

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia Aeroespacial

O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do *New Space*

Autor: Erik Busnello Imbuzeiro
Orientador: Prof. Dr. Domenico Simone

Brasília, DF
13 de maio de 2022



Erik Busnello Imbuzeiro

O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do *New Space*

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Aeroespacial.

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Domenico Simone
Coorientador: Prof. Dr. Ronne Toledo

Brasília, DF
13 de maio de 2022

Erik Busnello Imbuzeiro

O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do *New Space*/ Erik Busnello Imbuzeiro. – Brasília, DF, 13 de maio de 2022-

74 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Domenico Simone

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 13 de maio de 2022.

1. New Space. 2. Agência Espacial. I. Prof. Dr. Domenico Simone. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do *New Space*

CDU

Erik Busnello Imbuzeiro

O Programa Espacial Brasileiro sob a óptica do *New Space*

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Aeroespacial da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Aeroespacial.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 6 de maio de 2022

Prof. Dr. Domenico Simone

Orientador

Prof. Dr. Ronne Toledo

Co-orientador

Prof. Dr. Paolo Gessini

Convidado 1

Alúcio Viveiros Camargo

Convidado 2

Brasília, DF
13 de maio de 2022

Resumo

O programa espacial de uma nação é crucial para o desenvolvimento socioeconômico da sua população e, de costume, é maciçamente financiado pelo governo. Contudo, um novo movimento tem crescido em anos recentes. O denominado *New Space* veio a significar as tendências atuais do setor espacial pelo mundo, a saber, o crescimento da participação de atores privados, a miniaturização de satélites, o decréscimo do custo de sistemas espaciais, o aumento do número de cargas úteis em órbita, entre outros. O *New Space* pôde florescer devido a algumas tecnologias críticas, como o padrão *CubeSat*, o foguete reutilizável, o motor híbrido de foguetes e sistemas de lançamento responsivo. Com isso em mente, o presente trabalho tem o propósito de compreender como o Programa Espacial Brasileiro se encaixa com essas tendências do *New Space*. Um estudo de caso, composto por análise documental, observação direta e participante, entrevistas e trabalho de campo, foi realizado para primeiramente enquadrar o Programa Espacial Brasileiro de hoje sob uma matriz SWOT; em sequência para propor uma Missão Espacial Completa Brasileira alinhada com o *New Space* e, finalmente, para sugerir algumas ações que poderiam ser tomadas para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro. É então possível concluir que o *New Space* é uma oportunidade que o Brasil não deveria perder se ele ainda aspira por grandiosidade no setor.

Palavras-chaves: *New Space*, Agência Espacial, Programa Espacial Brasileiro.

Abstract

A nation's space program is vital for the socioeconomic development of its population, and is usually heavily funded by the government. However, a new movement has been on the rise in recent years. Named as *New Space*, it has come to mean the recent trends in the space sector worldwide, namely the increase of private players' participation, satellite miniaturization, cost decrease of space systems, rise in the number of payloads in orbit, among others. New Space was able to thrive due to key technologies, such as the CubeSat standard, the reusable rocket, the hybrid rocket engine and responsive launch systems. With that in mind, this work has the purpose of understanding how the Brazilian Space Program dovetails these New Space trends. A case study, consisting of document analysis, direct and participating observation, interviews and field work, was undertaken to firstly frame the Brazilian Space Program of today under a SWOT matrix; secondly to propose a complete Brazilian space mission aligned with New Space and finally, to suggest some actions that could be taken for the development of the Brazilian space sector. It is then possible to conclude that New Space is an opportunity Brazil should not want to lose if it still strives for greatness in the sector.

Key-words: New Space, Space Agency, Brazilian Space Program.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Orçamentos governamentais em programas espaciais no ano de 2018. . .	18
Figura 2 – Valores totais da economia espacial global em 2019.	19
Figura 3 – Esquemático dos setores da economia guianense afetados pela economia espacial.	23
Figura 4 – Relação do número de lançamentos com empregos no CSG ao longo dos anos.	24
Figura 5 – Número de lançamentos de <i>smallsats</i> de 2012 a 2021	26
Figura 6 – Massa média dos satélites em órbita de 2012 a 2021	27
Figura 7 – Esquemático do sistema de propulsão híbrida	28
Figura 8 – Histórico do custo de lançamento à órbita LEO	30
Figura 9 – Representação simplificada do SINDAE.	33
Figura 10 – Produto Interno Bruto per capita do município de Alcântara (em R\$) .	39
Figura 11 – Matriz SWOT	44
Figura 12 – Torre Móvel de Integração do Centro Espacial de Alcântara	44
Figura 13 – Conversa com professores de escola da agrovila Marudá - Alcântara . .	46
Figura 14 – Espiral espacial	47

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas e siglas

ACS Alcântara Cyclone Space

AEB Agência Espacial Brasileira

ANA Agência Nacional de Águas

ARBE Acesso Rápido e Barato ao Espaço

AST Acordo de Salvaguardas Tecnológicas

CDPEB Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro

CEA Centro Espacial de Alcântara

CENSIPAM Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia

CGP *Cold Gas Propulsion*

CLA Centro de Lançamento de Alcântara

CLBI Centro de Lançamento da Barreira do Inferno

CNE Conselho Nacional do Espaço

CNES *Centre national d'études spatiales*

CNPq Conselho Nacional de Pesquisas

COBAE Comissão Brasileira de Atividades Espaciais

COPE Centro de Operações Espaciais

COPUOS *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*

COTS Tecnologia *commercial-off-the-shelf*

CSG *Centre Spatiel Guyanais*

DAAE Departamento de Acompanhamento de Assuntos Espaciais – Presidência da República

DARPA *Defense Advanced Research Projects Agency*

DCTA Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica

DoD *Department of Defense*

END Estratégia Nacional de Defesa

ENINT Estratégia Nacional de Inteligência

ESA European Space Agency

EUA Estados Unidos da América

FA Forças Armadas

GEO *Geostationary Orbit*

GETEPE Grupo Executivo de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais

GOCNAE Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais

HDPE *High-density polyethylene*

HRE *Hybrid Rocket Engine*

HTPB *Hydroxyl-terminated polybutadiene*

IAE Instituto de Aeronáutica e Espaço

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ITA Instituto Tecnológico da Aeronáutica

LEO *Low Earth Orbit*

MECB Missão Espacial Completa Brasileira

MEMS *Micro Electro Mechanical Systems*

MEO *Medium Earth Orbit*

MMA Ministério do Meio Ambiente

NASA *National Aeronautics and Space Administration, EUA*

NIR *Near-infrared*

OPN Object Process Network

PEB Programa Espacial Brasileiro

PF Polícia Federal

PMMA *Poly-Methyl Methacrylate*

PRF Polícia Rodoviária Federal

ProSAME Procedimento de Seleção e de Adoção de Missões

SGAC *Space Generation Advisory Council*

SINDAE Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais

SISBIN Sistema Brasileiro de Inteligência

SSO *Sun-synchronous Orbit*

STEM *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*

SWOT Matriz de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças

UEBS União das Empresas da Base Espacial

UNOOSA *United Nations Office for Outer Space Affairs*

URSS União das Repúblicas Socialistas Soviéticas

VLM Veículo Lançador de Microsatélites

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização	13
1.2	Motivação	14
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	O setor espacial	16
2.1.1	<i>New Space</i> x " <i>Old Space</i> "	16
2.1.2	As Agências Espaciais e o governo	19
2.1.3	Inovação no âmbito governamental e novos <i>players</i>	24
2.2	As tecnologias espaciais do <i>New Space</i>	25
2.2.1	CubeSats	25
2.2.2	Sistema de propulsão híbrida	27
2.2.3	O foguete reutilizável	29
2.2.4	Lançamento responsivo	31
2.3	O Brasil no espaço	32
3	METODOLOGIA	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1	Análise SWOT do setor espacial brasileiro	43
4.1.1	As competências e capacidades nacionais (S)	43
4.1.2	O que falta para o Brasil? (W)	45
4.1.3	O Brasil como <i>key player</i> (O)	45
4.1.4	O que pode dar errado? (T)	46
4.2	Uma nova Missão Espacial Completa Brasileira	47
4.2.1	Objetivos de missão	48
4.2.2	<i>Stakeholders</i>	48
4.2.3	Requisitos da missão	49
4.2.4	Arquiteturas	50
4.3	Ações para o Programa Espacial Brasileiro	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

REFERÊNCIAS	58
------------------------------	-----------

APÊNDICES	65
------------------	-----------

APÊNDICE A – AS ENTREVISTAS	66
----------------------------------------------	-----------

A.1 Questionário	66
-----------------------------------	-----------

A.2 Transcrição das entrevistas	66
--------------------------------------------------	-----------

APÊNDICE B – ESTIMATIVA DA CONSTELAÇÃO PROPOSTA .	74
----------------------------------------------------------	-----------

1 Introdução

1.1 Contextualização

Desde os primórdios da existência humana o espaço sempre fascinou os povos. Basta olhar para o céu noturno rico de estrelas para que uma pessoa se sinta maravilhada. Na antiguidade, esse deslumbramento originava histórias, lendas e até mesmo religiões inteiras, todas provenientes da criatividade humana e do seu anseio por explicar o desconhecido. Em tempos mais modernos, escritores famosos como Jules Verne (1828-1905) e H. G. Wells (1866-1948) foram capazes de fantasiar com missões espaciais em obras que, apesar de fictícias, possuíam alguns elementos de relevância às missões reais, como por exemplo cálculos aproximados e dimensionamentos similares aos do módulo de comando da Apollo 11 (VERNE, 1865), e também o reconhecimento da possibilidade de mineração espacial (WELLS, 1901).

Mesmo assim, para que missões espaciais fossem realizáveis, ainda era necessário um desenvolvimento teórico significativo. Inspirado por tais fantasias, Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935), armado com sua paixão e curiosidade, se debruçou sobre a problemática envolvida, apresentando então sua equação de foguetes, e estabelecendo a base da astronáutica, utilizada desde então (TSIOLKOVSKY, 1903).

Infelizmente, o desenvolvimento prático de foguetes foi impulsionado por outra característica humana, a guerra. Durante a Segunda Guerra Mundial, a Alemanha nazista explorava essa ciência como arma, bombardeando os Aliados com foguetes V2. Após a guerra, os Estados Unidos da América (EUA) e a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) dividiram o corpo de cientistas nazistas entre si e se tornaram os mandatários do que veio a ficar conhecido como a corrida espacial. A Guerra Fria, e suas motivações bélicas e/ou ostentosas, justificou os gastos astronômicos necessários para os projetos espaciais e proporcionou o grande avanço dessa área, afinal, foi durante este período, e após o memorável discurso do presidente americano John F. Kennedy (1961), que a humanidade conquistou seus primeiros passos no espaço (LOGSDON et al., 1995).

Hoje em dia a maior parte das missões espaciais é impulsionada por interesses econômicos, proporcionando serviços de comunicação, por exemplo, que nossa sociedade altamente globalizada necessita (HERTZFELD, 2007). Porém, também se pode notar um ressurgimento da curiosidade humana e desejos por conhecimento e exploração, como força motriz para missões espaciais. Missões para Marte, assim como outras propostas interplanetárias, têm ganhado crescente interesse da mídia e da população no geral.

É relevante notar também que o acesso ao espaço está mais democrático. Não somente projetos governamentais de EUA e Rússia, outras agências espaciais como as da União Europeia, da Índia, da China e dos Emirados Árabes Unidos também vêm mos-

trando na última década suas fortes ambições com missões lunares, missões a asteroides (CLARK et al., 2018) e, principalmente, missões a Marte (WITZE; MALLAPATY; GIBNEY, 2020). Por meio desta democratização do espaço, componente do conceito de *New Space* e caracterizada pelo desenvolvimento do espaço como ambiente competitivo e comercial que proporciona opções mais baratas para praticamente qualquer sistema espacial (DENIS et al., 2020), tanto empresas privadas (SPACEX, 2020), quanto instituições de ensino são capazes de participar do sonho humano de ir mais longe e "conquistar" Marte.

Devido a múltiplos elementos, o Brasil demonstra elevado potencial para se estabelecer como uma superpotência mundial, além de se apresentar como líder no âmbito regional (América Latina). Para isso, os tomadores de decisão (*decision makers*, como visto na literatura acadêmica inglesa) do País – entre eles estão deputados, senadores, membros do executivo federal e líderes dos órgãos que compõem o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) – devem não apenas ter ciência da importância e relevância estratégica para o desenvolvimento da nação, como também devem agir ativamente em busca de objetivos variados, mas claros, que levem ao progresso do setor espacial no Brasil, tendo em mente as tendências globais do referido setor.

1.2 Motivação

O presente trabalho é motivado pelo desejo constante de colaborar com o crescimento do setor espacial no Brasil. O povo brasileiro, assim como seus líderes, carece de informações e conhecimento acerca das atividades espaciais, e quão críticas elas se mostram nos dias atuais, participando de forma ativa nos mais diversos aspectos da vida cotidiana global. É apenas lógico inferir que se a sociedade de um país é ostensivamente dependente de uma indústria, então um país que não a possui completamente desenvolvida e capaz carece de soberania perante aqueles que a possuem. O espaço é então uma questão de caracterizada soberania nacional, e espera-se que isso seja percebido e modificado em tempo.

É importante destacar que este trabalho ocorre a partir de parceria com a Agência Espacial Brasileira (AEB), a quem é dedicado, visando sua composição ao histórico de publicações da Agência. Ela, e o Programa Espacial Brasileiro como um todo, possui tremendo potencial para servir como *driver* do desenvolvimento socioeconômico da população brasileira, cujo desconhecimento de tal potencial é justamente um dos maiores desafios do País.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Tem-se como objetivo do trabalho ora apresentado compreender como o Programa Espacial Brasileiro (PEB) se insere no contexto atual de tendências inovadoras do *New Space* global.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Expor subsídios técnicos, que servirão como argumentos aos tomadores de decisão para que sejam impulsionados os investimentos financeiro, legal e publicitário no setor espacial nacional;
- Identificar as atitudes sendo tomadas no âmbito de agências espaciais ao redor do mundo;
- Reconhecer as características qualitativas e as tecnologias que compõem o *New Space*;
- Examinar a coerência dos atores nacionais com o movimento do *New Space*;
- Apresentar uma matriz SWOT do Programa Espacial Brasileiro;
- Conceber o enquadramento de uma missão espacial completa sob os aspectos do *New Space*.
- Propor possíveis ações aos *stakeholders* nacionais do setor para desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro.

2 Referencial Teórico

Para ser possível obter as conclusões desejadas, o presente capítulo aborda o referencial teórico responsável pela aquisição das informações pertinentes. Assim, a seção 2.1 apresenta brevemente sobre as tendências do setor espacial global, comparando as características qualitativas do *New Space* com o aqui referido como "*Old Space*", definido pelo autor simplesmente como aquilo que não é contemplado pela natureza do *New Space*, mostrando-se como o comportamento tradicional das atividades espaciais e que, com o tempo, vem se tornando obsoleto; enquanto compara também com o que ocorre ao redor do mundo. Já a seção 2.2 trata justamente do aspecto técnico das características do movimento atual e, por fim, o Brasil é abordado na seção 2.3, onde é apresentado o passado e o presente do setor espacial brasileiro.

2.1 O setor espacial

2.1.1 *New Space* x "*Old Space*"

O termo *New Space* tem ganhado popularidade para se referir às "novas tendências no espaço" devido a todas as novas coisas acontecendo em relação às atividades espaciais; novas políticas, novas empresas, novas necessidades, novas tecnologias, novas ameaças e novas oportunidades (DENIS et al., 2020). Não tem sido fácil defini-lo, mas há várias tentativas: a emergência de um ethos diferente para as atividades espaciais, no qual métodos e negócios já estabelecidos foram desafiados pelo setor privado mais empreendedor e inovador que adota meios mais ágeis (SWEETING, 2018) ao utilizar tecnologias COTS (ver 2.2.1). Um estudo específico teve como foco especificamente redigir uma definição para *New Space*, que segue: "*New Space* inclui empresas que provavelmente são organizações planas e flexíveis, enquanto são focadas no consumidor, inovadoras, dispostas a assumir riscos e focadas em novas soluções tecnológicas" (HAY et al., 2009), enquanto as empresas do "*Old Space*" são altamente estruturadas (hierarquia definida) e focadas em linhas de negócio estabelecidas, muitas vezes com o governo. Segundo o estudo, 12 atributos principais puderam ser distinguidos das empresas do *New Space*, com alguns listados abaixo:

1. Jovens em idade;
2. Desenvolvem componentes ou subsistemas antes do produto final planejado;
3. Privadas;
4. Possuem foco no desenvolvimento de tecnologias.

Uma lista não-extensiva pode ser feita com essas tendências nas atividades espaciais (ROETTGEN, 2022):

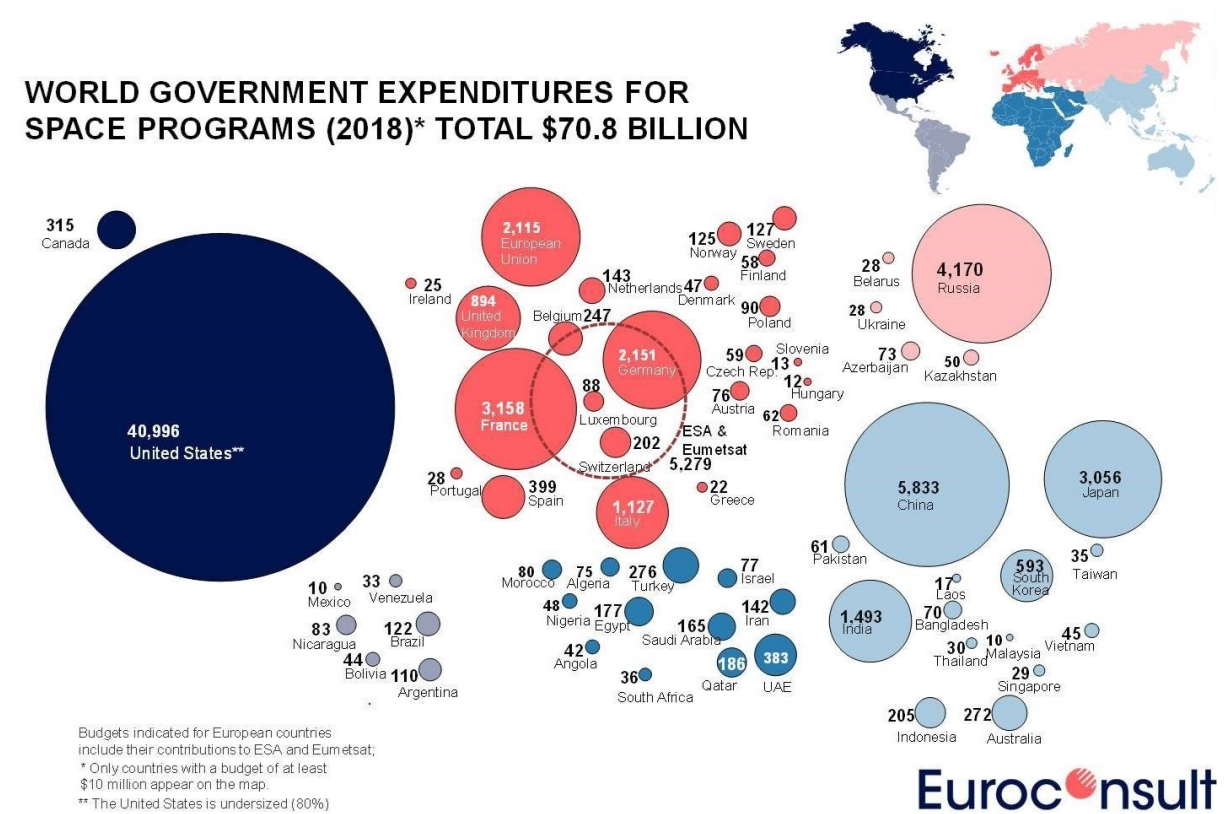
1. Redução do custo de lançamento;
2. Redução do custo de fabricação e desenvolvimento de espaçonaves;
3. Miniaturização dos componentes espaciais;
4. Lançamentos dedicados (uso de lançadores menores específicos para uma payload, aumento da responsividade);
5. Lançamentos *rideshare* (uso de lançadores mais potentes transportando muitas payloads);
6. Surgimento de novos modelos de negócio para o setor espacial;
7. Aumento exponencial do número de objetos em órbita;
8. Crescimento de missões com exploradores privados;
9. Aumento do interesse de investimentos em empresas espaciais.

