

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MATHEUS SILVA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE
ATIVIDADES ESPACIAIS COMO POLÍTICA ORIENTADA POR MISSÕES:**
um panorama do PNAE 2012-2021

Rio de Janeiro
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

MATHEUS SILVA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE
ATIVIDADES ESPACIAIS COMO POLÍTICA ORIENTADA POR MISSÕES:**
um panorama do PNAE 2012-2021

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Economia da Universidade Federal do
Rio de Janeiro como exigência para obtenção do
título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Dra. Renata Lèbre La Rovere

Rio de Janeiro
2021

MATHEUS SILVA DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES
ESPACIAIS COMO POLÍTICA ORIENTADA POR MISSÕES: UM PANORAMA DO PNAE 2012-
2021

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto de Economia da Universidade Federal do
Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do
título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Rio de Janeiro, 5/24/2021.

RENATA LÈBRE LA ROVERE - Presidente
Professora Dra. do Instituto de Economia da UFRJ

LUIZ MARTINS DE MELO
Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

CAETANO CHRISTOPHE ROSADO PENNA
Doutor em Science and Technology Policy Studies pela University of Sussex

As opiniões expressas nesse trabalho são de exclusiva responsabilidade do autor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por sua misericórdia e graça sobre minha vida que se renovam a cada dia. Aos meus pais, Israel e Eunice, que sempre estiveram comigo e me impulsionaram com muita sabedoria e amor. Ao meu irmão, Rafael, que me incentivou a fazer o curso de economia, e todo o seu conhecimento e vida acadêmica que me inspiram a cada dia.

Aos meus amigos que me serviram de inspiração e ânimo em momentos de tristeza e estiveram comigo desde o início da faculdade. Em especial, Yasmin Haddad, que contribuiu com suas palavras, carinho e companhia nessa jornada da monografia.

À minha professora orientadora, Renata, que me apresentou de forma tão encantadora a economia da tecnologia e sempre se dispôs, com boa vontade e precisão, a fazer os apontamentos basilares desse trabalho.

RESUMO

SANTOS, Matheus Silva. **Avaliação da Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais como política orientada por missões**: um panorama do PNAE 2012-2021. Monografia (Graduação em Ciências econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O presente trabalho faz um levantamento e análise da Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais, objetivando interpretar se pode ser enquadrada segundo o arcabouço teórico recente de política orientada por missões de Mariana Mazzucato (2017). Para isso, essa análise busca a delimitação de critérios e indicadores para essa qualificação e qual o contexto da teoria da inovação nos quais eles se inserem. Posteriormente, o objetivo é a compreensão do contexto do setor espacial para a definição do objeto de análise – o Programa Nacional de Atividades Espaciais 2012-2021, que é a maior expressão da política espacial citada inicialmente – e possibilitar, por fim, uma interpretação conforme os critérios e indicadores levantados dentro do contexto da economia evolucionária. Para isso, a análise utiliza de uma revisão bibliográfica para o referencial teórico e compreensão das atividades espaciais, utilizando dados e informações disponibilizadas por relatórios e plataformas de dados para adentrar mais especificamente no cenário brasileiro. Em suma, a interpretação sugere que a política espacial brasileira se enquadra como uma política orientada por missões e contém alguns dos elementos necessários para seu sucesso, porém há indícios de que sua implementação se aproxime mais da concepção antiga de políticas orientadas por missões.

Palavras-chave: Economia Evolucionária; Sistema de Inovação; Estado Empreendedor; Economia Espacial (*Space Economy*); Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE); Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação Genérica do Sistema Nacional de Inovação	23
Figura 2 - Evolução das atividades espaciais pelo número de lançamentos anuais	35
Figura 3 - Analogia de ondas de revolução industrial e de atividades espaciais	36
Figura 4 - Aplicações e tecnologias espaciais gerais	37
Figura 5 - Economia espacial global:receita mundial de 2019 em bilhões de dólares .	38
Figura 6 - Número de empresas participantes da cadeia de valor do setor espacial.....	38
Figura 7 - Sistema de inovação do setor espacial diretamente ligado a satélites.....	40
Figura 8 - Desenho de estruturação da PNDAE	49
Figura 9 - Atores do Sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação.....	52
Figura 10 - Política espacial brasileira.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características de antigos e novos projetos orientados por missões	28
Quadro 2 - Capacidades e áreas de aplicação	29
Quadro 3 - 7 passos práticos para organizações orientadas por missões.....	30
Quadro 4 - Segmentos de atores do setor espacial	42
Quadro 5 - Rotina do padrão ECSS-M-ST10C	44
Quadro 6 - Níveis de TRL e grau de risco tecnológico	46
Quadro 7 - Cursos de formação de capital humano.....	54
Quadro 8 - Resultado da interpretação do PNDAE	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo expectativa PNAE x Execução orçamentária da AEB57

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1. REFERENCIAL TEÓRICO	13
INTRODUÇÃO	13
1.1. O DEBATE EVOLUCIONÁRIO.....	13
1.2. A TEORIA DA INOVAÇÃO.....	16
1.3. SISTEMA DE INOVAÇÃO.....	20
1.4. ESTADO EMPREENDEDOR ORIENTADO POR MISSÕES	25
CONCLUSÃO	31
2. O SETOR ESPACIAL E SEU ARRANJO INSTITUCIONAL NO BRASIL	32
INTRODUÇÃO	32
2.1. DEFINIÇÃO DE SETOR ESPACIAL.....	33
2.2. O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO	46
2.2.1. Breve Histórico do programa espacial brasileiro	47
2.2.2. Infraestrutura e Organização Institucional	49
2.2.3. Capacidades Espaciais Brasileiras – Políticas orientadas por missões	53
CONCLUSÃO	69
3. ANÁLISE INTERPRETATIVA DA PNDAE	71
INTRODUÇÃO	71
3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E INDICADORES	71
3.2. ANÁLISE INTERPRETATIVA DA PNDAE	72
CONCLUSÃO	84
CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1980, renova-se um debate acerca da teoria da inovação e seus efeitos na definição de políticas tecnológicas. A partir disso, Mariana Mazzucato (2011) debate o papel do Estado no desenvolvimento econômico e que, sem uma intervenção pública que trabalhe o desenvolvimento teórico da inovação recente, causará “impacto limitador sobre crescimento econômico” (MAZZUCATO, 2011, p.18).

Tendo isso em vista, Mazzucato (2011) aborda essa questão destacando o papel empreendedor de um Estado proativo que atua por meio da tomada de riscos e investimentos em inovações, as quais são marcadas pelas características de cumulatividade, incerteza e coletividade (Mazzucato, 2016). Ademais, Mazzucato (2017) destaca um Estado empreendedor que é orientado por missões e descentralizado, como essenciais para alcançar a transformação qualitativa, capaz de manter contato com toda a cadeia de produção e inovação e orientar a velocidade e direção dessa transformação.

Com isso, um dos setores primordiais no nascimento dessa concepção de políticas orientadas por missões é o setor espacial, devido à natureza de suas atividades, tendo como marco a missão Apollo de 1969 para levar o homem à lua. O setor espacial surgiu a partir da liderança empreendedora dos Estados em busca da hegemonia tecnológica e envolveu todo um sistema de inovação público descentralizado orientado por missões. Com o resultado dessas primeiras missões, *feedbacks* e evolução teórica dessa abordagem a estruturação mais recente de políticas orientadas por missões passou por uma renovação dos elementos e capacidades consideradas fundamentais para essas políticas.

Nesse contexto, o Brasil iniciou a exploração de atividades espaciais e construção de um arcabouço completo de políticas que buscassem a autonomia e sendo bem-sucedido na consolidação de instituições capacitadas tecnologicamente. No entanto, o Programa Espacial Brasileiro vem passando por uma série de problemas orçamentários, de não realização de projetos e não alcance das metas estabelecidas que levanta dúvidas sobre se essas políticas são consideradas orientadas por missões e em que medida possuem os elementos fundamentais para sua realização.

Sabendo disso, o presente trabalho objetiva fazer uma avaliação interpretativa de adequação e qualificação do Programa Espacial Brasileiro, a partir da última versão do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) referente ao período de 2012 a 2021, às

novas características de políticas orientadas por missões dentro do contexto presente que passa o setor espacial internacional. Isto é, parte-se da seguinte questão de pesquisa: a estruturação dessas políticas abrange todos os critérios para ser considerada orientada por missões e contém todos os elementos necessários para seu sucesso? Os objetivos específicos são: apresentar o referencial teórico necessário para analisar estas políticas; descrever o setor espacial brasileiro; e analisar o PNAE a partir dos elementos reunidos no referencial teórico e na caracterização do setor.

A partir dessa avaliação, essa monografia visa contribuir com uma análise sobre a política espacial e facilitar a compreensão de elementos e o acesso ao debate de um setor estratégico que carece de acompanhamento e materiais acessíveis ao amplo entendimento.

Com relação à metodologia, configura-se uma análise exploratória que propõe uma conceituação de política orientada por missões e de suas qualidades aplicada ao Programa Espacial Brasileiro. Para isso, inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica de referencial teórico e das características gerais do setor espacial – que dispõem de maiores recursos e aproximação de órgãos oficiais, posteriormente foi feito um levantamento de informações qualitativas e quantitativas acerca do arranjo institucional do setor no Brasil e por fim foi elaborada uma interpretação a partir de critérios e indicadores.

O método para a interpretação dos critérios e indicadores se dá por meio de três passos: estabelecimento da forma de avaliação do critério ou indicador, justificativa e, por fim, o resultado binário como ou significativo ou não-significativo. Para o primeiro passo, partiu-se das definições explícitas no referencial teórico do item em questão, entendidas conjuntamente com o arcabouço evolucionário. Para o segundo passo, foi feita uma reorganização de informações qualitativas e quantitativas levantadas para o setor espacial no recorte da forma de avaliação definida. Por fim, propõe-se um resultado de interpretação binário: significativo caso haja justificativa competente perante o recorte inicial e, caso contrário, não significativo.

Além disso, para a pesquisa em si, foram utilizados muitos dados qualitativos, como os que estão presentes na PNAE, sobre descrições e informações das missões, sobre as instituições foram derivados de relatórios institucionais, Portal da Transparência do Governo Federal, portal siga Brasil do Senado Federal e informações dispostas nos sites principalmente da AEB e INPE mas também de diversas outras instituições citadas no texto.

A monografia é dividida em três capítulos. O primeiro capítulo é de referencial teórico e descrição dos pilares da teoria da inovação. Os objetivos específicos deste capítulo se referem

a delimitar o debate da teoria da inovação necessária até a conceituação do sistema de inovação o qual atua o Estado empreendedor orientado por missões e identificar os critérios, características e capacidades que serão a base de delimitação para a análise interpretativa.

Em seguida, no capítulo dois, é estabelecido o objeto, definindo o que é o setor espacial, seus desenvolvimentos recentes relevantes e características de sua natureza. Portanto, a partir disso, sendo possível delimitar como se dá a organização dessas atividades no Brasil e identificação das suas capacidades conforme a definição direta de Mazzucato a ser identificada no referencial teórico.

Por fim, no capítulo três, são separados os aspectos levantados no referencial teórico em pontos resumidos que serão demarcados em duas categorias: critérios e indicadores. Esses critérios respondem acerca da caracterização como política orientada por missões e os indicadores acerca de elementos que são importantes e estabelecem o potencial de sucesso dessas políticas.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

INTRODUÇÃO

O capítulo mostra a construção e os desenvolvimentos iniciais da teoria da inovação e sua importância para o crescimento e competitividade. A partir dela, os autores da economia evolucionária realizaram uma série de melhoramentos de acordo com a realização de pesquisas empíricas e mais atreladas à realidade das firmas na atividade inovadora.

Esse desenvolvimento teórico levou à construção do conceito de sistema de inovação em que pode ser refletido como tendo três elementos principais: pensamento sistêmico, processo de inovação e sistema complexo. Pensamento sistêmico porque permite pensar no sistema de forma holística – ou seja, de forma conjunta e integral dos fenômenos – em um processo de inovação viabilizado e originado a partir de diversas fontes de aprendizados coletivos e com acúmulo de competências dentro de um sistema complexo. Entende-se por sistema complexo um sistema composto por diferentes elementos cujas competências são construídas por esses atores, os quais interagem e geram conexões entre si. (LUNDVALL, 2010)

Essa nova perspectiva sistêmica possibilita o olhar de um papel totalmente diferente para as intervenções do Estado para além das falhas de mercado. Nesse sentido, destaca-se um conceito, apresentado por Mariana Mazzucato (2011), que consolida o pensamento de um papel ativo e empreendedor do Estado, em que este se torna líder e o principal tomador de riscos para a introdução de inovações dentro desse sistema de inovação. Mariana Mazzucato aponta para um Estado descentralizado, em diversos órgãos e agências autônomas, orientado por missões para solução de problemas e desafios práticos capazes de dinamizar e direcionar eficazmente as inovações em prol dos objetivos públicos de política e de bem-estar social.

1.1.O DEBATE EVOLUCIONÁRIO

A ótica da teoria da inovação foi primeiramente desenvolvida a partir dos trabalhos de Schumpeter a respeito do processo capitalista, revisto no presente trabalho principalmente em *Teoria do Desenvolvimento Econômico* (1911) e *Capitalismo, Socialismo e Democracia* (1942). A teoria evolucionária foi desenvolvida empiricamente a princípio por Nelson e Winter

em *An evolutionary theory of economic change* (1982) e foi progredindo com outros trabalhos que fundamentaram o conceito de *Entrepreneurial State* (2011) de Mariana Mazzucato.

Como elemento fundamental do debate evolucionário, a concepção inicial Schumpeteriana demonstra preocupação com relação ao processo de desenvolvimento econômico se contrapondo à visão predominante da economia tradicional neoclássica sobre o fenômeno. Neste sentido, a determinação do ritmo de desenvolvimento não se dá em função de fatores exclusivamente econômicos prévios, como nível tecnológico e quantidade de estoque de capital, mas que – segundo Schumpeter (1911, p.73) – os fenômenos econômicos experimentam mudanças que mudam o próprio curso tradicional e que contrastam com a análise estática de equilíbrio descrito pela escola neoclássica.

Nesse caso, para Schumpeter, o desenvolvimento é essencialmente uma mudança qualitativa espontânea e descontínua da estrutura produtiva, a qual deve agregar em ganhos econômicos vantajosos. Os evolucionários desenvolvem este conceito: para eles o processo se dá de maneira endógena ao sistema capitalista, impactando as condições de mercado como um ambiente de seleção natural (NELSON E WINTER, 1982). Assim, eles diferenciam esse conceito de um processo de mero crescimento da economia, refletido no crescimento da população e riqueza como é tratado na economia ortodoxa até então.

Para isso, os autores se utilizam de conceitos da biologia evolucionária de Darwin e Malthus aplicado à realidade econômica. Aonde, explicado por Nelson e Winter:

“Os ambientes de mercado providenciam uma definição de sucesso para as firmas de negócios, e que essa definição se relaciona proximamente a sua habilidade de sobreviver e crescer. Padrões diferenciados de sobrevivência e crescimento de uma população de firmas podem produzir mudanças nos agregados econômicos caracterizando a população, mesmo que as características correspondentes de firmas individuais sejam constantes” (NELSON E WINTER, 1982, p.9, tradução própria).

Em um contexto de produção capitalista, segundo a teoria evolucionária, a busca pela mudança qualitativa vantajosa é incentivada por meio dos lucros. Nesse sentido, realizando uma analogia à teoria Darwiniana, os lucros funcionam como o sinal de prosperidade dos genes econômicos selecionados e assim, “as firmas lucrativas crescem e as não lucrativas contraem, e as características operacionais das firmas mais lucrativas portanto contam com uma participação crescente na atividade industrial”. (NELSON E WINTER, 1982, p.17, tradução própria)

Essas mudanças qualitativas são definidas como inovações, sendo novas combinações no ambiente produtivo como, por exemplo: “introdução de novos bens ou qualidade de bens, novos métodos de produção, abertura de um novo mercado, novas fontes de matérias-primas e o estabelecimento de nova organização na indústria como a criação de um monopólio” (SCHUMPETER, 1911, p.76). Ou seja, uma ideia, prática ou objeto percebido novo pelos consumidores ou beneficiários interessados em sua comercialização.

Nesse caso, se faz importante ressaltar a diferença conceitual entre invenção e inovação. A invenção é uma aplicação de conhecimentos de pesquisa para criar ideias e dispositivos práticos. Enquanto que a inovação se refere a produtos novos, os quais são introduzidos no mercado e conferidos algum valor pelo mercado.

A ocorrência da introdução de uma inovação faz com que o agente indutor desse fenômeno, o qual será elencado posteriormente, desfrute de lucros extraordinários temporários. Isto é, a obtenção do monopólio da inovação por um certo período de tempo desde o início de sua comercialização, possibilita a realização taxas de lucros maiores e que implicam em vantagens competitivas no fenômeno da destruição criadora, que também será abordada mais à frente.

Destaca-se que, para a possibilidade de realização desse lucro extraordinário, a teoria evolucionária critica a hipótese neoclássica da racionalidade perfeita e da tecnologia como bem público. De forma que o pressuposto da racionalidade limitada assume o centro do debate em um ambiente no qual os agentes não são conhecedores de todas as informações do ambiente, não conhecem todos os riscos e não são, necessariamente, capazes de pensar de modo completamente racional. De forma que julgam com base na sua experiência e determináveis dentro de limites amplos.

Desse modo, as ideias evolucionária e de racionalidade limitada implicam no fato de que esse processo de desenvolvimento possui uma natureza histórica, cumulativa e gradual, que acontece ao longo do tempo. Tendo em vista que as condições de mercado, estrutura produtiva e os avanços científicos anteriores influenciam diretamente na base de conhecimento para o próximo salto qualitativo o qual ainda é desconhecido e incerto para o agente inovador.

Com relação aos responsáveis pela introdução da inovação, Schumpeter (1911) inicialmente aborda a realização de inovações como empreendimento, realizado por indivíduos quase heroicos chamados de empresários. No entanto, a própria revisão literária de Schumpeter (1942) e o desenvolvimento da teoria evolucionária posterior destacam o papel central do

conhecimento, do aprendizado coletivo e das rotinas nas firmas, em laboratórios de pesquisa e organizações industriais. Isto é, a chamada inovação institucional aonde processos interativos de aprendizados são gerenciados cientificamente e financiados para a reunião do conhecimento e capacidades necessárias para a introdução de uma inovação.

A criação e difusão dessas inovações, como uma das principais contribuições de Schumpeter ao debate, também geram uma resposta do ambiente socioeconômico já estabelecido: a destruição criadora. As inovações geram fontes de ganhos econômicos e se difundem pela economia por meio de imitadores, se tornam cada vez mais alternativas aos produtos e processos existentes. Isso culmina na destruição da estrutura anterior, a qual perde valor econômico, para o estabelecimento de nova estrutura lucrativa. Por causa disso, Schumpeter coloca o capitalismo como sendo uma forma ou método de transformação econômica com seu impulso fundamental na introdução de inovações e destruição de estruturas já existentes fazendo com que o mercado esteja em constante desequilíbrio. Isto é, o autor reitera a crucialidade desse ponto sobre “o problema usualmente estudado é o da maneira como o capitalismo administra a estrutura existente. Enquanto o problema crucial é saber como ele as cria e destrói” (SCHUMPETER, 1942, p.111)

Em resumo, conforme Nelson e Winter, “a preocupação central da teoria evolucionária é com o processo dinâmico no qual os padrões de comportamento da firma e os resultados de mercado são conjuntamente determinados ao longo do tempo”. (1982, p.18, tradução própria)

1.2. A TEORIA DA INOVAÇÃO

A inovação é a introdução de produtos e processos percebidos como novos os quais são adotados pela firma. Destaca-se a importância da teoria da racionalidade limitada ou processual no processo inovador, em que os agentes não são capazes de conhecer todas as informações presentes, e por isso, partem de uma base de conhecimento prévio e expansivo por meio de um processo de aprendizado com acumulação de conhecimentos.

Durante certo tempo, pensou-se exclusivamente na ciência como a fonte de expansão de conhecimento necessário para a inovação, demarcado por Vannevar Bush em *Science, The Endless Frontier* (1945), em um processo conhecido como *Science Push* (THIELMAN e LA ROVERE, 2016, p.17). De modo que seria a ciência que empurraria o desenvolvimento

tecnológico por haver um processo linear entre o avanço do conhecimento científico, o processo de desenvolvimento da inovação e a comercialização e difusão dessa inovação posteriormente.

Nesse caso, cabe ressaltar a diferenciação desde o princípio entre duas áreas tidas como campos de conhecimento distintos: a ciência básica e tecnologia (ciência aplicada). A definição de ciência é a respeito do entendimento do mundo natural “via observação, identificação, pesquisa e explicação de determinadas categorias de fenômenos e fatos, formulados através de um método” (THIELMAN e LA ROVERE, 2016, p.16). Enquanto que tecnologia é tida como sistemas para organizar conhecimento científico e técnico a fim de alcançar propósitos práticos. Portanto, a perspectiva inicial era de que a formulação de tecnologia é oriunda totalmente desse avanço da ciência para a organização de novos sistemas tecnológicos por meio do processo de pesquisa – definida como agregação de conhecimento científico e tecnológico.

Isso impactou fortemente as políticas de inovação, com o uso de alguns indicadores centrais para medir o processo de inovação como produção de artigos científicos, P&D e patentes (registro de propriedade intelectual). Isto é, geralmente indicadores de fácil mensuração e que capturam apenas essa etapa de produção científica, os quais passaram a ser amplamente utilizados como KPI (*Key Project Indicators*) pelos formuladores de políticas no que ficou conhecido na literatura como políticas lineares de inovação devido a esse caráter direto e unidirecional entre pesquisa e inovação.

No entanto, a crítica evolucionária à abordagem linear se dá a partir de duas formas: o processo de inovação incremental e as fontes de aprendizado interativo. Com relação à primeira, o foco é na abordagem schumpeteriana em que descreve a inovação como fenômeno raro e que ocorre apenas em eventos pontuais, contudo autores como Lundvall (2010) descrevem a inovação como algo inerente à competitividade estrutural das firmas e economias nacionais, ocorre em todas as partes da economia continuamente. De modo que “em algumas partes da economia, essas atividades possam ser lentas, graduais e incrementais, mas elas ainda estarão presentes em uma análise mais de perto” (LUNDVALL, 2010, p.9, tradução própria).

Ou seja, há uma diferenciação entre dois tipos de inovações, conforme Lundvall (2010, p.12-13): as incrementais e as radicais. As incrementais representam melhoramentos e modificações cotidianas com um caráter mais contínuo e de menos incerteza, onde ocorrem feedbacks e ajuste marginais como reconfigurações de design de produtos. Por outro lado, as radicais representam saltos descontínuos e incertos que rompem com a estrutura vigente como a máquina a vapor e o fordismo. No entanto, além dessa dimensão técnica, medir os impactos

econômicos de cada inovação também são importantes: inovações incrementais, como a roda de borracha inflada na agricultura, podem ter um impacto econômico inicial maior que, por exemplo, a eletricidade – a qual teve um impacto inicial limitado devido à necessidade de uma infraestrutura prévia para sua difusão e utilização.

A segunda crítica evolucionária à abordagem linear é de que há muitas outras fontes de conhecimento para a inovação, as quais envolvem o conceito do aprendizado interativo e coletivo, fundamentais para a compreensão do processo inovativo. Essas fontes de inovação vão além apenas do avanço do conhecimento científico mas englobam também de uma série de outras fontes tácitas ou codificadas como “*learn by doing* – a qual aumenta a eficiência das operações produtivas, *learn by using* – a qual aumenta a eficiência do uso de sistemas complexos, *learn by interacting* – envolvendo usuários e produtores em uma interação para resultar em inovação”, (ARROW, 1962; ROSENBERG, 1982; LUNDVALL, 1988 *apud* LUNDVALL, 2010, p.10, tradução própria), entre outros. Nesse sentido, tais fontes adicionam ao próprio campo tecnológico – não apenas do campo científico – diversos outros fatores de aprendizado com potencial inovativo e que também introduzem um elemento de rotina e interatividade para a acumulação de conhecimento, *feedbacks* e habilidades para a inovação.

