústria espacial, mas também contribui para o desenvolvimento tecnológico e científico, consolidando seu papel no mercado espacial global.

CAPÍTULO III

ESFERAS DE ATUAÇÃO DO PESE

3.1 Divisão em Segmentos

3.1.1 Para facilitar o entendimento da exploração da área espacial como um todo, foi criada uma divisão em segmentos de atuação, conforme a figura abaixo:



Figura 1: Segmentos de atuação do PESE.

3.1.2 Além disso, o PESE também se faz presente na área de capacitação de pessoal. Cada uma dessas áreas será explorada a seguir.

3.2 Segmento Usuário

3.2.1 Este segmento é responsável pela gestão dos produtos do PESE, atuando como interface entre o cliente e os demais segmentos. Suas responsabilidades incluem o controle de requisições, a priorização de demandas, a solicitação de dados ao segmento solo, o processamento de informações e a distribuição dos produtos aos clientes. Atende prioritariamente às demandas das Forças Armadas (FA) e é responsável pelo fornecimento das Capacidades XII e XIII.

3.2.2 Dentro da estrutura do Comando de Operações Aeroespaciais (COMAE), o Centro de Operações Espaciais (COPE) é responsável por fornecer os serviços aos usuários, oferecendo interface para comunicação, sensoriamento remoto e informações de consciência situacional espacial.

3.2.3 Possui como projeto futuro a disponibilização das imagens obtidas pelas diversas demandas por meio de consulta dos usuários a Bancos de Dados Geoespaciais, com possibilidade de processamento em lote por Inteligência Artificial.



Figura 2: Usuários dos produtos espaciais.

3.3 Segmento Lançador

3.3.1 Este segmento abrange a infraestrutura terrestre necessária para o lançamento de veículos espaciais, incluindo os próprios veículos, consolidando a Capacidade de Acesso ao Espaço (Capacidade III). O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) e o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI) são os centros operacionais da FAB, com capacidade para lançamentos de veículos orbitais e suborbitais.

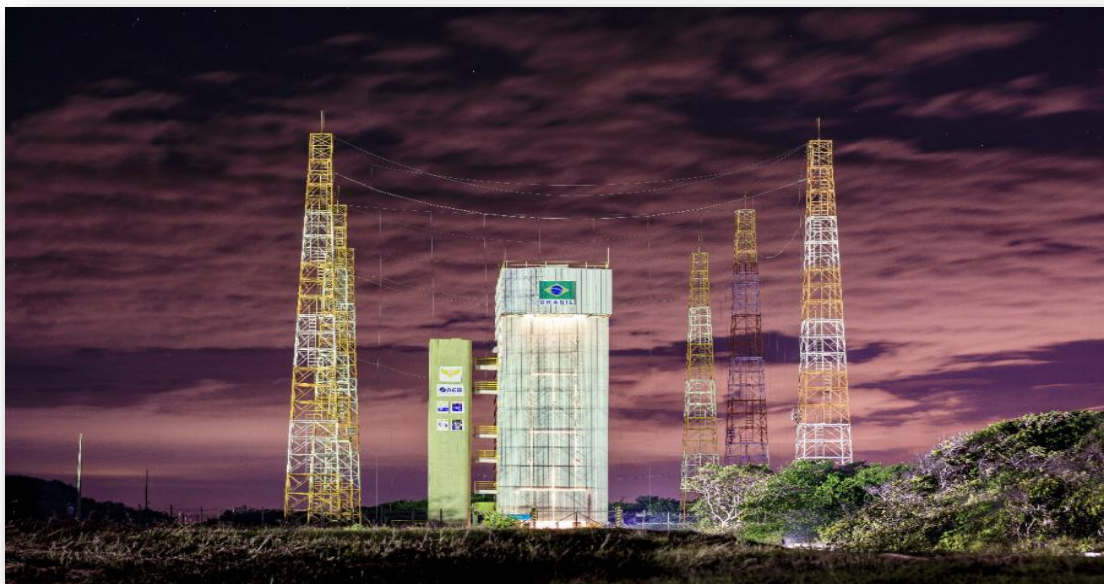


Figura 2: Torre Móvel de Integração do Centro de Lançamento de Alcântara.