De um ponto de vista da indústria, Denis et al. (2020) fazem uma revisão de literatura e dos dados relativos às tendências da indústria espacial, começando por explorar as possíveis definições de *New Space*, caracterizando-o como uma dimensão disruptiva, listando suas características únicas. É feita uma analogia com ecologia, que permanece durante todo o texto, por meio da qual relaciona por exemplo a teoria darwiniana da seleção natural aplicada ao setor espacial. Com todo o contexto do *New Space* abordado, são usadas lições aprendidas por outras indústrias que também passaram por momentos disruptivos, citando cenários que ocorreram e podem ocorrer de novo. Eles buscam então descobrir quais os fatores propulsivos que alavancam o setor e seguem para ponderar sobre a evolução das atividades espaciais utilizando dados de instituições estabelecidas na análise estatística da economia espacial, como Morgan Stanley Research e Bryce Tech. Concluem por exemplo que o tamanho e a idade de uma empresa se tornaram menos importantes que sua agilidade, seu mindset, sua habilidade de lidar com risco em projetos complexos e sua capacidade de adaptação, em concordância com Darwin. Citam que sucesso do caso da SpaceX teve como efeito um sinal de alerta à indústria de que algo precisa mudar, os outros agentes precisam se adaptar ao novo ecossistema. Isso inclui uma mudança no papel das agências espaciais para um de suporte ao invés de atuador direto.

Partindo da premissa lógica de que evolução e inovação tecnológica provém de investimento monetário direto (BORENSZTEIN; GREGORIO; LEE, 1998), é proveitoso apurar os dados referentes ao investimento mundial no setor espacial, tanto o advindo de órgãos de governo quanto aquele do setor privado. Como pode ser visto na Figura 1 a

seguir, os gastos governamentais nos programas espaciais ao redor do globo, no ano de 2018, perfizeram o patamar de USD 70.8 bilhões (EUROCONSULT, 2019).

Figura 1 – Orçamentos governamentais em programas espaciais no ano de 2018.

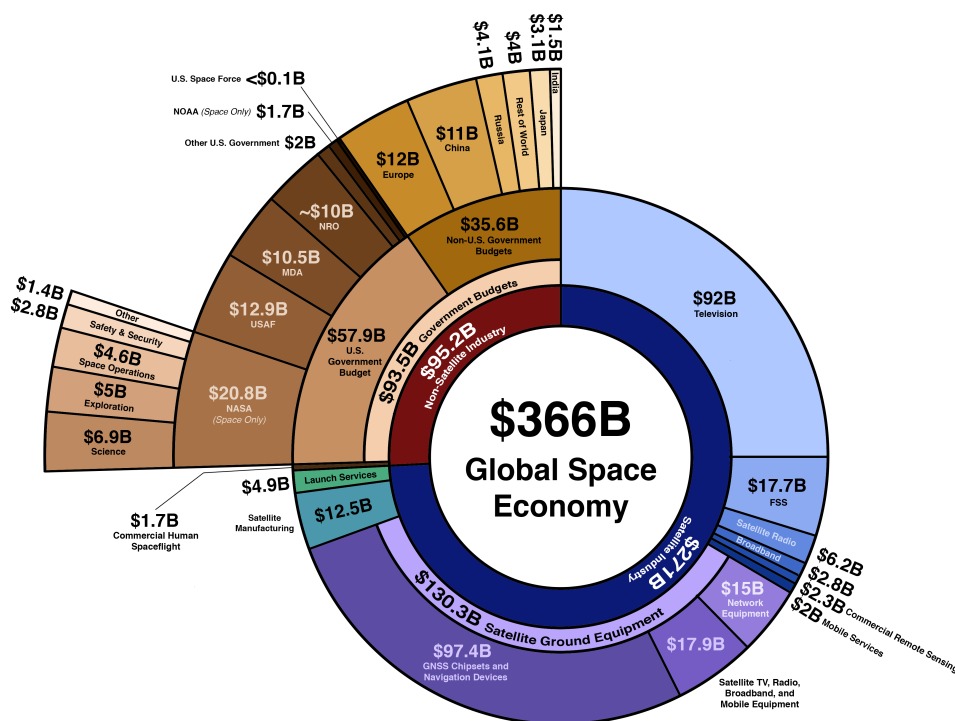


Fonte: (EUROCONSULT, 2019)

Esses números são ainda mais expressivos quando analisados sob a perspectiva mais abrangente, incluindo os investimentos privados no ecossistema espacial, em seus mais variados segmentos tecnológicos. Em 2019, a economia espacial global contabilizou investimentos da ordem de USD 366 bilhões (BRYCE, 2020) - vide a Figura 2 abaixo, que evidencia o potencial econômico de investimento em tecnologias espaciais. Projeções de crescimentos expressivos manifestam que a tendência de crescimento permitirá ao setor atingir mais de USD 1.1 trilhão até o ano de 2040 (MORGAN STANLEY, 2020), com perspectiva de USD 2.7 trilhões antes de 2050 (CNBC, 2017). É possível perceber que o setor privado é necessário para maximizar os benefícios do setor espacial (LICKFOLD; JETTER, 2019).

Figura 2 – Valores totais da economia espacial global em 2019.

The 2019 Global Space Economy at a Glance



Fonte: (BRYCE, 2020)

2.1.2 As Agências Espaciais e o governo

Com autenticada importância internacional, as agências espaciais são organizações governamentais que possuem o objetivo de coordenar e supervisionar um setor inerentemente multidisciplinar de interesses políticos, econômicos e sociais interconectados para convergir no desenvolvimento das atividades espaciais de um Estado (PETRONI; BIGLIARDI, 2019).

Um estudo bem interessante de Cameron, Seher e Crawley (2011) teve como objetivo desenvolver e apresentar um método analítico que, apesar de ser focado na NASA, pode ser utilizado por outras agências espaciais para avaliar a rede complexa de conexões (rede de entrega de valor) entre a agência e variados *stakeholders*, além de redigir objetivos prioritizados para os empreendimentos da agência norte-americana. Os autores iniciaram por identificar os *stakeholders* envolvidos neste sistema complexo e então enumeraram as necessidades desses *stakeholders*. Essas necessidades foram descobertas por meio de documentações de políticas e foram interpretadas como fluxos do sistema complexo o que

permitiu a criação de uma estrutura inicial de relações, após mapeamento dos *inputs* e *outputs* de cada *stakeholder*. Com os links estabelecidos entre cada nó da cadeia de relacionamento, foi feita uma análise Kano para avaliar cada link. Uma métrica numérica foi criada usando o denominado fator Kano e um índice de importância, determinado pelos autores, mas validado por entrevistas com pessoas relacionadas aos *stakeholders*. Um *Object Process Network* (OPN) foi então utilizado para representar visualmente a rede de relacionamentos, assim permitindo a enumeração de todos os “ciclos” de relacionamento. Os ciclos foram ranqueados do mais forte ao mais fraco, relativamente à capacidade de retornar valor à NASA como *input*, comparado com o custo gasto no momento de *output*.

Ao examinar quais os links mais fortes da rede, resultados podem ser tirados. Nota-se que os links mais fortes são "direcionamento de políticas" do Poder Executivo e Congresso à NASA e "votos" do Público ao Poder Executivo e Congresso. "Investimento" do Executivo e Congresso à NASA também é crucial. Com relação ao Público, o link mais forte vem da Mídia, por meio de "entretenimento e informação" e é fator importantíssimo para a geração de apoio às atividades da agência. Assim, o Executivo e Congresso e o Público são os *stakeholders* mais importantes do sistema e os autores sublinham também a Mídia. Não importantes foram os Parceiros Internacionais, que, no caso da NASA, podem ser vistos como não-necessários e apenas desejáveis na análise Kano. O trabalho apresenta então 16 objetivos que a NASA deveria adotar. Uma análise semelhante poderia ser feita com os *stakeholders* do ecossistema espacial brasileiro perante à Agência Espacial Brasileira.

Estados Unidos

Os Estados Unidos foram o líder tecnológico e comercial no espaço por meio século e apesar de serem os que mais gastam no setor o país vem perdendo habilidade de influenciar o resto do mundo em política espacial e uso do espaço. [Hertzfeld \(2007\)](#) analisa o poder espacial dos EUA perante o crescimento do comércio espacial e da globalização. Indaga-se se os interesses comerciais irão superar os interesses nacionais sobre o espaço, e, devido à característica dual dos sistemas espaciais e ao fato de que de acordo com as leis espaciais internacionais os países são responsáveis pelas ações dos seus cidadãos no espaço, a resposta é que não, as empresas necessitam de supervisão e permissão para atuarem. Porém, enquanto que sob certos governos (os mais recentes) os Estados Unidos promoveram o crescimento do setor privado, em outros as atividades foram caracterizadas por políticas protecionistas, o que pode ter resultado em desenvolvimento mais acelerado do setor espacial de outros países, muitas vezes superando-os tecnologicamente. Os Estados Unidos não são mais líderes em todos os aspectos do espaço, capacidades espaciais estão à disposição de qualquer nação com dinheiro e vontade de adquirir um sistema espacial particular, e a única política que pode realmente ainda contribuir para desenvolver um ecossistema doméstico competitivo de produtos espaciais é uma que encoraje investimento

em pesquisa e desenvolvimento.

Em 2004, o presidente Bush decretou que até 2010 acabaria o transporte espacial financiado publicamente, trazendo ao fim o programa de Ônibus Espaciais da NASA. Visando demonstrar os efeitos socioeconômicos do investimento público espacial, Vitt (2018) utiliza uma técnica econométrica chamada método de controle sintético para realizar uma estimativa contrafactual de certos indicadores econômicos do município de Brevard, onde está localizado o *Kennedy Space Center*, em comparação aos outros municípios da Flórida. Verificou-se que os efeitos econômicos regionais do programa de ônibus espaciais é considerável, não somente estimulando o emprego nas indústrias diretamente responsáveis por transporte espacial, mas também por meio de efeitos multiplicadores em turismo ou outras indústrias não-espaciais, significando que a atração de empresas relacionadas com transporte espacial pode impulsionar a economia local.

A política do governo americano, observando as tendências que apontam para uma corrida espacial comercial, intencionalmente mudou de curso (WHEALAN GEORGE, 2019). A Flórida apresenta-se como a grande beneficiada e viu seu governo local instituir uma comissão sobre espaço e aeronáutica para avançar o papel do estado no setor espacial global. Assim como o anterior, este autor também verifica a existência de severos impactos socioeconômicos positivos ao estado da Flórida. São citadas algumas formas de apoio do governo para estimular o crescimento do setor: aumento de parcerias público-privadas, melhoria da educação nos campos STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática), criar incentivos financeiros e adotar políticas para ditar a participação comercial (regulação). A parceria público-privada da NASA com a SpaceX, consistindo também no fornecimento da infraestrutura terrestre já existente à entidade privada, foi responsável por reativar a capacidade doméstica americana de acesso ao espaço, custando mais barato aos cofres públicos do que o desenvolvimento de um novo lançador do zero, atitude inovadora que merece reconhecimento (AUTRY, 2017).

Europa

Conforme visto acima, impactos socioeconômicos de programas espaciais podem ser aferidos. Monte e Scatteia (2017) realizaram um levantamento dos impactos diretos, indiretos e induzidos dos programas Ariane 5 e Vega para então avaliarem retorno de investimentos públicos em lançadores (foguetes), pela ESA (*European Space Agency*), à sociedade, não somente em termos econômicos, para servir de evidência a governos de que investimentos no espaço não só proporcionam ferramentas para políticas de soberania, mas também geram empregos de alto nível e fortalecem a economia Europeia. Esse estudo constituiu uma análise do impacto no PIB, um levantamento dos lucros possibilitados pelos lançadores (indústria de satélites e seus serviços), um levantamento de impactos qualitativos, uma análise do cenário “e se o Ariane 5 não tivesse sido desenvolvido?” e um estudo de caso na Guiana Francesa, local do centro de lançamento da ESA.

Eles encontraram que o programa Ariane 5 criou um fator multiplicador de 2,2 para o período de 1988 a 2012, ou seja, para cada euro gasto pela ESA no desenvolvimento do programa, 2,2 euros eram gerados de impactos diretos, indiretos e induzidos. Se considerarmos também o período de exploração do programa, conclui-se que para cada euro gasto no programa do lançador Ariane 5, 3,2 euros eram adicionados à economia. Adicionalmente, o fator multiplicador de emprego é de 2,0, significando que para cada novo emprego gerado na indústria espacial, um emprego a mais surgia na economia geral. Ganhos para os governos, advindos de impostos, também foram percebidos. Em termos qualitativos, tipicamente há avanços tecnológicos advindos do investimento em atividades espaciais, mas incluem também melhorias de infraestrutura e, acima de tudo, o programa Ariane 5 faz parte do plano de assegurar o acesso europeu independente ao espaço.

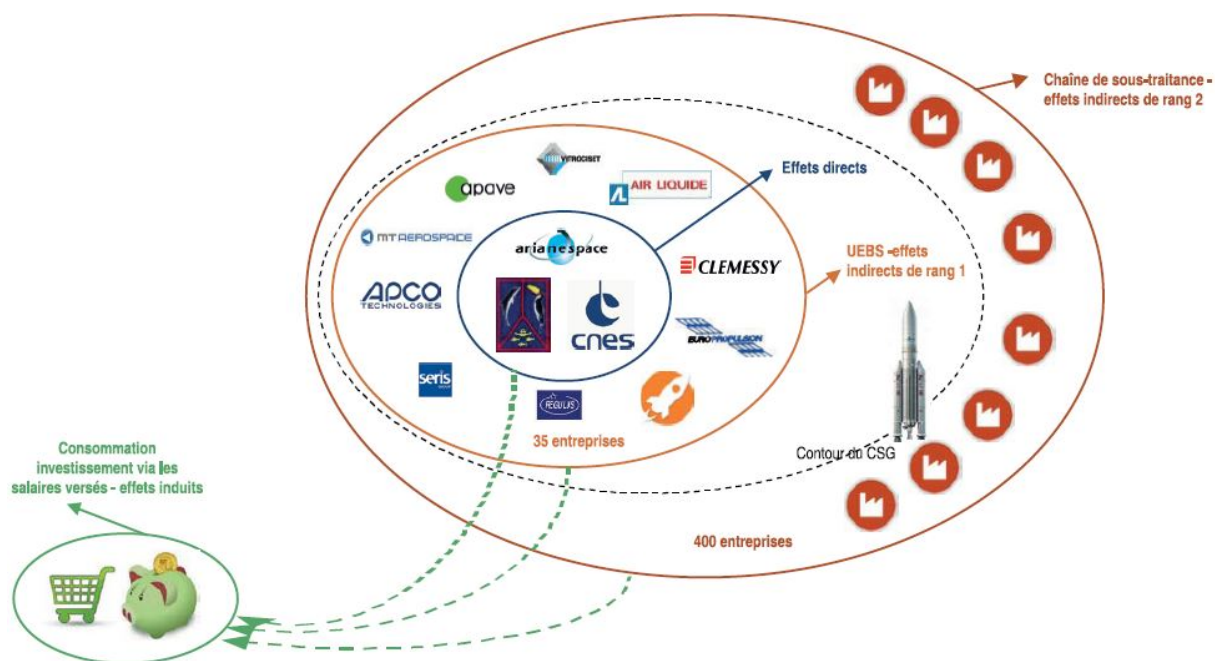
A ESA foi estabelecida em 1975, sendo hoje composta por 22 Estados-membros e tem como objetivo projetar o programa espacial europeu e o conduzi-lo à realidade (ESA, 2022). Apesar de ter sido criada em meio ao "Old Space" a instituição percebeu a necessidade de renovação devido às tendências do setor espacial. A ESA, junto com a União Europeia, decidiu fomentar um setor espacial europeu globalmente competitivo por meio de apoio à pesquisa, inovação e empreendedorismo por todos seus Estados Membros (MORANTA; DONATI, 2018). Centros de incubação de negócios e parcerias público-privadas são exemplos de como uma liderança "orientada para negócios" é importante ser considerada por governos interessados em apoiar o setor e tirar proveito das novas possibilidades trazidas pelo *New Space*.

Como parte das atividades europeias no espaço, o Centro Espacial de Guiana (*Centre Spatial Guyanais* - CSG) funciona como o centro de lançamento das missões europeias e deve ser analisado dentro desse contexto. O território da Guiana Francesa é um departamento ultramarino da França que apresenta indicadores demográficos condizentes com países em desenvolvimento, taxas de crescimento populacional e de fertilidade elevadas e pirâmide etária jovem (IEDOM, 2014). Mesmo assim, com uma população de 250 mil e um PIB de 3,8 bilhões de dólares, apresenta um PIB per capita de quase 16 mil dólares, pouco menos de duas vezes o do Brasil (8,8 mil dólares) (ONU, 2019). Quando comparada com Suriname, país vizinho ao oeste com história semelhante e que possui 580 mil habitantes, o dobro de área superficial, mas PIB equiparável, o território francês leva vantagem. Não seria fantasioso concluir que o diferencial entre os dois seja exatamente a presença do CSG na cidade de Kourou.

O setor espacial e seus correlatos servem como propulsores chave à economia local. Um esquemático, mostrado na Figura 3 abaixo, explicita a divisão dos setores influenciados pelo setor espacial e explicita visualmente o "efeito dominó", característico do setor no mundo todo. Os atores diretos se referem ao Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), à Agência Espacial Europeia, Arianespace (empresa privada) e àqueles responsáveis pela segurança do CSG. Juntamente com os efeitos indiretos de primeira ordem (as empresas inclusas na União das Empresas da Base Espacial - UEBS), formam o bloco

econômico do CSG. A cadeia dos subcontratantes das empresas da UEBS, ou seja, a indústria participante na construção de instalações, na manutenção das mesmas ou na oferta de serviços às UEBS, enquadram os efeitos indiretos de segunda ordem na economia local. Os efeitos induzidos são mais difíceis de serem contabilizados precisamente, mas com certeza não devem ser esquecidos (INSEE, 2017). São os atores que se beneficiam de toda essa cadeia anterior; os empregados do CSG, por exemplo, com salários relativamente elevados conseguem contribuir para economia local no simples ato de realizar suas compras mensais. O turismo também seria um exemplo de setor enquadrado nos efeitos induzidos da atividade espacial. É importante notar que apesar deste esquemático ser específico à Guiana Francesa, sua lógica se mantém para o resto do mundo em análises dos efeitos do setor espacial, como analisado por Monte e Scatteia (2017) e McAlister (2001).

Figura 3 – Esquemático dos setores da economia guianense afetados pela economia espacial.

