



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE
E GESTÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA – ESPAÇO E DEFESA

KAIO DA SILVA PONTES

**INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION E O POUSO LUNAR:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS IMPACTOS ECONÔMICOS DA MISSÃO CHANDRAYAAN-3 NA
ÍNDIA (2019–2025)**

BRASÍLIA
2025

KAIO DA SILVA PONTES

**INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION E O POUSO LUNAR:
UM ESTUDO DE CASO SOBRE OS IMPACTOS ECONÔMICOS DA MISSÃO CHANDRAYAAN-3 NA
ÍNDIA (2019–2025)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia, Mestrado Profissional em Economia – Espaço e Defesa, da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia.

Linha de Pesquisa: Espaço e Defesa

Professor Orientador: Dr. Peterson Ferreira da Silva

BRASÍLIA
2025

Dedico este trabalho à minha esposa, Juany Pontes, rainha do meu mundo. Seu sorriso é a razão de tudo, é por ele que me levanto todos os dias e a ele dedico toda a minha vida. E à minha mãe, exemplo supremo de força, coragem e generosidade, que sempre me ensinou, com o próprio caminhar, a nunca desistir, mesmo diante das maiores tempestades. Vocês são meu porto seguro, meu alicerce e a razão de todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Eu sempre digo que sou o homem mais sortudo e rico do mundo e isso vem das bênçãos e da proteção de Deus, que sempre me guiou pelo melhor caminho. Mesmo quando, no curto prazo, eu não entendia os planos, ao final, tudo se mostrava melhor do que eu poderia imaginar. Minha confiança inabalável Nele as vezes até me torna displicente, pois tenho a certeza absoluta de que tudo dará certo e o que parecer não ter dado certo será apenas uma lição necessária para minha evolução.

À minha esposa, Juany Pontes, rainha do meu mundo, minha melhor escolha e meu porto seguro. Sua presença dá cor à minha vida, propósito à minha caminhada e leveza à minha existência. Obrigado por ser minha parceira e minha inspiração. Você me presenteia, todos os dias, com o que há de mais precioso: amor genuíno, respeito e uma paz que eu achava existir apenas em livros e filmes. Amo o fato de que, diariamente, me sinto ansioso para voltar ao meu lar — que, muito além de um espaço físico, é você. Seu sorriso é a razão de tudo. É ele que ilumina meus dias, motiva minhas decisões e me lembra, sempre, do que realmente importa. Eu faria qualquer coisa por esse sorriso, pois ele é o grande propósito da minha vida.

À minha mãe, que desde cedo me ensinou o valor da razão, do esforço e da verdade. Obrigado por cada ensinamento dado com amor, por cada palavra de incentivo e por cada exemplo de coragem. Sua determinação é minha maior inspiração para alcançar tudo aquilo que sonho e minha maior motivação para querer sempre ir além.

Ao meu pai, exemplo puro de coração e generosidade. Agradeço por ter me ensinado a importância da bondade, da honestidade e da simplicidade. Seu coração generoso é o modelo de vida que guardarei para sempre comigo.

Ao meu padrasto Alex e à minha madrasta Izemalde, graças aos quais tenho a maior sorte do mundo: contar com dois pais e duas mães. Meu padrasto Alex ensinou-me o valor da palavra, o poder transformador da disciplina e os fundamentos essenciais para ser um homem responsável. Minha madrasta Izemalde é um exemplo vivo de carinho, bondade e altruísmo, mostrando-me, por meio de suas ações, como pensar sempre no próximo e praticar o bem.

Ao meu irmão Fábio, o homem mais talentoso que já vi, cuja criatividade e inteligência sempre me motivaram. À minha irmã Izabele, a pessoa mais estudiosa e dedicada que conheço, sempre me desafiando a evoluir e alcançar níveis cada vez mais altos. Vocês me inspiram e tornam minha vida mais completa.

À minha avó Edi, que com seus conselhos sábios sempre me trouxe conforto e direção. Suas palavras são joias preciosas que guardo com carinho em meu coração.

Agradeço profundamente à Agência Espacial Brasileira (AEB), instituição que me acolheu profissionalmente e me proporcionou experiências inesquecíveis. Sou grato por fazer parte de algo tão grandioso e transformador quanto o programa espacial brasileiro e pelo aprendizado constante adquirido nesse ambiente singular.

Agradeço também à minha equipe da Coordenação de Tecnologia da Informação, a qual lidero com enorme orgulho e gratidão. Costumo dizer que não sou um coordenador de TI, mas sim um gestor de projetos, equipes e dados, e fazer parte dessa equipe é um dos maiores orgulhos da minha vida profissional. Essa é, sem dúvida, a melhor equipe da Agência Espacial Brasileira, não por minha causa, mas pela excelência, competência e comprometimento de cada um de vocês. Obrigado por tornarem nosso trabalho tão significativo.