3.3.2 Os projetos vinculados a essa área são:

a) Família de Veículos Lançadores VL-X

1) Para que o país alcance autonomia de acesso ao espaço, optou-se por perseguir uma rota tecnológica centrada na família de lançadores VL-X, composta por diversos blocos tecnológicos. O primeiro deles é o desenvolvimento do Motor Foguete S50, produzido em material composto e carregado com 12 toneladas de propelente sólido, sendo o maior e mais avançado motor foguete já produzido no Brasil. Este motor, junto com outros sistemas críticos, será qualificado em voo por meio do veículo suborbital VS-50.

2) O próximo passo será o lançamento do Veículo Lançador de Microssatélites, o VLM-1, composto por três estágios: dois baseados nos motores S50 e um baseado no motor S44, também de propelente sólido. Com 800 kg de propelente, será capaz de colocar um microssatélite em órbita equatorial baixa de 300 km.

3) A consolidação das tecnologias do VLM-1 servirá de base para que o Brasil possa avançar para veículos com maior capacidade satelital. O primeiro deles será o VLX-1, ainda baseado em motores a propelente sólido, mas com capacidade de colocar até 500 kg de cargas úteis em órbitas equatoriais. Por fim, o veículo VLX-2 será uma evolução do seu antecessor, tendo o seu estágio final a propulsão líquida, visando à inserção precisa em órbitas polares de cargas úteis de até 500 kg.

b) **Sistemas de suporte aos Veículos Lançadores**

Outros projetos também estão em desenvolvimento e contribuem com a evolução dos lançadores, dentre os quais se destacam o SISNAC, o MFPL e o ATHINAD.

1) O projeto SISNAC – Sistema de Navegação e Controle consiste no desenvolvimento de um sistema de navegação, guiamento e controle essencial para a navegação autônoma de veículos espaciais, buscando a independência tecnológica em relação a esse tipo de sistema.

2) O projeto MFPL – Motor-Foguete a Propulsão Líquida consiste no desenvolvimento de um motor baseado em etanol e oxigênio líquido. Esse tipo de motor permite maior precisão que os motores a propelentes sólidos na fase de inserção em órbita, de modo que o produto almejado, o motor L25, substituirá o motor S44 nas versões posteriores do veículo.

3) O projeto ATHINAD busca o desenvolvimento de um sistema de atuação de tubeira móvel para foguetes, também conhecido como sistema de atuação de tubeira vetorial (TVC – *Thrust Vector Control*). Trata-se de um mecanismo que permite ajustar a direção do jato de escape do motor do foguete, sendo essencial para o controle de atitude e trajetória de veículo lançadores durante o voo.

c) **Novos Centros de Lançamento**

A vasta extensão litorânea do Brasil possibilita a instalação de centros de lançamento em diversos pontos. A proximidade à linha do equador é um grande trunfo para lançamentos visando a órbitas equatoriais. Outros pontos do território nacional possuem características desejáveis para lançamentos inclinados e polares. Dessa maneira, o estudo para a criação de novos centros de lançamento é um projeto contínuo do PESE.

3.4 Segmento Espacial

3.4.1 Caracteriza-se pelos artefatos espaciais em si, ou seja, os ativos que são controlados desde os Centros de Controle em terra. Atualmente são controlados pela Defesa o Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC-1), e os satélites Carcará 3 e 4.

3.4.2 Para promover um envolvimento contínuo das empresas e entidades do Setor Espacial, o PESE busca priorizar arquiteturas de satélites de menor porte e com utilização de órbita baixa, de forma a minimizar os custos de lançamento e de implantação desses SE.

3.4.3 Os projetos atuais vinculados a essa área são:

a) **Sistema de Observação da Terra por Sensores Ópticos (OBOPT)**

Este projeto visa fornecer a Capacidade I. O sistema deverá ser capaz de fornecer imagens ópticas em alta resolução, com alta revisita. Atualmente tal capacidade é atendida por meio de contratos com empresas multinacionais.

b) **Sistema de Observação da Terra por Sensores Radar (OBSAR)**

Este sistema está em operação, com os satélites Carcará 3 e 4, lançados em 2024. Atende à Capacidade II, com observação por meio de radar de abertura sintética (SAR). Como característica de sistemas que operam em órbita baixa, sua vida útil é de cerca de 03 anos.

c) Sistema de Satélites de Defesa e Comunicações Estratégicas (SSDC)

O SGDC-1 está em operação desde o ano de 2017, fornecendo comunicação e internet para civis e militares (Capacidade X). Para dar continuidade ao seu serviço, são consideradas as possibilidades de um segundo satélite geoestacionário – SGDC-2 ou mesmo uma constelação de satélites em órbitas mais baixas, perfazendo, dessa maneira, um SSDC. O Brasil já possui reservado junto aos órgãos internacionais o local para o SGDC-2.