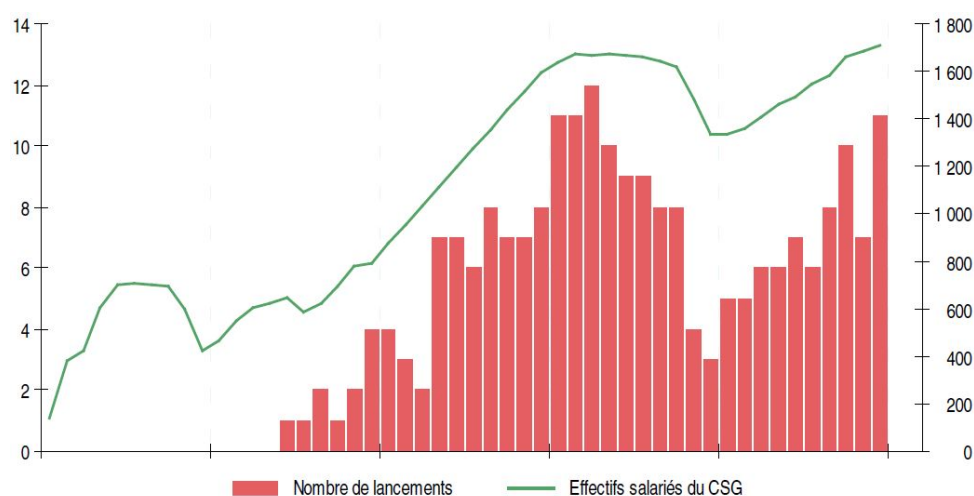


Fonte: (INSEE, 2017)

Exemplificando os impactos, 16,5% do PIB guianense provém de todos esses efeitos advindos do setor espacial. Esse número já foi, na década de 90, próximo dos 30%, mas devido a uma crescente população (114 mil em 1990), a Guiana Francesa observou uma diversificação da sua economia, mas que ainda assim depende fortemente da atividade espacial, já que o valor de cerca de 15% do PIB se mantém constante desde 2012, apesar do contínuo crescimento populacional. Nota-se que há uma correlação clara, e óbvia, entre o número de lançamentos anuais no centro e a quantidade de pessoas empregadas diretamente no CSG, vista na Figura 4. Sabendo que um emprego no CSG gera 1,3 empregos fora, pode-se perceber a importância de ocorrerem lançamentos para a economia

local que apresenta 4618 empregos totais advindos do setor espacial, direta, indireta ou induzidamente, equivalente a quase 10% de todos os empregos no território, o que é considerável (INSEE, 2017; IEDOM, 2014). Outro estudo corrobora o encontrado, foi visto que a atividade no centro espacial compõe (impactos totais) cerca de 11% de todas as vagas formais de emprego da região, e que contribui com 17,7% do PIB local ao considerarse impactos indiretos e induzidos na economia. Também, 30,1% do imposto adquirido no território advém das atividades realizadas no Centro Espacial de Guiana (MONTE; SCATTEIA, 2017).

Figura 4 – Relação do número de lançamentos com empregos no CSG ao longo dos anos.



Fonte: (INSEE, 2017)

Também é de valor, mencionar que os atores envolvidos no setor espacial contribuem diretamente no desenvolvimento do local. Apenas reforçando o já dito anteriormente com um exemplo, o estabelecimento do projeto do lançador Ariane 6 implicou em 600 milhões de Euros investidos para a construção da nova plataforma de lançamento (ELA-4), dos quais 94 milhões foram em contratos locais, para os efeitos indiretos de segunda ordem, e tal ocorrência implica no giro de dinheiro na economia. Além disso, o CNES também participa anualmente com investimentos em locais como o Centro Médico-Cirúrgico de Kourou e o Diretório do Mar (para manutenção de sinalizações e faróis), além de assegurarem gestão de patrimônio, fazendo a manutenção nas Ilhas da Salvação e de estruturas hoteleiras.

2.1.3 Inovação no âmbito governamental e novos *players*

Ao contrário da NASA e da ESA que nasceram no "*Old Space*" e tiveram que se adaptar às novas tendências, algumas nações iniciaram suas atividades espaciais já em meio a elas, podendo estabelecer os conceitos do *New Space* nas raízes das suas políticas espaciais. Shabbir, Sarosh e Nasir (2021) identificam os aspectos peculiares a potências espaciais emergentes que precisam ser tratados para garantir a viabilidade dos programas

espaciais de tais nações e é destinado a decisores políticos e gerentes de tecnologias espaciais das nações "nascentes" (como o artigo as denomina) no setor espacial. Os autores apresentam primeiramente uma visão geral das definições e a categorização de potência espacial. Seguem com justificativas para investimento no setor espacial, discutindo acerca dos elementos, domínios de aplicação e atributos de uma potência espacial. Após discussões e várias considerações pertinentes a serem lembradas no momento de confecção de uma política espacial, os autores apresentam seu produto de fato: uma metodologia passo a passo para criar uma política espacial, a nível governamental, se prevenindo contra as maiores dificuldades de atuar no setor.

2.2 As tecnologias espaciais do *New Space*

2.2.1 CubeSats

CubeSat é o termo dado a um modelo padronizado de satélites em diferentes formas de configuração U (1U, 2U, 3U, etc), onde cada U corresponde a um cubo de 10cm de lado e 1,33 kg. Após um movimento de miniaturização dos satélites por parte de empresas com o objetivo de demonstrar capacidade tecnológica (por serem um acesso de baixo custo ao espaço) e de universidades para propósitos educacionais, o padrão *CubeSat* foi estabelecido em 1999 (SELVA; KREJCI, 2012). Por terem no geral entre 1 e 10 kg, pertencem à categoria de nanossatélites, esta que está inclusa na classe maior denominada *smallsats*, aqueles abaixo de 600kg (FAA, 2018).

Esse padrão de fabricação de satélites, para diversas aplicações, é a exemplificação exata do conceito do *New Space*, tratado na seção 2.1.1, tendo sido possivelmente o seu principal *driver*. Redução dos custos de produção e simplificação do tamanho e dos sistemas são as características que fizeram do *CubeSat* tão amplamente utilizado. Instituições acadêmicas, empresas privadas e até mesmo nações previamente não envolvidas com as atividades espaciais foram possibilitadas de participar na nova corrida espacial graças a ele.

Até recentemente esses nanossatélites eram construídos e lançados ao espaço sem meios de propulsão, ficando à mercê da órbita em que eram injetados. Com crescente interesse nessa configuração, sistemas de micropropulsão foram se tornando de interesse, mas até setembro de 2016, apenas 3 micropropulsionados haviam sido lançados com sucesso (DAVID, 2016). Pelo interesse, diversos estudos realizam levantamento das tecnologias que podem ser utilizadas para a propulsão desse tipo de satélite. Sistemas de propulsão por gás frio (CGP, na sigla em inglês), de propulsão líquida ou sólida e vários de propulsão elétrica (Resistojets, *Radio-Frequency Ion Thrusters*, propulsores Hall e propulsores de pulso de plasma por exemplo) apresentam potencial de aplicação em cubesats (TUMMALA; DUTTA, 2017). São sistemas já validados no ambiente espacial, mas utilizados em espaçonaves maiores e que poderiam elevar o alcance de aplicações a serem cobertas

por cubesats.

Outra vantagem dos *cubesats* é a possibilidade da utilização de tecnologias já maduras e de fácil acesso, denominadas de tecnologias COTS (*commercial-off-the-shelf*), no design do satélite. Com o avanço da engenharia eletrônica, a miniaturização permitiu que componentes se tornassem de fácil acesso para diversas aplicações, incluindo as espaciais, os chamados componentes MEMS (micro electro mechanical systems) (GRÖNLAND et al., 2007). Tais componentes são cruciais para o desenvolvimento e implementação do padrão *cubesat*, diminuindo a massa e volume de cada componente individualmente, assim como permitindo aumento do nível de redundância de um sistema espacial.

A miniaturização é então responsável por duas tendências, o incremento exponencial da quantidade de satélites da classe *smallsats* lançados por ano desde 2012 e a diminuição da massa média por satélite em órbita, demonstradas pelas figuras 5 e 6 abaixo, respectivamente. Adicionalmente, deve ser dito que esta classe representou 94% dos satélites lançados em 2021 e que, dos 1743 *smallsats* lançados, 1273 foram das empresas Starlink e OneWeb, ambas com satélites na faixa entre 150kg e 260kg (BRYCE TECH, 2022).

Figura 5 – Número de lançamentos de *smallsats* de 2012 a 2021

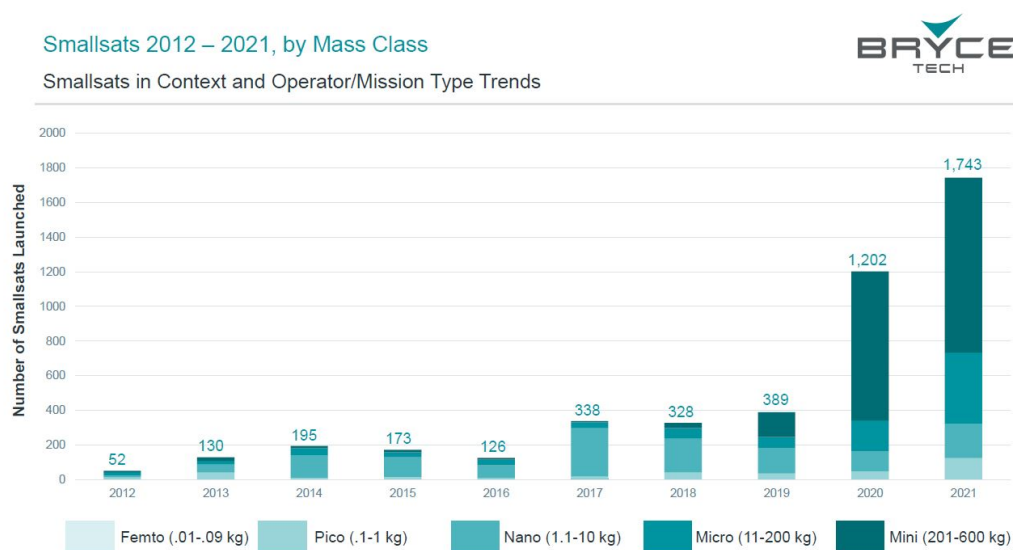
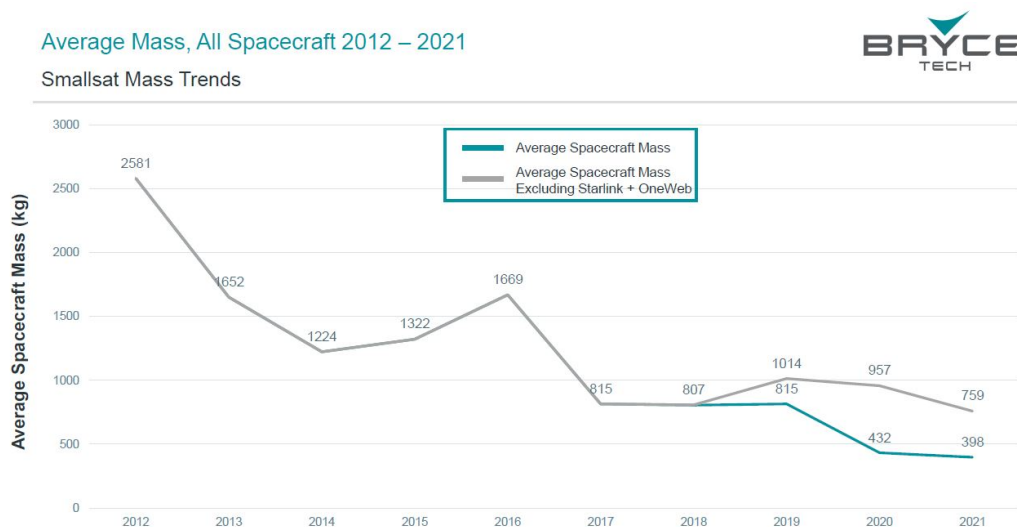


Figura 6 – Massa média dos satélites em órbita de 2012 a 2021



Fonte: (BRYCE TECH, 2022, traduzido pelo autor)

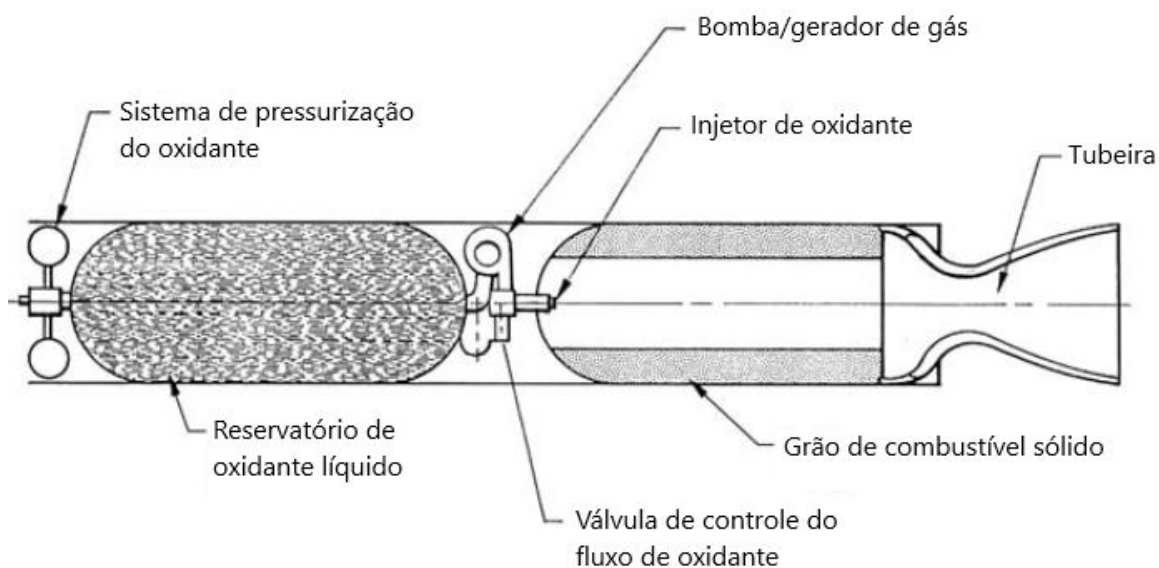
O padrão U se mostrou tão eficiente e aceito, que foi possível satisfazer a uma variedade de missões (LAPPAS; KOSTOPOULOS, 2020), seja para observação da Terra, comunicações ou para desenvolvimento de tecnologia. Microsatélites, de 11kg a 200kg, também podem ser construídos seguindo esse padrão. Sistemas de propulsão elétrica ou a gás frio são comumente utilizados por esses satélites, que não costumam requerer tanto empuxo pela natureza de suas missões. Com o, ainda esperado, aumento da utilização de *smallsats* para missões diversas, como exploração espacial, diferentes arquiteturas serão verificadas.

Exemplificadamente, a definição de uma missão a Marte, na qual o satélite precise ser capturado pela órbita marciana, significa projetar um sistema propulsivo que apresente o empuxo necessário para a tarefa (DOMINGOS et al., 2020).

2.2.2 Sistema de propulsão híbrida

HRE (*Hybrid Rocket Engine*) é o nome dado aos motores de propulsão híbrida, significando que os propelentes envolvidos são uma combinação de líquido e sólido, usualmente o oxidante líquido e o combustível sólido. As primeiras tentativas para desenvolver o sistema começaram na década de 30, passando por Rússia e Alemanha até que a *Pacific Rocket Society* fizesse lançamentos de sucesso (ALTMAN, 1991). Com a prática científica, os combustíveis usuais se tornaram HTPB, PMMA ou polietileno (HDPE) e os oxidantes: oxigênio líquido, peróxido de hidrogênio ou óxido nitroso (N_2O) líquido (DAVID, 2016). Um esquemático desse sistema de propulsão é apresentado na figura 7 abaixo.

Figura 7 – Esquemático do sistema de propulsão híbrida



Fonte: (KUO; CHIAVERINI, 2007, traduzido pelo autor)

Um motor à propulsão híbrida possui diversas vantagens quando comparado aos seus pares e analisado sob a ótica da missão para a qual é desenvolvido e seus requisitos. Se deve permitir múltiplas ignições, já não se pode usar um motor de propulsão sólida. O HRE apresenta design mais simples e barato do que motores à propulsão líquida, sendo então mais fácil desenvolvê-lo em um ambiente acadêmico, ambiente no qual também é desejável não lidar com propelentes tóxicos, o que elimina a utilização de monopropelentes de hidrazina ou de peróxido de hidrogênio (TOSON; KARABEYOGLU, 2015). Adicionalmente, já na distância da órbita de Marte, por exemplo, não há disponibilidade de luz solar suficiente para um sistema de propulsão elétrica (DOMINGOS et al., 2020) auto-sustentável – nota-se que baterias alongam a vida útil desse sistema propulsivo, mas não seria possível recarregá-las.

Uma missão de caráter inovador, pertinente ao New Space, seria a utilização de um cubesat para monitoramento de Marte. Enquanto a sonda Hope, integrante da *Emirates Mars Mission* possui 1.350 kg (UAESA, 2021), pondera-se acerca da utilização de um satélite significativamente menor para o mesmo propósito. A missão MarCO (Mars Cube One) foi a primeira aplicação de *CubeSats* em missões no espaço profundo e consistiu na utilização de dois cubesats 3U para realizarem *fly-by* de Marte enquanto ocorria o pouso da missão InSight (NASA, 2018). Para uma missão semelhante, mas na qual deve ser planejada a inserção orbital, a utilização de um motor híbrido é a mais adequada. Verifica-se que uma estrutura 12U com motores híbridos pode ser viável (DOMINGOS, 2021).

Pode-se justificar o modelo de propulsão para essa missão utilizando a equação

de foguetes de [Tsiolkovsky \(1903\)](#), mostrada abaixo (equação 2.1). Definindo v_e como a velocidade de ejeção dos gases, m_i como a massa inicial do foguete e m_f como a massa final (após a queima de propelente) em kg, o incremento da velocidade de um propulsor, Δv , pode ser encontrado por:

$$\Delta v = v_e \ln \frac{m_i}{m_f} \quad (2.1)$$

Assim, enquanto a propulsão elétrica é capaz de obter v_e de grande magnitude, de 5 a 50 km/s ([RAFALSKYI; AANESLAND, 2016](#)), seu empuxo não é suficiente para o Δv requerido por uma inserção orbital. Um sistema HRE mostra-se favorável, além de inovador, para um cubesat com essa missão.

É possível perceber um aumento do interesse acadêmico por essa tecnologia nos últimos 20 anos. Progressivo desenvolvimento tecnológico tem sido capaz de mostrar que, além de o sistema realmente apresentar as vantagens supracitadas, há também um aumento da demanda de mercado por lançadores de menor proporção. Nesse contexto, o sistema HRE apresenta-se como encaixe dentro das demandas do ecossistema *New Space* ([OKNINSKI et al., 2021](#)).

2.2.3 O foguete reutilizável

Como mencionado previamente, a tecnologia de foguetes nasceu durante a Segunda Guerra Mundial com o V2 alemão. Isso implicou na visão do foguete como uma munição, uma arma, cuja ênfase no design seria ter a maior *payload* para um determinado tamanho total. [Richards \(2015\)](#) é da opinião de que a cultura e a tradição são majoritariamente responsáveis pelo alto custo da tecnologia, interpretando que a atual arquitetura para foguetes objetiva maximizar a eficiência energética, buscando assim utilizá-la minimamente. Ele defende que o critério para design de foguetes deveria ser alterado para o mínimo custo de operação por meio da utilização de inteligência artificial durante a construção, da amortização dos custos de desenvolvimento devido à reutilização do mesmo equipamento, da redução proposital da performance dos motores e da utilização de mais propelente.