A todos vocês eu dedico, de todo meu coração, esta conquista.

“Because the people who are crazy enough to think they can change the world, are the ones who do.”

(Steve Jobs)

RESUMO

A missão Chandrayaan-3, realizada pela Indian Space Research Organisation (ISRO) em 2023, tornou a Índia o primeiro país a atingir com sucesso o polo sul lunar, consolidando sua posição como potência emergente no setor espacial. Esta dissertação tem como objetivo analisar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 sobre o setor espacial indiano, entre os anos de 2019 e 2025, com ênfase no estímulo à inovação tecnológica, na ampliação dos investimentos públicos e privados e no fortalecimento da inserção internacional da ISRO.

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória, estruturada como estudo de caso único. As técnicas de coleta incluíram revisão bibliográfica e documental, análise de dados secundários e entrevistas semiestruturadas com especialistas do setor. A interpretação dos dados foi realizada por meio de análise de conteúdo com categorização temática orientada pelos objetivos específicos da pesquisa.

Os resultados evidenciam que a missão Chandrayaan-3 desencadeou efeitos significativos no ecossistema aeroespacial da Índia, incluindo a expansão de startups, a diversificação das parcerias internacionais, o aumento da confiança institucional em relação à ISRO e o reposicionamento do país no cenário da diplomacia científica. Ao articular conceitos da economia do espaço, políticas públicas de ciência e tecnologia e desenvolvimento em países do Sul Global, o estudo oferece contribuições teóricas e empíricas relevantes para o campo da economia da inovação e para a formulação de estratégias nacionais baseadas em ciência e tecnologia.

Palavras-chave: Chandrayaan-3; Economia do Espaço; ISRO; Inovação; Índia; Políticas Públicas de Ciência e Tecnologia.

ABSTRACT

The Chandrayaan-3 mission, conducted by the Indian Space Research Organisation (ISRO) in 2023, marked a historic milestone by making India the first country to successfully reach the lunar south pole. This dissertation aims to analyze the economic impacts of the mission on the Indian space sector between 2019 and 2025, with emphasis on its role in fostering innovation, increasing public-private investments, and strengthening ISRO's international standing. The research adopts a qualitative, exploratory approach, structured as a single-case study. Data collection techniques included literature and document review, secondary data analysis, and semi-structured interviews with sector specialists, processed through thematic content analysis. The results show that Chandrayaan-3 triggered significant effects in the Indian aerospace ecosystem, including the growth of space-tech startups, the diversification of international partnerships, increased institutional confidence in ISRO, and India's repositioning within the sphere of science diplomacy. By articulating concepts from the space economy, public policies for science and technology, and development strategies in the Global South, the study offers theoretical and empirical contributions to the field of innovation economics and provides applied insights for policy design based on science and technology.

Keywords: Chandrayaan-3; Space Economy; ISRO; Innovation; India; Science and Technology Policy.

LISTA DE SIGLAS, TERMOS E DENOMINAÇÕES

Sigla	Significado
5G	Quinta geração de redes móveis
ADB	Asian Development Bank
AEB	Agência Espacial Brasileira
AI	Artificial Intelligence
AICTE	All India Council for Technical Education
Agnikul Cosmos	Startup indiana de veículos lançadores
ASLV	Augmented Satellite Launch Vehicle
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
Bhuvan	Plataforma indiana de dados geoespaciais
CGPDTM	Controller General of Patents, Designs & Trademarks
CH3	Chandrayaan-3
CMF	Civil-Military Fusion
CNES	Centre National d'Études Spatiales
CNSA	China National Space Administration
COPUOS	Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
COTS	Commercial Orbital Transportation Services
CPR	Centre for Policy Research
CSIS	Center for Strategic and International Studies
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CubeSat	Cube Satellite
DoS	Department of Space
ESA	European Space Agency
EY	Ernst & Young
FICCI	Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry
FDI	Foreign Direct Investment
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSLV	Geosynchronous Satellite Launch Vehicle
G-77	Grupo dos 77
IBAS	Fórum Índia-Brasil-África do Sul
IED	Investimento Estrangeiro Direto
IIST	Indian Institute of Space Science and Technology
ILSI	Inclusive Lunar Science Initiative
IN-SPACe	Indian National Space Promotion and Authorization Center
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IISc	Indian Institute of Science
INDIA	Governo da Índia
IoT	Internet of Things
IPRC	ISRO Propulsion Complex
IPE	Economia Política Internacional
ISRO	Indian Space Research Organisation
ISRO-Spark	Programa de incubação de spin-offs tecnológicos