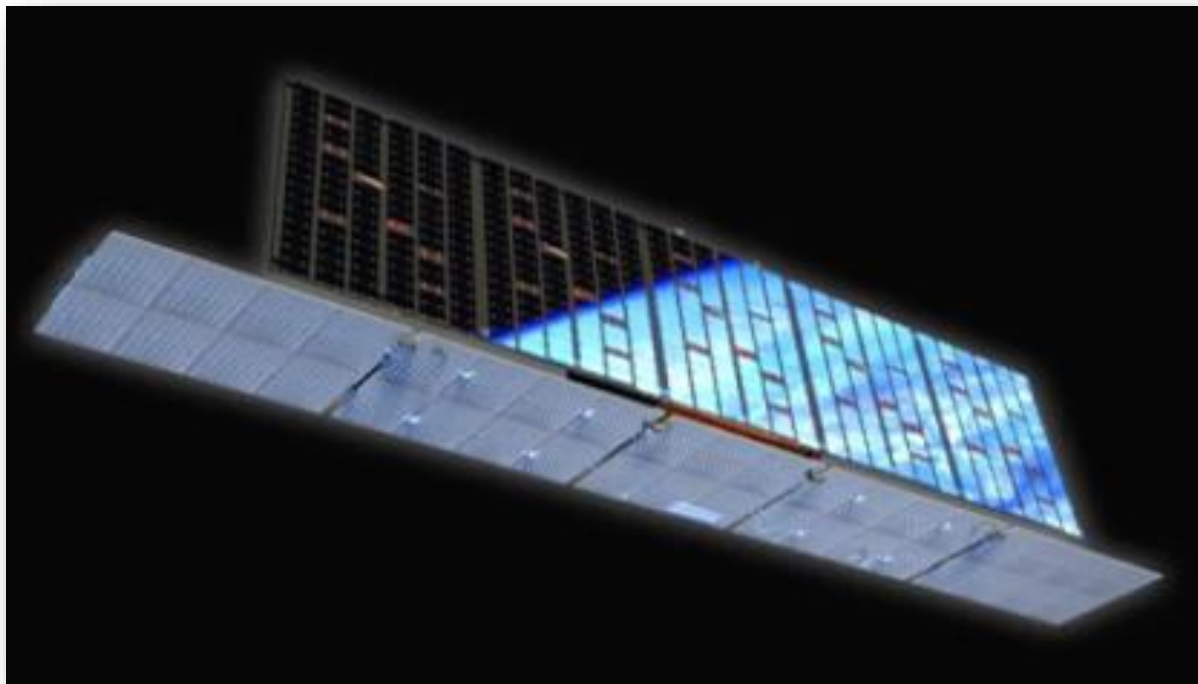


Figura 3: Satélite de Observação da Terra por sensor radar.

d) Sistema de Comunicações Táticas de Órbita Baixa (COMLEO)

Para expandir a Capacidade X no campo tático, está planejado um sistema de comunicações táticas de órbita baixa. Esse sistema seria capaz de fornecer comunicação rápida e segura para as forças militares em locais remotos. Encontra-se em revisão de requisitos para futura implantação.

3.5 Segmento Solo

3.5.1 Caracteriza-se pelos equipamentos de solo envolvidos no controle dos SE, excluídos os sistemas diretamente envolvidos na efetivação do lançamento. Abrange os Centros de Controle e sistemas de Enlaces e de Telemedidas, como radares e antenas de comunicação.

3.5.2 O Centro de Operações Espaciais (COPE) é a principal representação desse segmento. Em operação desde 2017, com inauguração das instalações em 2020, é a estrutura responsável pelo controle e monitoramento dos ativos espaciais (execução das Capacidades IV, V, VI, VII e VIII). Possui

infraestrutura redundante, além de outra unidade secundária com as mesmas capacidades (COPE-S) em outro local físico, como medida de segurança.



Figura 5: Centro de Operações Espaciais (COPE).