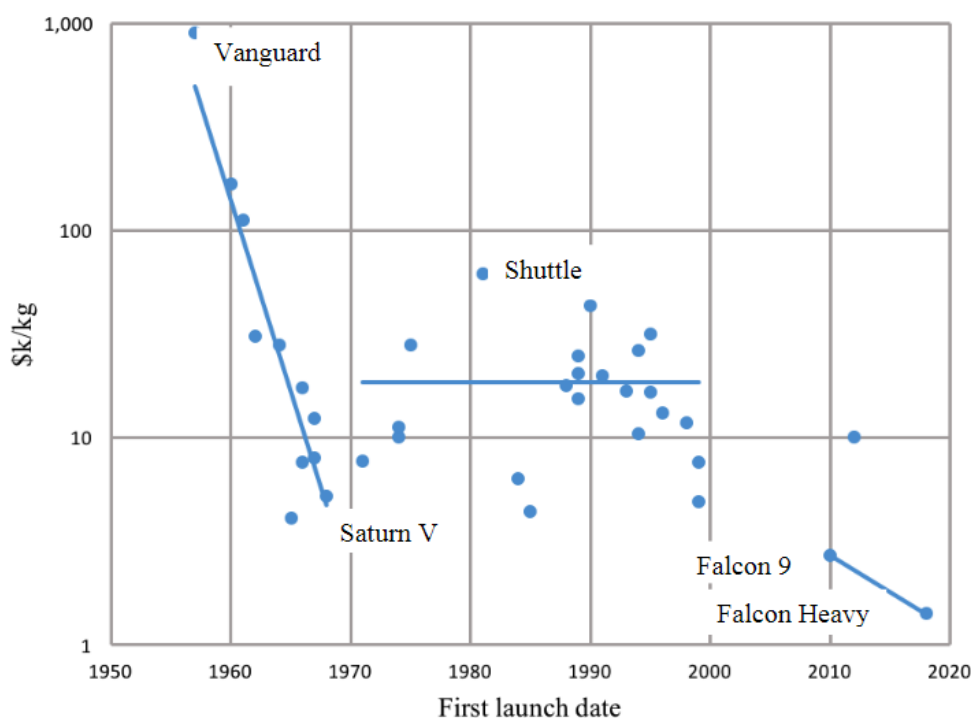
O propelente soma apenas entre 0,4% e 1% do custo total do acesso ao espaço, levando à percepção de que a reutilização de foguetes ocasionaria na redução do custo dos outros 99%, por um fator de até 14 ([BUSHNELL; MOSES, 2018](#)). Isto vai de encontro com a lógica apresentada pelo autor mencionado no parágrafo anterior, a redução do estresse mecânico pelo qual atualmente os motores passam seria balanceada pela utilização de mais propelente, o que significaria menor eficiência, mas, ao mesmo tempo, menor custo. Essa ferramenta terá impactos significativos sobre o espaço comercial.

[Inatani, Naruo e Yonemoto \(2001\)](#) também enxergam o problema na cultura do foguete como munição, como um objeto descartável, ao invés de tratá-lo como o que é, um meio de transporte. Essa cultura é responsável por menos lançamentos por ano, pela

utilização de maior mão de obra, por maior gasto de tempo e por custos mais elevados. Eles veem o foguete reutilizável como o responsável por uma redução dos custos de lançamento em uma ordem de magnitude e apresentam um modelo de foguete reutilizável da forma que poderia ser utilizado de 20 a 30 anos a frente, momento em que nos encontramos.

Ao se olhar o histórico de custos de lançamento (em dólares por quilograma – ajustado para inflação), percebe-se uma redução substancial do valor para lançamentos à órbita LEO. A figura 8 abaixo plota os lançadores conforme o custo por quilograma enviado no momento do primeiro lançamento de cada respectivo sistema.

Figura 8 – Histórico do custo de lançamento à órbita LEO



Fonte: (JONES, 2018)

Das causas do alto custo, pode-se citar, novamente, o objetivo de maximizar a performance/eficiência (cultura do foguete como míssil), o maior custo de foguetes descartáveis ao invés de reutilizáveis e a baixa tolerância ao erro. Optimizar a redução do custo, simplificar a arquitetura do sistema, aumentar a produção e a taxa de lançamento de veículos e utilizar métodos de produção e desenho industriais são algumas das sugestões para reduzir o custo de lançamento (JONES, 2018). As oportunidades comerciais no setor espacial foram expandidas devido à redução de custos e consequentemente, um ambiente cada vez mais competitivo é capaz de trazer inovação, criar mais oportunidades e diminuir ainda mais os custos, que são esperados reduzir ainda fortemente.

A tendência de redução dos custos é evidente e considerada como uma nova forma de revolução (AUTRY, 2017). Uma miríade de aplicações aguardam um custo menor de acesso ao espaço. A NASA inovou quando apoiou a SpaceX em sua empreitada buscando

uma forma diferente de alcançar o espaço e isso deveria ser visto como exemplo. Autry defende que sistemas espaciais redundantes e responsivos farão a diferença no teatro do século 21 e que foguetes reutilizáveis são, por exemplo, o fator chave para que os Estados Unidos se mantenha à frente de seus rivais.

2.2.4 Lançamento responsivo

Já é conhecimento comum hoje em dia o fato de que observação da Terra é uma ferramenta importante para uma nação, ou empresa, possuir. Regularmente os militares de um país desejam "ter olhos" sobre o território de outro, e com o estabelecimento da tecnologia de satélites isso se tornou possível. É notável mencionar que no dia 28 de fevereiro de 2021, o satélite completamente brasileiro Amazônia-1 foi lançado de uma instalação na Índia (AEB, 2021a). Tal satélite é de observação da Terra, cujo objetivo é monitorar a floresta amazônica, por exemplo, contra a desflorestação (INPE, 201?). Ele possui uma taxa de revisita de 5 dias. Essa taxa se refere ao tempo que um satélite leva para ser capaz de visualizar um mesmo ponto no globo novamente e 5 dias não é suficiente para atender todas as demandas características, como o monitoramento do desmatamento ilegal, especialmente em se tratando de uma região com alta cobertura de nuvens como a Floresta Amazônica (FRANCINI et al., 2020).

Tirando proveito desse movimento disruptivo do *New Space*, por meio do qual os satélites estão diminuindo e podem ser lançados de forma mais barata e por mais atores (vide 2.2.1), o Desafio de Lançamento DARPA surgiu para encorajar capacidades de lançamento responsivas e flexivas. Seu resultado foi não ter havido um ganhador – nenhum proponente foi capaz de solucionar o desafio (DARPA, 2020). Entretanto, a própria existência do mesmo mostra que ter um sistema fácil, simples e rápido de ser montado e lançado é de extrema importância. O Departamento de Defesa (DoD) dos Estados Unidos demonstra, assim, interesse em um satélite de observação que pode ser lançado em poucos dias, para qualquer inclinação orbital, e que ficaria em órbita por semanas ou poucos meses apenas.

Tais capacidades são certamente de grande interesse para o Programa Espacial Brasileiro. Ter olhos na Amazônia constantemente é valioso para a nação, de forma que seja possível agir prontamente contra atividades criminosas de desmatamento, mineração ilegal ou tráfico de madeira que comumente ocorrem no vasto território amazônico. Florestas tropicais estão entretanto consistentemente cobertas por nuvens, possuindo também a necessidade de capacidades de rápida revisita.

O *New Space* começa a agir tentando resolver mais este problema. A empresa californiana Planet Labs PBC é o segundo operador comercial com mais satélites lançados entre 2012 e 2021, 485 *cubesats* 3U, atrás apenas da SpaceX (BRYCE TECH, 2022). Ela consegue prover imagens, sob demanda, múltiplas vezes por dia e com uma resolução de até 50cm por pixel (PLANET, 2022). Nacionalmente, a empresa OPTO Space & Defense,

se especializa na construção de sistemas optrônicos para o setor espacial. Eles possuem uma *payload* de observação da Terra de 3U, projetada para uma plataforma total de 6U (OPTO, 2021).

2.3 O Brasil no espaço

O Decreto Presidencial n° 51.133, de 3 de agosto de 1961, representou o marco oficial de início das atividades espaciais no País, instituindo o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE), sob o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) (BRASIL, 1961). Em 1971, o o Decreto Presidencial n° 68.099 criou a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) "com a finalidade de assessorar diretamente o Presidente da República na consecução da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais" (BRASIL, 1971a). Poucos meses depois, o Decreto Presidencial n. 68.532, de 22 de abril de 1971, extinguiu o GOCNAE e criou o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para desenvolver pesquisas espaciais no âmbito civil, sob orientação da COBAE (BRASIL, 1971b).

A Aeronáutica foi a responsável por inaugurar, em 1965, um centro em Natal (RN) que prestaria serviços de rastreamento e de onde seriam lançados foguetes de sondagem, o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI). Criou também o Grupo Executivo de Trabalhos e Estudos de Projetos Espaciais (GETEPE) que posteriormente se tornou o que é hoje denominado Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE). O ideal de se ter um programa nacional voltado ao desenvolvimento de satélites e de veículo lançador próprio originou em 1979 a chamada Missão Espacial Completa Brasileira (MECB), que motivou, em 1983, a implantação do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), em município homônimo pertencente à grande região metropolitana de São Luís, no Maranhão (AEB, 2005).

Em 10 de fevereiro de 1994, nasce a Agência Espacial Brasileira (AEB), autarquia federal, com natureza civil, vinculada à Presidência da República, conforme a Lei n° 8.854 (BRASIL, 1994), sucedendo a COBAE. O Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (SINDAE) é instituído pelo Decreto n° 1.953, de 10 de julho de 1996, tendo como órgão central a AEB, "responsável por sua coordenação geral" (BRASIL, 1996), conforme visto na figura 9 abaixo:

Já o desenvolvimento de tecnologias de acesso ao espaço independe de dispositivos legais. Para responder a perguntas acerca da dificuldade de se desenvolver e lançar um foguete, Pantoja e Kasemodel (2011) citam a necessidade da alta confiabilidade (exigência de testes de qualificação e necessidade de redundância), o caráter dual da tecnologia presente (embargos e restrições no desenvolvimento de sistemas) e a baixa cadência de produção (custo elevado e alto risco), defendendo o suporte estatal. Eles separam a estratégia brasileira para acesso ao espaço em fases de desenvolvimento de subsistemas: a 1ª

Figura 9 – Representação simplificada do SINDAE.



Fonte: (TREIN, 2022)

Fase, de 1967 a 1979, que consistiu no desenvolvimento de foguetes de sondagem, como os Sonda II e Sonda III, a propulsão sólida e sem controle de atitude (propulsores S20 e S30); a 2ª Fase, de 1976 a 1989, com controle de atitude, que desenvolveu o Sonda IV; a 3ª Fase, de 1980 a 1996, quando se desenvolveu os propulsores S43 e S44, visando a um veículo lançador com sistema de navegação; e a 4ª Fase, iniciada em 1990. Essa última fase se caracteriza pela capacitação de mão de obra em propulsão líquida, tendo como produtos os motores L5, L15 e L75. Nota-se êxito do Programa Espacial no desenvolvimento do foguete VSB-30, utilizado amplamente no Programa Europeu de Microgravidade, assim como a menção ao futuro motor S50, que passou com sucesso por teste em terra em 2021, rumo à aplicação no VLM, foguete em parceria com a Alemanha (AEB, 2021b).

Ao se considerar a capacidade espacial e experiências no setor, pode-se perceber o Brasil como pertencente a um grupo intermediário de nações (NETO, 2011). Estados Unidos, Rússia e Europa, por exemplo, fazem parte do primeiro grupo, aqueles que dominam o ciclo espacial. O terceiro grupo seria composto pelos países que, até o momento, não tiveram atuação no setor espacial. Attingir o primeiro grupo é o desafio. Divide-se as tecnologias espaciais críticas para o Brasil em duas: as "do passado", já dominadas pelos países do primeiro grupo; e as "do futuro", com as quais o Brasil poderia mostrar maior competitividade global. Neste último grupo é citada a tecnologia ARBE (Acesso Rápido e Barato ao Espaço), em alinhamento com o discutido na seção 2.2.4. É sugerido que o Programa Espacial Brasileiro utilize 90% do seu orçamento para abordar as tecnologias do passado, enquanto 10% seria destinado às tecnologias do futuro.

No que tange ao baixo desempenho do projeto VLS-1, Niwa (2011) cita como razões

a falta de renovação de recursos humanos, a irregularidade na alocação de orçamento e o embargo dos países desenvolvidos por se tratar de tecnologias de natureza dual. O autor ainda discute que o programa espacial é permeado por uma cultura organizacional rígida, que há falta de políticas de incentivo à exploração comercial e inconstância de decisões de rumo a ser tomado. Sobre o SINDAE, ele discorre sobre não haver diretriz estabelecida, além do Decreto já supramencionado que o criou, causando o estabelecimento de prioridades independentes pelos seus órgãos, a alocação de recursos sem avaliação das prioridades e a não padronização de procedimentos técnico-gerenciais. Conclui-se por afirmar que o sistema é impraticável por não possuir um agente com poder suficiente para promover as mudanças necessárias, não havendo uma estrutura de comando centralizada que organize, integre, direcione e avalie as ações do mesmo.

De certa forma, o setor aeroespacial brasileiro se assemelha fortemente ao seu setor nuclear. Salomão (2011) apresenta um diagnóstico, listado a seguir, de 11 anos atrás.

1. Apesar do PNAE, não há um programa de fato, há apenas um conjunto de atividades do INPE, do IAE e da indústria.
2. Não há definição clara de objetivos do PNAE.
3. Não há sinergia entre as instituições do setor.
4. O setor espacial carece de uma política de Estado.
5. As empresas existentes não possuem capacidade de atuar como *prime contractor*.
6. Recursos do então Ministério de Ciência e Tecnologia são pulverizados em uma miríade de áreas.
7. O INPE recebe prestígio da sociedade, devido à sua visibilidade.
8. Há a necessidade de um instrumento sólido que apresente certa linha de continuidade, podendo orientar políticos nas discussões sobre o orçamento.

Percebe-se ser inquestionável o patamar estratégico que a tecnologia aeroespacial alcança, possuindo ao redor do mundo extenso apoio governamental (político ou orçamentário) devido ao seu nível de complexidade, à característica de rápida obsolescência da fronteira tecnológica e também ao caráter dual da sua aplicação (BARTELS, 2011). Adicionalmente, as inovações geradas pelo desenvolvimento da tecnologia aeroespacial percebem a comum ocorrência de *spin-offs* – aplicação da tecnologia em setores diferentes da sociedade. Da verificação da relação preço-por-quilograma de vários produtos da economia, conclui-se que a agricultura e os commodities não serão capazes, sozinhos, de reduzir a pobreza no Brasil, o País também precisa desenvolver os setores que possuem alto valor agregado, promovendo os setores que requerem alta tecnologia. Incontáveis recursos naturais, maior quantidade de água doce em um país no mundo, a floresta Amazônica,

extensa fronteira terrestre e abrangente mar territorial significa apenas que os variados produtos advindos do espaço são cada vez mais necessários: monitoramento, meteorologia, comunicações e, não menos importante, poder dissuasório. A Estratégia Nacional de Defesa (END), instituída pelo Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008 (BRASIL, 2008), deixa claro a importância do setor espacial para a defesa do país, esclarecendo que não só a Força Aérea necessita das atividades espaciais, como a Marinha e o Exército também. O autor explica que as flutuações dos recursos, a falta de apoio em possibilitar um quadro de servidores próprios à AEB e a exaustão de recursos em projetos de cooperação internacional foram fatores contribuintes para a baixa visibilidade do PNAE no governo.

Já Durão e Ceballos (2011) ponderam que o fato de a coordenação da política espacial estar sob um ministério traz menor possibilidade de sucesso, tendo em vista o setor espacial ser de característica transversal, necessitando de interfaces e atuações conjuntas entre diferentes setores do governo. Antes de discorrerem sobre possíveis sugestões, eles mencionam que o PEB é caracterizado por seus problemas orçamentários, baixa disponibilidade de recursos humanos e por insegurança regulatória, por exemplo. É então proposta uma estratégia para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro. Esta é composta por três eixos de atuação: mobilização (daqueles interessados no desenvolvimento, trazendo inovação), aglutinação (de fornecedores e parceiros para cooperação e aumento da capacidade produtiva) e influência (da sociedade e da classe política, com benefícios socioeconômicos e visibilidade). Em resumo, sugerem que se amplie a participação da comunidade científica no setor espacial, que se aumente a participação da indústria no programa e que, tendo resultados, se conquiste o apoio da sociedade brasileira.

No campo do direito espacial internacional é válido mencionar que o Brasil é um dos 18 membros fundadores do Comitê para Usos Pacíficos do Espaço Exterior (COPUOS), comitê este fundado em 1958 sob o Escritório das Nações Unidas para Assuntos do Espaço Exterior (UNOOSA) com o objetivo de servir de fórum para discussões relacionadas à lei espacial internacional, promovendo cooperação entre as nações (UNOOSA, 2022). O Brasil assinou e ratificou os quatro primeiros tratados do UNOOSA, incorporando-os a sua base legal por meio de decretos (MARANHÃO; HOORN; BRAGA, 2020). Esses quatro tratados abordam os princípios das atividades dos países no espaço, o resgate de astronautas e objetos espaciais, os quesitos de responsabilidade e o registro de objetos espaciais (UNOOSA, 2017). Visando à transformação do Centro Espacial de Alcântara (CEA) em um *hub* global de atividades de lançamento comercial, o Brasil assinou com os Estados Unidos o chamado Acordo de Salvaguardas Tecnológicas (AST) o que passou a permitir o desenvolvimento de atividades comerciais com componentes americanos no País.

Maranhão, Hoorn e Braga (2020) claramente vislumbram o imenso potencial do Brasil como Estado-lançador, com grandes oportunidades de crescimento e uma previsão modesta de que ele será capaz de atrair 1% do comércio espacial global. Algumas razões

para o potencial do CEA podem ser elencadas (AEB, 2020 apud MARANHÃO; HOORN; BRAGA, 2020):

1. Localização privilegiada a 2°18' sul do equador;
2. Proximidade do mar;
3. Baixa densidade populacional;
4. Ausência de desastres naturais (terremotos e furacões);
5. Baixo tráfego aéreo;
6. Clima regular ao longo do ano; e
7. Local ideal para lançamentos responsivos (vide 2.2.4).

A despeito das dificuldades históricas já supracitadas, deve-se destacar que o setor espacial é caracterizado por um mercado dominado por compras do governo. O ponto positivo é que contratações públicas estimulam a inovação, tanto em estruturas de mercado já existentes, como também motivando as empresas a buscarem formas distintas, e novas, de atuação (ROTHWELL, 1994). Porém, Dewes (2012) verifica que a licitação por menor preço, usada em contratos analisados do INPE por exemplo, foi prejudicial à premissa do Estado como *driver* da inovação, sugerindo que fossem escolhidos critérios técnicos tendo em vista o risco inerente do setor para as empresas. Nota-se que as promulgações da Lei de inovação, 13.243 (BRASIL, 2016), a qual trouxe medidas de estímulo à inovação, como a Encomenda Tecnológica, e da Nova Lei de Licitações, 14.133 (BRASIL, 2021a), podem ter contribuído quanto à solução desta questão. Outro ponto trazido pela autora é a presença de cláusulas de propriedade intelectual constante nos contratos do INPE, por meio das quais a propriedade intelectual produzida não pertenceria à empresa contratada, mas ao próprio Instituto, o que afugenta muitos empresários, naturalmente. Ela reconhece a necessidade de se melhorar a gestão, tanto no público quanto privado, explicitando que o governo deve estabelecer diretrizes, regulamentos e ambiente institucional propício, mas que a tarefa de produzir formas de obter sustentabilidade no mercado e de introduzir inovações é da própria indústria. A autora identifica o INPE como *prime contractor* do setor espacial brasileiro, mas finaliza demonstrando interesse em trabalhos futuros que analisassem a evolução do arranjo de *prime contractor* estabelecido pela *joint-venture* privada entre a Embraer e a Telebras, a Visiona Tecnologia Espacial S.A, empresa que viria a se tornar "a integradora brasileira de sistemas espaciais" (VISIONA, 2021).