Desse modo, agrupa-se as diferentes fontes de aprendizado mais relevantes conforme a literatura evolucionária (QUEIROZ, 2006, p.194-196):

- Aprender fazendo: Aprendizado interno, relacionado ao processo produtivo
- Aprender usando: Uso por exemplo de insumos, equipamentos e Softwares
- Aprender procurando: Busca de informações já disponíveis
- Aprender interagindo: Com interações e feedbacks como com fornecedores e usuários
- Aprender por transbordamentos: Por meio de desenvolvimentos tecnológicos relacionados
- Aprender pesquisando: Novos conhecimentos em ciência e tecnologia
- Aprender contratando: Acúmulo de capital humano
- Aprender treinando: Capacitação de funcionários
- Aprender adaptando: adaptando tecnologia às condições locais

Nesse caso, destaca-se que tais fontes de aprendizados e acúmulo de conhecimento podem ser tanto tácitos como codificados. Conhecimentos codificados são aqueles registrados em manuais, livros, revistas técnicas, entre outros, de modo que permite a transmissão e armazenamento desse conhecimento, a exemplo das chamadas Tecnologias Industriais Básicas (TIBs) as quais são um conjunto de técnicas e procedimentos para padronizar e normalizar diferentes aspectos de um produto ou processo. Enquanto que conhecimento tácito é aquele que só é repassado a partir da experiência pessoal, como a habilidade de dirigir ou rotinas de empresas.

Para concluir a segunda crítica, Rosenberg (2006) identifica que o desenvolvimento tecnológico vai além do domínio científico pois a técnica é um corpo de conhecimento em si. Isto é, falseando pensar a tecnologia como mera aplicação do conhecimento científico, pois “a situação normal no passado, e em grau considerável no presente, tem sido a de que o conhecimento tecnológico precede o conhecimento científico” (ROSENBERG, 2006, p.2019) porque, usando o exemplo da construção de aeronaves, não há teorias sobre turbulência adequadas e por isso são utilizados longos testes que encarecem o processo produtivo. Desse modo, a realidade, a técnica, a busca pela solução, podem anteceder a própria teoria e que o próprio desenvolvimento científico também obedece aos financiamentos, estrutura e necessidades do aspecto econômico e tecnológico vigente.

A partir desse desenvolvimento teórico – de processo de inovação contínuo e existência de outras fontes de conhecimento – as organizações buscam o aprendizado e organizam um processo de inovação estrutural de longo prazo. Dentre as organizações inovadoras, estas podem ser diversas: firmas, institutos de pesquisa, agências governamentais, órgãos filantrópicos, entre outros. Porém, cabe destacar as firmas – as quais no âmbito capitalista – são os agentes interessados financeiramente na geração de caixa, lucros extraordinários e vantagens competitivas provenientes da inovação, sendo o centro dinâmico do processo inovativo.

Desse modo, as próprias organizações se organizam a partir do conceito de rotinas para o desenvolvimento desse processo de inovação de longo prazo. Por definição, as rotinas são consideradas – mais comumente – como um conjunto de técnicas, regras e procedimentos que refletem um padrão de comportamento da firma como, por exemplo, desenvolvimento de produtos, transferência de tecnologia, feedbacks organizacionais, entre outros. As rotinas, em um contexto de rápida destruição criativa e transformação tecnológica, se tornam ferramentas importantes de coerência entre decisões correntes e futuras das firmas, além de serem

fundamentais para a retenção de conhecimento tácito e codificado dentro da firma. Com isso, essa forma de organização, que pode ser dar de maneira formal e informal cria um espaço de estabilidade comportamental da firma para a organização de recursos e competências e possibilitam a criação de capacidades dinâmicas.

Com o desenvolvimento do conceito de rotinas aplicado ao ambiente de seleção evolucionário acontece que

“as firmas adotam determinados procedimentos e rotinas visando a organização das suas atividades, que acabarão sendo imitados por outras firmas e tornando-se o procedimento ou rotina predominante.” (La Rovere, 2006., p.289)

A partir da década de 1970, foram realizados projetos de pesquisa empíricos como o Sappho (1974) e o Yale Innovation Survey (1983), identificando-se uma importância cada vez maior da interação entre elementos que incorporam o ambiente econômico de seleção. Isso levou Chesbrough (2006) a propor o conceito de inovação aberta, como “uso proposital de fluxos internos e externos de conhecimento para acelerar a inovação interna, e expandir mercados para uso externo da inovação, respectivamente” (CHESBROUGH, 2006, p.1). Em suas raízes, esse modelo assume que conhecimento útil está amplamente distribuído e critica a firma como o *locus* da inovação, sendo necessária a análise das condições institucionais que podem favorecer ou restringir o modelo.

Nesse sentido, conforme Chesbrough (2006), mesmo as organizações mais capazes de P&D devem identificar, se conectar, e alavancar fontes externas de conhecimento como centrais no processo de inovação. Por fim, esse processo pode se tornar gerador não somente de inovações no campo esperado, mas também em transbordamentos tecnológicos para outros mercados, alimentando o conceito de inovação sistêmica.

1.3.SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO

A partir dos resultados dos projetos de pesquisa empírica foram estruturados o conceito de sistemas de inovação. Conceitualmente são definidos como “um conjunto de organizações (elementos do sistema) cujas instituições – que constituem as interações entre os elementos do sistema – contribuem com o desempenho inovativo do conjunto” (SBICCA E PELAEZ, 2006, p. 417). Essa abordagem abrange os elementos do desenvolvimento teórico do processo de inovação aberta, buscando recursos e tecnologias externas à firma. Desse modo, abrange demais

elementos relevantes do ambiente de seleção econômica anteriormente descrito como instituições governamentais, arranjos industriais, arranjos legais e outros elementos a serem abordados.

Nesse caso, esse conceito considera o processo evolucionário descrito até aqui em que conjura nos princípios da variedade, seleção e replicação. Variedade porque a história importa, há diferenças de acúmulo de competências nas firmas, é cumulativa e as firmas buscam essa diferenciação para ganhar vantagens de mercado. Seleção porque, via mecanismos de mercado, determinadas alternativas ganham a preferência dos consumidores. E replicação porque os processos preferidos são imitados e replicados pelo mercado e, dependendo do nível de relevância da inovação, por toda a economia. (MAZZUCATO, 2016, p.25)

Além disso, para essa abordagem de Sistema de Inovação, Mazzucato e Penna (2016, p.26) voltam a destacar características-chave da atividade de inovação para a compreensão de Sistemas de Inovação: incerteza, cumulativa e coletiva. Incerteza porque os agentes não conseguem calcular os riscos exatos da inovação e seus retornos, cumulativa porque os agentes devem acumular competências e capacidades por meio da aprendizagem no longo prazo e coletiva porque – como a inovação é uma atividade de alto risco – os agentes precisam interagir, acumulando competências e capacidades no processo, para cortar alguns graus de risco.

Complementarmente, “a atividade central de um sistema de inovação é o aprendizado, e o aprendizado é definido como uma atividade social na qual envolve interação entre pessoas” (LUNDVALL, 2010, p.2). Com isso, destaca-se a importância dos fatores institucionais no processo de seleção. O processo inovador é originado da interação de diversos agentes e exige um financiamento de longo prazo que cubra os altos riscos implícitos no processo.

Há diferentes níveis de tratativas para analisar sistemas de inovação, por exemplo, a perspectiva nacional, setorial e regional. Tais estruturas são consideradas complementares tendo em vista que partem das mesmas pressuposições teóricas, apenas com diferentes delimitações de análise. Nesse trabalho será utilizado um enfoque principalmente na discussão de sistemas nacionais, devido à compatibilidade analítica trabalhada por Mazzucato e Penna, no entanto o centro da análise, que é a inovação sistêmica, é considerada a mesma para o estudo do setor espacial posteriormente.

Na visão sistêmica, por definição, sistemas representam um conjunto de elementos que interagem entre si e ocupam um espaço delimitado, sendo necessário esta última delimitação e conceituação. No caso do trabalho do conceito de Sistemas Nacionais em Lundvall (2010), o

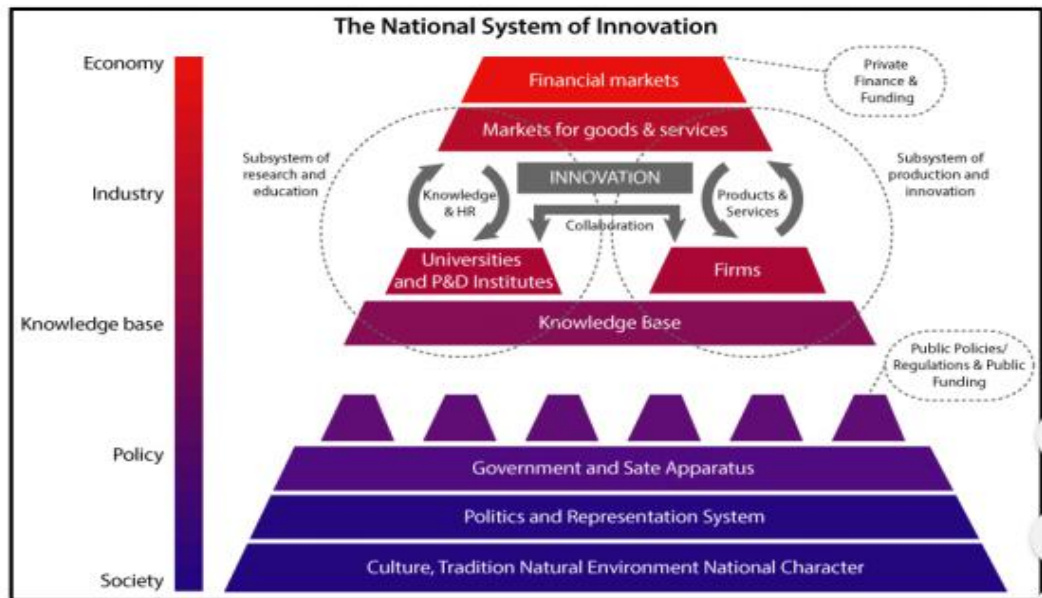
espaço nacional é o analisado como “o local aonde todos os indivíduos pertencentes a nação – definida por características culturais, étnicas e linguísticas – estão juntos em um único espaço geográfico controlado por uma autoridade central” (LUNDVALL, 2010, p. 2).

Assim, a análise do sistema nacional de inovação envolve uma perspectiva histórica a qual incorpora a atuação interativa de atores fundamentais do sistema como: as universidades e centros de pesquisa, o Estado e as empresas. Para além desses atores, os sistemas nacionais de inovação possuem diversas dimensões e subsistemas próprios coligados ao processo inovador e impactam de diferentes maneiras a formação de conhecimento e capacidades dinâmicas, aceitação de inovações ou até mesmo sua difusão como o a dimensão normativa, ciência e tecnologia, financiamento, demanda, geopolítica, cultural, entre outras.

Desse modo, abrem-se duas interpretações com relação ao sistema nacional de inovação: a definição restrita e a ampla. A definição restrita é focada nos subsistemas de ciência e tecnologia – os quais incluem capacidades de construção, produção e inovação, treinamento, educação formação e serviços relacionados a ciência e tecnologia – enquanto a definição ampla inclui outros subsistemas e contextos como política, promoção, representação e financiamento, demanda, ambiental, geopolítica e contexto socioeconômico. (MAZZUCATO e PENNA, 2016, p.29)

Mazzucato e Penna (2016) construíram uma representação do sistema nacional de inovação na figura 1.

Figura 1 - Representação Genérica do Sistema Nacional de Inovação



Fonte: Mazzucato e Penna, 2016, p.29

A partir da figura 1, pode-se destacar os seguintes subsistemas para o presente trabalho: políticas públicas – o qual abarca desde o aparato do governo e Estado até regulação, pesquisa e educação, de financiamento e de produção e inovação. É importante ressaltar que dentro de cada subsistema há diversas naturezas de instituições presentes atuantes, podendo haver caráter formal ou informal. Isto é, as instituições informais – aquelas geradas a partir de um comportamento do grupo social, sem ordenamento jurídico como por exemplo associação de produtores e partidos políticos – e as instituições formais – criadas a partir de um conjunto de regulamentos ou de defesa de direitos privados exógenos ao comportamento do grupo social como o Conselho Administrativo e Defesa Econômica (CADE) e a Polícia Federal.

Por entre esses diversos subsistemas, são originados os elementos de análise que compõem o sistema: (LUNDVALL, 2010, p.14):

- Organização interna das firmas
- Relações entre firmas
- Papel do setor público
- Configuração institucional do setor financeiro
- Organização e intensidade de P&D

Dada a estrutura e os elementos teóricos de um sistema de inovação, há diversos indicadores de desempenho que servem para medir o dinamismo interativo desse sistema. Entre tais indicadores, além do P&D, estão: a produção científica do sistema, formação de recursos humanos qualificados, redes de relações entre empresas e universidades, redes de relações com instituições de pesquisa estrangeira, produção ou desenvolvimento de indústria de base tecnológica. No entanto, o mais importante é destacar os diferentes aprendizados em conexão com atividades de rotina. (LUNDVALL, 2010, p.6)

Com isso, tais indicadores devem ser analisados em conjunto e, novamente, respeitando a natureza de cada sistema em uma análise mais específica para mensurar a forma mais adequada de análise conforme o aprendizado de cada atividade econômica.

Essa é uma crítica corrente aos indicadores tradicionais utilizados como P&D, artigos científicos e patentes de modo individual sem uma análise conjunta com outros indicadores. Segundo Mazzucato (2015), isso pode representar uma fotografia distorcida da realidade dinâmica do sistema e podem representar um viés de política linear no processo de inovação por entre os formuladores de política.

Com esse ferramental de análise, é possível pensar em aplicações de políticas ativas do Estado que contribuem para a dinâmica desse sistema. Considerando os diferentes subsistemas conectados ao processo de inovação direta ou indiretamente, as políticas de inovação podem ser consideradas explícitas ou implícitas. As explícitas são aquelas que atuam diretamente nos subsistemas de produção e inovação, como por exemplo, incentivos financeiros ao processo de P&D. As implícitas envolvem subsistemas indiretamente ligados ao processo de inovação como as políticas macroeconômicas, de educação básica, entre outros. Desse modo, as políticas sistêmicas de inovação bem-sucedidas são aquelas que conseguem incorporar elementos implícitos e explícitos no processo de inovação.

Por fim, o exemplo mais emblemático de sistema nacional de inovação é o dos Estados Unidos. Mariana Mazzucato delimita fortemente a atuação do chamado complexo militar-industrial americano com forte interligação entre as agências governamentais de defesa, universidades e empresas. O Estado, nesse caso, atua com grandes instrumentos de apoio à inovação como compras governamentais, infraestruturas públicas de pesquisa, financiamento de projetos de P&D, entre outros.

1.4. ESTADO EMPREENDEDOR ORIENTADO POR MISSÕES

A partir do instrumental de sistemas de inovação, habilita-se um novo olhar para o papel do Estado e de aplicações das suas políticas para além da teoria de reparo de falhas de mercado vigente na economia ortodoxa. No entanto, “até mesmo um sistema nacional de inovação – rico em redes verticais e horizontais – não é suficiente em si mesmo” (MAZZUCATO, 2011, p.69). O Estado tem papel importante de liderança do processo no desenvolvimento da indústria, construindo estratégias para o avanço tecnológico em áreas prioritárias.

A crítica da autora se encontra na passividade do Estado nas próprias políticas de inovação ao redor do mundo. Isto é, com um foco nas políticas implícitas de um Estado que devem garantir apenas a infraestrutura básica para a origem da inovação como a educação e a política macroeconômica. Isso, segundo a autora, até pode chegar a funcionar, mas que oportunidades são perdidas de desenvolvimento e introdução de inovações radicais.

Isso acontece devido a uma crença política de que o Estado cresceu muito, a qual vem sendo trabalhada mundialmente desde o consenso de Washington nos países em desenvolvimento, sendo visto como ineficiente e burocrático que premia campeões nacionais improdutivos. Desse modo, esse argumento reitera que o Estado deveria ser diminuído para fomentar uma recuperação pós-crise, causando um efeito *crowding-in* do setor privado, desencadeando competitividade e o poder empreendedor e de inovação frente ao Estado burocrático e lento atual.

O Consenso de Washington foi uma guinada liberal no meio econômico, ocorrido a partir de década de 1990, principalmente para os países periféricos com dificuldades de pagamentos externos como os da América Latina. Desse modo, fixando a ideia de uma diminuição e encerramento das políticas industriais e de formação tecnológicas vigentes até a década de 1980. Essa retórica se torna um “perigo para a política de inovação, limitando fortemente seu impacto no crescimento econômico” (MAZZUCATO, 2011, p.18), tendo em vista o cenário da inovação sistêmica.

A partir disso, alguns mitos em torno da capacidade disruptiva desse setor privado devem ser desmitificados. A primeira crítica relevante é de que o financiamento privado, conhecido como *Venture Capital* (Capital de gestação) – focado em empresas de estágios iniciais com alto potencial de crescimento, não é tão propenso ao risco quanto aparenta ser, pois quanto menores os riscos, maiores as expectativas de retorno. Ou seja,

“os fundos de venture capital tendem a se concentrar em áreas de alto potencial de crescimento, baixa complexidade tecnológica e baixo investimento de capital uma vez que o último aumenta o custo significativamente. Desde que há muitos fracassos na área de alto risco, esses fundos tendem a ter um portfólio em diferentes investimentos com apenas a calda ganhando altos retornos – uma distribuição muito enviesada.” (MAZZUCATO, 2011, p.41, tradução própria)

Além disso, diferentes indicadores de inovação têm sido utilizados para comprovar o crescimento da inovação privada, desde o consenso de Washington, como o P&D e patentes.

“A literatura geralmente assumiu uma ligação causal direta entre P&D e inovação e entre inovação e crescimento econômico. No entanto, há poucos estudos de que a inovação realizada por largas e pequenas firmas de fato aumentou sua performance econômica – os modelos macro de inovação e crescimento não parecem ter microfundamentos empíricos fortes”. (MAZZUCATO, 2011, p. 36)

No caso das patentes, a crítica é ainda mais enfática, no sentido de que as patentes possam ter causado até “uma queda na taxa de inovação ao invés de aumentá-la já que bloqueia a habilidade da ciência de mover adiante em um caminho exploratório” (MAZZUCATO, 2011, p.43). Isso porque, principalmente para os países na tentativa de *catch-up* tecnológico, as patentes representam um monopólio das ideias por um determinado período de tempo que impede cientistas dos países mais atrasados de poderem repetir os experimentos e empreender seus próprios desenvolvimentos dessa tecnologia.

A partir desses dois últimos indicadores, os governos apostam em buscar o incentivo meramente fiscal, acreditando que o corte de impostos pode impactar investimentos e inovação, quando “se as firmas [...] não tiverem as características complementares necessárias, o P&D só se torna um custo” (MAZZUCATO, 2011, p.36-7). Ademais, esse movimento não apenas é ineficiente para afetar a atividade inovadora quanto tende a reduzir taxas de arrecadação tributária do governo em larga escala.

Além disso, não são todas as inovações que impactam diversos setores na economia – no sentido de contribuir para novos paradigmas tecnológicos ou tecnoeconômicos – nem necessariamente são as melhores para o bem-estar da sociedade. Cabe ao governo direcionar e conduzir o comportamento dos agentes privados para os objetivos desejados, realizando: decisões estratégicas, com criação de oportunidades entre setores e disponibilizando financiamento necessário, além de identificar as firmas inovadoras que precisarão de apoio

extra com tipos de regulações e impostos que premiam o comportamento desejado. (MAZZUCATO, 2017, p.2)

Portanto, a visão que Mazzucato propõe é de que o Estado possa assumir uma função de “agente líder em atingir rupturas inovativas que permitem companhias, e economia, de crescer, não apenas por criar condições. [...] O Estado é formulador de metas, proativo, Estado Empreendedor, possibilitado a tomar altos riscos, criar um sistema altamente conectado de atores buscando o melhor do setor privado em um horizonte de médio e longo prazo.” (MAZZUCATO, 2011, p.19-20)

O argumento é de que o Estado não apenas cobre o investimento semente inicial de grande risco, como tem sido frequentemente a fonte das inovações mais radicais. Isto é, além também do poder de engajamento de diversos atores e acúmulo de competências e *feedbacks* necessários para a introdução de uma inovação como visto no modelo sistêmico anterior. No caso das tecnologias de ampla difusão na economia, Mazzucato (2011, p.54) destaca o estudo de Block e Keller de que, entre 1971 e 2006, 77 das 88 mais importantes inovações foram totalmente dependentes do apoio federal principalmente nos estágios iniciais.

Cabe ressaltar que o Estado proposto por Mazzucato trabalha em rede, sendo esta rede formada por organizações públicas estrategicamente posicionadas ao longo de toda a curva de inovação (MAZZUCATO, 2017, p.4). Portanto, fugindo de uma concepção centralizada em um único ente governamental, e assim, havendo grande interação e autonomia desses órgãos os quais se faz necessário uma divisão do trabalho bem definida com estabelecimento de missões para resolverem problemas, estruturarem a tomada de riscos, podendo se tornar motores da inovação (MAZZUCATO, 2017).

Com isso, Mazzucato (2017, p.16) resume o Estado empreendedor em cinco aspectos-chave: investimentos devem ocorrer ao longo de toda a cadeia de inovação, natureza descentralizada das organizações públicas, tomador de risco e investimento não apenas na baixa do ciclo de negócio, finanças estratégicas de longo prazo e distribuição igualitária de prêmios e riscos.

As missões partem de desafios existentes e relevantes para contexto local, havendo uma diferença marcante entre esses conceitos. Isto é, desafios são problemas gerais explicitados pela sociedade e que atualmente têm se tornado cada vez mais urgentes na agenda global de pesquisa e inovação como exemplo o panorama ambiental do aquecimento global, as desigualdades econômicas e sociais, questões de saúde de prevenções de pandemias e erradicação do câncer,

entre outros. Desse modo, as missões devem obedecer a cinco critérios: serem destacadas e inspirar cidadãos; ambiciosa e arriscada; ter um alvo claro e ponto final explícito; ser multidisciplinar e multissetorial; e permitir a experimentação de múltiplas tentativas a uma solução, ao invés de ser microgerenciada de cima para baixo pelo governo. (MAZZUCATO, 2018, p.14-15)

Nesse sentido, políticas orientadas por missões podem ser definidas como “políticas públicas sistêmicas que se baseiam na fronteira do conhecimento para atingirem objetivos específicos” (MAZZUCATO, 2017, p.7). Assim, a origem teórica desse conceito foi a missão Apollo empreendida para colocar o homem na lua em 1969. Segundo Mazzucato, “nunca andaríamos na lua se o programa Apollo tivesse sido avaliado pela análise custo-benefício”. (MAZZUCATO, 2019, tradução própria, informação informal¹)

No entanto, as missões contemporâneas são mais complexas e com diferenças relevantes das missões originais devido aos seus resultados e *feedbacks*:

Quadro 1 - Características de antigos e novos projetos orientados por missões

Antigas missões	Novas missões
Difusão dos resultados fora dos participantes principais do projeto é de menor importância ou ativamente desencorajada	Difusão dos resultados é objetivo central é ativamente encorajada
A missão é definida em termos de resultados técnicos, com pouca atenção à viabilidade econômica	A missão é definida em termos de soluções técnicas economicamente viáveis para problemas sociais específicos
Os objetivos e direção do desenvolvimento técnico é definido por pequeno grupo de experts	A direção da mudança técnica é influenciada por ampla gama de atores incluindo governo, firmas privadas e grupos consumidores
Controle centralizado dentro da administração governamental	Controle descentralizado com grande número de agentes envolvidos
Participação é limitada a pequeno grupo de firmas devido à ênfase em pequeno número de tecnologias radicais	Ênfase no desenvolvimento de ambas inovações radicais e incrementais para a participação de grande número de empresas
Projetos autoconstituídos com pouca necessidade de políticas complementares e pouca atenção à coerência	Políticas complementares vitais para o sucesso e grande atenção para coerência entre outros objetivos

Fonte: Versão Modificada de Soete e Arundel (1993, p.51) apud Mazzucato, 2017, p.8.

¹ Retirada de uma citação indireta de Mazzucato exposta na revista Wired.

Dessa forma, em comparação com a antiga abordagem, a difusão tecnológica e do conhecimento, a importância da análise de viabilidade econômica, maior número de agentes descentralizados participantes das missões se faz essencial. Outro ponto fundamental é a necessidade de um portfólio de projetos para essa abordagem, não competindo para apenas um projeto de inovação e P&D, e também envolver diferentes setores com formulação de políticas conjuntas a serem tomadas por todos os níveis de instituições públicas envolvidas (MAZZUCATO, 2017, p.8).