3.5.3 Os projetos vinculados a essa área são:

a) Sistema de Monitoramento de Objetos Espaciais (SMOE)

Compreende o conjunto de sensores que são capazes de auxiliar na Consciência Situacional Espacial (SSA), tais como telescópios e radares dedicados ao monitoramento de objetos espaciais, bem como aplicativos de gerenciamento das informações. Visa garantir a Capacidade IV, e parcialmente as Capacidades V, VII e VIII.

b) Atualização dos meios de rastreio dos Centros de Lançamento de Alcântara (CLA) e da Barreira do Inferno (CLBI)

Os atuais Centros de Lançamento do Brasil encontram-se operacionais, e, como todos os equipamentos, seus componentes necessitam de manutenções e modernizações para garantir a máxima disponibilidade possível para lançamentos. Visa garantir a Capacidade III;

c) Antena Multissatelital

Trata-se de antenas com capacidade de controlar mais de um satélite. Busca otimizar os recursos de controle dos SE, auxiliando na Capacidade VIII. Corresponde aos projetos futuros da FAB.

3.6 Capacitação

3.6.1 A implementação de um Plano de Capacitação é vital para o sucesso do PESE e deve ocorrer de forma gradual, customizada e alinhada com a legislação educacional vigente no país, de maneira que a geração de Recursos Humanos tenha aplicação dual na Defesa e na sociedade em geral. Isso não limita a implementação de cursos restritos para atender às demandas específicas que possam surgir nas áreas de Defesa. Seus objetivos são, portanto:

a) implantar os processos de apoio à formação de recursos humanos para o PESE para suporte às atividades acadêmicas, operacionais e industriais relacionadas ao Programa; e

b) implantar um ambiente adequado à geração de inovações tecnológicas para suportar o desenvolvimento dos subprogramas e projetos de Sistemas Espaciais (SE) descritos no PESE.

3.6.2 O sucesso do plano de capacitação conta com a utilização do ambiente existente no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), principalmente por meio do curso de Engenharia Aeroespacial, principal formação acadêmica do setor espacial, e de todo o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), incluindo seus relacionamentos com outras universidades e entidades científicas, a exemplo do INPE, do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA) e do Observatório Nacional. Adicionalmente, devem ser exploradas outras alternativas para a formação em campos complementares e necessários ao Programa, como o campo jurídico, por exemplo.

3.6.3 Além da formação acadêmica do ITA, existem diversas capacitações para áreas específicas de Operações Espaciais, as quais levam em consideração os cenários de curto, médio e longo prazo, conforme a trilha técnica descrita a seguir:

3.6.4 Formação Básica

a) Curso de Ambientação em Sistemas Espaciais (CASE)

É o primeiro passo na formação do efetivo da área de Operações Espaciais, curso desenvolvido pelo COPE, com duração de 3 semanas, com foco em apresentar noções básicas da área espacial, bem como os sistemas que o Brasil e o mundo possuem. É um curso oferecido também a militares estrangeiros.

b) Curso Básico de Segurança de Operações de Lançamento (CBSOL)

Oferecido pelo Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), capacita militares, civis, representantes de órgãos públicos e privados em aspectos de segurança nas atividades aeroespaciais. Combinando aulas teóricas, atividades práticas e visitas técnicas, incluindo à Usina Coronel Abner (UCA), o curso é pré-requisito para participação em missões e campanhas de lançamento de veículos aeroespaciais, promovendo a formação contínua de recursos humanos.

c) Curso preparatório de Operações de Lançamento (CPOL)

Promovido pelos Centros de Lançamento, capacita técnicos para atuarem com segurança em operações de lançamento de veículos espaciais. Dividido em dois módulos – teórico e prático (este obrigatório para funções operacionais) – o curso também é uma ferramenta de gestão do conhecimento, permitindo que colaboradores experientes compartilhem competências com novos integrantes. A programação inclui temas como tecnologia espacial, planejamento operacional, segurança, sistemas de localização, meteorologia e gestão da qualidade, preparando os participantes para assumirem funções estratégicas nas operações dos Centros.

d) Curso de Introdução ao Domínio Espacial (CIDE)

Em desenvolvimento pelo Centro Espacial ITA, o CIDE tem como objetivo apresentar conceitos fundamentais sobre o domínio espacial, abordando temas como uso do espaço, ambiente espacial, órbitas e trajetórias, direito espacial, infraestrutura espacial no Brasil e missões espaciais. Destinado a militares e civis do Comando da Aeronáutica, o curso visa atender às demandas de capacitação no Setor Espacial, podendo também incluir, conforme disponibilidade e conveniência, candidatos de outros comandos militares, órgãos governamentais e empresas da Base Industrial de Defesa (BID).