A instituição do Grupo de Trabalho Interministerial para o Setor Espacial (GTI - Setor Espacial) segundo a Portaria Interministerial nº 2.151, de 2 de outubro de 2015 (BRASIL, 2015), foi uma tentativa inicial de reacender o setor, adormecido no Brasil, e buscar soluções para esses problemas históricos, acima elencados. Infelizmente, os produtos do trabalho do Grupo, propostas e análises, não foram implementados e se fez

necessária a criação do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro - CDPEB, instituído por meio do Decreto nº 9.279, de 6 de fevereiro de 2018.

Assim, "com o objetivo de fixar, por meio de resoluções, diretrizes e metas para a potencialização do Programa Espacial Brasileiro e supervisionar a execução de medidas propostas para essa finalidade" (BRASIL, 2018), o CDPEB, em sua primeira reunião plenária, criou nove Grupos Técnicos - GTs, por meio de resoluções. Seguem elencados abaixo, com seus respectivos objetivos:

1. **Governança:** consolidar a proposta de alteração da governança do Setor Espacial Brasileiro decorrente do GTI - Setor Espacial;
2. **AST:** realizar tratativas com o propósito de viabilizar Acordos de Salvaguardas Tecnológicas com Estados estrangeiros;
3. **ACS:** realizar tratativas para a liquidação da empresa pública binacional *Alcântara Cyclone Space*;
4. **Alada:** elaborar proposta de criação de empresa pública atuante no desenvolvimento de projetos aeroespaciais e atividades de apoio em áreas correlatas;
5. **Projeto Mobilizador:** elaborar proposta de um Projeto Mobilizador, para período de cinco anos, para fomentar a indústria nacional quanto ao ciclo espacial;
6. **VL-X:** negociar o desenvolvimento do veículo lançador intitulado VL-X;
7. **CLA:** elaborar proposta de equacionamento da questão fundiária e patrimonial do Centro de Lançamento de Alcântara;
8. **Plano de Comunicação Integrada:** elaborar proposta de plano de comunicação e informação sobre o Programa Espacial Brasileiro à população;
9. **Quadro de Pessoal:** elaborar proposta de recomposição do Quadro de Pessoal do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e da Agência Espacial Brasileira.

Ao longo da vigência do CDPEB no ano de 2018, foram aprovados os produtos dos GTs supramencionados, incluindo Projetos de Lei, Medidas Provisórias e Decretos, que atualmente seguem em tramitação de acordo com os devidos processos legais. Adicionalmente, desde então foram criados mais GTs:

10. **Políticas públicas em Alcântara:** planejar e orientar a integração de políticas públicas e ações sociais a serem implementadas em áreas do município de Alcântara-MA;

11. **Financiamento:** planejar e definir formas de financiamento do projeto mobilizador para o Programa Espacial Brasileiro;
12. **Lei do Espaço:** elaborar a Lei Geral do Espaço;
13. **Alcântara:** planejar a implementação de políticas públicas e estabelecer o plano para ocupação de área a ser afetada ao Comando da Aeronáutica e propor a inclusão no Plano Plurianual 2020/2023 das necessidades de recursos financeiros, com vista à consolidação do Centro Espacial de Alcântara;
14. **Orçamento:** estudos sobre o equacionamento do orçamento visando atender às necessidades dos órgãos do Executivo Federal (BRASIL, 2021b);
15. **Geoinformação:** estabelecer sistema de governança nacional sobre geoinformação (BRASIL, 2021b);
16. **Alada:** estudar sobre o encaminhamento da proposta de criação da empresa pública tratada no GT-4 (BRASIL, 2021b).

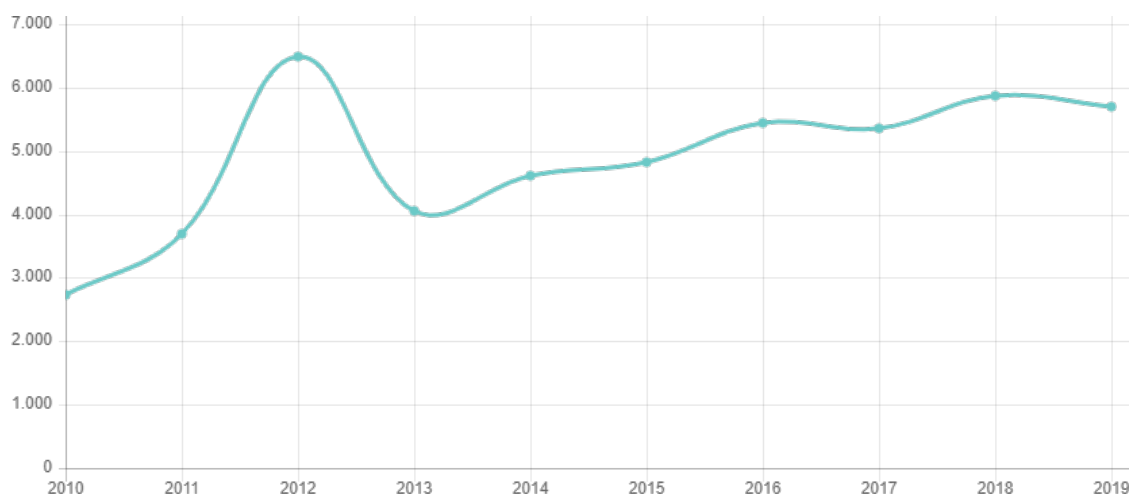
Esse Comitê, institucionalmente localizado no mais alto nível do Estado, sob o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República e com participação de diversos ministérios, mostrou-se o fórum apropriado para juntar os *stakeholders* governamentais do setor e acender uma movimentação mais ativa no Programa Espacial Brasileiro (LIMA, 2021). Como resultado dos GTs do CDPEB, alguns dos quais continuam ativos, é possível salientar propostas de leis encaminhadas para considerações posteriores (proposta de lei para alteração da governança do setor espacial e proposta de Lei Geral do Espaço), negociações concluídas com sucesso (assinatura do AST com os Estados Unidos) ou até propostas de ações subsequentes que levaram, por exemplo, à realização de ações concretas no município de Alcântara visando à melhoria das condições de vida da população local e ao estabelecimento de um programa de comunicação mais eficiente que culminou com o *motto* atual da AEB: "Aqui tem espaço!".

A importância do posicionamento institucional não pode ser deixada de lado. Assim como o CDPEB estar localizado diretamente no Palácio do Planalto foi necessário para reativar as discussões governamentais no setor, poderia a própria AEB passar por uma revisão quanto ao seu posicionamento na estrutura do Estado brasileiro? Após reconhecerem a criticidade e o caráter inerentemente estratégico do setor espacial para a nação, Camargo e Morosino (2021) verificam que a AEB atualmente está posicionada periféricamente no governo, fato esse que dificulta não somente sua atuação como órgão central do SINDAE, mas também anula o poder de transversalidade da Agência perante órgãos extra-SINDAE. O argumento de que a AEB deveria ser reposicionada em instância superior do organograma executivo federal, retornando à Presidência da República em conformidade com sua lei de criação, foi defendido com análises dos posicionamentos institucionais de outras agências espaciais, como a NASA, a dos Emirados Árabes

Unidos e a da Índia. Ademais, verificaram que a temática espacial tem atingido grande relevância no âmbito estratégico, sendo um tema de interesse para o governo que merece atenção da Estratégia Nacional de Inteligência (ENINT) (BRASIL, 2017), a qual também justificaria o ingresso da AEB ao Sistema Brasileiro de Inteligência (SISBIN). Ambas as movimentações propostas buscariam elevar a AEB a um patamar, merecido, de relevância no processo decisório nacional.

Apenas visando mostrar, novamente, como o investimento no setor espacial traz benefícios à população local, mas agora em relação ao Brasil, observa-se os dados estatísticos da cidade de Alcântara. A figura 10 abaixo mostra a série revisada do PIB per capita do município de Alcântara, da qual é possível verificar que em 2012 houve um aumento considerável e pontual nos dados, sendo este o ano no qual ocorreu maior movimentação referente à construção do que seriam as instalações da Alcântara Cyclone Space, empresa binacional já citada anteriormente.

Figura 10 – Produto Interno Bruto per capita do município de Alcântara (em R\$)



Fonte: (IBGE, 2022)

3 Metodologia

O Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Aeroespacial aqui apresentado possui uma metodologia de pesquisa que, apesar de pouco comum para sua área, é capaz de apresentar resultados significativos para a sua pergunta de pesquisa, qual seja: Como o Programa Espacial Brasileiro se insere no contexto atual do *New Space* global?

Em seu primeiro capítulo, Yin (2014) compara a metodologia de pesquisa do Estudo de Caso com as outras (experimento, levantamento, análise de arquivos e pesquisa histórica), discutindo quando se deve usar cada método. Tendo em vista que a pergunta de pesquisa em questão é do tipo "como", o fato de que o trabalho foca no estudo de eventos contemporâneos possibilitaria a realização de um experimento ou de um estudo de caso, ao passo que a pesquisa histórica estuda o passado, aquilo que não pode mais ser observado diretamente nem perguntado a quem observou.

A distinção que ocorre, e serve como justificativa para a escolha do método de estudo de caso está no fato de que o autor não pode manipular os comportamentos relevantes que estão sendo analisados, as tendências do *New Space* estão fora do controle. Experimentos contudo, requerem tal manipulação de forma direta, precisa e sistemática, como feito em laboratório por exemplo, focando em variáveis e controlando as remanescentes. Ademais, é de interesse notar que o estudo de caso se assemelha com a pesquisa histórica em técnica, mas permite a utilização de fontes de evidência adicionais, observação direta dos eventos e entrevistas com os envolvidos.

Após escolhido o método do estudo de caso, faz-se necessário reconhecer suas seis fontes de evidência, com alguns exemplos:

1. Documentação: memorandos, anúncios, relatórios de eventos, documentos administrativos, estudos formais ou notícias.
2. Registros em arquivo: dados estatísticos de governo (censos), registros organizacionais (planos orçamentários).
3. Entrevistas: geralmente fluida, que siga a linha de investigação enquanto se mantém conversacional.
4. Observações diretas: formalmente como observação de reuniões ou informalmente como observação dos arredores de uma organização (aferidos durante uma entrevista por exemplo).
5. Observação participante: "servir como membro da equipe em um ambiente organizacional" (YIN, 2014, p. 120), de relevância ao estudo.
6. Artefatos físicos: uma tecnologia, uma ferramenta, uma obra de arte etc.

Deve-se registrar que o autor, por ser funcionário de instituição com alta relevância para o estudo (a Agência Espacial Brasileira), por ter atuado no Departamento de Acompanhamento de Assuntos Espaciais (DAAE) da Presidência da República e por ser Ponto de Contato Nacional do Brasil no Conselho Consultivo da Geração Espacial (SGAC, na sigla em inglês), naturalmente é capaz de efetuar a coleta de evidências por meio de observação direta e de observação participante. Assim, é possível tomar proveito das vantagens e oportunidades incomuns ao estudo de caso, mas deve-se ter cautela com seus desafios, como discutido por Yin (2014).

Das seis fontes de evidência, o presente estudo contempla as cinco primeiras com análise de artigos científicos, livros acadêmicos, dados do governo brasileiro, quatro entrevistas, e as duas formas de observação, como mencionado acima. A seção 2 aborda a análise das fontes de documentação e registros em arquivo para permitir a percepção das tendências tecnológicas do *New Space* e o estado atual no qual o Brasil se encontra.

Acerca das entrevistas, para subsidiar o diagnóstico do Programa Espacial Brasileiro, verificou-se a necessidade de entrevistar indivíduos relevantes ao setor espacial, levando em consideração a tripla hélice (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 1995): Governo, Academia e Indústria. As entrevistas foram transcritas e constam em anexo, e os entrevistados foram:

1. Coronel Aviador Marcello Corrêa de Souza – então Diretor do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA);
2. Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia – Reitor do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA);
3. Sr. João Paulo Rodrigues Campos – Presidente da empresa Visiona.

Munido das informações obtidas, o passo subsequente foi a realização da Análise SWOT do Programa Espacial Brasileiro. Essa forma de análise consiste no levantamento dos elementos de uma organização (ou daquilo que é avaliado) que podem ser classificados como Forças, Fraquezas, Oportunidades ou Ameaças (WEIHRICH, 1982). Tem como propósito relacionar os fatores internos com os externos daquilo que se está avaliando para proporcionar o desenvolvimento de ações e estratégias que levem à consecução eficiente dos objetivos institucionais.

Em sequência, foi possível estabelecer qualitativamente uma Missão Espacial Completa Brasileira, levando em consideração o *New Space* e os processos de engenharia de missões espaciais delimitados por Wertz, Everett e Puschell (2011). É descrita uma declaração de missão, enquanto são estabelecidos seus objetivos primários, objetivos secundários, requisitos e limitações de missão.

Por fim, resguardada a liberdade acadêmica, são dispostos algumas ações estratégicas, sem especificação quanto a quem os caberia fazer, para o Programa Espacial

Brasileiro como um todo, com foco no seu desenvolvimento e posteriores benefícios à população brasileira.

4 Resultados e discussão

Munido com as informações obtidas e apresentadas no capítulo 2, somadas ao obtido a partir da metodologia descrita no capítulo anterior, a saber: três entrevistas com pessoas de importância ao PEB, viagens de reconhecimento ao ecossistema do PEB, observação direta e participante; o trabalho segue com as discussões aqui presentes. A seção 4.1 apresenta uma matriz SWOT do setor espacial brasileiro, com seus elementos, forças, fraquezas, oportunidades e ameaças discutidos em respectivas subseções. Em 4.2 é explorado um conceito de Missão Espacial Completa Brasileira sob a óptica do *New Space*, com requisitos de missão e características, sendo considerada sua coerência com as tendências mundiais atuais. Concluindo o capítulo, a seção 4.3 elenca algumas ações, cujo acato poderia, salvo melhor juízo, colaborar com o desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro.

4.1 Análise SWOT do setor espacial brasileiro

A partir dos subsídios coletados, foi possível estabelecer elementos, divididos em categorias temáticas (Econômica, Governança, Pessoas, Orçamento, População, Infraestrutura, Política), para então classificá-los como uma força, fraqueza, oportunidade ou ameaça, permitindo montar o apresentado na figura 11.

4.1.1 As competências e capacidades nacionais (S)

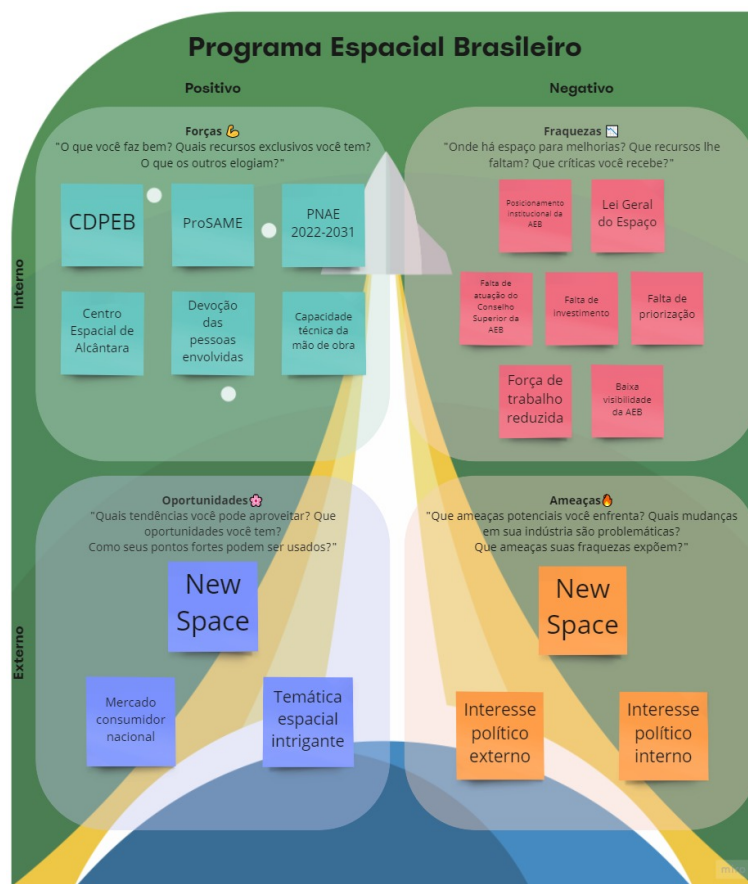
Pessoas

Os três entrevistados indicaram as pessoas do Programa Espacial Brasileiro como um ponto forte. O termo foi utilizado para se referir à capacidade técnica dos envolvidos, que estão distribuídos entre INPE, IAE e DCTA que possuem o "conhecimento de base" necessário e também ao se referir à vontade e ao foco dos envolvidos em desenvolver de fato o PEB e o Brasil.

Governança

Após consideração e comparação com suas versões anteriores (AEB, 2005; AEB, 2011), interpreta-se o Programa Nacional de Atividades Espaciais 2022-2031 (AEB, 2022) como uma força do PEB no âmbito da governança por delimitar aspectos antes desconsiderados. A lista de Objetivos Estratégicos de Espaço com seus respectivos eixos de atuação definidos mostra renovada proatividade da AEB em atuar como líder do setor nacional, assim como a instituição do Procedimento de Seleção e de Adoção de Missões (ProSAME) e o estabelecimento do CDPEB.

Figura 11 – Matriz SWOT



Fonte: Elaborado pelo autor

Infraestrutura

Pontua-se a existência do CEA (figura 12) como um ponto forte do Programa Espacial Brasileiro devido à sua localidade excepcional para lançamentos orbitais, conforme apresentado pela AEB (2020) e verificado pelo autor *in loco*. O centro se apresenta como extremamente propício e competitivo perante outros centros de lançamento existentes ao redor do globo.

Figura 12 – Torre Móvel de Integração do Centro Espacial de Alcântara



Fonte: Fotografia João Garrigó (foto tirada em missão com o autor)

4.1.2 O que falta para o Brasil? (W)

Governança

Enquanto um entrevistado mencionou o alinhamento institucional como propício, sendo uma oportunidade, os outros dois definiram o atual modelo de governança e a falta de alinhamento como uma fraqueza. Conforme verificado pelo autor no Referencial Teórico, decidiu-se por enquadrar o atual posicionamento institucional da AEB como uma fraqueza, assim como a inexistência da Lei Geral do Espaço, a falta de atuação do Conselho Superior da AEB e a falta de priorização da atuação dos entes envolvidos.

Orçamento

A questão orçamentária foi trazida pelos entrevistados, mas em um caso foi colocada como uma ameaça. Caso fosse feita a análise SWOT apenas da Agência Espacial Brasileira, seria possível interpretar a falta de recursos como uma ameaça, pois é vista como um elemento externo. Considerando-se o PEB como um todo, interpreta-se a falta de (ou o baixo) investimento como uma fraqueza por se entender que o SINDAE pode ter ações que afetem esse elemento, não estando completamente à mercê de outros atores.

População

A baixa visibilidade e reconhecimento da AEB perante a população brasileira é com certeza um fator tido como fraqueza do PEB. Verifica-se que a NASA é imediatamente reconhecida pelos brasileiros, enquanto a AEB, por vezes referida como "a NASA do Brasil", não é.

Pessoas

Apesar da capacidade técnica das pessoas envolvidas com o setor espacial, nota-se um discurso recorrente sobre a necessidade de recomposição da força de trabalho dos órgãos do SINDAE. Devido à falta de concursos públicos para a recomposição e ao envelhecimento dos servidores, observa-se, por exemplo, o alto número de aposentadorias próximas a ocorrer.

4.1.3 O Brasil como *key player* (O)

Econômica

O *New Space*, repetidamente mencionado no presente trabalho, apresenta-se sem sombra de dúvidas como a principal oportunidade do Brasil no setor espacial, sendo metaforizado como o "bonde" que o Brasil não deveria perder caso ainda almeje ser uma potência global. Um mercado consumidor nacional foi mencionado como uma oportuni-

dade para o PEB, se referindo à existência de entidades interessadas em consumir produtos espaciais no Brasil.