Ou seja, é necessária uma abordagem pragmática ao definir missões: sendo viáveis, com recursos públicos e privados existentes, receptiva a instrumentos de política existentes, e demandam amplo e contínuo apoio político, devendo criar uma agenda pública de longo prazo para as políticas de inovação.

Além disso, para a implementação das políticas orientadas por missão, Mazzucato (2017, p.30) também destaca a delimitação de diferentes capacidades, a que se referem tanto do setor privado quanto do Estado, decisivas para o sucesso de tais políticas:

Quadro 2 - Capacidades e áreas de aplicação

Científico-tecnológica	Subsistema de educação e pesquisa
Demanda	Demanda efetiva de mercado (público ou privado)
Produtiva	Base apropriada de empresas no subsistema de inovação e produção
Estatal	Conhecimento apropriado dentro das organizações públicas formulando e executando políticas
Política	Instrumentos apropriados de políticas de demanda e ofertas, apoiadas por políticas complementares
Acompanhamento	Capacidade de diagnóstico de problemas e soluções, incluindo a análise da situação atual e prospectos futuros

Fonte: Elaboração própria do quadro a partir da Mazzucato (2017, p.30).

Segundo Mazzucato (2016, p.13), “políticas orientadas por missões bem sucedidas possuíam os 6 fatores, enquanto que as menos bem sucedidas tinha pelo menos uma das

capacidades faltando”. Com isso, inclusive destacando mecanismos que apoiam a criação dessas capacidades, tais como: promoção da cooperação, competição e avaliação e responsabilidade.

Além disso, destaca-se as capacidades estatais nessa abordagem de política delimitadas principalmente por instituições descentralizadas e conectadas através de suas missões. Desse modo, utilizando o referencial teórico dos passos práticos para a construção e avaliação de organizações orientadas por missão no quadro 3:

Quadro 3 - 7 passos práticos para organizações orientadas por missões

Seleção de Missão	Como selecionar missões contínuas e de legitimidade democrática
Coprodução	Como engajar o público, atores privados e do terceiro setor na seleção da missão, implementação, aprendizado e avaliação de processos
Definição da missão	Como definir missões específicas mas com abertura suficiente para motivar ação entre múltiplos setores da economia, habilitando novos tipos de interação entre o público, privado e terceiro setor, e sobre diferentes horizontes de tempo
Capacidades dinâmicas	Como desenvolver novas competências e capacidades para a mudança dinâmica: habilidade de visualizar novos futuros e acomodar a tomada de risco, experimentação e demais incertezas do processo de descoberta
Ferramentas de Decisão	Como desenvolver novos indicadores e ferramentas de avaliação para agregar à tomada de decisão e avaliar impacto, além do arcabouço estático do custo-benefício
Gerenciamento de falhas	Como gerenciar fracassos inevitáveis tal como o sucesso ao partir de uma abordagem de portfólio
Compartilhamento de Prêmios	Como garantir que os prêmios e os riscos sejam compartilhados e, então, o crescimento gerado é inclusivo tal como inteligente

Fonte: Mazzucato, 2017, p.32, tradução própria.

Portanto, tais instituições orientadas por missões fazem mais do que apenas mitigar falhas de mercado, mas criar e moldar mercados em meio a um ambiente de forte incerteza aonde a análise custo-benefício não se faz eficaz.

CONCLUSÃO

A teoria da inovação buscou uma alternativa à economia heterodoxa do crescimento e desenvolvimento econômico com a introdução do conceito evolucionário de um ambiente de variedade, seleção e replicação.

Nessa abordagem, a história importa a partir do momento de adoção de uma racionalidade limitada ou processual dos agentes, e – por isso – buscam a inovação para a obtenção de lucros extraordinários a partir do monopólio desse conhecimento tecnológico por meio das propriedades intelectuais. Esse fato implica na natureza incerta da inovação, aonde não se consegue dimensionar os riscos de sucesso da inovação.

Os conceitos fundamentais da teoria evolucionária podem ser resumidos em: abordagem sistêmica, com interação entre múltiplos atores nos setores privados e públicos, a importância das instituições formais e informais e o conhecimento cumulativo e coletivo. Desse modo, sendo o aprendizado e formação de capacidades dinâmicas os motivos da geração de competitividade à nível da economia geral e da firma.

Apesar disso, mesmo a presença de uma estrutura sistêmica de inovação ainda não é suficiente para a celeridade e disrupção da inovação. Mariana Mazzucato apresenta como o Estado possui um papel fundamental não somente no apoio por meio de políticas implícitas – como infraestrutura, políticas macroeconômicas – mas também na atuação direta no processo inovativo, desmitificando mitos de um setor privado altamente inovador por si somente e um Estado lento e burocrático.

Um Estado esse representado por uma rede descentralizada de agentes públicos ao longo de toda a curva de inovação – desde o financiamento paciente de longo prazo e desenvolvimento até o lado da demanda. Sendo necessária, portanto, a definição de uma divisão do trabalho bem estruturada em que cada agente tenha uma missão clara e coesa com o contexto do setor em questão. Para isso, há uma série de indicadores viáveis para avaliação e criação de organizações orientadas por missão e melhorar a capacidade de engajamento do Estado em suas políticas industriais e de inovação.

2. O SETOR ESPACIAL E SEU ARRANJO INSTITUCIONAL NO BRASIL

INTRODUÇÃO

A partir dos indicadores apresentados no referencial teórico, o setor espacial é considerado o berço dessa abordagem, pois “os programas espaciais são, tipicamente, um exemplo de aplicação das políticas denominadas *mission-oriented*” (COSTA FILHO, 2000, p.2) e que gerou altos retornos para a economia e sociedade a partir de suas primeiras missões, principalmente nos EUA, como a missão Apollo ocorrida em 1969.

Segundo Rollemberg *et al* (2009), países bem-sucedidos nesse empreendimento encontram autonomia comparável à dos países líderes das grandes navegações dos séculos XV e XVI. Isto é, “as grandes potências, e especialmente suas forças armadas, fazem uso do espaço um meio indispensável na coleta de informações de inteligência e nas atividades de comunicação [...] tendo a espionagem espacial como nova dimensão dos sistemas de segurança”. (HARDING, 2009 apud Rollemberg *et al*, 2009, p.20)

O programa espacial brasileiro foi construído a partir desse contexto, partindo para uma busca pela autonomia com projetos estratégicos de desenvolvimento. O presente capítulo busca delimitar o objeto de análise – o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE), instrumento de concretização da Política Espacial – e o necessário para compreensão da sua dinâmica a partir dos indicadores destacados no referencial teórico para uma posterior análise de comparação da política nacional com a nova abordagem de política orientadas por missões.

Por isso, é importante demarcar as diferenças entre três elementos ao se referir a políticas públicas: o objetivo e desenho da política, as capacidades e implementação e os resultados. Assim, esta monografia busca demarcar cada um desses elementos em prol do exercício de interpretação posterior.

Com isso, essa seção se inicia com uma caracterização e breve história do setor. Posteriormente, se apresenta a cadeia de valor, os principais segmentos e aplicações para poder demarcar os atores presentes nas diferentes fases de desenvolvimento das atividades espaciais. Logo depois, se estabelece as características técnicas e de capacidades fundamentais para entender as necessidades e demandas do setor.

Finalmente, essa compreensão qualificada será utilizada para apoiar a descrição do programa espacial brasileiro. A partir dos quadros 2 e 3, destacados no referencial teórico, serão

delimitados e descritos os elementos necessários que possibilitarão uma análise de enquadramento da política espacial à abordagem orientada por missões no capítulo 3.

2.1.DEFINIÇÃO DE SETOR ESPACIAL

Primeiramente, é necessário compreender o que delimita o setor espacial. Segundo a OCDE (2012), destacando alguns exemplos do Manual de Frascati², a atividade espacial não é um campo único do conhecimento mas a junção de diversas atividades que se estendem em diversos campos de ciência e tecnologia, a exemplo: astronomia, engenharia espacial, engenharia mecânica, meteorologia, nanotecnologia, entre outros diversos cursos.

Em termos de tecnologia, a OCDE (2012, p.19) atribui uma primeira definição para o setor espacial a qual é: “o setor espacial inclui todos os atores envolvidos na aplicação sistemática de engenharia e disciplinas científicas para a exploração e utilização do espaço sideral, uma área que se estende além da atmosfera terrestre”. Isto é, apesar de alguma correlação tecnológica, há uma separação de atividades aeronáuticas e também é mais delimitado que o setor aeroespacial, que abrange tecnologias que lidam com voos veiculares dentro e fora da atmosfera terrestre como mísseis, eletrônicos de aviação e propulsão.

No entanto, com o atual desenvolvimento do setor espacial e suas derivações, há uma dificuldade desse conceito de setor espacial a abranger todas as novas atividades econômicas derivadas realizadas propriamente dentro da atmosfera terrestre.

Tendo isso em vista, há um novo conceito que é o de economia espacial, mais amplo que a definição de setor espacial, e que pode ser definida de diferentes formas. Utilizando um agregado de conceitos elaborados pela NASA e pela própria OCDE, essa última consolidou em uma definição ampla que possa ser suficientemente abrangente para a aplicação da análise de sistemas de inovações:

“A Economia Espacial é toda amplitude de atividades e uso de recursos que criam e providenciam valor e benefícios aos seres humanos no curso da exploração, entendimento, gerenciamento e utilização do espaço. Consequentemente, inclui todos os atores públicos e privados envolvidos no desenvolvimento e providenciando e usando produtos e serviços relacionados ao espaço, indo da pesquisa e desenvolvimento, manufatura e uso da infraestrutura espacial (estações em terra, veículos de lançamento e satélites) para aplicações habilitadas pelo espaço (equipamentos de navegação, celulares por satélite, serviços meteorológicos, etc) e o

² Manual elaborado pela OCDE em que inclui definições de conceitos básicos, diretrizes de coleta de dados e classificações para compilar estatísticas de Pesquisa e Desenvolvimento.

conhecimento científico gerado por tais atividades. Isso segue que a economia espacial vai além do setor espacial em si, desde que também compreenda os crescentes, contínuos e penetrantes impactos de mudança (tanto qualitativos quanto quantitativos) de produção espaço-derivados, serviços e conhecimento em economia e sociedade”. (OCDE, 2012, p.20, tradução própria).

HISTÓRIA E RELEVÂNCIA

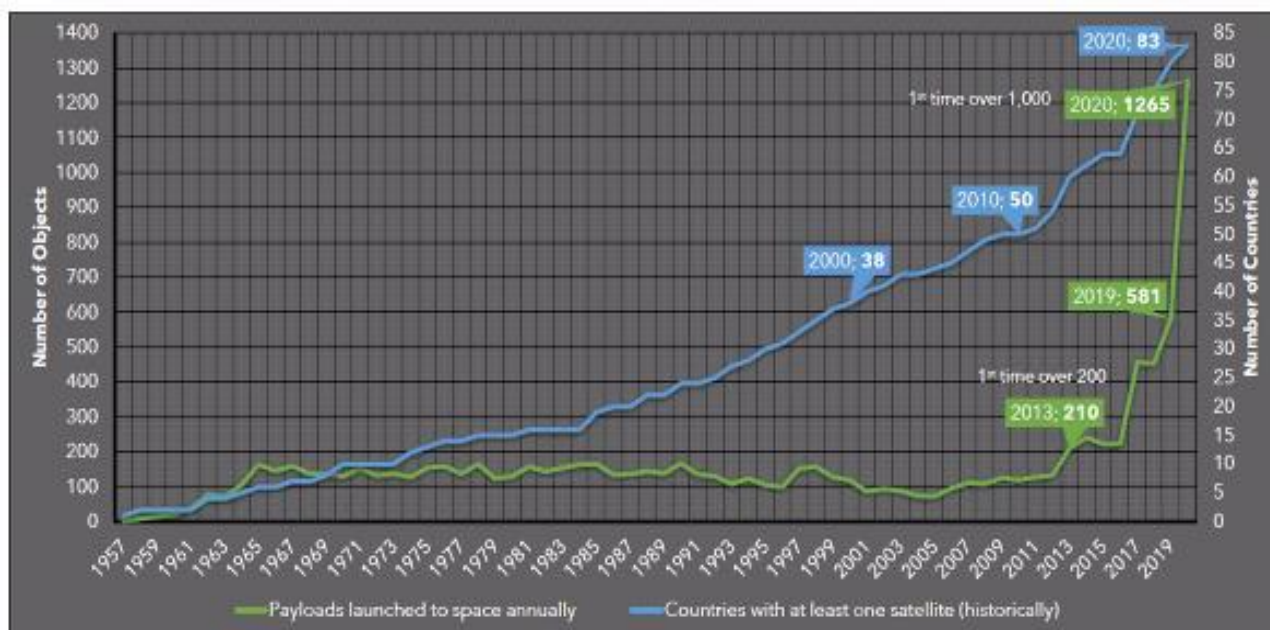
Tendo em vista a concepção apresentada na seção anterior, as atividades espaciais se dão desde a criação e evolução das pesquisas de ciência básica em áreas como astronomia e física, existentes desde o século XVI. No entanto, somente a partir de um programa espacial soviético consolidado no século XX, houve o lançamento do Sputnik 1 como o primeiro objeto artificial em órbita em 1957 e do primeiro homem ao espaço no ano de 1961.

Em seguida, os EUA se encarregaram de criar, entre diversas instituições, a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) para promover a capacitação e o desenvolvimento de atividades espaciais. Na década de 1960, essa agência governamental teria um papel central na capacitação, investimentos e demandas iniciais com promoção da que ficou conhecida como “corrida espacial”³ e que levou a implementação e realização de uma política orientada por missão de levar o homem a pisar na lua, concretizada em 1969. Esta política é considerada por Mariana Mazzucato (2011), como o modelo primário de políticas orientadas por missões.

A missão não chegou a ser o auge da atividade espacial, mas representou o início de uma era de elevados orçamentos dos Estados líderes voltados para o desenvolvimento científico e tecnológico. Com isso, as missões espaciais se denotaram como importante fonte de inovação e spin-offs de produtos e novas tecnologias para diversos outros setores. Os efeitos na geração de inovações de produtos da missão americana à lua de 1969 foram a realização de mais de 1800 produtos derivados para setores variados tais como de nutrição, têxteis, eletrônicos, telecomunicações, entre outros, como destaca Mazzucato (2011). Desde então, a importância tecnológica, militar e científica fez com que o setor experimentasse o crescimento das atividades espaciais para mais de 80 nações ativas em atividades relacionadas ao espaço atualmente.

³ Devido à escalada de projetos e investimentos espaciais das principais potências, Estados Unidos e União Soviética, em busca da consolidação da hegemonia de poder e vanguarda tecnológica. (COSTA FILHO, 2000, p.11)

Figura 2 - Evolução das atividades espaciais pelo número de lançamentos anuais



Fonte: Poppo, 2021 (informação informal⁴)

Conforme Robinson e Mazzucato (2018, p.18), esse crescimento de atividades espaciais coincide com o crescimento do setor privado com entrada de novos atores na cadeia global de valor do setor espacial com transformações nas dinâmicas dos programas espaciais dos principais países líderes, impulsionadas por pressões internas aos seus governos e externas relacionadas às mudanças tecnológicas na indústria.

Primeiramente, há pressões internas pois os governos são instigados a mostrar o valor econômico dos projetos que têm elevados orçamentos e uma dicotomia entre setor público e privado. Desse modo, os programas passam a fomentar a priorização de políticas de comercialização e mercado, na criação de produtos e serviços que tenham efeito direto em indicadores como empregos, novas empresas e crescimento econômico, contribuindo para a expansão da economia espacial privada.

Em seguida, há pressões externas tais como crescimento da concorrência no setor espacial global visto acima, mudanças tecnológicas disruptivas, e os novos desafios sociais, ambientais e econômicos presentes na sociedade. Tais pressões direcionam a nova dinâmica do setor em que se traduz em uma necessidade dos setores públicos e privados a trabalharem

⁴ Apresentado em Webinar ocorrido online e conduzido pela Air Centre, com dados do “online index of objects launched into outer space” da Unoosa.

sustentavelmente com uma variedade de parceiros, papéis e responsabilidades. (ROBINSON e MAZZUCATO, 2018).

Dentre essas pressões externas, a relação da nova dinâmica da exploração espacial e as mudanças tecnológicas se referem à caracterização do conceito de indústria 4.0 e a sua interação com o setor espacial. Essa interação gera uma analogia direta para a criação do conceito de Espaço 4.0 após diversas ondas de desenvolvimento da exploração espacial, como se pode ver na figura 3.

Figura 3 - Analogia de ondas de revolução industrial e de atividades espaciais

<u>Industry 'waves'</u>	<u>Space 'waves'</u>
(World Economic Forum)	(ESA)
Industry 1.0 – Use of water and steam power	Space 1.0 – Astronomy
Industry 2.0 – Mass production through production lines and electrical energy	Space 2.0 – Space race, Apollo era
Industry 3.0 – Use of electronics for automation	Space 3.0 – ISS era and integrated international initiatives
Industry 4.0 – Connected value chains (Internet of Things, smart factories, internet of services)	Space 4.0 – More nations, more types of space 'players', spin-off, spin-in and spillover, meaning space is closer to consumers and society, space tourism

Fonte: Robinson e Mazzucato, 2018, p.19.

Assim, o Espaço 4.0 consiste em novos arranjos espaciais e aplicações com mais atores, relacionamentos e necessidades de políticas de inovação de modo que destaque os desafios de uma sociedade digital e da indústria 4.0, as diversas nações com programas espaciais, a formação de um mercado espacial, e os desafios urgentes dentro da pauta de debates da sociedade, formando a “Nova Economia Espacial”.

A NOVA ECONOMIA ESPACIAL (NEW SPACE)

Considerando as características iniciais e o crescimento da comercialização, a nova economia espacial se traduz pelo crescimento das aplicações espaciais em uma cadeia de valor de alta especialização e de grande valor agregado, criando um sistema complexo de

fornecedores, fabricantes e usuários. A fim de delimitá-la, serão expostas primeiramente suas aplicações principais e demandas práticas.

Segundo a Agência Espacial Brasileira (AEB), as tecnologias espaciais contornam 5 aplicações principais: Observação da Terra – para fins de ciência e tecnologia, vigilância civil e militar, agrobusiness e meio ambiente; Navegação global por sistemas de satélite – utilizados para fins de transporte, lazer e defesa; Comunicações – para fins de educação, segurança e mobilidade; meteorologia – com fins alimentares, defesa civil e de mudanças climáticas; e também o próprio acesso ao espaço por si somente, como visto na figura 4.

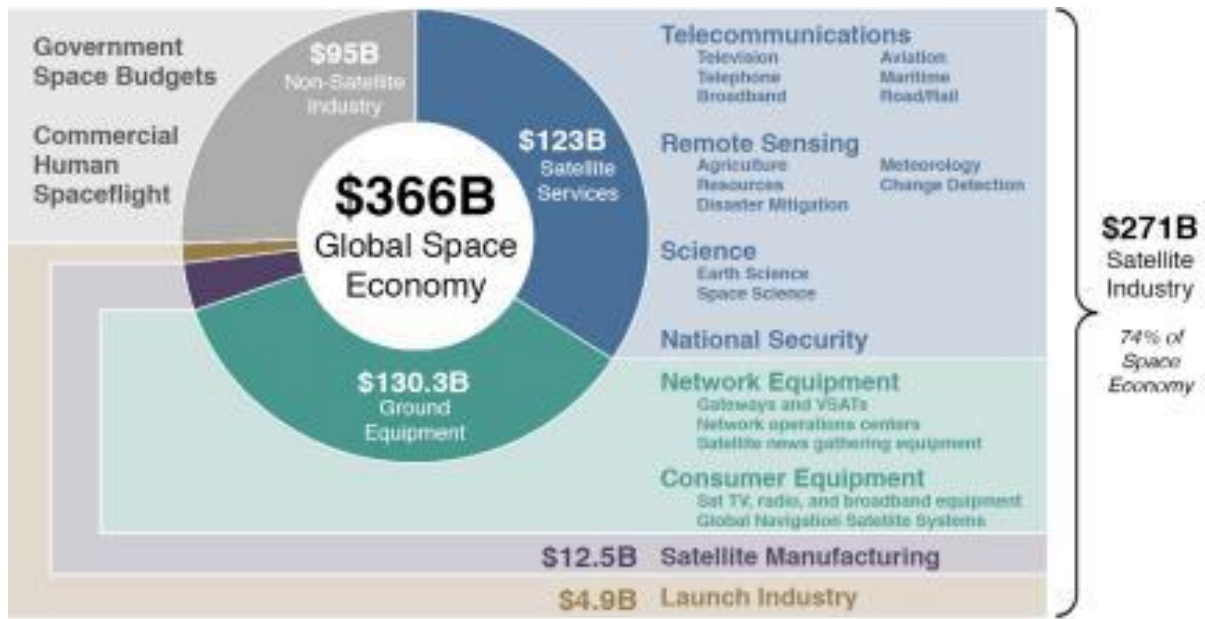
Figura 4 - Aplicações e tecnologias espaciais gerais



Fonte: AEB, 2020f

Dentre elas, quatro dessas aplicações – meteorologia, observação da Terra, comunicações e sensoriamento remoto – são diretamente relacionadas à coleta de dados do espaço a partir de satélites. Com isso, a figura 5 apresenta a receita da economia espacial mundial e, com isso, os setores mais relevantes da economia principalmente o segmento de satélites.

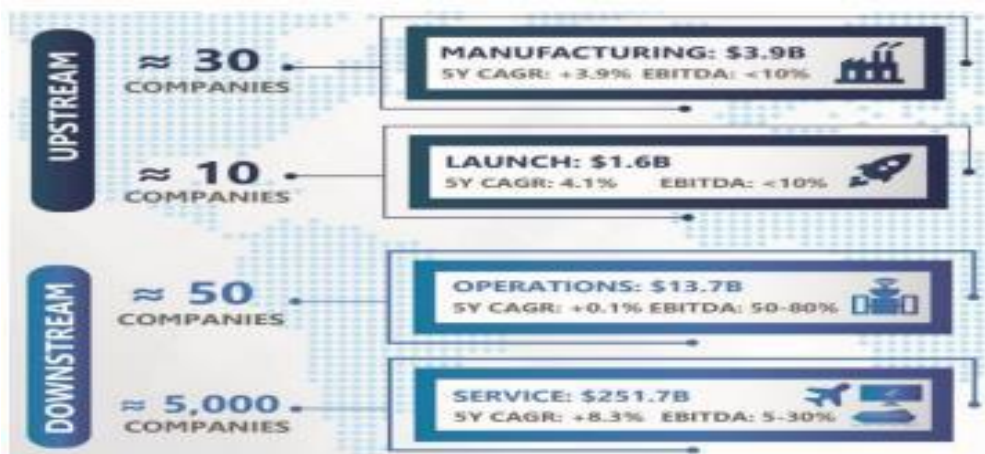
Figura 5 - Economia espacial global: receita mundial de 2019 em bilhões de dólares



Fonte: Satellite Industry Association (SIA), 2019.

A economia espacial global está avaliada atualmente em torno de US\$ 400 bilhões, sendo o segmento de satélites responsáveis por 74% da economia espacial. Além disso, a indústria de satélites possui a maior participação de agentes privados principalmente em segmentos de serviços de satélites em que chega a haver cerca de 5.000 empresas ao redor do mundo, conforme a figura 6. Ou seja, o segmento de satélites e suas aplicações integradas ao restante da economia podem ser caracterizados como um dos marcos da nova economia espacial.