ISpA	Indian Space Association
ITT	Indian Institute of Technology
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JICA	Japan International Cooperation Agency
LANIA	Instituição (a verificar no texto)
LEO	Low Earth Orbit
Legacy Space	Modelo tradicional de governança espacial
LVM-3	Launch Vehicle Mark-3
MEA	Ministry of External Affairs
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MoU	Memorandum of Understanding
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASSCOM	National Association of Software and Service Companies
New Space Economy	Nova fase da economia espacial
NIAS	National Institute of Advanced Studies
NISAR	NASA-ISRO Synthetic Aperture Radar
NITI Aayog	National Institution for Transforming India
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
ORF	Observer Research Foundation
PIB	Produto Interno Bruto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PSLV	Polar Satellite Launch Vehicle
Pixxel	Startup indiana de sensoriamento remoto hiperespectral
Pragyan	Rover lunar das missões Chandrayaan-2 e Chandrayaan-3
QCA	Qualitative Comparative Analysis
RF	Radio Frequency
Roscosmos	State Corporation for Space Activities
SDSC	Satish Dhawan Space Centre
SEED	Space Enterprise Encouragement and Development
SHAR	Sriharikota Range
SIDBI	Small Industries Development Bank of India
SLV	Satellite Launch Vehicle
SGAC	Space Generation Advisory Council
Skyroot Aerospace	Startup indiana de lançamentos orbitais
Skilling India	Relatório "Skilling India for the NewSpace Economy"
S-TICs	Space Technology Incubation Centres
SSRN	Social Science Research Network
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
TT&C	Telemetry, Tracking and Control
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs

UnB	Universidade de Brasília
Unasul	União de Nações Sul-Americanas
US	Estados Unidos
US\$	Dólar americano
Vikram	Módulo de pouso das missões Chandrayaan-2 e Chandrayaan-3
VSSC	Vikram Sarabhai Space Centre
VisLAM	Visual-Lidar Assisted Navigation

Sumário

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1 - METODOLOGIA	20
1.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA	20
1.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO ÚNICO.....	21
1.3 DELIMITAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL	22
1.4 ETAPAS DA PESQUISA	24
1.4.1 Revisão Bibliográfica Preliminar.....	24
1.4.2 Construção do Quadro Analítico e Categorical	24
1.4.3 Levantamento e Sistematização de Dados Documentais	25
1.4.4 Planejamento e Realização de Entrevistas Semiestruturadas.....	25
1.4.5 Análise de Conteúdo e Interpretação dos Dados	25
1.4.6 Redação e Validação Analítica	25
1.5 FONTES E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS.....	26
1.5.1 Fontes Secundárias.....	26
1.5.2 Fontes Primárias: entrevistas Semiestruturadas.....	27
1.6 TÉCNICAS DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	28
1.6.1 Pré-análise e Organização do Material	28
1.6.2 Definição das Categorias Temáticas	28
1.6.3 Codificação Temática e Segmentação do Conteúdo.....	29
1.6.4 Triangulação e Integração dos Achados.....	29
1.6.5 Síntese Analítica e Estruturação dos Resultados.....	29
1.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE VALIDADE, CONFIABILIDADE E ÉTICA.....	30
1.7.1 Validade Analítica.....	31
1.7.2 Confiabilidade Metodológica	31
1.7.3 Ética na Pesquisa Científica	32
1.8 VIABILIDADE DA PESQUISA	32
1.8.1 Acesso às Fontes e aos Dados Relevantes	33
1.8.2 Realização de Entrevistas com Especialistas	33
1.8.3 Compatibilidade com o Tempo e os Recursos do Mestrado	33
1.8.4 Pertinência Institucional e Contribuição Acadêmica	34
1.9 LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS.....	34
1.9.1 Limitações da Abordagem Qualitativa e da Generalização dos Achados.....	35