População

A temática espacial é vista positivamente pela grande maioria das pessoas que são estimuladas em eventos diversos e na rua. O espaço por si só possui visibilidade e isso é verificado como uma oportunidade para o PEB, que deve buscar ações para se promover.

4.1.4 O que pode dar errado? (T)

Política

Dada a conotação estratégica do setor espacial para as nações, é de conhecimento que nações adversárias seriam contrárias, seja ativa ou passivamente, ao desenvolvimento do nosso programa espacial. Ao mesmo tempo, observa-se que tal interesse contrário também pode provir de atores internos. Em conversas do autor com pessoas das agrovilas de Alcântara (figura 13, foi possível verificar a ocorrência de desinformação quanto às atividades do Programa Espacial Brasileiro, exemplificadamente no que tange à colocação de antenas para distribuição de internet via satélite (iniciativa da AEB dentro do Programa para o Desenvolvimento de Alcântara), era de conhecimento das pessoas ouvidas que a iniciativa era do Município de Alcântara, não restando reconhecimento algum ao trabalho da AEB.

Figura 13 – Conversa com professores de escola da agrovila Marudá - Alcântara



Fonte: Fotógrafo João Garrigó (foto tirada em missão com o autor)

Econômica

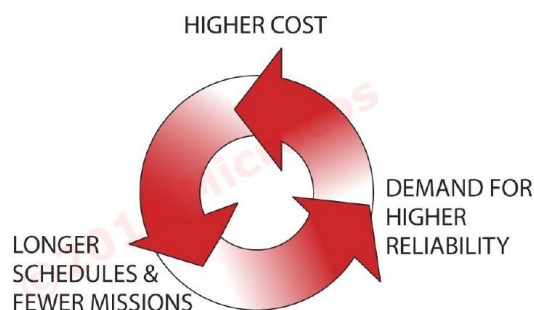
Pode-se interpretar, como dito por um entrevistado, que o movimento *New Space* apresenta-se também como uma ameaça, em sua opinião, caso o percamos. Adiciona-se

também o fato de que o *New Space*, por ser um movimento global, traz mais competição de outros países emergentes ao setor e que podem, de fato, ameaçar o desenvolvimento do Brasil.

4.2 Uma nova Missão Espacial Completa Brasileira

Engenharia de missões espaciais é o termo utilizado para se referir ao processo de definição dos parâmetros da missão e de refinamento dos seus requisitos, de forma a atingir os objetivos genéricos de uma missão espacial em um tempo aceitável e com mínimos custo e riscos. A espiral espacial (vide figura 14 abaixo) demonstra que para missões espaciais, o custo elevado gera um cronograma mais longo e menor número de missões, o que ocasiona na necessidade de se ter maior confiabilidade nos sistemas, e consequentemente um maior custo, reiniciando a espiral. O conceito é usado para explicar por que os Estados Unidos passaram a ter um programa espacial com poucas missões, extremamente caro e devagar para responder (WERTZ; EVERETT; PUSCHELL, 2011). Entende-se que as missões deveriam se tornar mais rápidas, mais baratas, mais úteis e em maior quantidade.

Figura 14 – Espiral espacial



Fonte: (WERTZ; EVERETT; PUSCHELL, 2011)

O *New Space*, amplamente discutido neste trabalho, pode ser a solução, por meio de, por exemplo, missões menores de baixo custo que não tenham a necessidade de se ter garantia absoluta de sucesso. Assim é possível propor uma nova Missão Completa Espacial Brasileira seguindo as tendências trazidas pelo *New Space*, delimitando-a até o passo número 6 (e excluindo o item 3) do processo de engenharia de missões espaciais proposto por (WERTZ; EVERETT; PUSCHELL, 2011) pois a complexidade dos passos restantes foge do escopo do presente trabalho.

4.2.1 Objetivos de missão

Declaração de missão

O sonho de o Brasil possuir um Missão Espacial Completa remete à década de 70, conforme discutido em 2.3. Por diversos fatores esse ideal não ocorreu, apesar de o País ter tido progresso com componentes de uma eventual missão completa, como por exemplo ter sido capaz de desenvolver um satélite de grande porte totalmente nacional. Porém, usando os conceitos do *New Space* é possível quebrar a espiral espacial da engenharia de missões ao desenvolver uma missão nacional de baixa complexidade, baixo custo e baixo risco a ser lançada do Centro Espacial de Alcântara. Tal missão abrangeria o uso de um microlançador nacional para suprir a necessidade do Brasil por imageamento satelital de qualidade e de forma responsiva.

Objetivo Primário

Proporcionar capacidade própria de observação da Terra ao Brasil e seus aliados.

Objetivos Secundários

1. Atender aos diversos *stakeholders* brasileiros interessados em possuir acesso a imagens satelitais de qualidade (ex: INPE, ANA, PRF, PF, CENSIPAM, MMA, FA, etc);
2. Estabelecer a capacidade nacional de realizar todos os componentes de uma missão espacial, tendo em mente as tendências do *New Space*;
3. Demonstrar ao povo brasileiro a capacidade tecnológica e industrial do país;
4. Promover o desenvolvimento da indústria nacional;
5. Integrar o grupo de países com capacidades espaciais completas;
6. Gerar efeitos induzidos indiretos na sociedade brasileira.

4.2.2 Stakeholders

1. **Cliente primário:** Conselho Nacional do Espaço ¹
2. **Cliente secundário:** Congresso Nacional
3. **Operador:** Centro de Operações Espaciais (COPE)
4. **Usuário final:** Órgãos da administração pública federal e a população brasileira

¹ Ver Art. 8 da Resolução CDPEB nº 17, de 16 de dezembro de 2021 (BRASIL, 2021b)

4.2.3 Requisitos da missão

Requisitos funcionais

- Desempenho
 - Resolução espacial de 3m;
 - Bandas RGB e NIR;
 - Largura de faixa (*swath width*) de 120km.
- Cobertura
 - Território brasileiro e países vizinhos.
- Prontidão
 - Obter imagem de qualquer ponto da área coberta em 24 horas;
 - Interpretação dos dados disponível em menos de 10 minutos.
- Missão secundária
 - Serviço de inteligência e defesa.

Requisitos operacionais

- Controle
 - Deve ser controlado por um segmento de solo do governo brasileiro;
 - Deve possuir sistema de atuação contra colisão.
- Tempo de vida da missão
 - 2 anos.
- Disponibilidade do sistema
 - Nova possibilidade de aquisição de imagem a cada 24 horas.
- Capacidade de sobrevivência do sistema
 - Deve possuir proteção para o ambiente de órbita baixa;
 - Deve queimar por completo na reentrada com o fim do tempo de vida.
- Distribuição dos dados
 - Estações de solo em território brasileiro para receber, guardar e interpretar os dados.

Limitações

- Custo
 - Por ano, deve ser menor do que o custo de aquisição direto das imagens da iniciativa privada (ex: Planet);
 - Custo de pesquisa e desenvolvimento;
 - Possivelmente mais elevado do que o disponível apenas pela AEB.
- Cronograma
 - Operacional em 3 anos.
- Risco
 - Sistema responsivo e *payloads* de baixo custo reduzem a criticidade de cada lançamento.
- Regulação
 - Congestionamento orbital.
- Político
 - Missão de interesse para as necessidades do Brasil;
 - Proporciona desenvolvimento socioeconômico da população.
- Interfaces
 - Simples de ser demandado pelos órgãos interessados.
- Limites de desenvolvimento
 - Solução nacional para um satélite de resolução espacial de 3m deve ser desenvolvida.

4.2.4 Arquiteturas

- Objeto da missão
 - Objeto passivo: observação da Terra em luz visível e infravermelho próximo.
- Carga útil
 - Nanossatélite 3U com sensores ópticos e capazes de enviar dados à estação de solo.

- Plataforma
 - Painéis solares, proteção térmica e proteção contra radiação ionizante
- Segmento de solo
 - Estações de solo dedicadas para recebimento e armazenagem de dados, em território brasileiro.
- Operações
 - Contínua.
- Comando, controle e comunicações
 - Ao menos uma estação de solo para cada satélite, ou seja, para cada faixa percorrida, e conectadas para transferência de dados.
- Órbita
 - Órbita síncrono-solar (SSO), circular, altitude baixa (LEO).
 - Constelação de 36 satélites².
- Segmento de lançamento
 - Veículo lançador de pequeno porte (Microlançador) – entre 11 e 200 kg de capacidade para a órbita baixa (LEO);
 - Veículo lançador projetado sob o critério de custo de operação mínimo, ao invés de máxima eficiência energética;
 - Base de lançamento nacional operacional - Centro Espacial de Alcântara.

Conceito da missão

Constelação de satélites de observação, lançados responsivamente, que transmitem os dados para estações de solo distribuídas pelo território brasileiro e atuam sob coordenação da Agência Espacial Brasileira para disponibilizar os dados conforme são requeridos pelos *stakeholders* governamentais interessados.

4.3 Ações para o Programa Espacial Brasileiro

O autor, como resultado de sua análise documental, de suas experiências em campo, de sua vivência interna do setor e de interações diretas com indivíduos relevantes ao setor espacial, nacional e internacional, traz na presente seção algumas ações que

² Ver Apêndice B

entende ser de interesse ao Programa Espacial Brasileiro, estando resguardado pela Liberdade de Cátedra. As sugestões visam colaborar com o desenvolvimento do Programa, no sentido de aproximá-lo às tendências internacionais do *New Space*, tornando-se mais competitivo mundialmente.

1. AEB sob a Presidência da República

Para poder realizar suas competências legais devidamente, especificamente a de ser a entidade coordenadora do SINDAE, a AEB deve ser reposicionada institucionalmente sob a Presidência da República, tal como determina sua lei de criação (vide seção 2.3). Somente assim conseguirá ter o alcance transversal inerente ao setor espacial dentro do governo brasileiro. Em tal situação, o Conselho Superior da AEB poderia então servir como o Conselho Nacional do Espaço atualmente em consideração. Esse alcance transversal seria facilitado nesta nova (ou originária) configuração, devido à eliminação de um nível hierárquico nas interações com outros órgãos ou ministérios no âmbito do executivo federal. Percebe-se que o setor espacial é multidisciplinar, significando que seria proveitoso ter a AEB posicionada em instância não apenas superior no organograma federal, mas também em instância central. Em sua atual posição, a AEB faz parte de uma pasta voltada para a ciência e tecnologia, temática claramente congruente, mas muito limitada ao comparar com as reais aplicações do setor espacial. O PNAE, em sua versão corrente, lista oito setores-chave para as aplicações das atividades espaciais, e tais setores estão distribuídos nas mais variadas pastas governamentais. Posicionar a AEB sob a Presidência da República possibilitaria a influência direta na primeira instância de tomada de decisões, assessorando diretamente ao Presidente da República sobre a temática espacial e tendo maior articulação com todos os atores que podem se beneficiar de um programa espacial desenvolvido.

2. Aumento da visibilidade

Nota-se a necessidade de a Agência Espacial Brasileira obter mais visibilidade da população e para isso deve buscar promover ações com esse objetivo, por exemplo, com a venda de materiais institucionais, patrocínio/apoio a eventos de grande alcance, promovendo competições estudantis voltadas ao setor espacial, tendo "tempo de televisão". Oportunidades, como a queda de um objeto espacial no Sul do Brasil mais recentemente, deveriam ser aproveitadas por meio de entrevistas dos colaboradores da Agência, não somente sobre o evento em si mas também sobre temáticas relacionadas. Sua própria existência ainda não é de conhecimento geral, então deve-se buscar formas de tornar sua marca e sua sigla conhecidas.

3. AEB ser incluída no SISBIN

Por ser um ambiente que lida com informações de cunho altamente estratégico e de interesse nacional que requerem grau elevado de atenção no âmbito da inteligência, o SISBIN se mostra como ecossistema coerente com as ações da AEB. A AEB fazer parte do SISBIN a nivelaria com instituições do alto escalão do governo, meio no qual ela receberia uma voz mais relevante no âmbito nacional. A geointeligência, por exemplo, é um ramo da inteligência que se baseia na análise de imagens satelitais para a tomada de decisão. A AEB não só detém informações de interesse nacional, como também atua em sua obtenção. Estar neste meio a permitiria ter ciência das necessidades estratégicas dos outros atores do setor de inteligência e atuar na tentativa de saná-las.

4. Aumento da interação com a classe política

Apesar de já existir uma Frente Parlamentar Mista para o Programa Espacial Brasileiro (FPMPEB) dentro do Congresso Nacional e já terem participado de iniciativas para conhecer o ecossistema espacial nacional, como terem visitado o CLA, são poucos os parlamentares que efetivamente dão voz ao Programa e à sua importância para o Brasil. Desta forma, verifica-se a necessidade de aumentar a interação com os parlamentares com ações de conscientização ou reuniões diretas.

5. Lei Geral do Espaço

Deve ser aprovada. Apesar de o número de países com instrumentos legais próprios ainda não ser elevado, este está aumentando. Possuir uma base legal robusta para as atividades espaciais nacionais é crucial em meio ao fortalecimento do *New Space*. Os tratados das Nações Unidas não abordam todos os aspectos necessários para o destravamento da economia espacial do Brasil, que precisa de segurança jurídica para florescer.

6. Concurso público para servidores da AEB, do INPE e DCTA

A situação dos recursos humanos, no âmbito do setor público, do SINDAE é crítica. Enquanto a AEB dispõe de poucos servidores, tendo sofrido com movimentações recentes, os outros órgãos possuem uma mão de obra em idade avançada, cujo cenário de aposentadoria é preocupante. A realização de concursos públicos para a recomposição dos quadros de servidores é necessária para que não ocorra a completa interrupção dos serviços dos órgãos.

7. Comercialização do Centro Espacial de Alcântara

O governo deve buscar formas de encorajar a atuação das empresas interessadas em utilizar o CEA, conforme o Primeiro Chamamento Público e chamamentos futuros. A própria aprovação da Lei supramencionada, juntamente com a des-

burocratização dos processos e a centralização das tratativas sob as mãos de um órgão central (como denotado) poderiam ajudar nessa questão.

8. Comercialização de veículos lançadores

Devem ser estabelecidos dispositivos legais que permitam a comercialização de veículos lançadores desenvolvidos por instituições públicas, com lucro realocado no desenvolvimento do PEB e/ou ações sociais em Alcântara. A criação da empresa pública Alada discutida pelo CDPEB poderia ser uma solução.

9. População de Alcântara

Deve ser melhor divulgado à população de Alcântara (e seus políticos) a atuação da AEB e a importância do PEB para a promoção de desenvolvimento socioeconômico. Em visita às agrovilas e em conversas com os locais, o presente autor percebeu alto índice de desinformação e até recebimento indevido dos méritos. As antenas GESAC para recebimento de internet via satélite, por exemplo, iniciativa da AEB no âmbito do Plano de Desenvolvimento Integrado do Centro Espacial de Alcântara, era visto como uma entrega do município à população. A Unidade Regional da AEB em Alcântara deve atuar visando à correta distribuição de informações. A recente entrega de 50 computadores às escolas das comunidades foi uma atuação coerente com o desenvolvimento do PEB.

10. Recursos orçamentários da AEB

Alocação/centralização dos recursos orçamentários federais voltados à atividade espacial para a AEB, que, sob demanda, seria a responsável por suprir as demandas espaciais nacionais. Exemplificando, a compra de imagens satelitais de empresas estrangeiras por diferentes órgãos do governo pode estar causando duplicidade de gastos no âmbito federal e tal medida poderia sanar essa situação. Uma outra hipótese seria a de a AEB servir como ponto de contato governamental para interação com empresas quando da contratação de serviços espaciais (AEB poderia receber Termos de Execução Descentralizada dos órgãos governamentais quando estes quiserem contratar serviços), recebendo para isso aumento do seu orçamento.

11. Indústria nacional

A interação com a indústria nacional deve ser aumentada, inclusive aquela não atuante no setor espacial e que pode descobrir maneiras inovadoras de se inserir nele. Nota-se que o termo indústria inclui também o setor de serviços. São incontáveis os exemplos de tecnologias espaciais que possuem aplicações em outros setores. O inverso também é possível. O Brasil dispõe de várias empresas líderes mundiais em seus setores e que possuem verbas para pesquisa e

desenvolvimento. Estas poderiam ser destinadas ao setor espacial, com possível inclusão de novo modelo de negócios ao portfólio da empresa. E se a Vale, por exemplo, desenvolvesse tecnologias para mineração em corpos celestes? Como coordenadora do SINDAE, que inclui a indústria, a AEB poderia promover a realização de *Workshops* de conscientização da indústria, que não necessariamente reconhece que seus produtos já existentes podem ter aplicações no setor espacial.

12. Receitas extra-governamentais para a AEB

Estando o orçamento federal dependente do Ministério da Economia e do Congresso Nacional, os órgãos públicos do SINDAE devem buscar receitas extra-governamentais, como por exemplo pela criação de fundos setoriais ou por investimento privado direto, o que necessitaria de dispositivos legais adicionais.

13. Ações de capacitação

Deve haver promoção de ações de capacitação da mão-de-obra existente atuante no setor espacial, não apenas em engenharia, mas também em economia espacial, direito espacial, inteligência estratégica, diplomacia, entre outros. As tendências globais apontam para uma atuação cada vez mais relevante do setor espacial, e políticas devem ser instituídas para preparar os profissionais brasileiros, especialmente os mais novos, para uma sociedade interplanetária.

14. Incubação de Start-ups

O ambiente empreendedor no Brasil é desafiador por natureza. Aqueles que resolvem empreender no setor espacial, criando start-ups condizentes com as tendências do *New Space*, poderiam ser estimulados e apoiados por um programa de incubação, tal como a Agência Espacial Europeia possui.

15. Academia espacial nacional

Nota-se baixa existência de pesquisas universitárias com legítimo interesse estratégico nacional. A AEB poderia buscar o estabelecimento de acordos de cooperação com as universidades brasileiras que oferecem engenharia aeroespacial (ou qualquer outro curso) para o desenvolvimento de pesquisas tripartites (servidor da AEB, professor universitário, estudante) de interesse da AEB e do PEB. Isto poderia ser encorajado mais fortemente por meio de transferência de verbas para as instituições. Um Termo de Execução Descentralizada pode possuir tal utilidade.

16. VLM

Os órgãos competentes devem analisar a possível descontinuação do projeto VLM e, caso ocorra, transferência de tecnologia do desenvolvimento dos motores para posterior utilização em projeto mais coerentes com o *New Space*.

17. Economia espacial

Apesar de ser um termo recente do setor, o *New Space* tem mostrado a relevância de se estudar as tendências econômicas das atividades espaciais. Devem ser realizados estudos para a análise econômica do PEB e de seus *stakeholders*, visando à verificação das necessidades nacionais e ao estabelecimento de planos concretos de ação.

18. Hubs industriais

Criação, por meio de incentivos governamentais, de hubs industriais espaciais pelo território nacional, com políticas de atração de empresas. Atualmente o setor espacial nacional está muito concentrado em São José dos Campos e entorno. Hubs específicos poderiam ser criados em outras localidades. Já mencionado diversas vezes, o estado do Maranhão abriga o Centro de Lançamento de Alcântara que possui diversos serviços industriais de interesse, mas não apenas ele. O Rio Grande do Norte abriga o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno, o Mato Grosso sedia a Estação Terrena de Rastreamento e Controle, Minas Gerais comporta o Laboratório Nacional de Astrofísica, o Mato Grosso do Sul possui ampla capacidade agricultora, carente de serviços espaciais. A própria capital, por sua centralidade institucional e geográfica, poderia sediar empresas de interpretação de dados e/ou serviços de consultoria do setor espacial.