Figura 6 - Número de empresas participantes da cadeia de valor do setor espacial



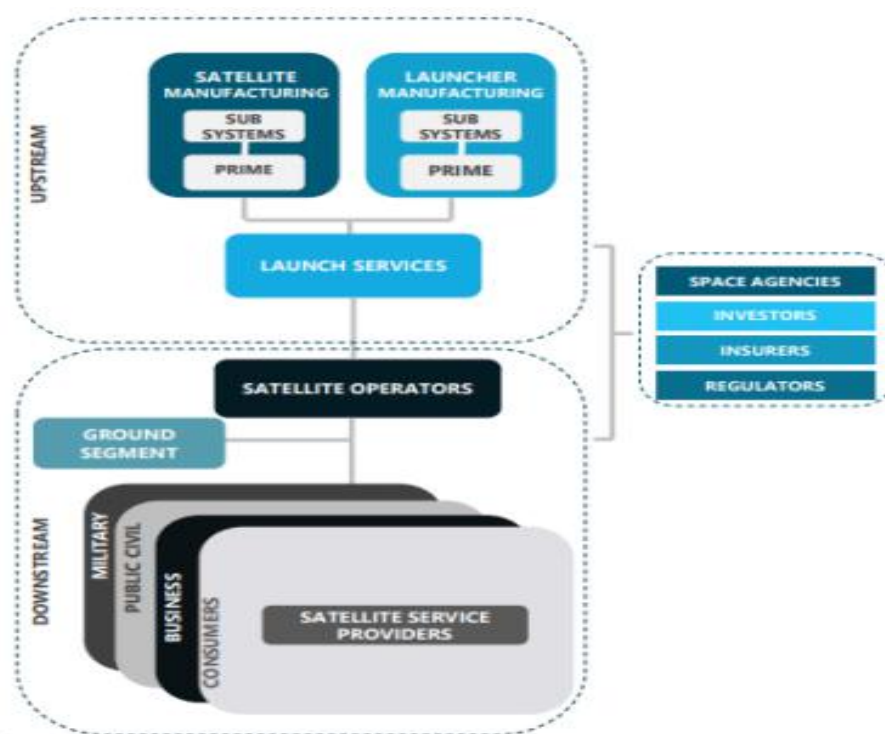
Fonte: Vellasco, 2019, p.48

Na figura 6, demarcam-se os segmentos de manufatura e lançamento com maior concentração de empresas e as operações e serviços com maior número de agentes privados devido a um maior mercado. Além disso, é uma cadeia de valor que opera a montante (upstream) – que cria os equipamentos e infraestrutura necessários em órbita – e flui a jusante (downstream) – para as diferentes explorações comerciais de suas aplicações. (Velasco, 2019, p.46).

Destaca-se que, para o segmento de satélites, o *new space* e as novas ondas da indústria representam grande avanço tecnológico principalmente na geração, armazenamento e transmissão de dados. Isso possibilitou uma diminuição do tamanho dos satélites e novos modelos de negócio como o surgimento dos nano e microsatélites. Tal categoria é atribuída em função do peso: nanosatélites de 1 a 10 quilos e microsatélites pesam entre 10 e 100 quilos. A relevância dessas categorias é a diminuição do tempo de desenvolvimento e produção, além dos menores custos de desenvolvimento e de lançamento com foguetes menores, com menos uso de combustível e podendo ser lançados em conjunto com outros satélites, diminuindo custo unitário ainda mais.

Na figura 7 é possível visualizar mais claramente essa delimitação da cadeia de valor já a partir de uma perspectiva maior que possibilite a identificação de um sistema de inovação do setor espacial, acrescentando agentes privados e públicos.

Figura 7 - Sistema de inovação do setor espacial diretamente ligado a satélites



Fonte: Vellasco, 2019, p.46

Isto é, podem ser delimitados cinco agentes fundamentais para a organização da produção e desenvolvimento espacial dependentes da tecnologia de satélites:

- I- “Agências governamentais – coordenam os projetos e financiam P&D de tecnologia espacial para utilização própria e para utilizações duais; [...]
- II- A indústria espacial (a montante) – número limitado de jogadores que projetam e fabricam sistemas espaciais e seus veículos de lançamento;
- III- Operadores de satélite – detêm os sistemas de satélites e comercializam as suas capacidades aos prestadores de serviços (a jusante), que entregarão as aplicações satelitais aos utilizadores finais;
- IV- Segmento terrestre e fornecedores terminais – projetam e entregam uma grande variedade de softwares e equipamentos tanto para gestão da infraestrutura de satélite quanto para a produção de serviços aos usuários;
- V- Usuários finais – sejam eles governamentais (civis/militares) ou comerciais, demandam não a tecnologia do satélite em si, mas soluções adaptadas às suas necessidades, tais como comunicação, navegação ou serviços de localização geográfica.” (Fonte: VELLASCO, 2019, p.47)

Cabe ressaltar que o objetivo do presente trabalho é uma análise com foco no subsistema de políticas públicas – composto por instituições públicas e políticas de incentivo governamentais e demais aspectos relevantes para a análise de uma política orientada por missão considerando esse paradigma tecnoeconômico da nova economia espacial.

Destaca-se também a insurgência de novas aplicações espaciais comerciais como o transporte espacial a partir de exemplos como o foguete Falcon 9 – foguete reutilizável da empresa SpaceX – e também tendências de aplicações como a mineração espacial, entre outros. No entanto, o foco de análise são aplicações realizadas no Brasil.

ATORES

A fase anterior ao *new space*, introduzida no tópico anterior, foi caracterizada por um desenvolvimento quase exclusivo a partir das estruturas institucionais governamentais, devido à baixa taxa de produção com alto custo por unidade e ênfase em tecnologias da fronteira tecnológica e que tenham alta confiabilidade e durabilidade devido aos altos custos de manutenção e produção. Desse modo, os mercados eram principalmente para serviços para o governo ou *business-to-business*. (ROBINSON e MAZZUCATO, 2018, p.40).

Com isso, o primeiro ator a ser destacado é o Estado e seu papel de atuação. Originalmente como única fonte de capacitação, pesquisa básica e aplicada e de demanda, ele criou a infraestrutura e os próprios novos mercados em si. A relevância inicial do Estado se deu principalmente na

“criação da agência espacial como um mecanismo de coordenação das atividades espaciais é essencial para o sucesso dos programas. A inclusão do novo ator neste cenário se faz necessária pela própria complexidade da tecnologia espacial, pelo montante de recursos envolvidos e pela elevada qualificação da mão-de-obra incorporada ao projeto”. (COSTA FILHO, 2000, P. 16)

O Estado é fundamental para a capacitação tecnológica, por meio de instrumentos de política de compras governamentais, desenvolvimento tecnológico e transferência à indústria para capacitação industrial, herança de voo⁵ – necessária devido à exigibilidade de alta confiabilidade. Isso permitiu o amadurecimento da indústria e crescente autonomia em relação

⁵ Se refere à qualificação exigida de que “componentes, subsistemas e sistemas espaciais devem apresentar experiência bem-sucedida no espaço” em missões anteriores. (VELLASCO, 2019, p.58)

ao Estado, possibilitando o surgimento do *new space*, e ainda assim continua tendo grande relevância por meio de desenvolvimentos devido a encomendas tecnológicas com recursos públicos e participação em ciência, tecnologia e inovação devido a infraestrutura de pesquisa. (VELLASCO, 2019, p. 58-59)

Para fins de exemplificação, destaca-se aqui algumas relevantes agências espaciais dentre os principais países líderes: *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), dos Estados Unidos; a *European Space Agency* (ESA), da União Europeia; *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), do Japão; entre outros.

No entanto, a nova onda de desenvolvimento espacial envolve crescente participação de investimentos e financiamentos de novos atores privados. Isso se relaciona à busca por uma alta taxa de produção com menor custo por unidade e onde a confiabilidade possui uma menor ênfase pela possibilidade de reposição de satélites e foguetes baratos. Além disso, o mercado da nova economia espacial está cada vez mais focado em serviços *business-to-consumer*. (ROBINSON e MAZZUCATO, 2018, p.40)

Um fato relevante desse crescimento de atores privados é a participação, principalmente, dos investimentos de bilionários das empresas de tecnologia como Google, Facebook e Amazon. Conforme Robinson e Mazzucato (2018, p.41), a área chave de crescimento da nova economia espacial é aonde o processamento, disseminação e entrega de dados está sendo rapidamente conduzida por start-ups de rápido crescimento, financiado por tais bilionários ligados a indústria 4.0.

Mudando de perspectiva, para um ponto de vista tecnológico e de atuação, de acordo com a OCDE (2020, p. 5), os atores da economia espacial também podem ser divididos em três setores:

Quadro 4 - Segmentos de atores do setor espacial

Componentes	Escopo	Atividades
Setor Upstream	P&D, Manufatura e Lançamento – fundamentos científicos e tecnológicos, manufatura e produção da infraestrutura espacial	Pesquisas Básicas e aplicadas; apoio científico e de engenharia; serviços auxiliares (ex: seguro); oferta de materiais e componentes; design e manufatura de equipamentos e subsistemas espaciais; integração e oferta de sistemas completos; lançamento espacial

Setor Downstream	Operações diárias de Infraestrutura espacial e atividades em terra que dependem diretamente da provisão de capacidades espaciais (tecnologia de satélites, sinais ou dados) para existirem e funcionarem.	Operações espaciais e sistemas em terra; oferta de dispositivos e produtos auxiliares ao mercado consumidor (ex: dispositivos de GPS); oferta de serviços auxiliares aos mercados consumidores (ex: televisão por satélite)
Atividades de outros setores espaço-derivadas	Novas atividades em diversos setores econômicos que derivam ou dependem de tecnologias e transferências espaciais	Atividades econômicas, produtos e serviços derivados das tecnologias espaciais mas que não dependem disso para funcionar. Ex: transferências tecnológicas para setores automotivos.

Fonte: OCDE, 2020, p.5.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, INSTITUCIONAIS E DE CAPITAL HUMANO

Tendo em vista suas características contemporâneas, o setor espacial usufrui de uma série de instituições, interações e rotinas consolidadas para atender as especificidades dos seus produtos e serviços derivados devido a sua complexidade e grau de especialização requeridos no desenvolvimento de componentes, subsistemas e sistema.

Isso porque os sistemas espaciais possuem uma série de riscos tecnológicos intrínsecos.

“Os componentes apresentam característica de interface que podem afetar o funcionamento dos demais, como interferência eletromagnética e troca térmica de um equipamento ao outro. Há também restrições de massa e volume. Além disso, por serem produtos de alta complexidade tecnológica, podem ser produzidos por diferentes empresas, o que aumenta a complexidade do sistema. Por fim, os subsistemas, muitas vezes compostos por diferentes equipamentos, devem passar por um processo rigoroso de verificação para garantir que suportam condições ambientais a que serão submetidos, considerando que a manutenção ou reparo de componente e subsistemas enquanto em órbita é inviável, especialmente em razão de custos, aumentando exigências de confiabilidade e garantia de qualidade. Sabendo disso, ao desenvolvimento desses produtos são aplicados conceitos e metodologias de gerenciamento de projetos de engenharia, que dividem projeto em fases distintas, com objetivos específicos, e cria mecanismos de verificação em cada uma delas.” (VELLASCO, 2019, p.50)

Por esse motivo o ciclo de vida dos projetos espaciais dá a partir da minimização de riscos com testagens e demonstrações em diversas etapas. Internacionalmente, são adotadas rotinas de projetos estabelecidas e consolidadas como o Padrão ECSS-M-ST-10C – utilizada pela ESA - e o PMbok – adotado pelo Departamento de Defesa americano –, porém “missões

na área espacial constituem-se em empreendimentos únicos para aplicação de técnicas de gerenciamento” (YASSUDA, 2010, p. 1).

Segundo Yassuda (2010, p.12), projetos espaciais brasileiros não possuem metodologia definida de execução mas são baseados nos padrões europeus. Isto é, eles reproduzem, de modo geral, etapas semelhantes nos projetos⁶ CBERS-3 e 4, EPSS e SIA. Com isso, o quadro 5 delimita o Padrão ECSS, modelo de referência para o planejamento dos projetos nacionais.

Quadro 5 - Rotina do padrão ECSS-M-ST10C

Etapa	Especificação
Fase 0 – Análise de missão	Identificar requisitos da missão, tais como desempenho esperado, confiabilidade e vida útil do produto, juntamente com restrições de caráter geral como as relativas ao ambiente operacional
Fase A – Análise de viabilidade	Identificação de restrições relativas à implementação do projeto, tais como: custos, cronogramas, organização, operação, manutenção, produção e descarte. O principal resultado dessa fase: proposição de um primeiro conceito para as configurações de sistema e operações, estabelecimento das especificações técnicas em nível de sistema, definição de planos preliminares de gerenciamento, de desenvolvimento de qualidade, e uma proposta para a filosofia de verificação.
Fase B – Definição do Projeto Preliminar	Consolidada proposta de conceito para as configurações de sistema e operações. Projeto preliminar é desenvolvido, enfatizando as soluções técnicas escolhidas. Para produtos de hardware são desenvolvidos estudos e trabalhos que contemplam: projetos técnicos (elétrico, mecânico, etc; definição da lista preliminar de partes e materiais; plano de fabricação preliminar, contendo os procedimentos para fabricação, montagem, ajustes e integração e documentação para a fabricação do modelo de engenharia; etc.
Fase C – Definição Detalhada do Projeto	Detalhamento do conceito de sistema e operações selecionado, dos planos de fabricação, integração e testes para sistemas e seus componentes; etc.
Fase D – Produção e Qualificação	Atividades para qualificação, incluindo testes e atividades de verificação. Modelo de qualificação de equipamentos e subsistemas selecionados é concluído. Fabricação e testes do modelo de qualificação; estabelecimento da versão final da documentação para fabricação do modelo de voo; etc.

⁶ Destaca-se que há uma defasagem temporal na análise comparativa de Yassuda, pois os projetos estavam em andamento, ou seja, inacabados.

Fase E – Operação	Atividades de preparação para o lançamento, o lançamento propriamente dito, atividades para injeção em órbita e procedimentos iniciais para operação do sistema. Realizadas todas as verificações pertinentes às atividades de comissionamento, operações em órbita, suporte à missão e às atividades de operação do segmento solo
Fase F – Descarte	Nesta fase são implementados planos para o descarte do sistema.

Fonte: YASSUDA, 2010, p. 6

Além disso, há métricas estabelecidas de planejamento e controle dos riscos tecnológicos como critério utilizado na tomada de decisões na gestão de tecnologias espaciais brasileiras, conhecido como o processo de mensuração do Índice de Maturidade Tecnológica (IMATEC) – uma tradução do índice *Technology Readiness Level* (TRL) utilizado pela NASA (AEB, 2018b) – sendo um índice que varia de 1 a 9 a respeito do grau de maturidade tecnológica amplamente utilizada para gerenciamento de riscos e projetos.

No caso, quanto menor o valor de TRL mais imatura e incerta é a tecnologia. Os níveis 1 a 3 envolvem investigação científica, pesquisa e prova de conceito. Portanto, são tecnologias consideradas de alto risco pelo alto grau de incerteza. Por isso, para mitigar riscos, a participação da universidade nessas etapas é fundamental, sendo os agentes que promovem a maior parte das pesquisas básicas de longo prazo. (VELLASCO, 2019, p. 52)

Os níveis 4 a 6 são identificados como o vale da morte durante a transição para tecnologias aplicadas. A partir desses níveis, passam a ser requeridos infraestrutura de laboratório e validação de testes de protótipo em ambiente relevante. Com isso, nessas etapas os institutos de pesquisa públicos possuem grande relevância, juntamente com universidades e empresas com grandes fluxos de conhecimento tendo o risco da tecnologia considerado em um nível moderado. (Santos, 2014 apud Vellasco, 2019, p. 53)

Os níveis de 7 a 9 são as tecnologias de maior maturidade e com menor risco. Ou seja, já chegaram no estágio de demonstração de protótipo; qualificação do sistema para voo a partir de teste e demonstração; e, no nível 9, quando o sistema é comprovado em voo em missão bem sucedida. Isto é, significa que o novo produto está pronto para a comercialização. (Santos, 2014 apud Vellasco, 2019, p. 53).

Portanto, podendo ser consolidado no quadro 6.

Quadro 6 - Níveis de TRL e grau de risco tecnológico

Grau de Risco	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alto									
Moderado									
Baixo									

Fonte: Elaboração própria a partir das informações expostas.

O fato de haver diversos níveis tecnológicos reforça a importância inicial do Estado descrita anteriormente no desenvolvimento das atividades espaciais tendo em vista o papel empreendedor do Estado destacado por Mazzucato. Isso porque o setor espacial é de desenvolvimento tecnológico complexo que exige a interação entre diversos atores, de longo prazo, caro e de alto risco; ou seja, há uma necessidade de financiamento de longo prazo com capital paciente.

Segundo Vaz (2009, p. 222-223), os recursos financeiros para os programas espaciais são de natureza pública, os bens não ficam disponíveis para aquisição imediata mas por meio de quantidades limitadas de encomendas, são bens de alto valor agregado para atingir os requisitos de qualidade, envolvem tecnologias classificadas como duais – restringindo o acesso a elas no mercado internacional, o acesso como fornecedor ao mercado internacional não se dá apenas por capacitação tecnológica mas histórico de voos bem-sucedidos e, por fim, custos são elevados para o treinamento e especialização de mão de obra.

A força de trabalho no setor espacial, segundo Matos (2016, p.550) era composta em 2011 por trabalhadores com mais anos de estudo – com média de 11,6 anos frente a algo em torno de 9 anos em outros setores industriais. Outra comparação é a predominância de engenheiros – em torno de 4,4%, superior à média das firmas nacionais a qual é de 0,7%. Os setores de qualificação são aqueles demarcados inicialmente no capítulo referentes a diferentes áreas de aplicação da atividade espacial, principalmente a engenharia espacial, ciências aeroespaciais, meteorologia, entre outros cursos.

2.2.O PROGRAMA ESPACIAL BRASILEIRO

O objetivo desta seção é esboçar o desenho do sistema de inovação com foco no subsistemas de políticas públicas. Para isso, é importante ressaltar novamente a diferenciação de três etapas da política pública: o objetivo e desenho da política, as capacidades e

implementação da política e os resultados. Essas etapas estarão evidenciadas principalmente em infraestrutura e organização institucional, capacidades espaciais e desenvolvimentos tecnológicos realizados respectivamente.

2.2.1. Breve Histórico do programa espacial brasileiro

O Brasil reconheceu a importância das atividades espaciais após o lançamento do Sputnik 1, primeiro objeto artificial em órbita, com a criação do Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) em 1961. A partir disso, as atividades e pesquisas espaciais no Brasil passaram por um processo de institucionalização com formação da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE) e o Grupo executivo de trabalhos e Estudos de Projetos (GETEPE) – empenhou projetos como o do primeiro foguete brasileiro, o Sonda I. (COSTA FILHO, 2000, p.64)

Em 1971, a exploração civil – sucedendo a CNAE – se dedicou à criação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o GETEPE foi substituído pelo Instituto de Atividades Espaciais – este último o qual seria o atual Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) e subordinado ao Centro de Tecnologia Aeroespacial (CTA) – constituindo, portanto, institutos voltados para pesquisa e aplicações tecnológicas e marcando o perfil dual, tanto militar quanto civil, do programa espacial brasileiro. (COSTA FILHO, 2000, P.64)

Ao longo da década de 1970, foi instituída a Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) que seria um órgão de planejamento de um programa espacial brasileiro, que foi consolidado em 1979 na Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) como ferramenta central de planejamento com o “objetivo de desenvolver e colocar em órbita um satélite nacional através de um foguete nacional, utilizando-se um centro de lançamento nacional.” (COSTA FILHO, 2000, p.2)

Para isso, a MECB atuava diretamente na integração entre os atores envolvidos nesse programa. Assim, esse programa possuía “três vertentes – desenvolvimento de satélites, veículos lançadores e centros de lançamento. (...) O desenvolvimento de satélite coube ao INPE – a parte civil do programa, o desenvolvimento de lançador ao Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA) – parte militar do programa – e o centro de lançamento ficou a cargo do Ministério da Aeronáutica (Maer)” (COSTA FILHO, 2000, p.2). Seus principais resultados foram o lançamento de 2 satélites – SCD-1 em 1993 e SCD-2 em 1998 – e uma infraestrutura

para as atividades espaciais como o Laboratório de Integração e Testes de Satélites (LIT) e o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA).

Em um processo de modernização institucional, a partir de 1994 a COBAE foi substituída para a atual Agência Espacial Brasileira (AEB), que elaborou o Programa nacional de Atividades Espaciais (PNAE), em substituição ao MECB, como nova ferramenta de planejamento decenal de materialização do que é chamada de Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE). Isto é, a PNDAE representa o conjunto de intervenções públicas para o desenvolvimento do setor e se dá por meio de um arranjo chamado de Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE) que abrange todos os atores da economia espacial.

Por fim, foi criado em 2018 e oficializado pelo Decreto 9.839/2019 (BRASIL, 2021) o Comitê para o Desenvolvimento do Programa Espacial Brasileiro (CDPEB), como órgão de assessoramento direto ao Presidente da República sendo interministerial, com o objetivo de ser um ambiente de potencialização da interação dos agentes do SINDAE.

A partir das discussões do CDPPEB, criou-se o Conselho Nacional do Espaço (CNE) – a qual definirá as diretrizes da política espacial – e o Comitê Executivo do Espaço (CEE) – a qual executará o programa. No caso, a AEB foi atribuída como secretaria executiva do CNE e presidirá o CEE, buscando ampliar o poder de influência da agência e participação não apenas no PNAE mas também na conciliação de investimentos. (PPA Cidadão, 2018)

A motivação ou inspiração para o desenvolvimento do setor espacial brasileiro se origina das especificidades do Brasil: o país “possui a maior extensão territorial do mundo e abriga a mais extensa floresta tropical – o patrimônio da Amazônia seria, por si só, motivo relevante [...]. Ainda há outros motivos como a descoberta das reservas de petróleo do pré-sal” (Rollemberg *et al*, 2009, p.22). Tais aspectos também foram abordados pela Estratégia Nacional de Defesa, promulgada em 2008, que estabelece: motivação militar de defesa do território, prevenção a crimes, demandas sociais de comunicação em áreas remotas, prevenção de desastres naturais, potencial econômico para setores vitais como o agronegócio e defesa dos interesses ambientais de prevenção a queimadas, desmatamentos e estudos sobre mudanças do clima. (ROLLEMBERG *et al*, 2009, p. 27).

2.2.2. Infraestrutura e Organização Institucional

Conforme o decreto nº 1.332 de 8 de dezembro de 1994 (BRASIL, 1994), o setor espacial é regido pela Política Nacional de Desenvolvimento das atividades Espaciais (PNDAE) que estabelece objetivos e diretrizes para os programas e projetos nacionais com destaque para o Programa Nacional de Atividades Espaciais. Segundo Rollemberg *et al* (2009), a execução do PNDAE ocorre de forma descentralizada no âmbito do Sistema Nacional de Atividades Espaciais (SINDAE).

Política Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (PNDAE)

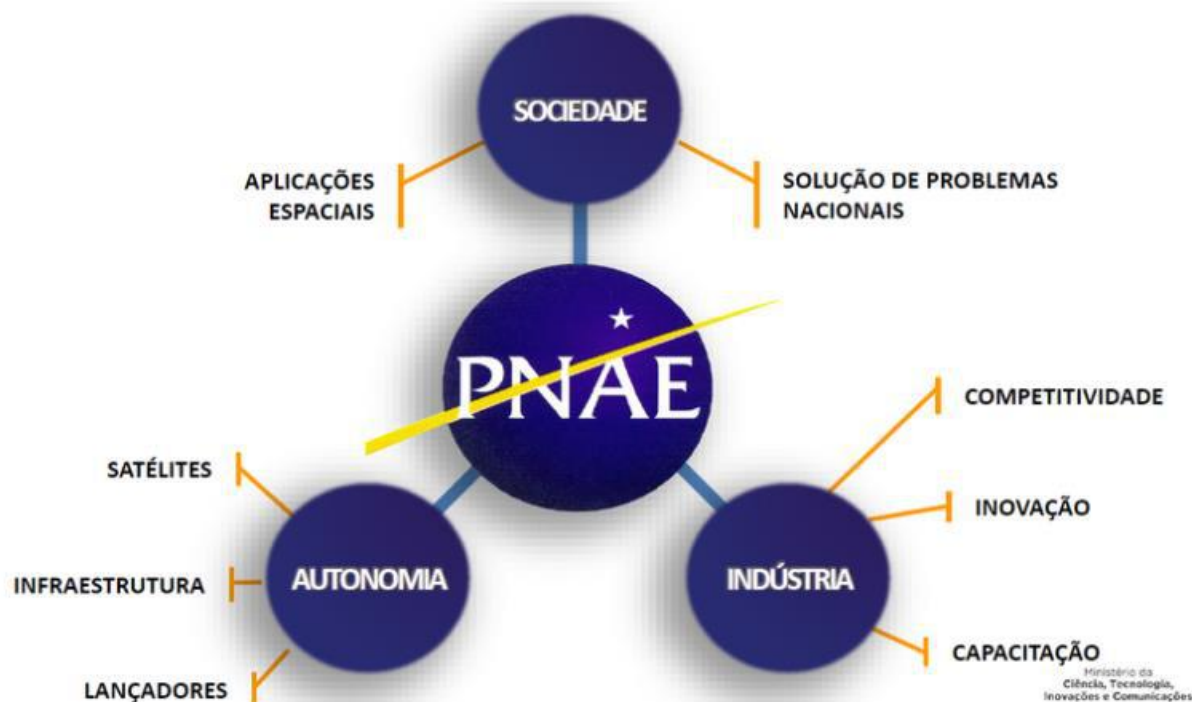
O PNDAE, oficialmente, tem como objetivo geral “promover a capacidade do país para utilizar recursos e técnicas espaciais na solução de problemas nacionais e em benefício da sociedade brasileira” (BRASIL, 1994) acompanhado de objetivos específicos:

“estabelecimento no país de competência técnico-científica na área espacial; promoção do desenvolvimento de sistemas espaciais⁷, bem como de meios, técnicas e infraestrutura de solo correspondentes; e adequação do setor produtivo brasileiro para participar e adquirir competitividade internacional em produtos espaciais” (BRASIL, 1994).