3.6.5 Formação Intermediária

a) Curso de Especialização em Operações de Sistemas Espaciais (CEOSE)

O CEOSE é um curso de pós-graduação *lato sensu* realizado presencialmente no ITA. Com duração de 06 meses e dedicação exclusiva do aluno, seus trabalhos finais são focados em aplicações operacionais da FAB.

b) Demais cursos de especialização de outras instituições

Devem ser buscados cursos em instituições nacionais e internacionais que possam complementar a formação nas diversas áreas necessárias ao Programa.

3.6.6 Formação Avançada

a) Cursos de Mestrado/Doutorado

Como passo mais avançado, deve-se fomentar a realização de cursos de mestrado, doutorado e pós-doutorado para a formação dos operadores, desenvolvedores e gestores do Programa. Devem ser buscados em universidades de referência dentro e fora do País.

3.6.7 Paralelamente à formação técnica-operacional, existe a formação de profissionais especializados na área de segurança operacional, conforme descrito abaixo:

a) Curso de Investigação de Ocorrências Espaciais (CIOE)

Realizado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), tem o objetivo de capacitar profissionais com conhecimentos específicos para conduzir investigações de ocorrências espaciais, abrangendo temas como fundamentos do espaço, tecnologia de foguetes e satélites, operações de lançamento e investigação de incidentes espaciais. Destina-se a militares e civis que atuem em funções relacionadas à atividade aeroespacial no Brasil, sendo requisito a indicação por suas respectivas organizações: COMAE, DCTA, CENIPA ou AEB.

CAPÍTULO IV

PARCERIAS ESTRATÉGICAS

4.1 Para o sucesso do PESE, é imprescindível que sejam realizadas parcerias em diversos campos de atuação. Desde o ano de 2018, o Brasil possui um Memorando de Entendimento diretamente com as Nações Unidas para manter um representante da Força Aérea Brasileira junto ao Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Exterior (UNOOSA), trazendo valiosa contribuição no aspecto político.

4.2 No campo de SSA/SDA, o Brasil é integrante de uma coalizão internacional que busca monitorar o espaço para fornecer as capacidades de monitoramento de objetos espaciais e análise de conjunção para a realização de lançamentos espaciais seguros.

4.3 Outro exemplo de parceria ocorre com o INPE, tanto no aspecto do desenvolvimento da Plataforma Multimissão (PMM), pertencente ao escopo do PNAE, e que pode contribuir com o desenvolvimento de diversos satélites de uso dual, quanto no campo de pesquisas de clima espacial (Capacidade IX). Ainda a título de parceria, o INPE recebe diretamente do COPE informações de SSA, e entrega informações sobre clima espacial.

4.4 Para o desenvolvimento de diversas tecnologias necessárias aos veículos de lançamento, o Brasil, por meio do DCTA, também firmou parceria com centros de pesquisa internacionais. Seu propósito é acelerar a obtenção desses veículos, porém também dar ao Brasil a capacidade de desenvolver seus próprios componentes no futuro. Cabe ressaltar também as atividades de fomento realizadas pela FINEP para o desenvolvimento de satélites e veículos lançadores, que estimulam a indústria nacional e possuem o mesmo objetivo.

4.5 Da mesma forma, O DCTA, por meio do ITA, tem desempenhado um papel significativo em diversas parcerias com outros atores do setor espacial, destacando-se os Acordos Artemis e a missão ITASAT-2.

4.6 Os Acordos Artemis visam promover a participação de diversos países no Programa Artemis, uma coalizão global que inclui o Brasil, signatário do acordo desde 15 de junho de 2021. O objetivo principal desse Programa é explorar a Lua de forma segura e sustentável, enquanto se enfrentam os desafios de viver e trabalhar em outros corpos celestes. Os acordos estabelecem uma visão conjunta de regras baseadas no Tratado do Espaço Exterior de 1967, criando um ambiente de pesquisa.