5 Considerações Finais

O presente trabalho se baseou em análise documental histórica, observação direta e participante em locais chave do Programa Espacial Brasileiro, experiência pessoal do autor em eventos espaciais nacionais e internacionais, entrevistas com personagens relevantes ao PEB e interações informais com diversos indivíduos atuantes em variados níveis hierárquicos de *stakeholders* do setor espacial brasileiro e global para enfim atingir os objetivos propostos. O Referencial Teórico apresentado mostrou as tendências globais do *New Space*, discorrendo sobre como agências espaciais renomadas (NASA e ESA) têm se adaptado perante esse movimento, sobre suas tecnologias características e sobre a situação na qual o setor espacial brasileiro se encontra.

Como resultados, foi primeiramente possível desenhar uma Matriz SWOT do Programa Espacial Brasileiro que explicita sinteticamente seu estado atual, evidenciando o movimento *New Space* como uma oportunidade. Percebendo então o sonho coletivo, "posto na prancheta" pelo PNAE corrente, de o Brasil possuir uma missão espacial completa, faz-se uma análise de engenharia de missões espaciais para uma MECB fundamentada no *New Space*. Por fim, são listadas 18 ações, embasadas na metodologia do trabalho, que em última instância visam ao desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro e que merecem estudos e análises dedicados pelos tomadores de decisão acerca de suas possíveis implementações.

Assim, estudos futuros podem, e devem, abordar especificamente cada uma das ações para que sejam delimitados planos concretos de ação. A Missão Espacial Completa apresentada também deve ser revisitada e detalhada por pesquisas subsequentes que verifiquem sua coerência. No âmbito de um trabalho em parceria com a Agência Espacial Brasileira, o presente autor desejou contribuir, com base em seus estudos, para o progresso do Brasil na esfera espacial e, apesar de sua jovem experiência, interpreta que os conceitos do *New Space* são melhor compreendidos pelas gerações mais recentes.

Conclui-se que o *New Space* é um movimento intenso e inovador que vem abalando o setor espacial mundial, obrigando-o a se adaptar à inovação proposta. Metaforicamente, e em alusão a dois dos entrevistados, o *New Space* é um "bonde" que a nação não deveria perder. Ações, como as aqui propostas, e que convirjam a experiência e a inovação espaciais devem ser tomadas objetivando o melhor desenvolvimento do setor no Brasil.

Referências

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2005-2014*. Brasília, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 43.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2012-2021*. Brasília, 2011. Citado na página 43.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. Nota Técnica nº 31/2020/DTEL: Operação de lançamento de veículos espaciais não militares empregando o Centro Espacial de Alcântara (CEA). Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/chamamento-publico-public-call/chamamento-publico-1/sei_aeb-0072072-nota-tecnica.pdf>. Acesso em: 15 de abr. de 2022. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 44.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Amazonia 1 é lançado com sucesso e já está em órbita*. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/amazonia-1-e-lancado-com-sucesso-e-ja-esta-em-orbita>>. Acesso em: 30 set. 2021. Citado na página 31.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Teste do motor S50 foi um sucesso*. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/teste-do-motor-s-50-foi-um-sucesso>>. Acesso em: 10 de out. 2021. Citado na página 33.

AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. *Programa Nacional de Atividades Espaciais: 2022-2031*. Brasília, 2022. Citado na página 43.

ALTMAN, D. Hybrid rocket development history. In: *AIAA/SAE/ASME/ASEE 27th Joint Propulsion Conference*. [S.l.]: American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 1991. Citado na página 27.

AUTRY, G. The next economic revolution just (re)launched: Congratulate spacex, thank nasa. *Forbes Science*, 2017. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/gregautry/2017/04/01/the-next-economic-revolution-just-relaunched-congratulate-spacex-thank-nasa/?sh=53243f9a8c7e>>. Acesso em: 20 out. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 30.

BARTELS, W. A atividade espacial e o poder de uma nação. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 34.

BORENSZTEIN, E.; GREGORIO, J. D.; LEE, J.-W. How does foreign direct investment affect economic growth? *Journal of international Economics*, Elsevier, v. 45, n. 1, p. 115–135, 1998. Citado na página 17.

BRASIL. Decreto presidencial nº 51.133, de 3 de agosto de 1961. Cria o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Estudos Espaciais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1961. Citado na página 32.

- BRASIL. Decreto presidencial nº 68.099, de 20 de janeiro de 1971. Cria a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1971. Citado na página 32.
- BRASIL. Decreto presidencial nº 68.532, de 22 de abril de 1971. Extingue o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) e cria o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1971. Citado na página 32.
- BRASIL. Lei nº 8.854, de 10 de fevereiro de 1994. Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1994. Citado na página 32.
- BRASIL. Decreto nº 1.953, de 10 de julho de 1996. Institui o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais - SINDAE. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 1996. Citado na página 32.
- BRASIL. Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. Aprova a Estratégia Nacional de Defesa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2008. Citado na página 35.
- BRASIL. Portaria Interministerial MD/MCTI nº 2.151, de 2 de outubro de 2015. Institui o Grupo de Trabalho Interministerial para o Setor Espacial (GTI - Setor Espacial). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2015. Citado na página 36.
- BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2016. Citado na página 36.
- BRASIL. Decreto nº 14.503, de 15 de dezembro de 2017. Aprova a Estratégia Nacional de Inteligência. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2017. Citado na página 39.
- BRASIL. Decreto nº 9.279, de 6 de fevereiro de 2018. Cria o Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2018. Citado na página 37.
- BRASIL. Lei nº 14.133, de 1 de abril de 2021. Lei de licitações e contratos administrativos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2021. Citado na página 36.
- BRASIL. Resolução CDPEB nº 17, de 16 de dezembro de 2021. Publica as deliberações do plenário do Comitê de Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro, em sua nona reunião, ocorrida no dia 8 de dezembro de 2021. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 48.
- BRYCE. BRYCE Space and Technology, 2020. Disponível em: <<https://brycetech.com/reports>>. Acesso em: 21 mar. 2021. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- BRYCE SPACE AND TECHNOLOGY. Smallsats by the numbers. 2022. Disponível em: <<https://brycetech.com/reports.html>>. Acesso em: 10 fev. 2022. Citado 3 vezes nas páginas 26, 27 e 31.
- BUSHNELL, D. M.; MOSES, R. W. Commercial space in the age of “new space”, reusable rockets and the ongoing tech revolutions. *Nasa STI*, 2018. Citado na página 29.

- CAMARGO, A. V.; MOROSINO, L. V. *A inteligência estratégica na condução do Programa Espacial Brasileiro*. Trabalho de Conclusão de Curso para Especialização pelo Curso Superior de Inteligência Estratégica — Escola Superior de Defesa, Brasília, 2021. Citado na página 38.
- CAMERON, B. G.; SEHER, T.; CRAWLEY, E. F. Goals for space exploration based on stakeholder value network considerations. *Acta Astronautica*, Elsevier, v. 68, n. 11-12, p. 2088–2097, 2011. ISSN 00945765. Citado na página 19.
- CLARK, B. E. et al. Chapter 1 - a brief history of spacecraft missions to asteroids and protoplanets. In: ABREU, N. (Ed.). *Primitive Meteorites and Asteroids*. [S.l.]: Elsevier, 2018. p. 1 – 57. ISBN 978-0-12-813325-5. Citado na página 14.
- CNBC. *The space industry will be worth nearly \$3 trillion in 30 years, Bank of America predicts*. 2017. Disponível em: <<https://www.cnbc.com/2017/10/31/the-space-industry-will-be-worth-nearly-3-trillion-in-30-years-bank-of-america-predicts.html>>. Acesso em: 21 jul. 2020. Citado na página 18.
- DARPA. *DARPA Launch Challenge*. 2020. Disponível em: <<https://www.darpa.mil/news-events/2020-03-03>>. Acesso em: 03 dez. 2020. Citado na página 31.
- DAVID, A. O. *Hybrid Propulsion System for CubeSat Applications*. 146 f. Tese (Doutorado em Filosofia) — Department of Electronic Engineering, University of Surrey, Guildford, Surrey, UK, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 27.
- DENIS, G. et al. From new space to big space: How commercial space dream is becoming a reality. *Acta Astronautica*, Elsevier, v. 166, p. 431–443, 2020. Citado 3 vezes nas páginas 14, 16 e 17.
- DEWES, M. D. F. *Projetos nacionais de inovação : práticas do setor espacial brasileiro*. 133 f. Tese (Doutorado em Administração) — Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2012. Citado na página 36.
- DOMINGOS, C. *Design and numerical analysis of a N₂O/paraffin fueled hybrid rocket to perform capture maneuvers in a Mars orbit*. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Aeroespacial) — School of Aerospace Engineering, Sapienza Università di Roma, 2021. Citado na página 28.
- DOMINGOS, C. H. F. L. et al. Design and experimental set-up of a paraffin-based hybrid rocket engine to brake a 24U microsatellite in a Mars orbit. In: *5th IAA Conference on University Missions and CubeSat Workshop*. [S.l.: s.n.], 2020. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- DURÃO, O. S. C.; CEBALLOS, D. C. Desafios estratégicos do programa espacial brasileiro. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 35.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The triple helix—university-industry-government relations: A laboratory for knowledge based economic development. *EASST review*, v. 14, n. 1, p. 14–19, 1995. Citado na página 41.

- EUROCONSULT, 2019, São José dos Campos. *Trabalhos apresentados - 3º Fórum da Indústria Espacial Brasileira*. Disponível em: <<http://forumindustriaespacial2019.aeb.gov.br/>>. Acesso em: 14 jul. 2020. Citado na página 18.
- EUROPEAN SPACE AGENCY. *This is ESA*. 2022. Disponível em: <https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/11/This_is_ESA>. Acesso em: 24 de abr. de 2022. Citado na página 22.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. *The Annual Compendium of Commercial Space Transportation*: 2018. Washington, 2018. Citado na página 25.
- FRANCINI, S. et al. Near-real time forest change detection using planetscope imagery. *European Journal of Remote Sensing*, IntechOpen, v. 53, p. 233–244, 2020. Citado na página 31.
- GRÖNLAND, T.-A. et al. Miniaturization of components and systems for space using MEMS-technology. *Acta Astronautica*, v. 61, p. 228–233, 2007. Citado na página 26.
- HAY, J. et al. Global space industry: Refining the definition of new space. *AIAA Space 2009 Conference and Exposition*, 2009. Citado na página 16.
- HERTZFELD, H. R. Globalization, commercial space and spacepower in the usa. *Space Policy*, Elsevier, v. 23, n. 4, p. 210–220, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 20.
- INATANI, Y.; NARUO, Y.; YONEMOTO, K. Concept and preliminary flight testing of a fully reusable rocket vehicle. *Journal of Spacecraft and Rockets*, v. 38, p. 36–42, 2001. ISSN 00224650. Citado na página 29.
- INPE. *Amazonia-1*. 201? Disponível em: <http://www.inpe.br/amazonia1/en/about_satellite/>. Acesso em: 03 dez. 2020. Citado na página 31.
- INSTITUT D'ÉMISSION DES DÉPARTEMENTS D'OUTRE-MER. French guyana at a glance. 2014. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES. L'impact du spatial sur l'économie de la guyane. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/alcantara/pesquisa/38/46996?tipo=grafico&indicador=47001>>. Acesso em: 15 de out. de 2021. Citado na página 39.
- JONES, H. W. The recent large reduction in space launch cost. *48th International Conference on Environmental Systems*, p. 81, 2018. Disponível em: <<https://ttu-ir.tdl.org/handle/2346/74082>>. Citado na página 30.
- KENNEDY, J. F. Special message to the congress on urgent national needs. In: *Delivered in person before a joint session of Congress*. Washington, D.C.: [s.n.], 1961. v. 25. Citado na página 13.
- KUO, K. K.; CHIAVERINI, M. J. *Fundamentals of Hybrid Rocket Combustion and Propulsion*. [S.l.]: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2007. Citado na página 28.

- LAPPAS, V.; KOSTOPOULOS, V. A survey on small satellite technologies and space missions for geodetic applications. *Satellites Missions and Technologies for Geosciences*, IntechOpen, p. 123, 2020. Citado na página 27.
- LICKFOLD, C.; JETTER, M. Systematic Underinvestment in the Global Space Sector: An Explanation and Potential Remedies. *Space Policy*, v. 47, p. 34–43, 2019. Citado na página 18.
- LIMA, A. S. d. The Brazilian Space Program Development Committee: Origin and achievements. In: 34TH IAA SYMPOSIUM ON SPACE POLICY, REGULATIONS AND ECONOMICS. *72nd International Astronautical Congress*. Dubai, 2021. Disponível em: <<https://iac2021-iaf.ipostersessions.com/Default.aspx?s=C3-D7-BE-DA-B4-C3-03-08-80-50-CC-0E-D5-D5-CA-C9>>. Acesso em: 20 de abr. de 2022. Citado na página 38.
- LOGSDON, J. M. et al. Exploring the unknown: Selected documents in the history of the US. In: NASA. *The NASA History Series*. Washington, D.C., 1995. v. 1. Citado na página 13.
- MARANHÃO, F.; HOORN, G.; BRAGA, A. C. The space law review: Brazil. *The Law Reviews*, p. 1–16, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- MCALISTER, P. Paper Session III-C - The economic impact of commercial space transportation on the US economy. In: *Proceedings of the 38th Space Congress*. Radisson Resort at the Port, Cape Canaveral, FL: Embry-Riddle Aeronautical University, 2001. Citado na página 23.
- MONTE, L. del; SCATTEIA, L. A socio-economic impact assessment of the european launcher sector. *Acta Astronautica*, Elsevier, v. 137, p. 482–489, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 21, 23 e 24.
- MORANTA, S.; DONATI, A. Space Ventures Europe 2018 - Entrepreneurship and Private Investment in the European Space Sector. *New Space*, v. 8, n. 1, p. 7–17, 2018. Citado na página 22.
- MORGAN STANLEY. *Space: Investing in the Final Frontier*. 2020. Disponível em: <<https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space>>. Acesso em: 21 jul. 2020. Citado na página 18.
- NASA. *MarCO*. 2018. Disponível em: <<https://www.jpl.nasa.gov/missions/mars-cube-one-marco>>. Acesso em: 26 mar. 2022. Citado na página 28.
- NETO, T. V. O acesso independente ao espaço. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 33.
- NIWA, M. Um novo rumo para a aceleração do desenvolvimento de veículos lançadores de médio e grande porte no brasil. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 33.
- OKNINSKI, A. et al. Hybrid rocket propulsion technology for space transportation revisited - propellant solutions and challenges. *FirePhysChem*, v. 1, p. 260–271, 2021. Citado na página 29.

- OPTO. *OPTOPayload*. 2021. Disponível em: <<https://optosd.com.br/projetos/earth-observation-3u-optical-payload/>>. Acesso em: 20 jan. 2021. Citado na página 32.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2019. Disponível em: <<https://unstats.un.org/unsd/snaama/Basic>>. Acesso em: 27 jan. 2021. Citado na página 22.
- PANTOJA, F. C. M.; KASEMODEL, C. A. d. M. Os desafios e a estratégia brasileira de acesso ao espaço. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 32.
- PETRONI, G.; BIGLIARDI, B. *The Space Economy: From science to market*. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing, 2019. Citado na página 19.
- PLANET LABS PBC. *Our constellation*. 2022. Disponível em: <<https://www.planet.com/our-constellations/>>. Acesso em: 26 mar. 2022. Citado na página 31.
- RAFALSKYI, D.; AANESLAND, A. Brief review on plasma propulsion with neutralizer-free systems. *Plasma Sources Science and Technology*, IOP Publishing Ltd, v. 25, 2016. ISSN 13616595. Citado na página 29.
- RICHARDS, C. L. A new space architecture. *AIAA SPACE 2015 Conference and Exposition*, p. 1–9, 2015. Citado na página 29.
- ROETTGEN, R. *New Space Economy*. EPFLx: edX, 2022. Citado na página 17.
- ROTHWELL, R. Issues in user–producer relations in the innovation process: the role of government. *International Journal of Technology Management*, Inderscience Publishers, v. 9, n. 5-7, p. 629–649, 1994. Citado na página 36.
- SALOMÃO, L. A. Reflexões sobre o Programa Espacial Brasileiro. In: SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS – PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasília, 2011. Citado na página 34.
- SELVA, D.; KREJCI, D. A survey and assessment of the capabilities of Cubesats for Earth observation. *Acta Astronautica*, v. 74, p. 50–68, 2012. ISSN 00945765. Citado na página 25.
- SHABBIR, Z.; SAROSH, A.; NASIR, S. I. Policy Considerations for Nascent Space Powers. *Space Policy*, Elsevier Ltd, v. 56, 2021. Citado na página 24.
- SPACEX. *Mars and Beyond*. 2020. Disponível em: <<https://www.spacex.com/human-spaceflight/mars/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2020. Citado na página 14.
- SWEETING, M. Modern Small Satellites - Changing the Economics of Space. *Proceedings of the IEEE*, v. 106, n. 3, p. 343–361, 2018. Citado na página 16.
- TOSON, E.; KARABEYOGLU, A. Design and optimization of hybrid propulsion systems for in-space applications. In: *51st AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference*. [S.l.]: American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, AIAA, 2015. ISBN 9781624103216. Citado na página 28.
- TREIN, C. A. Actividades espaciales en Brasil. In: SPACE SUMMIT 2022. *Feria Internacional del Aire y del Espacio*. Santiago, 2022. Citado na página 33.

- TSIOLKOVSKY, K. E. The exploration of cosmic space by means of reaction devices. *Scientific Review*, v. 5, 1903. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 29.
- TUMMALA, A. R.; DUTTA, A. An overview of Cube-Satellite propulsion technologies and trends. *Aerospace*, MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 4, n. 4, dec 2017. ISSN 22264310. Citado na página 25.
- UAE SPACE AGENCY. *About EMM*. 2021. Disponível em: <<https://www.emiratesmarsmission.ae/>>. Acesso em: 20 mar. 2022. Citado na página 28.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS. *International Space Law: United Nations Instruments*. New York, 2017. Citado na página 35.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS. *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Membership evolution*. 2022. Disponível em: <<https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/members/evolution.html>>. Acesso em: 01 de nov. de 2021. Citado na página 35.
- VERNE, J. *De la Terre à la Lune*. França: Pierre-Jules Hetzel, 1865. Citado na página 13.
- VISIONA TECNOLOGIA ESPACIAL. 2021. Disponível em: <<https://www.visionaespacial.com.br/>>. Acesso em: 14 de abr. de 2022. Citado na página 36.
- VITT, D. C. Estimating the Impact of Shuttle Launches on Regional Economic Activity. *Space Policy*, v. 46, p. 1–8, 2018. Citado na página 21.
- WEIHRICH, H. The tows matrix—a tool for situational analysis. *Long range planning*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 54–66, 1982. Citado na página 41.
- WELLS, H. G. *The First Men in the Moon*. Londres: George Newnes Ltd, 1901. Citado na página 13.
- WERTZ, J. R.; EVERETT, D. F.; PUSCHELL, J. J. *Space mission engineering: the new SMAD*. [S.l.]: Microcosm Press, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 47.
- WHEALAN GEORGE, K. The Economic Impacts of the Commercial Space Industry. *Space Policy*, v. 47, p. 181–186, 2019. Citado na página 21.
- WITZE, A.; MALLAPATY, S.; GIBNEY, E. All aboard to mars. *Nature*, Springer Nature Limited, v. 583, p. 184 – 188, 2020. Citado na página 14.
- YIN, R. K. *Case study research: design and methods*. [S.l.]: SAGE Publications Inc, 2014. v. 5. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 41.

Apêndices

APÊNDICE A – As entrevistas

A.1 Questionário

Considerando a natureza inerente da tríplice hélice ao Programa Espacial Brasileiro, a presente entrevista tem por objetivo observar as visões de um representante de cada "hélice": Governo, Academia e Indústria; para ser possível obter informações de interesse aos objetivos dispostos no trabalho ora apresentado.