O PNDAE é consolidado, tem suas metas decenais estabelecidas e é acompanhado por meio do PNAE – elaborado pela Agência Espacial Brasileira (AEB) e representando uma carteira de projetos no setor espacial – visando cumprir as diretrizes do PNDAE. A última versão elaborada do PNAE foi para o período 2012-2021, aonde se constitui por 3 focos estratégicos principais: sociedade, autonomia nacional e indústria – visando domínio de tecnologias críticas e avanço industrial como prioridade, vide a figura 8:

⁷ Segundo Brasil (1994), expressão para indicar engenhos destinados a operar no espaço ou viabilizar a operação no espaço de equipamentos destinados a permitir ao homem acesso a informações ou serviços – estações espaciais, satélites, plataformas espaciais, cargas úteis, entre outros.

Figura 8 - Desenho de estruturação da PNDAE



Fonte: AEB, 2020b

Considerando a versão 2012-2021 do PNAE foram agendadas inicialmente 11 missões espaciais estruturantes, de maior porte, voltados para satélites: CBERS-3 e 4; SGDC-1 e 2; Amazônia-1, 1B e 2; Lattes; Geomet-1; SABIA-Mar; e SAR. Ademais, os projetos envolvendo nano e microsatélites foram considerados como complementares e não foram especificados.

Essas missões tinham a expectativa de orçamento de 900 milhões por ano, sendo 47% destinados aos projetos de missão satelitais estruturantes, 17% para projetos de acesso, 26% para infraestrutura espacial e 10% para projetos espaciais e complementares. Elas são objetivas dispendo de metas, objetivos e prazos claros, definidas publicamente e possui uma rotina implícita estabelecida.

Cabe destacar também as diferentes aplicações dos projetos espaciais planejados relacionados a satélites: série CBERS, SAR e Amazônia para fins de observação da Terra, utilização no agronegócio, meio-ambiente, defesa e monitoramento de recursos naturais; Lattes para pesquisa de fenômenos no espaço exterior; SGDC para comunicações governamentais e acesso para populações em áreas remotas à internet; SABIA-Mar para monitoramento da cor e temperatura das águas marinhas e ambientes oceânicos; GEOMET-1 para sistemas de previsão

de tempo (AEB, 2012). Ou seja, fazendo com que envolva múltiplos setores e disciplinas de potenciais usuários.

No entanto, dentre essas 11 missões estruturantes apenas 4 ocorreram: CBERS-3 e 4, SGDC-1 e Amazônia-1. Também teve uma missão adicional da linha CBERS, a CBERS-4A, e o desenvolvimento do Itasat. Com relação aos nano e microssatélites, foram desenvolvidos o Tancredo-1, FloripaSat-1, NanoSatcBr-1 e 2, Serpens e AESP-14, dando um total de 6 missões de nanosatélites (AEB, 2021). Isso ocorreu “devido a uma série de limitações de natureza técnica, embargos internacionais, contingenciamentos orçamentários, entre outras” (Nota Técnica nº 14/2018/DPEI apud CGU, 2019, p.12).

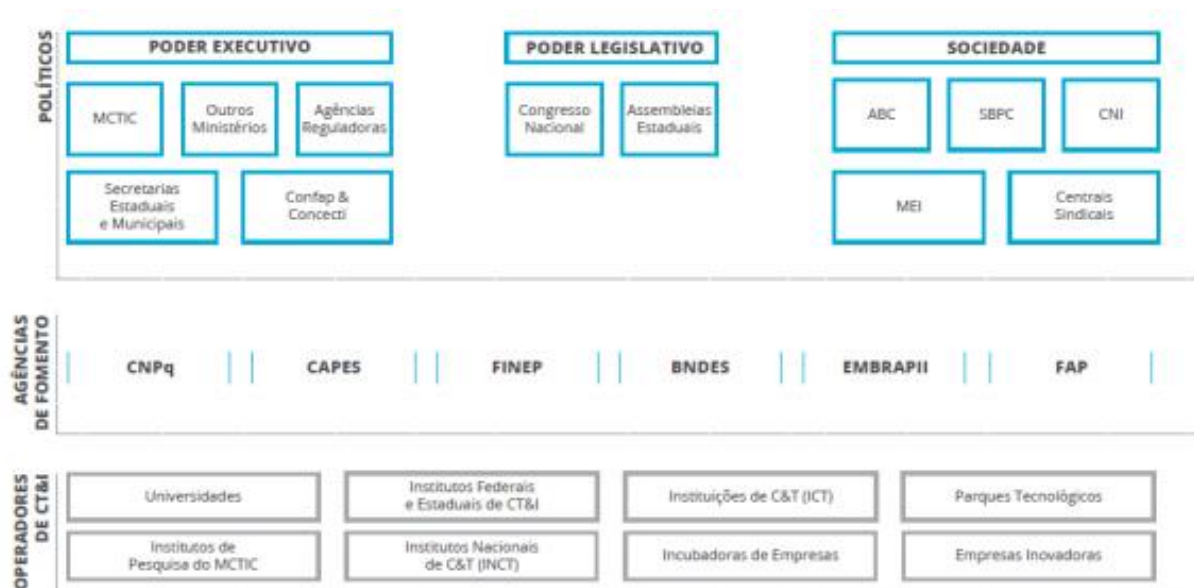
O PNAE também aborda diferentes atores, públicos e privados, nacionais e internacionais, no engajamento e realização dos projetos, tais como: INPE, Ministério da Agricultura, Ministério da Integração Nacional, Ministério da Defesa, Indústrias do turismo e aquicultura, agências de proteção ambiental, empresas de processamento de imagens, Telebrás e comunidade científica. Contando também com parcerias internacionais como China e Argentina.

Por fim, os resultados esperados na indústria e sobre capital humano foram definidos de modo qualitativo no PNAE (AEB, 2012), sem o estabelecimento de parâmetros quantitativos como o desejável para políticas orientadas por missões. No entanto, tais indicadores quantitativos se encontram em parte no Plano Plurianual (PPA) como ocorrido nas versões 2012-2015 e 2016-2019 (BRASIL, 2011, 2015) no campo do Programa 2056 – Política Espacial de modo explícito.

Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais (SINDAE)

As políticas do PNDAE são organizadas e estruturadas por uma rede de instituições públicas com diferentes missões e demais atores que compõem o chamado SINDAE. Cabe ressaltar, no entanto, que os atores do SINDAE é um subconjunto de um conjunto maior que é o ecossistema de ciência, tecnologia e inovação nacional, demarcado na figura 9:

Figura 9 - Atores do Sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação

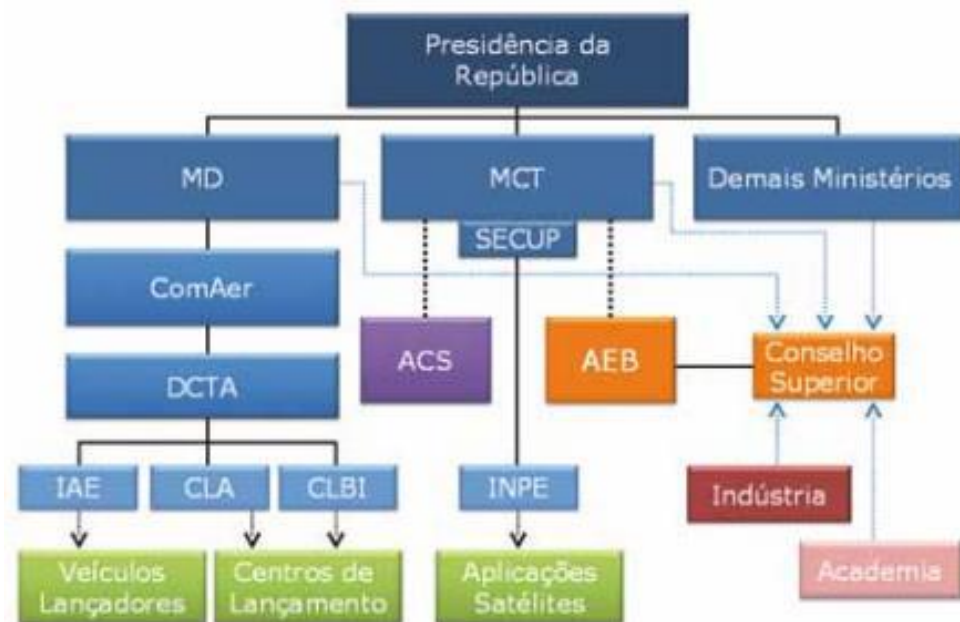


Fonte: Vellasco, 2019, p. 36.

Segundo Rollemberg *et al* (2009), o órgão central do SINDAE é a AEB, responsável por coordenar a formulação de propostas de revisão da PNAE bem como executar e acompanhar as ações. Os outros órgãos mais relevantes são o INPE e o IAE os responsáveis pela execução dos projetos e atividades estratégicas estabelecidas pelo PNAE. Cabe destacar também as infraestruturas dos centros de lançamentos compostas pela base de Alcântara (CLA) e Barreira do inferno (CLBI) (Rollemberg *et al*, 2009).

Desse modo, o arranjo institucional desse sistema é explícito na figura 10.

Figura 10 - Política espacial brasileira



Fonte: AEB, 2013.

2.2.3. Capacidades Espaciais Brasileiras – Políticas orientadas por missões

Na construção da abordagem de políticas orientadas por missões, Mariana Mazzucato (2017) levanta uma série de seis capacidades necessárias que foram demarcadas no referencial teórico para que seja possível atingir o sucesso de implementação de políticas orientadas por missão: científico-tecnológica, demanda, produtiva, estatal, política e acompanhamento.

CAPACIDADE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

Ao abordar essa capacidade, Mazzucato (2017) enfoca principalmente os elementos referentes ao subsistema de educação e pesquisa do sistema de inovação referido.

A pesquisa básica no setor espacial abrange diversas áreas de conhecimento científico. De acordo com o Observatório do Setor Espacial (AEB, 2020c) dirigido pela AEB, há no Brasil 17 instituições em atividade que oferecem capacitações diretamente relacionadas à engenharia

na área aeroespacial. Essas instituições são responsáveis por ofertar 33 cursos⁸ entre graduações e pós-graduações. São as principais instituições:

Quadro 7 - Cursos de formação de capital humano

Instituição	Qtd. Cursos ofert.	Ênfase	Característica
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)	10	Pós -Graduação	Com 53 anos de oferta, oferece pós graduação nas modalidades de mestrado e doutorado acadêmico para cada um dos seguintes cursos: computação aplicada, Engenharia e Tecnologia Espaciais, Geofísica Espacial, Meteorologia e Sensoriamento Remoto
Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA)	10	Graduação e Pós-Graduação	Com 60 anos de oferta, oferece graduação (bacharel) em Engenharia Aeroespacial; oferece também pós-graduação nas modalidades mestrado e doutorado acadêmico para cada um dos seguintes cursos: Ciências e Tecnologias Espaciais, Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Engenharia Eletrônica e Computação e Física. Oferece também mestrado profissional para o curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica
Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)	2	Pós-Graduação	Com 9 anos de oferta, oferece pós-graduação nas modalidades de mestrado e doutorado em ciências e Tecnologias Espaciais
Instituto de Estudos Avançados (IEAv)	2	Pós-Graduação	Com 9 anos de oferta, oferece pós-graduação nas modalidades de mestrado e doutorado em ciências e Tecnologias Espaciais
Outros	13	Graduação	Referentes a 13 instituições universitárias focalizadas majoritariamente em cursos de bacharelado em Engenharia Aeroespacial, Aeronáutica e Espaço e Ciência e Tecnologia- UFMA, UFABC, UFMG, UFSC, UFSM, UnB, UniAmérica, UniVap. Pós-graduação em Ciências Aeroespaciais, Ciências Geoespaciais e Engenharia Aeroespacial – UPM, UEMA, UFMA, UFPE, UFRN e UNIFA.

Fonte: Elaboração Própria com base em AEB; Plataforma Sucupira, CAPES; Plataforma e-MEC; 2020.

Com isso é visto que a maior parte das capacitações científicas ofertadas são realizadas por institutos e universidades públicas – federais e estaduais.

⁸ Cursos de interesse na temática espacial de acordo com o Observatório do Setor Espacial da AEB: Ciências Aeroespaciais, Ciências e Aplicações Geoespaciais, Ciências e Tecnologias Espaciais, Computação aplicada, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Engenharia Aeronáutica e Espacial, Engenharia e Tecnologias espaciais, Engenharia Eletrônica e Computação, Física, Geofísica espacial, Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Meteorologia e Sensoriamento Remoto.

Em relação à pesquisa aplicada e ao desenvolvimento tecnológico para o setor espacial, destaca-se principalmente os institutos públicos como o ITA, o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) com o IAE e o INPE. Esses institutos possuem uma infraestrutura de pesquisa, a saber:

- Parque Tecnológico de São José dos Campos (PqTec): Enfatizando o desenvolvimento tecnológico, o PqTec conta com uma infraestrutura de laboratórios como o Laboratório de Simulação e Sistemas Críticos, Centro de Desenvolvimento de manufaturas, o laboratório de interferência eletromagnética administrados pelo parque, além do Laboratório de Estruturas Leves, gerido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas. A rede e infraestrutura interligada de laboratórios cobre as fases de engenharia, prototipagem, teste e validação, tendo em vista que são relevantes no contexto do setor espacial. Além disso, o acesso a essa infraestrutura é aberta a todas as pessoas físicas e jurídicas, de todos os portes, vinculadas ou não ao parque tecnológico. Possui contratos e convênios para parcerias e subsídios com Finep, APEX, ABDI, Sebrae, SDECTI/SP e BNDES. Além de acordos de cooperação firmados com os clusters aeroespaciais do Canadá, Suécia, Inglaterra, Holanda, além de dois parques tecnológicos e instituições governamentais chinesas. (PQTEC, 2021)
- INPE: Além da geração de conhecimento básico, o instituto possui infraestrutura de laboratórios para pesquisa aplicada, sendo eles: o Laboratório de Integração e Testes (LIT) para montagem e qualificação de subsistemas, Laboratório de Combustão e Propulsão (LCP), Laboratório de Sensores e Materiais, Laboratório de Plasma, Laboratório de Computação e Matemática Aplicada, os centros regionais de pesquisa em Natal e Santa Maria e a Usina Coronel Abner de Propelentes Sólidos como também centro de pesquisa, entre outros. (INPE, 2018)
- Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE/CTA), em São José dos Campos. Promove atividades de pesquisa e desenvolvimento no campo aeroespacial com ênfase nas áreas de materiais, foguetes e sondagem, sistemas bélicos, sistemas aeronáuticos, ciências atmosféricas, ensaios em voo e componentes aeroespaciais com uma rede de 45 laboratórios entre outras infraestruturas de pesquisa. (IAE, 2020)

Cabe destacar que há outras infraestruturas de pesquisa laboratoriais de menor porte ou em menor quantidade, procurando destacar as principais acima.

Além disso, há a participação também de instituições vocacionais do Sistema S brasileiro como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa (SEBRAE). O SENAI participa por meio do desenvolvimento e validação de tecnologias espaciais junto a indústria espacial.

Por fim, é válido destacar também a criação do Centro Vocacional Tecnológico Espacial do Brasil (CVT-E), em Parnamirim, Rio Grande do norte. Esse centro vocacional é voltado principalmente para alunos do ensino fundamental da rede pública com destaque para ciência e tecnologia em atividades espaciais.

CAPACIDADE DE DEMANDA

A capacidade de demanda do setor espacial, especialmente do segmento upstream, é relativa ao PNAE, que sempre “contou com recursos do Orçamento da União como principal fonte de financiamento.” (VELLASCO, p.80)

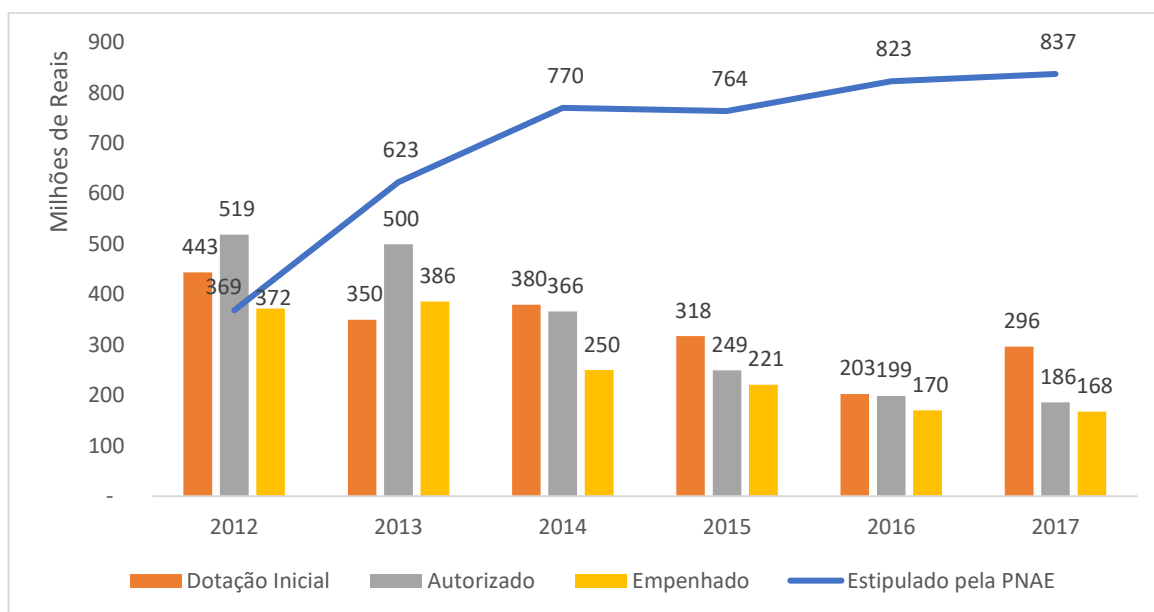
Nesse caso do segmento *upstream*, “o INPE e o IAE atuam como *prime contractors* e as empresas privadas nacionais são subcontratadas por eles. Cabendo aos institutos a gestão do projeto, e a responsabilidade pelo design, montagem, integração e testes” (VELLASCO, 2019, p.62). Portanto, a demanda que viabiliza todo o restante do segmento é principalmente originada de orçamento público, segundo Rollemberg *et al* (2009, p.26). Inclusive, a partir da infraestrutura e equipamentos criados pelo segmento acima, o *downstream* se torna disponível a operação, também o viabilizando.

Portanto, “desde a criação da AEB em 1994, os recursos do PNAE são geridos pela Agência, mas sofrem grandes variações ao longo dos anos e, a despeito da programação decenal do PNAE, os recursos programados para sua execução não chegam em sua totalidade.” (VELLASCO, 2019, p.80).

De modo que “o programa espacial passou a ter duas nomenclaturas: Programa de Política Espacial 2056 e Programa de Gestão 2106” (VELLASCO, 2009, p.81) no Plano Plurianual (PPA) e Lei Orçamentária Anual (LOA) do governo. Acrescenta-se também outras fontes menores de recursos vinculados a diversos órgãos da instância do governo federal como

os satélites de telecomunicações de uso governamental e projetos espaciais de interesse da defesa nacional.

Gráfico 1 - Comparativo expectativa PNAE x Execução orçamentária da AEB



Fonte: Elaboração própria com base em Senado Federal; Plataforma SIGA BRASIL; PNAE 2012-2021

Assim, a linha azul representa o estipulado pela PNAE apenas em investimentos em projetos espaciais desconsiderando parcerias. Enquanto que a dotação inicial, o autorizado – que mostra o efeito dos contingenciamentos nos últimos anos – e o empenhado representam todo o limite orçamentário referente a AEB. Ou seja, há um descolamento da expectativa de demanda planejada e a execução orçamentária do PNAE de responsabilidade da AEB.

Com relação às demandas pelas aplicações e serviços espaciais mais ao segmento *downstream*, no cenário brasileiro, leva-se em consideração 6 finalidades principais: observação da Terra, coleta de dados, meteorologia, comunicações, posicionamento e navegação por satélites e missões científicas segundo o relatório de demandas nacionais ao setor espacial⁹. (AEB, 2019).

⁹ Relatório elaborado pela AEB de identificação e análise de demandas nacionais ao setor espacial para promover um alinhamento entre o Programa Espacial Brasileiro e as necessidades prioritárias da sociedade. (AEB, 2019). Esse documento foi elaborado em 2 rodadas, tendo a primeira a participação total de 205 especialistas – 130 do setor público civil, 64 da academia e 11 do setor privado – e a segunda a participação total de 131 especialistas – 78 do setor público civil, 49 da academia e 4 do setor privado.

Em relação à observação da Terra, o relatório (AEB, 2019) indica 220 atividades demandantes de produtos e serviços espaciais, as quais foram organizadas em 16 categorias, sendo algumas delas: gestão ambiental e conservação, cartografia e mapeamento temático e estudos e pesquisas diversas e agricultura. Ademais, identifica-se a presença de demandas não atendidas, como exemplo: imagens de altíssima e média resolução espacial; modelos digitais de elevação – identificação precisa de localização e correlação com dados sísmicos; entre outros, demandados majoritariamente por agentes do setor público.

Em relação à coleta de dados, identifica-se 29 atividades, tais como: preparação e respostas aos desastres por inundações, batimetria dos reservatórios de usinas hidrelétricas, entre outros. Com relação a demandas não atendidas do sistema brasileiro de coleta de dados, consta-se uma deficiência da cobertura em todo o território nacional e maiores altitudes e pequena periodicidade dos dados cobertos. (AEB, 2019)

Em relação à Meteorologia, identifica-se 72 atividades classificadas em 13 categorias, sendo de exemplificação destas últimas: previsão do tempo e estudos atmosféricos; agricultura e pecuária e estudos dos mares, oceanos e hidrologia. No entanto, tais aplicações também possuem demandas não atendidas identificadas tais como: dados para previsão do tempo suficientemente adequados; emissão de alerta de riscos e desastres naturais com antecedência; dados de precipitação, insolação e temperatura para agricultura entre outros. (AEB, 2019).

Em relação às comunicações, identifica-se 9 atividades demandantes organizadas em 4 categorias, sendo estas últimas: acesso à internet; internet das coisas; transmissão de tv e rádio; e comunicação de voz. No entanto, também constituem uma série de demandas não atendidas como: largura de banda – indicador de velocidade da internet – adequadas; rede de comunicação segura; cobertura para dados móveis 3 e 4G em todos os municípios brasileiros; entre outros. (AEB, 2019).

Em relação a sensoriamento remoto e navegação, identifica-se 75 atividades que demandam aplicações espaciais sendo organizadas em 15 categorias, a exemplo: geolocalização, navegação, agropecuária, defesa, entre outros. No entanto, “não há nenhuma tecnologia nacional capaz de suprir a demanda” (AEB, 2019, p.252), principalmente devido à gratuidade de outros sistemas internacionais de navegação. (AEB, 2019)

Por fim, também há demandas por missões científicas, exclusivamente para realização de experimentos científicos. Foram identificadas 26 atividades, organizadas em 5 categorias: astrobiologia, fenômenos atmosféricos, clima espacial, astronomia, desenvolvimento de

engenharia e demais pesquisas. No entanto, há também demandas não atendidas como: necessidade de disponibilização de plataforma espacial para experimentos científicos, satélite para estudo da ionosfera, ausência de recursos para a exploração do espaço profundo e dificuldades no desenvolvimento de sistemas de propulsão.