4.7 No contexto desses Acordos, a missão *SelenITA* é uma iniciativa do ITA com o objetivo de caracterizar o plasma da superfície lunar, analisar o ambiente de poeira e identificar os riscos associados aos sistemas instalados na Lua. Utilizando um *CubeSat* desenvolvido pelo ITA em parceria também com a AEB, e um pacote de experimentos de superfície, a missão contribui diretamente para a exploração lunar no âmbito do Programa Artemis, ao mesmo tempo em que avança o conhecimento científico sobre a geologia e os processos que ocorrem na Lua.

4.8 Já a missão ITASAT-2 consiste em um conjunto de três *CubeSats*, gerenciados pelo ITA, e que operarão em conjunto para monitorar o clima espacial, realizar estudos da ionosfera e de geolocalização, dando continuidade ao trabalho iniciado pela missão SPORT, com instrumentos de monitoramento mais avançados. Além disso, a missão tem como objetivo monitorar embarcações não colaborativas na região do Atlântico Sul, com destaque para a Amazônia Azul, em apoio às iniciativas do Programa SisGAAz da Marinha do Brasil.

4.9 Essa iniciativa está alinhada com acordos internacionais que facilitam o financiamento de pesquisa e desenvolvimento na área espacial, além de propiciar o ingresso de itens produzidos pelo Brasil no mercado internacional.

4.10 Por outro lado, o COPE possui um acordo com o CENSIPAM para o compartilhamento de antenas do segmento solo e fornecimento de imagens, aumentando a taxa de aquisição de imagens e permitindo que os satélites em operação tenham melhor aproveitamento.

4.11 Ainda, diversos acordos com países das Américas estão em curso para compartilhamento de informações e produtos espaciais, além de Operações Conjuntas.

4.12 Corroborando a sinergia existente entre o PESE e o PNAE, foi renovado o Acordo de Cooperação com a AEB, definindo atribuições e processos de trabalho para as operações de lançamentos por operadores privados, com fins comerciais, a partir do território nacional.

4.13 Devido à complexidade da área espacial, as parcerias não se limitam às mencionadas acima e sempre estarão em desenvolvimento visando ao engrandecimento do Programa Espacial Brasileiro. Além disso, as parcerias internacionais do PESE serão pautadas por critérios de convergência estratégica e tecnológica, priorizando:

- a) a obtenção de ganhos reais em transferência de tecnologia e capacitação nacional;
- b) a cooperação com países que compartilhem valores e interesses geopolíticos convergentes com o Brasil;
- c) o fortalecimento da capacidade dissuasória nacional;
- d) o acesso à infraestrutura compartilhada de rastreamento, controle e lançamento; e
- e) a criação de mecanismos bilaterais de proteção de informações sensíveis e propriedade intelectual.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

5.1 O Brasil tem uma longa história de envolvimento com a atividade espacial e esteve na vanguarda dessa área por décadas, desempenhando um papel importante no desenvolvimento de tecnologias e sistemas espaciais. No entanto, ao longo dos anos, o Programa Espacial Brasileiro encontrou vários obstáculos, como atrasos significativos nos projetos e limitações orçamentárias. Esses desafios impediram que o País avançasse de maneira consistente, fazendo com que a nação perdesse terreno em relação a outras potências espaciais. Contudo, o cenário está mudando, e o Brasil agora tem a oportunidade de retomar o ritmo de crescimento e inovação no setor espacial.

5.2 O momento atual, com a crescente importância da área espacial em uma escala global, representa uma janela de oportunidade para o Programa Espacial Brasileiro. O aumento da colaboração internacional e o prestígio da atividade espacial mundial criam um ambiente favorável para que o Brasil recupere sua posição de destaque. É fundamental que o País aproveite essa conjuntura para realizar avanços significativos em seus projetos espaciais, não apenas em termos de tecnologia, mas também na liderança de novas iniciativas de exploração e desenvolvimento espacial.

5.3 O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais é um dos principais responsáveis por orientar o rumo do setor espacial no Brasil. Ele orienta os projetos de defesa, ressaltando a dualidade dos sistemas para uso civil, oferecendo uma visão unificada das metas e das necessidades do País. O PESE serve como um guia estratégico, alinhando os esforços nacionais com as tendências globais e as rotas tecnológicas emergentes. Esse alinhamento é crucial para garantir que os investimentos sejam concentrados de maneira eficiente, evitando desperdícios e maximizando os retornos a longo prazo. Corroborando todos esses aspectos, a articulação com a AEB não só é necessária, mas imprescindível para o sucesso do programa espacial como um todo.