1. Como o senhor enxerga o Programa Espacial Brasileiro hoje?
2. O que falta/O que poderia ser feito para desenvolvê-lo?
3. Qual seria, a seu ver, a função:
 - a) do Centro de Lançamento de Alcântara no PEB?
 - b) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica no PEB?
 - c) da Visiona no PEB?

Obs: a depender do entrevistado
4. O que um Programa Espacial desenvolvido significaria para a população local?
5. Tendo em mente uma matriz SWOT de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças e considerando o PEB como um todo, por favor cite:
 - a) 1 Força;
 - b) 1 Fraqueza;
 - c) 1 Oportunidade;
 - d) 1 Ameaça.

A.2 Transcrição das entrevistas

Entrevista 1: Governo

Nome do entrevistado: Coronel Aviador Marcello Corrêa de Souza

Cargo: Diretor do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)

Entrevistador: Primeiramente, como o Senhor enxerga o Programa Espacial Brasileiro hoje?

Coronel Corrêa: Hoje, o Programa Espacial Brasileiro está focado realmente em melhorar nossas capacidades tanto de lançamento quanto de construção de artefatos espaciais quanto o controle desses artefatos espaciais em órbita. Então, parte dessas dificuldades e buscas do programa espacial contemplam então o CLA. Na parte de lançamento, a gente vê uma grande importância para que o programa espacial realmente se desenvolva, se consolide.

E nessa parte, o CLA está trabalhando bastante para que essas entregas do Programa Espacial Brasileiro, elas tragam benefícios para o país como um todo que pretende se tornar um ator de destaque na área espacial no cenário internacional.

Entrevistador: O que o senhor acha que está faltando para o PEB como um todo?

Coronel Corrêa: Hoje o principal problema que nós enfrentamos é a questão de recursos, a gente, apesar de todo esforço do governo e dos envolvidos nessa tarefa de desenvolver um programa espacial brasileiro, ainda estamos aquém. A questão do percentual que nós aplicamos do PIB na área espacial ainda é um percentual baixo e estamos trabalhando para que a gente consiga ampliar esse percentual do programa espacial brasileiro e que a gente consiga, pelo menos chegar, vamos dizer, no patamar de outros países no cenário continental em termos de investimento em termos de parcela do PIB, em investimentos na área de espacial.

Entrevistador: Certo, então, qual seria, ao seu ver, a função do CLA, especificamente, no PEB?

Coronel Corrêa: Então dentro da questão de capacidade de lançamento o CLA se insere na medida em que ele é o principal centro de lançamento brasileiro, possui todas as características, vamos dizer, privilegiadas para esse tipo de atividade. Tem uma localização geográfica privilegiada.

Está numa região do país que tem uma condição climática ideal para lançamentos. Possui uma amplitude azimutal para o lançamento que permite atingir planos orbitais da gama mais diferenciada, então podemos colocar artefatos dentro de planos orbitais polares equatoriais, então realmente é um centro privilegiado e que dentro do programa espacial brasileiro tem essa função de capitanear essa capacidade de lançamento.

Entrevistador: O que, a seu ver, um PEB desenvolvido significaria para a população do Brasil, do Maranhão, e de São Luís?

Coronel Corrêa: Hoje é inegável a grande gama de áreas de atuação que se beneficiam com um desenvolvimento do programa espacial brasileiro. Então, hoje diversas atividades, elas necessitam de sistemas baseados em satélite.

Então, hoje, desde o nosso, o smartphone, que depende do GPS, que depende da comunicação de satélite para para atingir pontos remotos. Então hoje a gente tem desde os pequenos das pequenas necessidades do ser humano até diversas atividades estratégicas que dependem da de sistemas espaciais para a sua utilização.

Então hoje fica até bastante caracterizada que, para o desenvolvimento de um país, a atividade espacial ela exerce uma importância bem significativa para atingir esse objetivo de desenvolvimento de um país, então o programa espacial brasileiro, ele precisa ser valorizado, na medida em que ele, a partir dele, que a gente vai conseguir desenvolvimento em outras áreas, bastante importante para o país.

Entrevistador: Para finalizar, dentro do âmbito da matriz SWOT, de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, você pode citar uma força, uma ameaça, uma oportunidade e uma fraqueza do setor espacial?

Coronel Corrêa: Uma força. Eu acredito que as pessoas, hoje, as pessoas estão muito focadas realmente, em desenvolver o Programa Espacial Brasileiro, principalmente os envolvidos diretamente, as organizações, a identidade, as instituições, elas realmente estão focadas em trabalhar para que o programa espacial brasileiro decole. Eu acho que a nossa força hoje está nas pessoas.

Hoje a fraqueza realmente é questão de disponibilização de recursos orçamentários. Então, quando a gente conseguir realmente uma quantidade de recursos adequados é a grande chance do nosso programa espacial decolar

A oportunidade que eu vejo é o alinhamento institucional. Hoje o governo entende, as instituições entendem que temos um cenário propício para esse desenvolvimento. Então eu vejo como essencial o cenário que nós vivemos hoje para que o programa espacial realmente tenha desenvoltura necessária para o país.

Ameaça que eu vejo hoje seria realmente o interesse de outros países em que o País, o nosso país, não se desenvolva nessa área. Então a gente vê que como é uma área estratégica, outros países tendem a nos boicotar de diversas formas, tanto em termos de tecnologias que a gente tem lutado para desenvolver internamente, quanto atividades que hoje nós exercemos, mediante convênios e tudo mais. Então, hoje, pela projeção que o País tem internacionalmente, não há o interesse de outros países que o Programa Espacial Brasileiro ele siga no rumo, então essas ameaças, principalmente no cenário internacional, elas precisam ser mitigadas para que a gente desenvolva internamente o programa adequado para o país.

Entrevista 2: Academia

Nome do entrevistado: Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia

Cargo: Reitor do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)

Entrevistador: Como o senhor enxerga o Programa Espacial Brasileiro hoje?

Prof. Anderson: Eu considero o Programa Espacial Brasileiro bastante ambicioso. As pessoas que lideram esses sistemas são pessoas motivadas, bem-intencionadas e que tem desafios, de verdade. Eu vejo alguns países onde um programa espacial não é tão desafiador quanto o nosso, porque o nosso é completo, ele envolve não apenas fazer projetos espaciais, mas conquistar autonomia no setor. O que poucos países têm. E é um programa também, que já teve os resultados intermediários, não é um programa completamente assim, desafiador sem ter um resultado passado. Então a gente tem já uma longa história, o que dá uma esperança de que a gente consiga dar passos à frente porque a gente já teve já os passos intermediários, não apenas na área de espaço, mas em áreas correlatas também, como telecomunicações, defesa e a aeronáutica

Entrevistador: E o que você acha que poderia/deveria ser feito para desenvolvê-lo? O que está faltando?

Prof. Anderson: Então, o programa espacial, ele tem, assim, bons projetos, tem uma coordenação, tem um cronograma. Eu acho que uma carência óbvia são recursos de investimentos, que a gente tem recursos humanos e de bom nível, tem infraestrutura, tem capacitação técnica para isso.

Evidentemente, os recursos, eles acompanham as necessidades de investimento. E, falta um pouco mais de coordenação e governança. Vejo muito atrito nas organizações, porque elas são, em níveis administrativos diferentes. Você tem, setores que são eminentemente serviço, tem setores que são militares e há setores privados também. Então essa coordenação tem que ser muito bem-feita para que você consiga alcançar os resultados da forma mais rápida.

Entrevistador: Qual seria, a seu ver a função do ITA, especificamente, dentro do PEB?

Prof. Anderson: Então, a gente vem trabalhando em várias frentes. Primeiro, na frente de formação de Recursos Humanos. A gente criou o curso de engenharia aeroespacial há cerca de dez anos, que vem formando gente nesse setor. É o curso mais concorrido do ITA. Dos seis cursos de graduação é o mais concorrido no vestibular. O que significa que as pessoas acreditam no nosso curso, e também tem interesse, porque eles podiam optar por qualquer outro. E nós temos uma Embraer que tem cerca de cinco mil engenheiros e que contrata e que poderia contratar qualquer egresso do ITA, engenheiro aeronáutico, mecânico, eletrônico, mas os alunos preferem fazer a aeroespacial. Então eles têm uma fé no país, fé no programa. A gente também tem um programa de mestrado e doutorado na área espacial. É um programa que também funciona há cerca de dez anos que a gente criou e que já formou trezentos mestres e doutores nesse período. Então, e não só militares, mas até mais civis que militares que vem fortalecendo o programa na forma de conhecimento técnico científico, pessoas bem capacitadas para campo.

Outra atribuição nossa que a gente tem colocado e é recente, coisa, dos últimos dois, três anos, nós criamos o Centro Espacial ITA, ele tem um papel de desenvolver projetos. E a gente tem, vários projetos ligados a New Space. Como a gente começou do zero a gente consegue focar já naquilo que tem mais viabilidade de ocorrência, tem resultados de curto prazo.

Entrevistador: Pensando nos benefícios socioeconômicos que poderão ser trazidos pela atividade espacial, o que um programa espacial mais desenvolvido significaria para a população do Brasil e, podendo especificar, em São José dos Campos e do estado de São Paulo?

Prof. Anderson: Então, não é fácil explicar para a sociedade os benefícios do programa espacial. Como são resultados intangíveis, de longo prazo, que são, em áreas diferentes, as pessoas não conseguem perceber de forma rápida. Então, a gente precisa contar muito com a compreensão da classe governamental e política para que isso seja atingido. De qualquer forma, as pessoas têm percebido o impacto do programa espacial.

Primeiro nas telecomunicações. Isso eu acho que é mais fácil se caracterizar. GPS com melhor qualidade, navegação, serviços de aviação controlados por GPS e a parte de celulares também, telefonia 5G. Então é isso que o pessoal percebe fácil, que é o primeiro ponto.

O ponto da autonomia de comunicações, a autonomia de controle, está ficando mais fácil entender por causa da Guerra da Ucrânia, por causa da COVID. O povo percebeu que não dá para a gente ficar dependente da Rússia, da China, da Índia, Estados Unidos, qualquer país que tenha autonomia espacial, a gente tem que ter a nossa. Não que a gente tenha tido problemas durante a guerra ou a pandemia, mas em outros pontos a gente tem percebido a falta de insumos para vacinas, para alimentação, para fertilizantes no agronegócio, então hoje o povo brasileiro acordou um pouco mais para essa questão da autonomia.

Da mesma forma que é ruim ficar dependendo de comida e de vacinas do exterior, é ruim depender de satélites e de lançamentos de fora. Pensando numa situação hipotética, vamos supor que a gente precise fazer lançamentos nos próximos anos, os países falam: "olha, não vai ter mais lançamentos do Brasil aqui do nosso país porque a gente vai priorizar só os lançamentos da França ou da China, da Índia, dos Estados Unidos". A gente vai ter que ter a nossa própria base para lançamento. E também para que a base seja utilizada por outros países que não têm também os seus pontos. E também, os impactos sociais que eu percebo são aqueles de você não ter a capacidade naquele momento, isso afeta a indústria, afeta o nosso sistema de saúde, sistema de aviação de transporte. Então uma situação de falta de acesso ao espaço pode gerar um empobrecimento no futuro. Isso a sociedade está começando a perceber um pouquinho mais.

Entrevistador: No âmbito da matriz SWOT, que se refere à força, fraquezas, oportunidades e ameaças, você poderia citar uma força, uma fraqueza, uma oportunidade e uma ameaça do Programa Espacial Brasileiro como um todo?

Prof. Anderson: Em termos de força, eu considero a capacitação técnica, porque não é qualquer país que consegue ter um INPE com quase mil pessoas bem capacitadas, um DCTA com milhares pessoas aqui bem capacitadas. Ter universidades com cursos de boa qualidade. Então, essa capacitação técnica, os países para chegar a esse ponto levariam décadas, a gente tem já essa capacitação técnica.

Em termos de fraqueza, eu considero essa questão da governança. A governança eu considero uma fraqueza. Como eu disse, além de serem entidades distintas, elas são todas governamentais. O setor privado não tem muita atuação no programa espacial, ele é muito centrado no governo. Isso traz mais burocracia e perda de agilidade.

Em termos de ameaças, eu considero a falta de investimento, isso pode gerar atrasos significativos e a gente perder o bonde da vez, e aí outros países podem tomar a nossa posição.

Oportunidade eu considero o New Space, é uma forma da gente obter resultados e a gente entrar competitivo nesse setor.

Entrevista 3: Indústria

Nome do entrevistado: Sr. João Paulo Rodrigues Campos

Cargo: Presidente da empresa Visiona Tecnologia Espacial

Entrevistador: Primeiramente, como o senhor enxerga o Programa Espacial Brasileiro hoje?

João Paulo: Eu acho que está tendo avanços institucionais, a governança do setor, melhorando, saiu agora o novo PNAE, no qual eu pude colaborar. Para mim, existe ainda um problema importante de recurso, de alinhamento entre os entes da cadeia. E as iniciativas ainda estão um pouco descoordenadas. Por mais que todas as entidades participem se conheçam e tem boas intenções, a gente é sempre limitado pela realidade e pelas dificuldades do dia a dia. Então é assim que eu enxergo o Programa hoje.

Entrevistador: O que poderia ou deveria ser feito para desenvolvê-lo, no sentido de o que o que falta?

João Paulo: Olha, comparativamente ao que acontece nos grandes centros, uma questão óbvia é a quantidade de recursos que se aloca ao setor. Então se pegar China, Índia, programas que são por unanimidade, projetos fomentados pelo governo. Na Europa, você tem iniciativas do governo, mas também tem muito dinheiro para apoiar os movimentos das empresas, apoiar a inovação.

Pegar nos Estados Unidos é um misto das coisas todas, além de tudo ainda tem um mercado consumidor brutal. Existe um apoio muito forte, é um pouco diferente, não é tão direto assim como é na Europa e nos outros, mas ainda assim é um apoio muito forte. Então assim a gente tá longe de ter um ambiente como esse. Então qual que é a nossa alternativa, é a gente conseguir tirar o melhor recorde de cada Real, que a gente investir no programa.

Para isso, é importante que haja alinhamentos, iniciativas. Isso faz com que o esforço seja aproveitado. Uma coisa que eu acho que isso não acontece muito ainda no Brasil. Há uma dificuldade enorme de planejar a longo prazo e de coordenar iniciativas, sobretudo quando você está envolvido na iniciativa privada e governo, então essa coordenação não é fácil. Por mais que você tenha um mercado consumidor forte, em nenhum lugar do mundo as iniciativas são só do mercado, sempre tem um dedo do governo, seja apoiando o desenvolvimento, seja comprando insumos. Isso aqui ainda não acontece.

Entrevistador: Então, nesse aspecto, qual seria, a seu ver, a função das empresas privadas no PEB?

João Paulo: Olha, sobretudo uma questão do New Space né, a gente tem dois tipos de empresas na área espacial brasileira. Primeiro você tem o upstream, e depois o downstream. O upstream é a fabricação de satélites. Downstream é a exploração dos dados. Existem várias empresas, pequenas aqui no país, explorando os dados. E no upstream você tem fabricante de componentes. Você tem a Visiona como a integradora de satélites.

É difícil uma empresa de componentes de satélites partir do Brasil, onde não tem demanda nacional estabelecida, não tem tanto apoio de desenvolvimento de tecnologia como na Europa, muito difícil de transformar uma iniciativa em um negócio sustentável. Quem tem mais chances de conseguir fazer isso é a Visiona, porque ela atua no nível do sistema, ela consegue projetar sistemas que venham endereçar as necessidades civis. E ela também tem uma parte de serviços então, consegue, com uma perna, atender programas governamentais e também servir o mercado privado na casa de aplicações, inclusive com soluções próprias. Então, o que a gente projeta para a Visiona, o que a gente está trabalhando nos blocos, nos pequenos pedaços para poder construir, é que a gente seja capaz de envolver usuários de produtos de satélites, como a Petrobras, Vale e empresas do agro porque isso desenvolve a tecnologia da aplicação e você desenvolve a solução espacial, não para as suas próprias soluções, mas também para entregar para os outros players do programa espacial brasileiro. Esse é o papel que a gente vem trabalhando para desempenhar dentro do programa espacial.

É muito difícil, os dados espaciais têm muito valor, mas você precisa conseguir saber explorá-los. Dentro do governo, você precisa ter alguém, que vai ser o evangelizador, que vai pegar aquela tecnologia e vai tentar levar adiante, mostrar o seu uso. Normalmente a gente vê nas entidades do governo, cada um está olhando para o seu quadrinho, você não tem dentro do governo um evangelizador, além da Agência Espacial Brasileira naturalmente, mas dentro das suas limitações, você não tem um evangelizador. Você precisa ter alguém que ajude a desenvolver a demanda por produtos espaciais, isso que vai puxar o orçamento, os investimentos para a produção de satélites

Entrevistador: Então, o que um PEB já desenvolvido significaria para a população no Brasil, especificamente, São Paulo e São José dos Campos?

João Paulo: Olha, para São José dos Campos tem uma coisa muito particular que é o desenvolvimento da tecnologia local e aí você tem uma mão de obra de alta qualidade engajada nisso e essas tecnologias, elas transbordam para setores próximos. Então existe um componente de desenvolvimento industrial e tecnológico. Ele existe em outras partes do país, mas ele é mais concentrado aqui em São José.

Na parte das aplicações, aí você tem ganhos enormes. O satélite é muito bom para ajudar a conectar, a visualizar grandes áreas. O Brasil é um dos grandes países do mundo, o natural é que o Brasil seja um dos países do mundo com mais aplicações potenciais de satélites; monitorar cidades, monitorar infraestruturas, a agricultura, meio ambiente, topografia para você poder fazer projetos de infraestruturas, enfim, várias aplicações. Defesa, inteligência. Tem muita aplicação para o nosso país.

Entrevistador: Pensando em uma matriz SWOT, que traz forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, você poderia, por favor citar uma de cada, uma força, uma fraqueza, uma oportunidade, uma ameaça do PEB como um todo?

João Paulo: A principal força é o mercado consumidor. Você pode até botar como uma oportunidade, é o mercado consumidor local, mercado próprio.

Uma força é o conhecimento das tecnologias de base, da área espacial. Não é todo mundo que tem. O Brasil é um país que conseguiu construir essa base tecnológica.

Uma ameaça é o bonde da história. A revolução do New Space está acontecendo agora. Não é daqui a dez anos, é agora. Se não conseguir fazer esse negócio decolar agora, esquece, você perdeu o bonde, vamos pensar em outra coisa.

Das fraquezas eu diria essa falta de alinhamento dos atores da cadeia e o baixo investimento.

APÊNDICE B – Estimativa da Constelação Proposta

Conforme discutido em 4.2, foi apresentada qualitativamente uma Missão Espacial Completa Brasileira que esteja alinhada com o movimento *New Space* global. Tal missão visa saciar a necessidade de se ter a capacidade nacional de observação da Terra com boa resolução (3m) de forma responsiva, podendo ser lançada e operada do Brasil. Uma possível arquitetura (conforme 4.2.4) para atender às necessidades da missão foi vislumbrada com a utilização de uma constelação de 36 satélites em órbita síncrono-solar, circular de baixa altitude (LEO).

Este apêndice busca mostrar como o número de 35 satélites foi aferido. Foi feito um cálculo estimativo básico tendo como parâmetros básicos uma largura de faixa (*swath width*) - a espessura percorrida pelo campo de visão do satélite de 120km para cada satélite, posicionados de forma que suas faixas se conectassem lado a lado. Tendo sido escolhido como requisito da missão que o território brasileiro deveria estar coberto pela missão e sabendo que a expansão linear do território brasileiro de sua extremidade leste à sua extremidade oeste é de 4319 km¹, foi possível estimar com facilidade o valor necessário para se cobrir essa extensão, assumidas órbitas com inclinação de 90°, apenas ao se dividir ambos os valores e assim obtendo-se 36 satélites.

¹ Valor obtido de <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/area-brasil.htm>>.