CAPACIDADE PRODUTIVA

A indústria espacial brasileira é formada por pequenas e médias empresas que são subcontratadas, fornecendo componentes e subsistemas aos projetos liderados pelos institutos de pesquisa. A compreensão dessa estrutura da indústria espacial nacional não é de fácil acesso, pois não pode ser mensurada por classificações como a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela diversidade de setores e atividades econômicas relacionadas. (VELLASCO, 2019, p. 62 e 64)

Portanto, segundo a 1ª edição do Catálogo da Indústria Brasileira da AEB, há 55 empresas listadas, com maior concentração regional em São Paulo – principalmente em São José dos Campos – e Rio de Janeiro. “Constituem-se principalmente sob o formato de sociedades limitadas, com poucos funcionários e focadas na prestação de serviços” (AEB, 2020, p.3).

De acordo com esse catálogo, 9 empresas apresentam competência e produtos no segmento de lançadores, 16 no de satélites, 15 em hardware, 23 em software, 12 em infraestrutura, 18 em aplicações espaciais e 46 em serviços. Isto é, cada empresa pôde se enquadrar em um ou mais segmentos de atuação.

Nesse caso, considerando apenas as 16 empresas com atuação especificamente no segmento de satélites segundo o catálogo: 15 das 16 empresas se estabelecem no estado de São Paulo, sendo 10 na cidade de São José dos Campos.

Além disso, nove relatam prestação de serviços (Horuseye Tech, Acosta Aerospace, AEL Sistemas, Cosmicubes, CRON, Equatorial Sistemas, Neuron Eletrônica, Omnisys Engenharia, Visiona Tecnologia Espacial); dez relataram desenvolvimento de software (AEL, Cosmicubes, CRON, Moog, Omnisys Engenharia, Collins, Opto Space&Defense, SIATT e Horuseye Tech, EM Kepler); 5 relataram fabricação de componentes eletrônicos (Fibraforte, Rosenberger, Opto Space&Defense, Visiona, Omnisys, Horuseye).

Há também algumas associações industriais e organizações diretamente relacionadas ao setor espacial voltadas para a interação, incubação e organização da cadeia produtiva que respondem pela capacidade produtiva:

- Aliança das Startups espaciais Brasileiras (ASB): Criada em 2020, e ainda em estruturação, tem por missão a integração, promoção e apoio das startups espaciais brasileiras no mercado espacial. Iniciou com 13 startups espaciais fundadoras.

- Associação das indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB): entidade de classe sem fins lucrativos, representa as empresas brasileiras do setor aeroespacial – promovendo seus interesses e objetivos comuns no país e no exterior.

- Parque Tecnológico de São José dos Campos/ Cluster Aeroespacial Brasileiro – Além da infraestrutura laboratorial destacado nas capacidades científico-tecnológicas criado pela Prefeitura de São José dos Campos e do Governo de São Paulo visando o desenvolvimento competitivo sendo grande articulador para a criação de novas tecnologias, novos produtos e novos processos. Possui uma infraestrutura de 4 centros empresariais para o máximo de até 136 empresas; espaços de *coworking* para startups e pesquisa, desenvolvimento e inovação, além do ambiente Nexus – voltado para capacitação de pequenas e médias empresas e aceleração de incubação de startups. Por fim, centro de eventos aonde são realizados mais de 300 eventos anualmente, incluindo treinamentos, workshops, seminários, palestras, entre outros. (PQTEC, 2021b)

- Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais (FUNCATE) – Organização de direito privado sem fins lucrativos, atua na captação e na gestão dos recursos necessários para a execução dos projetos desenvolvidos pelas instituições parceiras, atuando desde a elaboração da proposta de um projeto espacial até a aprovação da prestação de contas pelo órgão financiador. (FUNCATE, 2017)

- INCUBAERO – incubadora de startups aeroespaciais. Criada pela Fundação Casimiro Montenegro Filho para desenvolver o setor aeroespacial com parceria do CTA e ITA. Fornece capacitação em gestão empresarial, científica, tecnológica, de inovação e comportamental; apoio em eventos mercadológicos; assessoria na elaboração e atualização dos Planos de Negócios; apoio na elaboração de solicitações para agências de fomento; marketing; e infraestrutura de uso compartilhado. (INCUBAERO, 2018)

CAPACIDADES ESTATAIS

Como visto até aqui, as instituições públicas estão diretamente conectadas à formação de competências e desenvolvimento tecnológico para o incentivo da indústria espacial. A partir das principais organizações da política espacial, conforme a **figura 10** desta monografia, estabelece-se um resumo das principais capacidades estatais no Programa Espacial Brasileiro, destacadas pelo **quadro 3** de instituições orientadas por missões (MAZZUCATO, 2017).

- Agência Espacial Brasileira (AEB):

A AEB, criada em 1994, é uma autarquia vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e comunicações (MCTIC) porém dotada de autonomia administrativa e financeira e patrimônio próprio. A agência é responsável por formular e coordenar a política espacial brasileira conforme os princípios estabelecidos na PNDAE.

Com relação a sua missão, a AEB possui uma missão principal de “promover atividades espaciais de interesse nacional visando o desenvolvimento da sociedade brasileira” (AEB, 2018a, p.22). Para esse fim, a AEB se utiliza de uma da perspectiva tríade BSC¹⁰ (*Balanced Scorecard*) – Sociedade, Processos internos e Aprendizado e crescimento (Pessoas e TI) – subdividida em 16 objetivos específicos e uma cesta de 24 indicadores quantitativos para cada objetivo (AEB, 2018a, p.44-47).

Uma das atribuições da AEB é a formulação do PNAE que orienta o portfólio de projetos e mudanças tecnológicas do programa espacial. Visando o engajamento dos atores do SINDAE nesse portfólio estratégico, a AEB conta com órgãos de deliberação como o conselho superior que, assim como consta na figura 10, conta com agentes representantes do Ministério da Defesa, MCTI, demais ministérios, da indústria e da academia.

Com relação às capacidades dinâmicas, conforme o **quadro 3** desta monografia, delimitam-se aqui o quadro técnico, infraestrutura e programas de capacitação.

A Agência Espacial Brasileira conta com 155 funcionários ativos de acordo com o Portal de Dados Abertos (BRASIL, 2020), sendo 59 efetivos, 55 terceirizados, 18 comissionados, 2 estatutários e 21 estagiários. Dentre esse quadro técnico, 8 possuem doutorado, 21 possuem

¹⁰ Método desenvolvido por Robert Kaplan e David Norton para balancear quatro perspectivas em torno do desempenho de uma organização com a finalidade de melhorá-la, considerando objetivos estratégicos e metas.

mestrado, 23 possuem pós-graduação, 60 possuem ensino superior completo e 30 com superior incompleto ou abaixo.

Sua infraestrutura física principal se encontra em Brasília, porém como é um órgão de planejamento, a infraestrutura relevante é principalmente a organizacional. Nesse caso, a AEB é representada também em 3 unidades descentralizadas – Maranhão, Rio Grande do norte e São José dos Campos, 2 órgãos seccionais principais – Diretoria de Planejamento, Orçamento e Administração e Auditoria Interna – e outros 3 órgãos específicos – Diretoria de Governança do Setor Espacial, Diretoria de Gestão de Portfólio e Diretoria de Inteligência Estratégica e Novos Negócios.

Além disso, os processos de capacitação e suas metas estão embutidos no processo BSC da AEB de modo quantitativo tanto para os servidores da AEB quanto para o programa espacial em geral. Há também outras formas de capacitação como o financiamento de mestrados profissionais para servidores de carreira por meio dos termos de execução descentralizada.

A respeito do gerenciamento de riscos e falhas, Mazzucato (2017) aponta principalmente para a existência de um portfólio de projetos, capacidade de identificar e mitigar tais riscos. Para atender a sua missão de planejamento e desenvolvimento, a AEB realiza o PNAE que se baseia em um portfólio de projetos e também programas institucionais como o de Microgravidade, programa Uniespaço, Programa de Veículos Lançadores, entre outros. Para identificar riscos e mudanças tecnológicas realiza grandes eventos como o Fórum da Indústria espacial anualmente, que reúne palestrantes e representantes de diferentes órgãos do governo e agências espaciais de outros países, da indústria e academia.

Além disso, o compartilhamento de riscos da AEB e também das próximas instituições envolve alguns instrumentos de política como as ETECs – de encomenda tecnológica, aonde o Estado internaliza parte dos riscos de demanda da solução tecnológica. Cabe destacar também as parcerias internacionais que compartilham orçamentos para projetos e, posteriormente, divisão com controle parcial dos satélites e seus dados como no caso da CBERS.

Por fim, uma observação acerca da AEB é que a AEB não possui poder de regulação ou sanção sobre os executores da política – o DCTA e o INPE. Rollemberg *et al* (2009) demarcam a não participação da AEB em diversas negociações estratégicas, pelo reduzido quadro técnico e especializado, e que a agência carece de “força política para liderar ou interferir nas decisões do programa espacial” (ROLLEMBERG *et al*, 2009, p.51).

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):

O INPE foi criado oficialmente em 1973 mas é uma derivação institucional da Comissão Nacional de Atividades Espaciais (GOCNAE) presente desde inícios da década de 1960, sendo atualmente um dos executores do PNAE e responsável pelo desenvolvimento plataformas orbitais e cargas úteis – satélites de observação da Terra ópticos e por radar, além de satélites científicos e meteorológicos.

De acordo com o Plano Diretor da Unidade 2016-2019, a missão do INPE é de “desenvolver, operar e utilizar sistemas espaciais para o avanço da ciência e tecnologia e das aplicações nas áreas do espaço exterior e do ambiente terrestre, e oferecer produtos e serviços inovadores em benefício do Brasil” (INPE, 2016, p.13). Ou seja, o INPE se caracterizando como um instituto de “pesquisa técnico-científica, desenvolvimento tecnológico, atividades operacionais e capacitação de recursos humanos nos campos da ciência espacial e da atmosfera, observação da Terra, previsão do tempo e estudos climáticos, engenharia e tecnologia espacial” (MCTIC, 2016)

Para isso, o INPE identifica como essencial o uso de dados de satélite para a pesquisa aplicada. Os objetivos estratégicos do INPE constam “dotar o país de capacidade própria no desenvolvimento de ciclo de vida de sistemas espaciais[...], promover capacidade de montagem, integração e teste de satélites, infraestrutura adequada, monitorar desmatamento” (INPE, 2018a, p.14)

Com relação à governança e relacionamento do INPE, é subordinado ao Ministério de Ciência Tecnologia e inovação e não possui uma governança aberta para diferentes atores como a AEB. No entanto, o relacionamento do INPE a diferentes agentes se estende principalmente acerca dos produtos e serviços realizados em diferentes áreas. Por fins de exemplificação: na questão de observação da Amazônia, há os seguintes programas – Terra Brasilis, PRODES, DETER, TerraClass e INPE-EM. Tais programas e proximidade do usuário fazem com que o INPE seja o “instituto de maior visibilidade no Brasil” segundo um ranking espanhol (NETO, 2011, p.115).

Com relação às capacidades, o INPE possui um quadro mais extenso, comparado ao da AEB, com 809 servidores em 2018 segundo o INPE (Termo de Compromisso de Gestão, p. 20). Com relação às atividades de capacitação, o INPE já é estruturado nas seguintes áreas: Ciências Espaciais e Atmosféricas, Engenharia e Tecnologia Espacial, ciência da Observação

da Terra, possui ainda o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST). (INPE, 2016, p. 26)

Além disso, o INPE conta com uma infraestrutura, instalações e recursos, tais como: Supercomputador Tupã – processa previsões de tempo, qualidade do ar, entre outros – Centro de Rastreamento e Controle – monitora e controla os satélites brasileiros em órbita – e o Laboratório de Integração e Testes – para montagem, integração e testes de sistemas espaciais e a Estação Terrena de Cuiabá – com a função de rastrear bem como receber, processar e formatar diversos dados ligados à operação vital do sistema em órbita. (INPE, 2016, p.27)

O INPE conta com a presença de indicadores quantitativos de objetivo específico e para avaliação de desempenho. Tendo sido estabelecidos, por exemplo, em uma cesta de 20 indicadores segundo o Termo de Compromisso de Gestão (INPE, 2018, p. 23-26).

- Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE):

O Instituto de Aeronáutica e Espaço, constituído em 1971, é subordinado ao DCTA e surgiu com o objetivo de desenvolver foguetes – ou veículos lançadores – e pesquisa e desenvolvimento acerca de materiais bélicos. Essa responsabilidade persiste até hoje tendo em vista sua missão como “ampliar o conhecimento e desenvolver soluções científico-tecnológicas para fortalecer o poder aeroespacial brasileiro, por meio da pesquisa, desenvolvimento, inovação, gestão, operações de lançamento e serviços tecnológicos” (IAE, 2019).

Nesse caso, o IAE possui papel fundamental na execução do PNAE, juntamente com o INPE, fornecendo tecnologias e infraestrutura de lançamento, de modo que ambos têm suas especializações complementares.

O quadro técnico do IAE, em 2018, era composto por 804 funcionários – 322 ocupando cargos de nível superior, 409 de nível intermediário e 73 de nível auxiliar. Dentre o efetivo de nível superior, 80% tinham uma ou mais pós graduações. Ademais, dos 804 servidores, 551 são civis e 253 militares. (IAE, 2019)

Além disso, o IAE também conta com um sistema de capacitação acadêmico, com estrutura para a realização de cursos expostos nas capacidades científico-tecnológicas.

Adicionalmente, o IAE possuía um portfólio de 15 projetos (IAE, 2019). Cabe ressaltar também que, para a mitigação e riscos, possui rotina estabelecida de gerenciamento de riscos baseada 6 etapas, desde a identificação dos riscos, realização de análise qualitativa e quantitativa dos riscos até monitorar e controlar os riscos. (IAE, s.d., p. 32)

- Outras menções:

Além dessas principais organizações da Política Espacial Brasileira, conforme a AEB, há outras organizações públicas de Estado as quais cumprem papel na Política Espacial Brasileira, tais como:

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) surgiu a partir de 1983 com o objetivo para suprir a necessidade de uma infraestrutura de lançamento para veículos maiores. Subordinado ao DCTA, possui como missão “executar atividades de lançamento e rastreamento de engenhos aeroespaciais e de coleta e processamento de dados de suas cargas úteis, bem como a execução de testes e experimentos de interesse da Aeronáutica relacionadas ao PNDAE” (CLA, s.d.). Localizado no município de Alcântara, no Maranhão, tem reconhecido como uma das melhores localizações globais para o lançamento de foguetes, devido ao alinhamento à linha do Equador que permite a economia de combustível.

Em seguida, o Centro de Lançamento de Barreira do Inferno (CLBI): Fundado em 1965 e localizado no município de Parnamirim, a 12 quilômetros de Natal, no Rio Grande do norte, o CLBI também é subordinado ao DCTA com a missão envolvendo o lançamento de foguetes. No entanto, o centro só realiza lançamento de veículos de sondagem, os quais são foguetes de pequeno e médio porte.

Também o Instituto de Fomento Industrial (IFI/CTA), em São José dos Campos – SP. O instituto responde pela certificação militar e espacial de produtos da indústria aeroespacial e de transferência tecnológica, além de estar credenciado a fornecer às indústrias o certificado ISSO 9000.

Adicionalmente, o ITA, também localizado em São José dos Campos – SP – com papel fundamental na formação de capital humano e das primeiras fases de desenvolvimento de tecnologias espaciais de baixo TRL, conforme exposto nas capacidades científico-tecnológicas.

O Instituto de Estudos Avançados (IEAv), subordinado ao DCTA, foi criado em 1982 e tem como missão “ampliar o conhecimento científico e o domínio de tecnologias estratégicas para fortalecer o poder aeroespacial brasileiro”. O órgão surgiu derivado de uma divisão avançada do IAE e se concentra principalmente nas atividades de pesquisa de tecnologias avançadas no campo aeroespacial.

Por fim, a infraestrutura de solo é composta por mais de 600 plataformas de coleta de dados (PCD), segundo a AEB (2019).

CAPACIDADES DE POLÍTICA

As capacidades de políticas se referem a instrumentos de incentivo, demanda, regulamentação, as complementares ao setor e os instrumentos criados para sua execução. No setor espacial, como apresentado até aqui, a PNAE é a principal forma de instrumentalização da política espacial. No entanto, a PNAE apresenta escassez de recursos visto no gráfico 1 de demanda, há de se considerar também, conforme Rollemberg *et al* (2009), que muitos projetos são desconexos, competem entre si e há também dificuldade de implementação devido a diversos fatores. Isso vai ser explicado porque não há implementação de “uma hierarquia na definição de tarefas, o que suscitou problemas de coordenação e articulação entre os projetos em torno dos recursos orçamentários” (Rollemberg *et al*, 2009, p 53).

Tendo isso em vista, “os incentivos clássicos do setor espacial brasileiro são contratos governamentais e subvenção (recurso não-reembolsável para P&D). Os contratos na área espacial são raros e espaçados”. (VELLASCO, 2019, p. 102)

Os contratos governamentais são realizados principalmente via Encomenda Tecnológica – ETECs. É um instrumento de compra pública de estímulo à inovação e, por meio dela, órgãos e entidades da administração pública podem contratar diretamente organizações de ciência e tecnologia pública ou privada, entidades de direito privado sem fins lucrativos ou empresas, isoladamente ou em consórcio. Os objetos da ETEC são definidas de acordo com alguns parâmetros como o risco tecnológico por TRL, potencial mercadológico e aplicabilidade no Programa Espacial Brasileiro.

Outros contratos governamentais, além das ETECs, sofrem alguns entraves legais e administrativos na implementação dessas políticas como: a lei de licitações 8.666/93 que dificultava a compra de produtos de desenvolvimento tecnológico pelo fator de exigir o menor preço e nem mesmo – porém, foi flexibilizada a partir de cláusula de exceção para desenvolvimentos tecnológicos com a Lei 13.243 de 2016. Além disso, esta lei permite a participação da união no capital de empresa privada, comercialização de produtos e processos inovadores, participação dos pesquisadores dos institutos públicos nessas empresas temporárias, entre outros incentivos. (VELLASCO, 2019, p.34)

O outro incentivo clássico se refere a operações não-reembolsáveis de desenvolvimento tecnológico, as subvenções. Essas operações representam financiamento sem realização de dívida e são realizadas principalmente pelas agências de fomento.

Tendo em vista a figura 9 acerca do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, o Brasil possui uma rede de agências públicas de fomento de crédito para financiar capital fixo e de giro para empreendimentos ou capacitação científica e tecnológica tais como: CNPq, CAPES, FINEP, BNDES, EMBRAPPII, FAP – principalmente a FAPESP para o setor espacial e também o IFI.

A Finep conta com tais instrumentos financeiros de subvenção econômica e gestora de fundos como o FNDCT. A Fapesp é responsável pelo Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE) – que “tem contribuído para a criação e surgimento de empresas especializadas em fornecimento de produtos e serviços para o setor espacial”. (VAZ, 2011, p. 231). O BNDES conta com instrumentos financeiros como o Fundo Tecnológico (FUNTEC) – também instrumento de subvenção. Além desses, CNPq e CAPES possuem um papel mais especializado no fomento à produção científica a partir de bolsas e coordenação de programas de pós-graduação, respectivamente. Por fim, o IFI “presta serviços e realiza pesquisa de tecnologia industrial básica nas áreas de normalização, metrologia, certificação e coordenação industrial” (IFI, s.d.) para alinhamento com padrões internacionais, fomentando a pesquisa e a qualidade dos produtos espaciais.

Além do destacado acima, outra forma de política e realização de projetos são os acordos de cooperação internacional como o Programa Uniespaço com a UNOOSA, o Acordo de salvaguardas tecnológicas com os Estados Unidos, programa CBERS em parceria com a China entre outros. Essas parcerias possibilitam a transferência de tecnologias ainda a serem dominados pelo Brasil, além de menores restrições e flutuações orçamentárias.

Dessa forma, esses acordos são amplamente utilizados como instrumento de aprendizado e oficialmente dispostos como o Plano de Absorção e Transferência Tecnológica para a capacitação de capital humano da indústria brasileira a partir de treinamentos realizados por empresas estrangeiras na construção de satélites e veículos lançadores (AEB, 2020d). Ademais, outro programa relevante existente para capital humano é a plataforma E2T, criada pela AEB, para organização de programas de capacitação tanto a níveis de ensino fundamental e médio – como Globe, Espaço-Educação e o CVT-E – como a níveis superior e técnico de universidades, institutos e indústrias – como o programa SERPENS e Programa de Tecnologia Críticas (AEB, 2020e).

Adicionalmente, a partir do contexto do setor espacial e da sua motivação no Brasil, destaca-se 3 políticas complementares principais a serem analisadas: a política macroeconômica, a política de defesa e a política ambiental.

A política macroeconômica brasileira, desde 1999, consiste no tripé macroeconômico que consiste na meta de inflação, controle dos gastos públicos e taxas de câmbio flutuantes. As altas taxas de juros entram como custo de capital no investimento do setor, o câmbio afeta o preço e valor dos produtos espaciais brasileiros no mercado internacional e os gastos fiscais afetam a demanda do setor público. A partir dos governos liberais de Temer e Bolsonaro, a “política econômica possui dois aspectos principais: realização de uma forte contração fiscal pelo lado dos gastos correntes e políticas liberais via desregulamentação do mercado” (OREIRO e DE PAULA , 2019, p.22). Para a política espacial, isso representa uma tendência de queda na demanda espacial via orçamento público mas, em compensação, houve redução das taxas de juros a níveis históricos e desvalorização da moeda nacional.

A Política Nacional de Defesa é correlata ao setor espacial principalmente quando a Estratégia Nacional de Defesa o define como área estratégica de desenvolvimento tendo em vista que o espaço é tido como meio indispensável de informações (HARDING, 2009). A política de defesa é fonte de recursos e também subordina diversos agentes de importância científico-tecnológica no setor espacial por meio do DCTA.

A política ambiental é importante tanto pela motivação histórica das atividades espaciais no Brasil mas, principalmente, para o monitoramento e controle dos recursos ambientais e de sua degradação, como no caso dos desmatamentos na Amazônia, tendo em vista que “mais da metade das variáveis climáticas só podem ser mensuradas do espaço” (POPPO, 2021, informação informal¹¹). Tendo em vista a pressão social, econômica e política com as metas a serem buscadas pelo Brasil conforme o Acordo de Paris¹², o INPE é o maior fornecedor de dados nacionais para estudos climáticos do país.

CAPACIDADE DE ACOMPANHAMENTO E PROSPECÇÃO

A capacidade de acompanhamento, segundo Mazzucato (2017), se resume em competência de diagnóstico de problemas e soluções, com análise de situação corrente e

¹¹ Informação apresentada em Webinar com Simonetta de Poppo (UNOOSA).

¹² Tratado para discussão e definição de metas para o combate às mudanças climáticas assinado em 2015 por 196 países, incluindo o Brasil.

prospectos futuros para tecnologias e setores alvos, formulados em termos de missões e visões bem definidas. Nesse caso, considera-se a acessibilidade a dados, acompanhamento e atualização das políticas e a existência de metas quantitativas.

Nesse caso, há algumas ferramentas de acompanhamento da PNDAE tais como a carteira de projetos do PNAE, que é atualizado decenalmente, e o Observatório do Setor espacial, projeto de difusão de dados acerca de 6 temas do setor espacial: Orçamento, Capital Humano, Indústria, Tecnologias Críticas, Pesquisa e Desenvolvimento e Sistemas Espaciais. No entanto, cabe destacar que o observatório das atividades espaciais ainda se encontra defasado com a ausência, até março de 2021, de 4 das 6 áreas temáticas do setor.

Além disso, conforme a Controladoria Geral da União (2019), em auditoria acerca do PNAE 2012-2021, estabeleceu que a PNAE se encontra defasada em relação ao programa de missões pela falta de um processo estruturado e sistemático de atualização do instrumento. Como exemplo, a auditoria utiliza o atraso do satélite Amazônia 1 – inicialmente previsto para 2015 e lançado apenas em 2021, não considera também mudanças no contexto espacial brasileiro como a extinção da empresa binacional Alcântara Cyclone Space (ACS). Ou seja, apesar do grande descompasso entre a expectativa orçamentária inicial e o executado conforme o exposto na capacidade de demanda, o instrumento não foi atualizado.