5.4 Além disso, o PESE visa assegurar que o Brasil mantenha sua soberania no setor espacial e consiga atingir sua independência tecnológica. Isso significa que o País busca não apenas participar da nova corrida espacial, mas também desenvolver e dominar suas próprias capacidades tecnológicas, o que é vital para a segurança nacional e para a posição estratégica no cenário internacional. Com um planejamento bem estruturado e uma execução consistente, o Brasil tem a chance de se reposicionar entre as grandes potências espaciais, contribuindo para o avanço da ciência e da tecnologia global.

5.5 A integração e o avanço dos sistemas espaciais representam pilares estratégicos indispensáveis para fortalecer a soberania nacional, promover a inovação tecnológica e retomar a busca pelo protagonismo do Brasil no cenário global do setor espacial.

5.6 O Ministério da Defesa e a Força Aérea Brasileira irão persistir na busca pelo domínio dos segmentos espaciais como um passo fundamental para o avanço da exploração e utilização do espaço, tanto em nível nacional quanto global. Este processo envolve não apenas o aperfeiçoamento das tecnologias já existentes, mas também pesquisas e inovações que possam abrir portas para novos horizontes no setor. O fortalecimento da indústria espacial nacional é uma

consequência direta dessa busca contínua por excelência tecnológica e inovação, o que implicará o desenvolvimento socioeconômico do país, além de garantir a presença nacional no uso do espaço exterior.



Figura 6: Lançamento de Veículo Orbital.

ANEXO A

CONCEITUAÇÕES

Complexo Espacial Brasileiro - É o conjunto de bens e serviços disponibilizados pelo COMAER para atividades de lançamento espacial de operadores privados a partir do território nacional.

Linha de Kármán - é a altitude convencionada, de aproximadamente 100 km (53 milhas náuticas, 62 milhas terrestres ou 328.084 pés), usada para definir o limite entre a atmosfera terrestre e o espaço exterior. O cientista aeronáutico e astronáutico Theodore von Kármán, em 1957, efetuou esse cálculo que, embora aproximado, representa consistência de engenharia. A *Fédération Aéronautique Internationale* adota oficialmente essa convenção.

Método TOP-DOWN - metodologia de desenvolvimento de projetos em que o sistema é elaborado a partir da definição de produto, e o projeto é refinado passo a passo. O resultado de cada passo é utilizado como uma entrada para o passo seguinte, caminhando progressivamente para uma descrição completa dos elementos do sistema.

Satélite - um satélite em geral é qualquer corpo natural ou artificial se movendo ao redor de um outro corpo celestial como planetas e estrelas. No presente contexto, se refere apenas a satélites artificiais orbitando ao redor da Terra. Na aceção de corpo artificial, também recebe a denominação de espaçonave.

Sistema Espacial - conjunto de elementos conectados entre si, formando um conjunto de interações para a execução de uma determinada função ou conjunto de funções. Normalmente, composto de, pelo menos um destes: Segmento Lançador, Segmento Solo, Segmento Espacial ou Segmento Usuário.

INTENCIONALMENTE EM BRANCO

ANEXO B
SIGLAS E ABREVIATURAS

AEB	Agência Espacial Brasileira
CCISE	Comissão de Coordenação e Implantação de Sistemas Espaciais
CDPEB	Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CNE	Conselho Nacional do Espaço
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
GEO	Órbita Geoestacionária (<i>Geostationary Orbit</i>)
HEO	Órbita Elíptica Alta (<i>Highly Elliptical Orbit</i>)
LEO	Órbita Baixa (<i>Low Earth Orbit</i>)
MEO	Órbita Média (<i>Medium Earth Orbit</i>)
PEB	Programa Espacial Brasileiro
RDT&E	Acordo de Pesquisa, Desenvolvimento, Teste e Avaliação (<i>Research, Development, Test and Evaluation</i>)
SDA	Consciência do Domínio Espacial (<i>Space Domain Awareness</i>)
SE	Sistemas Espaciais
SPL	Setor de Preparação e Lançamento
SSA	Consciência Situacional Espacial (<i>Space Situational Awareness</i>)

INTENCIONALMENTE EM BRANCO

Ministério da Defesa
Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas
Brasília, 8 de outubro de 2025.

MINISTÉRIO DA DEFESA
Esplanada dos Ministérios – Bloco Q
Brasília - 70049-900
www.gov.br/defesa