A auditoria (CGU, 2019) também relata criticamente a falta de objetivos mensuráveis, indicando formas de medição e adoção corretivas. No caso, essa fragilidade é mitigada devido aos objetivos e metas presentes no PPA – ferramenta governamental de planejamento de horizonte de 4 anos – aonde contém metas físicas e indicadores de resultado como participação do setor empresarial nacional e grau de autonomia nacional em imagens de satélite de observação da Terra para o setor espacial.

A respeito das instituições públicas, todas devem realizar relatórios de atividades e constituir processos de auditoria interna ou externa aonde se tem como princípio a acessibilidade do público.

CONCLUSÃO

No presente capítulo foram vistas as especificidades da evolução recente e o desenvolvimento de atividades espaciais, caracterizadas pelo alto nível de complexidade e com riscos tecnológicos específicos, que implica em um importante papel de atuação do Estado e

um sistema de inovação com divisão de tarefas entre universidades, institutos de pesquisa e empresas.

No Brasil, o Programa Espacial Brasileiro surgiu principalmente na busca da autonomia de competências espaciais tendo em vista uma série de motivações de defesa, ambientais, econômicas e entre outros. Assim, o conjunto de políticas relacionadas é denominado PNDAE – e estabelecida concretamente por meio da ferramenta de portfólio PNAE. O ambiente institucional aonde ocorre a PNDAE é delimitado como SINDAE, de modo que há uma rede de instituições públicas participantes aonde o órgão coordenador é a AEB, o IAE é órgão executor para desenvolvimento de lançadores, o INPE é órgão executor para desenvolvimento de satélites e infraestrutura de centros de lançamento. Isto é, com uma divisão de tarefas com base na missão de autonomia desde a MECB e herdada pela PNDAE.

A partir das competências demarcadas por Mariana Mazzucato para políticas orientadas por missões, o SINDAE demonstra ter uma estrutura já estabelecida, sendo necessário ainda uma análise interpretativa sobre a suficiência dessa estrutura para sustentar uma política orientada por missões.

3. ANÁLISE INTERPRETATIVA DA PNDAE

INTRODUÇÃO

Nos últimos capítulos, foi identificado um Estado Empreendedor o qual atua por meio de políticas orientadas por missões. Essa forma de abordagem de políticas surgiu na teoria principalmente devido às missões espaciais da década de 1960 mas foi evoluindo principalmente devido o desenvolvimento do conceito da literatura evolucionária de inovação, incluindo sistemas de inovação, o caráter coletivo do aprendizado, da incerteza e cumulatividade.

O Brasil também desenvolveu um programa espacial amplo e institucionalizado através da PNDAE em que, no capítulo anterior, se viu que também segue uma estrutura de missões – tendo em vista os projetos e seus detalhamentos existentes na PNAE e toda a rotina de projetos como o Padrão ECSS e o TRL. No entanto, atualmente a nova abordagem das políticas orientadas por missões exige a existência de uma estrutura de contextos, infraestrutura de capacidades e resultados muito maior e até mesmo diferentes do que apenas ser a formulação de rotinas e projetos.

Portanto, a metodologia do presente capítulo é identificar e agrupar em quadro os indicadores que possibilitem analisar uma política orientada por missões. Posteriormente, fazendo uma análise interpretativa acerca desses indicadores referentes ao programa espacial brasileiro e os classificando em significativos ou não significativos. Ao final, espera-se que a análise conjunta possa indicar um grau de enquadramento da PNDAE no conceito de políticas orientadas por missões da Mazzucato, explorando o problema de pesquisa, que é verificar se a política do programa espacial brasileiro se enquadrar em algum grau nessa abordagem.

3.1. IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS E INDICADORES

Conforme visto no referencial teórico, a Mazzucato estabelece alguns critérios e indicadores tendo em vista os novos desafios vigentes, conceitos da política evolucionária como a existência de portfólio de inovação e P&D e capacidades necessárias para a implementação bem sucedida dessa abordagem.

Primeiramente, referente aos critérios, Mazzucato (2018) destaca 5 existentes: destacar e inspirar cidadãos e diferentes agentes; ser ambiciosa e arriscada; ter um alvo claro, ponto final explícito e missões bem definidas em termos de viabilidade econômica; ser multidisciplinar e multissetorial; e permitir a experimentação de múltiplas tentativas a uma solução, ao invés de ser microgerenciada de cima pra baixo.

Em seguida, destaca-se alguns indicadores a partir do referencial teórico como: direção técnica e da política influenciada por grande abrangência de atores; ênfase no desenvolvimento de inovações radicais e incrementais; existência de capacidade científico-tecnológica; capacidade de demanda; capacidade produtiva; capacidade estatal – com instituições líderes orientadas por missões; capacidade de política – envolvendo também políticas complementares que a suportem; e capacidade de acompanhamento.

Os critérios são utilizados para interpretar se a política pode ser enquadrada como orientada por missões segundo a nova abordagem. Em seguida, os indicadores apontam para a qualidade dessas políticas tendo em vista o destaque de elementos caracterizados pela Mazzucato (2016, p. 13) como fundamentais para o sucesso dessas políticas.

Ao final de cada critério e indicador, será realizada uma análise interpretativa acerca de ser significativo ou não significativo para a nova abordagem a partir de justificativa e informações apresentadas no capítulo 2.

3.2. ANÁLISE INTERPRETATIVA DA PNDAE

Primeiramente, como visto, a PNDAE tem como objetivo promover as capacidades de utilização de recursos espaciais no país, trazendo a missão da criação de uma autonomia nessas atividades desde o início do programa espacial.

A análise interpretativa é de caráter qualitativo referente ao desenho e implementação das intervenções públicas explicitados por meio da PNDAE, PNAE e no ambiente institucional do SINDAE.

Ou seja, primeiro haverá uma delimitação de cada critério ou indicador, justificativa a partir do conteúdo já exposto e conclusão para uma política orientada por missão.

DESTACAR E INSPIRAR CIDADÃOS

Esse critério se refere a principalmente o quanto a temática e seus desafios e motivações impulsionam os agentes sociais, políticos e econômicos no desenvolvimento do setor devido à sua importância de alinhamento nos interesses materiais e políticos.

As características do setor espacial, por si só, denotam um setor estrategicamente relevante sendo de alta complexidade tecnológica e com ampla diversidade de aplicações espaciais segundo a figura 4 ainda mais com o crescimento *New Space* aonde quase 100 países já tiveram atividades espaciais. Isso se dá porque o domínio das tecnologias espaciais remonta a autonomia dos Estados líderes das grandes navegações dos séculos XIV e XV (ROLLEMBERG *et al*, 2009).

No Brasil, o Programa Espacial surgiu com motivações de defesa do território e recursos naturais, que acompanham as missões atuais, além das pressões contemporâneas externas e internas para a resolução de novos desafios ambientais, sociais e econômicos. Cabendo destacar que as atividades espaciais brasileiras ocorrem desde a década de 1960, quando as tecnologias espaciais eram incipientes até mesmo para os países de maior desenvolvimento tecnológico. Com isso, atualmente, a política espacial é pauta de diversos ministérios como da defesa, MCTI, planejamento entre outros participantes do Conselho Nacional de Espaço.

Como por exemplo, de pressões externas diretamente ligadas ao segmento espacial, está a pressão do Acordo de Paris para a redução a zero do desmatamento ilegal na Amazônia – este o qual só é possível o acompanhamento por meio de satélites e impulsionou, inclusive, o projeto Amazônia-1 pelo INPE. As pressões externas também implicam em pressões econômicas internas tanto devido a embargos econômicos a grandes setores de exportação – como o agropecuário – como devido à relação do setor espacial com a indústria 4.0.

Portanto, é um critério significativamente presente no contexto brasileiro.

AMBICIOSA E ARRISCADA

Assim como visto na história do surgimento do setor espacial no capítulo 2, esse segmento surgiu a partir de uma derivação principalmente das forças aeronáuticas e suas instituições pré-existentes. Um fator de muita influência no setor espacial é a herança da ambição de Santos Dumont na criação de uma academia de capacitação científica e tecnológica

da aeronáutica enquanto o Brasil importava itens básicos de menor valor agregado. Do mesmo jeito, os primeiros projetos espaciais e, posteriormente, a consolidação da MECB alvejaram uma autonomia brasileira nas tecnologias espaciais com três vertentes: desenvolvimento de lançadores, de satélites e infraestrutura de lançamento.

Por isso, como a história importa, há a presença institucional consolidada nessas vertentes até nos dias atuais que modelam ainda os objetivos de autonomia mesmo que o orçamento para isso seja abaixo da expectativa. Mesmo assim, o desenvolvimento do setor aeronáutico e espacial, no Brasil, são detentores de reconhecimento mundial, possuindo instituições consolidadas e de grande capacidade científico e tecnológicas nas 3 vertentes. Além disso, a maioria das instituições tem como visão serem referência internacional em seus segmentos.

Portanto, esse critério é presente significativamente no cenário brasileiro.

ALVO CLARO, FINAL EXPLÍCITO E MISSÕES BEM DEFINIDAS EM TERMOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Esses 3 fatores se relacionam como etapas de definição na programação e estruturação conceitual do ciclo de vida de um projeto. No setor espacial brasileiro, as missões são encomendadas principalmente pelo setor público e a organização dos projetos espaciais não possuem uma rotina definida, porém se baseiam no padrão ECSS-M-ST10C identificado no quadro 5. No setor espacial, a missão possui um alvo claro que é o lançamento e operacionalização do produto e que possui um final explícito identificado na fase F de descarte e paralização das operações.

Além disso, segundo o quadro 5, há etapas como a fase 0 e A de desenvolvimento do projeto que se resumem à especificação técnica e de viabilidade econômica do projeto.

Portanto, nesse critério também é significativo.

MULTIDISCIPLINAR E MULTI-SETORIAL

No capítulo anterior, definiu-se a característica geral de produtos espaciais como produtos complexos porque envolve tanto termos de restrições técnicas quanto grande variedade de atores e conhecimentos. Isto é, tendo em vista a citação da OCDE (2012) no

capítulo anterior, em que a atividade espacial é uma junção de diversos campos da ciência e tecnologia como astronomia, engenharia espacial, engenharia mecânica, meteorologia, nanotecnologia, entre outros.

Além disso, a atividade espacial tem impactos crescentes e contínuos, qualitativos e quantitativos, de produção espaço-derivados, serviços e conhecimento em economia e sociedade (OCDE, 2012). Isto é, as aplicações e tecnologias espaciais embarcam diversos temas e setores como destacado na figura 4, a exemplo: educação, transportes, defesa, agricultura, entre outros. Com isso, este critério também é significativo.

PERMITIR EXPERIMENTAÇÃO MÚLTIPLA

A experimentação múltipla, como o último critério a ser analisado, é aquele que diferencia a antiga abordagem de políticas orientadas por missões e a nova abordagem conforme as diferenças apontadas no quadro 1. Esse critério significa a disponibilidade de tentativa de diversas soluções para um único problema ou objetivo. Nesse caso, pode ser mensurado a partir de quantos institutos, organizações ou empresas conseguiram lançar objetos ao espaço e de acesso livre aos laboratórios de pesquisa.

Com relação à infraestrutura, o Brasil conta com espaços públicos de desenvolvimento tecnológico como o Parque Tecnológico de São José dos Campos e também as utilizações dos laboratórios de pesquisa do INPE mediante autorização.

Com relação às atividades espaciais em si, estas foram demarcadas como um processo de desenvolvimento interativo, de longo prazo, caro e de alto risco. Portanto, são dificultados a variedade de projetos de satélites. No entanto, com o desenvolvimento das tecnologias de armazenamento e transmissão de dados, atividades de micro e nanossatélites têm sido uma alternativa para a realização de mais projetos – devido ao barateamento de itens dos projetos e da carga de lançamento necessário.

Apesar disso, no PNAE 2012-2021, os projetos envolvendo nanossatélites não foram considerados missões estruturantes e sim complementares – sendo apenas 10% do orçamento para esperado para ser empenhado pela PNAE.

Com isso, segundo a AEB, foram 23 lançamentos desde 1990 tendo 8 instituições diferentes como principais entidades brasileiras, tais como: UFMSM, INPE, UFSC, ITA, Visiona, Escola Municipal Tancredo Almeida Neves, AEB, UNOPAR. Isto é, sendo o INPE o principal

responsável por 14 desses lançamentos. Isto é, os objetos lançados pelas universidades são nanossatélites.

Com isso, apesar da infraestrutura de acesso, a ausência de um enfoque para projetos mais viáveis à experimentação múltipla torna os projetos espaciais a realidade de apenas algumas empresas envolvidas nos projetos estruturantes, não sendo um critério significativo.

DIREÇÃO TÉCNICA E POLÍTICA INFLUENCIADA POR GRANDE ABRANGÊNCIA DE ATORES

Como visto no capítulo anterior, as diretrizes gerais estabelecidas na PNDAE são estabelecidas atualmente pelo Conselho Nacional do Espaço – que conta com uma participação interministerial e da AEB – sendo definida principalmente pelo setor público.

Já a execução da política espacial é programada por um período de dez anos por meio do PNAE formulado pela AEB. Na elaboração da PNAE participam todo o corpo da AEB, tendo como órgão de deliberação superior o conselho superior composto por diversas organizações da sociedade civil, científica e indústria, e de outros ministérios participantes.

A partir disso, cada projeto do PNAE apresenta objetivos e diretrizes das finalidades das missões e do desenvolvimento tecnológico em que os institutos trabalham sobre e fazem as encomendas tecnológicas para a indústria de componentes e subsistemas. No caso, os institutos centralizam as especificidades técnicas para a realização das encomendas tecnológicas para a indústria, mediante as ETECs.

Desse modo, a política espacial brasileira é de ampla participação dos órgãos públicos e ministeriais componentes do SINDAE mas com baixa participação da indústria – caracterizada como fornecedora de subsistemas e componentes. Portanto, tal indicador vai ser definido como não-significativo.

PORTFÓLIO DE PROJETOS COM ÊNFASE EM INOVAÇÕES RADICAIS E INCREMENTAIS

Considerando os conceitos de inovações radicais – saltos descontínuos – e incrementais – melhoramentos contínuos – destacados no referencial teórico, leva-se em consideração a aplicações derivadas das missões e a estrutura de projeto com enfoque nas missões de satélites

estruturantes. Portanto, utiliza-se na identificação de inovações incrementais missões de satélites que dão continuidade a alguma linha de produção ou missão já existente. Ademais, as inovações radicais seriam aqueles satélites que inauguram novas aplicações e representam nova linha de produção que inexistia. Nesse sentido, cabe destacar que serão analisadas o planejado conforme a PNAE e a implementação considerando apenas as missões realizadas.

Como apresentado no capítulo 2, na PNAE constam 11 missões satelitais estruturantes: CBERS-3 e 4; SGDC-1 e 2; Amazônia-1, 1B e 2; Lattes; Geomet-1; SABIA-Mar; e SAR.

Tendo isso em vista, esse planejamento possui missões que inauguram uma nova linha de produção e de aplicação espacial: SGDC-1, Amazônia-1¹³, Lattes, Geomet-1, Sabia-Mar e Sar – somando o total de 6 missões de inovações radicais. Enquanto que as missões que dão continuidade a uma linha de produção: CBERS-3 e 4, SGDC-2, Amazônia 1B e 2 – somando o total de 5 missões de inovações incrementais.

No entanto, considerando apenas as missões realizadas dentre as missões estruturantes, tem-se: CBERS-3, 4 e 4A; SGDC-1 e Amazônia -1. Portanto, representando 2 missões de inovações radicais – SGDC-1 e Amazônia-1 – e 3 missões incrementais – CBERS-3,4 e 4A.

Portanto, dentre a carteira de missões consideradas estruturantes, pode-se interpretar como sendo um portfólio que contém tanto inovações radicais quanto incrementais no planejamento e também na realização.

Com relação às capacidades, além de não serem tão bem delimitadas pelo nome como os critérios e indicadores anteriores, Mazzucato (2017) também não faz uma análise delimitada do que representaria o ideal para poder qualificar como apropriada ou não. Portanto, além da definição de Mazzucato, em cada capacidade será abordada a justificativa de análise com outros pontos complementares desenvolvidos no referencial teórico.

CAPACIDADE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA

A partir do referencial teórico, foi visto que a inovação – como motor de propulsão do desenvolvimento e transformação capitalista – é fundamentalmente interativa a partir dos fluxos de conhecimentos externos e internos às organizações. Por isso, interpreta-se que os pontos

¹³ Apesar de possuir mesma finalidade do programa CBERS, introduz uma inovação radical que é o subsistema da Plataforma Multimissão (PMM).

relevantes da capacidade científico-tecnológica é se existe uma infraestrutura de desenvolvimento científico e tecnológico do setor e também se os agentes são capazes de interagir e desenvolver soluções científicas e tecnológicas.

Como observado no capítulo 2, os principais fornecedores de cursos são o INPE e o ITA. O primeiro, dentre os cursos delimitados no quadro 7, sensoriamento remoto possui nota máxima 7, meteorologia e geofísica espacial possuem nota 6, computação aplicada possui nota 5 e engenharia e tecnologia espaciais possui nota 4 segundo a plataforma sucupira (CAPES, 2021); o último desempenha nota máxima segundo o índice geral de cursos da plataforma e-mec (MEC, 2018) disponibilizando cursos de qualidade para capacitação. Ademais, a infraestrutura existente vai além do conhecimento científico, tendo a presença de infraestrutura de construção tecnológica como o Laboratório de estruturas leves, laboratório de integração e testes, laboratório de combustão e propulsão, entre outros destacados no capítulo 2.

Além disso, o setor espacial é bastante regionalizado principalmente no estado de São Paulo. Assim, recebendo até mesmo a delimitação de cluster aeroespacial. Essa proximidade institucional – de institutos de pesquisa, universidades e empresas privadas – facilita a troca de conhecimentos entre esses agentes e conta com a existência de estruturas como o Parque Tecnológico de São José dos campos que promove o desenvolvimento cooperativo e o aprendizado interativo entre fornecedores.

Outra forma de fluxos de conhecimento amplamente utilizadas no Programa Espacial Brasileiro são as alianças estratégicas internacionais, tais como destacadas em capacidades de política no capítulo 2.

Tais subsistema científico-tecnológico é bem delimitado para assuntos espaciais devido a realização do IMATEC, principalmente dos níveis 1 até o 6, sendo representados por universidades e institutos de pesquisas públicos. A capacidade científico-tecnológica brasileira se apresenta suficiente a exemplo da realização de alguns projetos de iniciativa nacional, tais como: o desenvolvimento do Veículo Lançador de Satélites-1 (VLS-1), o satélite Amazônia-1 e o nanossatélite NanoSatcBR2.

O VLS-1 foi o primeiro veículo lançador de satélites brasileiro o qual surgiu de uma parceria entre o IAE e a indústria nacional que foi capaz de lançar 2 protótipos bem-sucedidos ao espaço em 1997 e 1999 e ao domínio da tecnologia de foguetes de sondagem com a validação em voo desse sistema.

O Amazônia-1, lançado com sucesso em fevereiro de 2021, foi um projeto encabeçado pelo INPE, sendo a totalidade do projeto e design realizado por uma equipe brasileira. O satélite permitiu a validação da plataforma multimissão por meio da herança de voo de sucesso.

O NanoSatcBR2, lançado em março de 2021, é o 2º lançamento da missão nanosatcBR e foi realizado entre a parceria de pesquisas, tecnologistas e alunos dos cursos de pós graduação em geofísica Espacial e engenharia e tecnologias espaciais do INPE com alunos de graduação, bolsistas e professores da UFSM. (INPE, 2021).

Com isso, interpreta-se como um indicador significativo.

CAPACIDADE DE DEMANDA

As capacidades de demanda se referem a necessidade da invenção conseguir chegar ao mercado para se tornar uma inovação bem sucedida. Com isso, interpreta-se como a grande questão dessa capacidade se há potencial demanda para as soluções espaciais ao longo de toda a cadeia de produção, tanto ao segmento *upstream* quanto *downstream*.

No segmento *upstream*, foi visto no capítulo 2 que, devido à característica técnica do setor, as instituições públicas desempenham o papel de *main contractors* como principais demandantes das soluções tecnológicas encomendadas. No entanto, apesar da diversidade de projetos programados, o Brasil foi pouco capaz de concretizar os gastos no programa espacial. Tendo isso em vista, gerou-se uma baixa taxa de concretização dos projetos em que se destacaram principalmente os projetos realizados em parceria com outros países.

Além disso, essa lacuna orçamentária incapacita até mesmo processos de difusão tecnológica para a indústria, a qual afeta também a capacidade produtiva a longo prazo. Isto é, devido ao curto orçamento, a participação é limitada a um pequeno número de empresas por projeto.

No segmento *downstream*, foi visto que as soluções espaciais são demandadas por uma grande gama de atividades econômicas e científicas. Além disso, demarcou-se que a grande questão é, na verdade, a grande quantidade de demandas não atendidas ou defasadas em termos de qualidade e periodicidade de soluções.

Com isso, denota-se uma capacidade de demanda significativa devido ao grande espaço para o desenvolvimento de novos projetos e acomodação de toda essa demanda *downstream* e tendo em vista a tendência de crescimento ainda maior desse segmento de acordo com o *new*

space. Em relação ao *upstream*, o preenchimento dessa demanda é mais facilmente reversível dependendo das prioridades de política de cada governo e alocação orçamentária.

CAPACIDADE PRODUTIVA

Com relação à capacidade produtiva foi destacado no referencial teórico que o mais importante na análise de um sistema de inovação é destacar os diferentes aprendizados em conexão com as atividades de rotina das empresas (LUNDVALL, 2010). Ou seja, interpreta-se como questionamento se existe uma rede de empresas nesse sistema e se conseguem implementar uma rotina de aprendizado.

O Brasil conta com uma rede produtiva de 55 empresas conforme a AEB (2020a) geralmente de pequeno porte que abarcam todos os segmentos e atuam principalmente como fornecedores de subsistemas no segmento upstream. Ao decorrer do capítulo 2, destaca-se as principais formas de aprendizado para o setor espacial dentre as categorias demarcadas por Queiroz (2006):

- Aprender interagindo: devido à própria característica do setor espacial, é necessária uma grande interação entre os fornecedores e usuários (institutos de pesquisa contratantes) devido ao ambiente hostil do espaço, aonde há restrições de diversos tipos e cada equipamento pode interferir eletromagneticamente e com trocas térmicas. Ou seja, há a necessidade da realização de diversos testes e *feedbacks*.
- Aprender contratando: segundo Vellasco (2019, p. 62), a maior parte das empresas surgiu na década de 1990 a partir de transbordamentos de capital humano dos institutos e universidades que criaram empresas.
- Aprender fazendo: essa forma de aprendizado é de grande importância para o setor, de modo que até mesmo há a exigência da herança de voo para a validação de sistemas e subsistemas – que são etapas de amadurecimento da tecnologia conforme o IMATEC – e comercialização de tecnologias internacionalmente.
- Aprender treinando: por especificidade do setor espacial, o capital humano requerido é de elevada capacitação e composta principalmente por engenheiros e tecnólogos. Dessa forma, destaca-se a relevância dessa forma de aprendizado principalmente pela elaboração de políticas nesse sentido, como o Plano de Absorção e Transferência Tecnológica (PATT) que consiste em empresas

estrangeiras detentoras de determinadas tecnologias realizarem treinamentos para empresas nacionais.

Nesse sentido, as empresas conseguem implementar relações intensas durante a realização dos projetos e com rotinas de desenvolvimento já consolidadas como o ECSS, mas que na prática são espaçadas devido o baixo orçamento e demanda para novos projetos demandados pelos institutos. Além disso, o baixo orçamento dedicado a cada projeto dificulta a participação e difusão tecnológica resultante dos projetos para um maior número de empresas.

Com isso, as empresas, por serem de micro e pequeno porte, muitas vezes demitem funcionários capacitados para cortar orçamento e nem investem adequadamente em P&D (Velasco, 2019). Ou seja, há uma rede de empresas que possuem uma forte relação de interação e rotinas consolidadas o que torna essa capacidade significativa, no entanto, falta a continuidade entre os projetos e o número de empresas participantes de cada projeto.

CAPACIDADE ESTATAL

Primeiramente, para “cumprir uma missão, um país requer um Estado Empreendedor” (Mazzucato, 2017, p. 30). Portanto, as capacidades estatais devem preencher a necessidade de um Estado proativo com investimentos ao longo de toda a cadeia, instituições descentralizadas com autonomia, ser tomador de risco e distribuir igualmente riscos.

Como delimitado a importância da história no referencial teórico, o Programa Espacial Brasileiro foi construído a partir da visão e proatividade estratégica desde a década de 1960 em que, desde seu início, objetivou a autonomia nacional e abrangendo toda a cadeia de inovação existentes na época. Isto é, com instituições presentes até os dias atuais – na produção de satélites, lançadores, centros de lançamento e agência coordenadora central – com infraestrutura e competências técnicas e de recursos humanos sólidos, inclusive, amplamente reconhecidos na sociedade e capazes de promover desenvolvimentos tecnológicos. Ou seja, abrangendo todo o sistema de inovação ligado a satélites conforme a figura 7 desta monografia.

Complementarmente, as instituições líderes desse processo contam com uma estrutura orientada por missões com autonomia orçamentária, de estratégia e gerenciamento de riscos.

Nos dias atuais, a economia espacial, com o *new space*, se desenvolveu no segmento *downstream* e atividades de outros setores espaço-derivadas principalmente a partir da atividade

de satélites. No entanto, o INPE concentra operações espaciais em terra e fornecimento de dados para atividades espaço-derivadas e demais instituições lidam com as aplicações espaciais como a Embrapa e a Anatel

Ou seja, a capacidade estatal empreendedora é significativa para o segmento upstream mas apresenta uma falta de participação infraestrutura institucional com relação ao desenvolvimento de novas aplicações na economia espacial e adequação ao *New Space*.

CAPACIDADE POLÍTICA

A partir do quadro 2, depreende-se capacidade política como a disposição instrumentos variados de demandas e ofertas e presença de políticas complementares existentes. Além disso, analisa-se tais capacidades também pelo instrumental da teoria evolucionária em que mostra a necessidade de tais políticas serem de longo prazo havendo um planejamento e implementação coerentes ao longo do tempo e se são compostas por políticas horizontais, verticais e também as complementares.

No capítulo 2, foi levantado uma série de instrumentos que atuam tanto pelo lado da demanda – as ETECs – como pelo lado da oferta – a PATT, mecanismos de subvenção – além também das parcerias internacionais que atuam pelos dois lados. As políticas complementares também são identificadas devido aos interesses de diversas atividades acerca do desenvolvimento de soluções espaciais.

Como mecanismo de coerência do Programa Espacial Brasileiro à longo prazo, identifica-se o PNAE que faz o planejamento decenal dos projetos. Na prática, há certa falta de complementariedade entre os projetos devido a grande abrangência de aplicações programadas e o baixo orçamento realizado.

Em relação a prêmios e riscos, o setor espacial possui uma boa delimitação das divisões de tarefas de cada agente que difundem o risco de desenvolvimento de tecnologias. Além disso, são compostas por políticas horizontais como os empréstimos não reembolsáveis das agências de fomento que não se dão apenas ao segmento espacial – como o caso do FUNTEC do BNDES – e também verticais como as ETECs com encomendas diretas dos institutos. Além disso, a política espacial é influenciada por três outras políticas complementares principais destacadas: macroeconômica, ambiental e de defesa, sendo o desenvolvimento espacial fator-chave nas duas últimas.

Em resumo, o setor espacial conta com instrumentos de políticas horizontais e verticais mas que podem apresentar defasagens de coerência devido à escassez orçamentária, além de uma sustentação política de outros setores e interesses complementares, sendo significativo.

CAPACIDADE DE ACOMPANHAMENTO E PROSPECÇÃO

Como capacidade de acompanhamento, considera-se o proposto pela Mazzucato no quadro 2 relacionado à realização de diagnósticos e soluções, revisões de política a partir de contexto presente e realização de prospectos futuros. Assim, observa-se principalmente se há uma infraestrutura de acompanhamento aberta ao público, processos estabelecidos de acompanhamento das atividades e se as políticas fornecem indicadores quantitativos que facilitam a interpretação do desempenho.

Há a construção de um observatório do setor espacial pela AEB que possibilita o acompanhamento de números e indicadores concentrados do setor em que ainda se encontra em construção. No entanto, há uma rede descentralizada de informação como o catálogo de empresas e de demandas nacionais ao setor espacial disponíveis do endereço digital da AEB, informações explícitas sobre as missões e serviços realizados pelo INPE no endereço digital do INPE, porém os institutos militares apresentam reduzida infraestrutura de informação disponível.

Em relação ao acompanhamento, como visto no capítulo 2, uma das críticas da Controladoria Geral da União (2019) ao PNAE é que não tenha apresentado revisões para ajustar a tendência de orçamento empenhado no período ou devido a dificuldades técnicas. Além disso, o PNAE não consta indicadores quantitativos, apesar de ser a maior expressão da PNDAE, porém esse aspecto é amenizado já que o PPA introduz indicadores quantitativos.

Assim, demarca-se essa capacidade como não-significativo devido a esses fatores.

Desse modo, preenche-se o quadro de critérios de indicadores como a seguir:

Quadro 8 - Resultado da interpretação do PNDAE

Segmento	Nome	Não-Significativo	Significativo
Critérios	Destacar e inspirar cidadãos		X
	Ambiciosa e arriscada		X

	Alvo Claro, Final explícito e missões bem definidas		X
	Multidisciplinar e multissetorial		X
	Permitir experimentação múltipla	X	
Indicadores	Direção técnica e Política influenciada por grande abrangência de atores	X	
	Portfólio de projetos com ênfase em inovações radicais e incrementais		X
	Capacidade Científico-Tecnológico		X
	Capacidade de Demanda		X
	Capacidade Produtiva		X
	Capacidade Estatal		X
	Capacidade de Política		X
	Capacidade de Acompanhamento	X	

Fonte: Elaboração própria.

Dentre os resultados alcançados, a principal observação é com relação à capacidade de demanda. Nesse caso, foi classificada como significativa devido ao alto potencial de mercado, porém a demanda pública no segmento *upstream*, tida como uma questão de prioridade política, está distante de possibilitar os objetivos de autonomia do Programa Espacial Brasileiro e, inclusive, das próprias expectativas do PNAE. Isso se mostra como fator decisivo em outros critérios e indicadores de modo que impacta, por exemplo, a experimentação e realização de projetos por mais atores, o impulsionamento das fontes de aprendizado a partir de novos projetos destacadas nas capacidades produtivas e a complementariedade entre projetos nas capacidades de política.

CONCLUSÃO

Com tudo isso, interpreta-se que a política nacional de desenvolvimento de atividades espaciais de fato se relaciona a uma política orientada por missões a partir de seus critérios. Isto é, se aproxima muito mais da abordagem antiga de políticas orientadas por missões devido a ausência de um foco maior na difusão tecnológica com participação maior de toda a indústria nesse processo.

Acerca dos indicadores, identifica-se a ausência de alguns elementos considerados essenciais para comporem uma política bem sucedida segundo Mazzucato (2016). Dentre eles, destaca-se: uma carteira de projetos que tenha um enfoque na experimentação múltipla com

difusão tecnológica e que permita até uma direção técnica mais descentralizada; a realização de orçamentos e projetos planejados, continuidade e periodicidade desses projetos; e o acompanhamento e avaliação de políticas com mais acessibilidade a dados espaciais e atualização do PNAE.

Portanto, a PNDAE pode ser caracterizada como uma política orientada por missões, apesar de mais próxima da abordagem antiga, e que possui parcialmente as capacidades e características necessárias para a ampla implementação dessa política com sucesso. Isto é, esta política não é ampla o suficiente para a concretização e realização dos resultados e impulso inovativo que se espera de uma política orientada por missões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao início do trabalho, demarcou-se a importância da inovação, de transformação qualitativa, para o processo de desenvolvimento econômico. A inovação possui algumas características fundamentais de modo que ela é interativa, cumulativa e incerta principalmente devido à natureza da racionalidade limitada dos agentes. Nesse contexto, o Estado se faz relevante, por meio de uma rede descentralizada de instituições orientadas por missões, para a criação de um sistema de inovação aonde se aumenta a interação entre os agentes e, com os fluxos de conhecimentos, diminuir a incerteza, direcionar a inovação para algo positivo à sociedade e acelerar o processo de desenvolvimento e comercialização.

Esses fatores estiveram muito presentes durante as primeiras fases de desenvolvimento do setor espacial, que se caracteriza por ser estratégico, complexo e de longo prazo de desenvolvimento. Isto é, inclusive no Brasil, que foi capaz de estabelecer um ambiente como o SINDAE com instituições sólidas e com histórico de competência tecnológica mas que lida com problemas estruturais na continuação desse histórico de pioneirismo brasileiro.

A pesquisa teve como objetivo geral fazer uma avaliação interpretativa acerca do PNDAE, tendo como referência sua principal ferramenta – a PNAE 2012 a 2021. Esse objetivo foi alcançado ao finalizar a interpretação como o Brasil não possuindo todos os critérios para tal caracterização – se aproximando mais da antiga abordagem de políticas orientadas por missões – e não preenchendo todas as capacidades importantes.

Os objetivos específicos foram cobertos, mostrando o desenvolvimento teórico do Estado empreendedor em um sistema de inovação, apresentando definições e características do setor espacial e estabelecendo o desenho e capacidades das políticas no Brasil. Por fim, os insumos produzidos no capítulo dois foram suficientes para fazer uma interpretação a partir da definição da Mazzucato no Quadro 2 e também abrangendo características relevantes da teoria da inovação para cada capacidade.

Em termos da metodologia de análise exploratória, ela se mostrou eficiente em cobrir a motivação de pesquisa – explorar os temas de economia da tecnologia e do setor espacial conjuntamente – em um contexto de escassez de informações. Isto é, a partir dela foi possível, por exemplo, identificar as fontes de aprendizado mais relevantes e estabelecer relações de elementos da capacidade de demanda com outros critérios e indicadores.

Com isso, a PNDAE não foi enquadrada como orientada por missão conforme a nova abordagem de Mazzucato, e também não possui todos os elementos necessários para seu sucesso, dentre os indicadores, não são significativas as capacidades de direção técnica e de política com ampla participação, capacidade de demanda, de política e de acompanhamento.

No entanto, com relação ao problema de pesquisa, a política espacial de fato parece ser uma política orientada por missão mais próxima à antiga abordagem, e possui algum grau de elementos fundamentais para o sucesso dessas políticas tais como capacidade científico-tecnológica, produtiva, estatal e um portfólio de projetos com ênfase em inovações radicais e incrementais.

Considerando as características do setor levantadas, faz sentido haver uma política orientada por missões, de abordagem antiga ou nova, para o desenvolvimento do setor tendo em vista a importância histórica do Estado empreendedor na construção de um sistema de inovação para as características complexas e de longo prazo do setor espacial. Nesse caso, o problema da maior proximidade com a abordagem antiga é que se perde um maior potencial de desempenho inovativo do sistema de inovação que se originaria principalmente de ampla difusão de resultados como aprendizado para um maior número de atores, por meio da experimentação múltipla por exemplo.

Acerca das limitações da pesquisa, acredita-se que a abordagem pode ter se tornado um pouco ampla e extensa devido a dois fatores principalmente: devido ao duplo problema de pesquisa – de buscar se a PNDAE se enquadra como política orientada por missões e em que medida dispõe dos elementos necessários – e pelo setor espacial ser, sobremaneira, um setor complexo e que exige uma apresentação prévia para o entendimento. No entanto, tal extensão foi tida como necessária para cobrir também a motivação do trabalho que inclui o entendimento do panorama do setor.

Outro fator limitador é principalmente sobre a coleta de dados de institutos militares submetidos ao DCTA – os quais se mostraram com menos informações disponíveis e de menor qualidade de análise do que órgãos civis como INPE e AEB. Por fim, houve uma limitação de tempo, geográfica e de contato com os institutos e empresas pode ter feito com que haja um risco do levantamento e interpretação dos dados estarem defasados com a prática e de rotina estabelecidas, com a utilização de documentos relevantes e escassos como o Rollemberg *et al* (2009) para a Câmara dos Deputados e Yassuda (2010).

Por fim, recomenda-se alguns pontos para a exploração do assunto e objeto como (i) A importância dos micro e nanossatélites para o desenvolvimento do critério de múltipla experimentação, (ii) A estruturação do marco legal realizado e necessário de acompanhamento e auditoria das atividades e projetos nas instituições espaciais, e (iii) A análise das rotinas realizadas em novas missões espaciais posteriores ao trabalho de Yassuda (2010) e uma comparação ao padrão ECSS adotado pela ESA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEB. **Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE: 2012-2021**. Agência Espacial Brasileira. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, agência espacial brasileira, 2012.

AEB. **Sistema Nacional de Desenvolvimento de Atividades Espaciais**. Agência Espacial Brasileira, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/sistema-nacional-de-desenvolvimento-das-atividades-espaciais-sindae>. Acessado em 26 de fevereiro de 2021.

AEB. **1º Ciclo Estratégico da Agência Espacial Brasileira 2017-2019**. AEB, 2018.

AEB. **Introdução ao IMATEC como Ferramenta de Avaliação de Maturidade Tecnológica em Projetos Espaciais**. AEB, 2018.

AEB. **Demandas Nacionais ao Setor Espacial**. Relatório Final. AEB, 2019.

AEB. **Catálogo da Indústria Espacial Brasileira**. AEB, 2020.

AEB. **Programa Nacional de Atividades Espaciais**. AEB, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos/programa-nacional-de-atividades-espaciais>. Acessado em: 3 março de 2021.

AEB. **Observatório do Setor Espacial**. AEB, 2020. Disponível em: <https://observatorio.aeb.gov.br/>. Acessado em 5 de março de 2021.

AEB. **AEB Explica: Entenda conceitos e práticas da Transferência de Tecnologia**. AEB, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/aeb-explica-entenda-conceitos-e-praticas-da-transferencia-de-tecnologia>.

AEB. **E2T**. AEB, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/acoes-e-programas/e2t>.

AEB. **Política, Organizações, Programa e Projetos**. AEB, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacoes-programa-e-projetos>. Acessado em: 15 de março de 2021.

AEB. **Objetos Espaciais Brasileiros**. AEB, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/objetos-espaciais-brasileiros>. Acessado em: 30 de março de 2021.

BRASIL. Decreto nº 9.839, de 14 de Junho de 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9839.htm. Acessado em: 22 de Fevereiro de 2021.

BRASIL. Decreto nº 1.332, de 8 de dezembro de 1994. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d1332.htm. Acessado em: 2 de março de 2021.

BRASIL. Plano Plurianual. Anexo I – Programas Temáticos P. 251-254. BRASIL, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-ppa/arquivos/ppas-anteriores/ppa-2012-2015/anexos-do-plppa-2012-2015/003-anexoi.pdf>. Acessado em: 3 de março de 2021.

BRASIL. Portal de Dados Abertos de Recursos Humanos da AEB. BRASIL, 2020. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/dados-abertos-de-recursos-humanos-da-aeb>. Acessado em: 10 de março de 2021.

BRASIL. Plano PluriAnual. Anexo I – Programas Temáticos. P. 153-155. BRASIL, 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/arquivos/planejamento/arquivos-e-imagens/secretarias/arquivo/spi-1/ppa-2016-2019/anexo-i-ppa-2016-2019-atualizado>. Acessado em: 3 de março de 2021.

Rolleberg, R. *et al.* **A Política Espacial Brasileira Parte I**. Brasília: Câmara dos Deputados, Câmara, 2009. Série: Caderno de Altos Estudos, nº 7.

CAPES. **Cursos Avaliados e Reconhecidos**. Plataforma Sucupira, 2021. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/programa/quantitativos/quantitativoPrograma.jsf;jsessionid=HzF6628vwipEIC3lvcq8zQyS.sucupira-208?areaAvaliacao=0&cdRegiao=0&ies=338723>. Acessado em: 24 de abril de 2021.

CARVALHO, H. **Alternativas de Financiamento e Parcerias Internacionais Estratégicas no setor espacial** In: Desafios do Programa Espacial Brasileiro, Secretaria de Assuntos Estratégicos. Brasília, 2011.

CHESBROUGH, H. **Open Innovation: A New paradigm for Understanding Industrial Innovation** In: **Open Innovation: Researching a New paradigm**. Ed: Oxford University Press, 2006.

CLA. **Missão**. CLA, s.d. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cla/index.php/missao>. Acessado em 16 de março de 2021.

CGU. **Relatório de Avaliação: Agência Espacial Brasileira – MCTIC**. Exercício 2018. CGU, 2019.

COSTA FILHO. **A política científica e tecnológica no setor aeroespacial brasileiro: da institucionalização das atividades ao fim da gestão militar – uma análise do período 1961-1996**. São Paulo, Unicamp, 2000 (dissertação de mestrado).

FREEMAN E PEREZ, C. C. **Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour** In: Technical Change and Economic Theory. London. Ed: Pinter, 1990.

FUNCATE. **Estatuto**. FUNCATE, 2017. Disponível em: <https://www.funcate.org.br/arquivo/EstatutoFUNCATE.pdf>. Acessado em 15 de março de 2021.

IAE. **Relatório de Atividades 2018**. IAE, 2019. São José dos Campos (Relatório Anual). Disponível em: https://www.iae.cta.br/images/relatorios-atividades/Relatorio_de_Atividades_2018.pdf.

IAE. **Revista qualidade**. IAE, s.d. Disponível em: <https://www.iae.cta.br/phocadownload/Revista6.pdf>.

IAE. **Laboratórios e Serviços**. IAE, 2020. Disponível em: <https://www.iae.cta.br/index.php/laboratorios>. Acessado em 16 de março de 2021.

IFI. **Missão, Visão e Valores**. IFI, s.d. Disponível em: <https://www.ifi.cta.br/index.php/missao-visao-e-valores>. Acessado em 17 de Março de 2021.

INCUBAERO. **Apresentação**. INCUBAERO, 2018. Disponível em: <http://incubaero.org.br/apresentacao/o-que-e-a-incubaero/>. Acessado em 15 de março de 2021.

INPE. **Plano Diretor 2016-2019**. São José dos Campos, 2016.

INPE. **Relatório de Gestão do Exercício de 2017**. São José dos Campos, 2018.

INPE. **Pesquisa e Desenvolvimento**. INPE, 2018. Disponível em: http://www.inpe.br/institucional/pesquisa_desenvolvimento/#content. Acessado em 15 de março de 2021.

INPE. **Termo de Compromisso de Gestão de 2018**. (Relatório Anual).

INPE. **Programa NanoSatc-BR, Desenvolvimento de Cubesats**. INPE, 2021. Disponível em: http://www.inpe.br/crs/nanosat/missao/nanosatc_br2.php. Acessado em 31 de março de 2021.

LA ROVERE, R. **Paradigmas e Trajetórias tecnológicas** In: Economia da Inovação Tecnológica. São Paulo: Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

LUNDEVALL, B.A. *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London, New York. Ed: Anthem Press, 2010.

MATOS, P. **Sistemas Espaciais voltados para defesa** In: Mapeamento da Base Industrial de Defesa. IPEA, 2016.

MAZZUCATO, M. *The Entrepreneurial State: debunking public vs. Private sector myths*. London: Demos, 2011.

MAZZUCATO, M; Penna, C.. *The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal*. Brasília. Ed: CGEE, 2016.

MAZZUCATO, M. *Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities*. London. UCL, 2017.

MAZZUCATO, M. **Missio-Oriented Research & Innovation in the European Union: A Problem-solving approach to fuel innovation-led growth**. Brussels, Ed: European Commission, 2018.

MAZZUCATO, M. **This Economist has a Plan o Fix Capitalism**. Entrevista para a revista Wired, 2019. Disponível em: <https://www.wired.co.uk/article/mariana-mazzucato>. Acessado em 22 de dezembro de 2020.

MEC. **Consulta-Cadastro**. MEC, 2018. Disponível em: <https://emec.mec.gov.br/emec/consulta-cadastro/detalhes-ies/d96957f455f6405d14c6542552b0f6eb/NjAy>. Acessado em 24 de abril de 2021.

MCTIC. Gabinete do Ministro. **Portaria N° 5.149**, de 14 de novembro de 2016. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22072053#conteudo. Acessado em 17 de março de 2021.

NELSON E WINTER. *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Ed: Harvard, 1982

NETO. **Inpe, uma história de sucesso**. In: Desafios do Programa Espacial Brasileiro, Secretaria de Assuntos Estratégicos. Brasília, 2011.

OCDE. **Handbook on measuring the Space Economy**. OCDE, 2012. https://read.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-handbook-on-measuring-the-space-economy_9789264169166-em#page1

OCDE. **Measuring the Economic Impact of the Space Sector: Key Indicators and Options to Improve Data**. 2020.

OLIVEIRA, M. **A Política de Compras do programa Espacial brasileiro como Instrumento de capacitação industrial**. São José dos Campos, Inpe, 2014. <http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/3FMAFFB>

OREIRO e DE PAULA. **A economia Brasileira no governo Temer e Bolsonaro: Uma avaliação Preliminar**. 2019

PELAEZ E SBICCA. **Sistemas de Inovação** In: Economia da Inovação Tecnológica. São Paulo: Hucitec: Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

PENROSE, E. **A Teoria do Crescimento da Firma**. Ed: Unicamp, 1995.

PPA Cidadão. **Relatório de Avaliação do Programa**: Programa: Política Espacial. Disponível em: <https://ppacidadao.planejamento.gov.br/sitioPPA/paginas/todo-ppa/objetivos.xhtml?programa=2056&ep=1>. Acessado em: 15 de Março de 2021.

POPPO, S di. **Networking Friday with Simonetta di Poppo (Unoosa)**. 2021. Disponível em: <https://www.aircentre.org/netfridays-simonetta-di-pippo/>. Acessado em: 19 de fevereiro de 2021.

PQTEC. **Laboratórios**. PQTEC, 2021. Disponível: <https://pqtec.org.br/ambiente/laboratorios/>. Acessado em: 15 de março de 2021.

PQTEC. Ambiente. PQTEC, 2021. Disponível em: <https://pqtec.org.br/ambiente/>. Acessado em: 15 de março de 2021.

Relatório de Avaliação: Agência Espacial Brasileira – MCTIC Exercício 2018. Ed: Brasília: Controladoria Geral da União, 2019.

ROBERT HARDING. **Space Policy in Latin America**. Southeastern Council On Latin American Studies and Wiley Periodicals, Inc. Spring Hill College, 2009.

ROBINSON, D. K. R. and Mazzucato, M. **Market Creation and the European Space Agency:** towards a competitive, sustainable and mission-orientate space eco-system. 2018.

ROSENBERG. **O quão exógena é a ciência?** Ed: Unicamp, 2006.

SANTOS, B. **Proposta do Modelo Institucional com contratantes principal para desenvolvimento e gestão de projetos espaciais no Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais pelo INPE, 2014.

SCHUMPETER, J.A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo. Ed: Nova Cultura, 1997.

SCHUMPETER, J.A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Rio de Janeiro. Ed: Fundo de Cultura, 1942.

SIA. **2019 Top-Level Global Satellite Industry Findings**. 2019.

SOETE, L. e ARUNDEL, A. **An Integrated Approach to European Innovation and Technology Diffusion Policy: A Maastricht Memorandum**, Luxemburgo: Commission of the European Communities, SPRINT Programme, 1993.

TEECE, D. *Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (sustainable) enterprise performance*. Ed: Strategic Management Journal, 2007.

THIELMANN e LA ROVERE. **Políticas Públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação In: Políticas Públicas para redes Inteligentes**. Rio de Janeiro. Ed: Gesel, 2016.

VAZ, C. **Fomento e Apoio ao Desenvolvimento da capacidade industrial, Atendimento às demandas de Fabricação dos Projetos Espaciais In: Desafios do Programa Espacial Brasileiro**, Secretaria de Assuntos Estratégicos. Brasília, 2011.

VELLASCO, Fabiany Maria. **O desenvolvimento da indústria espacial brasileira: uma abordagem institucional.** Dissertação em mestrado em governança e desenvolvimento pela Enap. Brasília: Enap, 2019.

YASSUDA, I. **Ciclo de vida de Projetos na Área Espacial.** São José dos Campos, INPE, 2010.