1.9.2 Foco em um Único Estudo de Caso.....	35
1.9.3 Limitações no Acesso a Dados Sigilosos ou Incompletos	35
1.9.4 Dificuldades de Acesso a Determinadas Entrevistas e Fontes Primárias	36
1.9.5 Limitação Temporal e Conjuntural da Pesquisa	36
CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA.....	37
2.1 A ECONOMIA DO ESPAÇO: CONCEITOS E ABORDAGENS TEÓRICAS.....	37
2.2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DESENVOLVIMENTO EM PAÍSES EMERGENTES.....	40
2.3 ATORES, MODELOS INSTITUCIONAIS E FINANCIAMENTO EM PROGRAMAS ESPACIAIS	43
2.4 ESTUDOS ANTERIORES SOBRE IMPACTOS ECONÔMICOS DE MISSÕES ESPACIAIS	46
CAPÍTULO 3 - O PROGRAMA ESPACIAL INDIANO NO CONTEXTO DE 2019 A 2025	51
3.1 HISTÓRICO E INSTITUCIONALIDADE DA ISRO	51
3.2 MARCO TEMPORAL E POLÍTICO: DE CHANDRAYAAN-2 (2019) À CHANDRAYAAN-3 (2023).....	55
3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS DE C&T E APOIO AO SETOR ESPACIAL NA ÍNDIA	59
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS EFEITOS ECONÔMICOS DA MISSÃO CHANDRAYAAN-3	64
4.1 INVESTIMENTOS PÚBLICOS E PRIVADOS NO SETOR ESPACIAL INDIANO	64
4.2 ESTÍMULO À INOVAÇÃO E FORTALECIMENTO DO ECOSISTEMA AEROESPACIAL	72
4.2.1 Startups espaciais em crescimento	73
4.2.2 Incubadoras e polos universitários especializados	73
4.2.3 Relação entre Estado, startups e pesquisa	74
4.2.4 Universidades como coprodutoras de conhecimento tecnológico.....	76
4.2.5 Polos tecnológicos e redes regionais de inovação.....	76
4.2.6 Formação de recursos humanos e absorção de talentos	77
4.2.7 Desenvolvimento de novas soluções tecnológicas associadas à Chandrayaan-3	78
4.2.8 Geração de spin-offs e reaplicação civil das tecnologias	79
4.3 PROJEÇÃO INTERNACIONAL E DIPLOMACIA CIENTÍFICA.....	80
4.3.1 Repercussão imediata e capitalização diplomática	80
4.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS	84
CAPÍTULO 5 – DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O SETOR ESPACIAL INDIANO	88
5.1 PRINCIPAIS GARGALOS ENFRENTADOS DURANTE E APÓS A MISSÃO	88
5.1.1 Infraestrutura limitada e centralizada	88
5.1.2 Financiamento público restrito e fragmentado.....	89
5.1.3 Fragmentação institucional e sobreposição de competências	90
5.1.4 Regulação defasada para novos mercados e modelos de negócio.....	91
5.1.5 Escassez de mão de obra altamente qualificada	91

5.2 OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS PARA O FUTURO DO PROGRAMA ESPACIAL INDIANO	92
5.2.1 Índia como referência de modelo “frugal e soberano” para países em desenvolvimento	93
5.2.2 Acordos e iniciativas firmados no contexto da cooperação Sul-Sul	94
5.2.3 Benefícios recíprocos e posicionamento estratégico da Índia	95
5.2.4 Competitividade no mercado de lançamentos orbitais	96
5.2.5 Serviços orbitais e downstream space economy.....	97
5.2.6 Consolidação de um ambiente regulatório competitivo.....	98
5.2.7 Visão estratégica e políticas públicas de longo prazo.....	98
5.2.8 Fortalecimento de ecossistemas de inovação e apoio ao setor privado.....	99
5.2.9 Diplomacia científica e cooperação horizontal como ativos estratégicos	100
CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	102
6.1 SÍNTESE DOS OBJETIVOS, METODOLOGIA E HIPÓTESE.	102
6.2 PRINCIPAIS ACHADOS DA PESQUISA	103
6.2.1 Impactos Econômicos Diretos	103
6.2.2 Impactos Estruturais e Indiretos	104
6.2.3 Repercussões Internacionais.....	105
6.3 CONFIRMAÇÃO OU REFORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	105
6.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	107
6.4.1 Recorte Temporal e Dinâmica dos Efeitos	107
6.4.2 Acesso Desigual a Fontes de Dados Econômicos Consolidados	108
6.4.3 Dificuldades de Acesso a Fontes Primárias Institucionais.....	108
6.4.4 Generalização Limitada pelo Caráter de Estudo de Caso Único	109
6.5 RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	109
6.5.1 Recomendações para a Formulação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação	109
6.5.2 Recomendações para programas espaciais em países em desenvolvimento ...	110
6.5.3 Recomendações para organismos multilaterais e iniciativas de cooperação internacional	111
6.6 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	112
6.6.1 Estudos Quantitativos Longitudinais sobre Impactos Econômicos.....	112
6.6.2 Análises Comparadas entre Países Emergentes	112
6.6.3 Estudos sobre a Economia Downstream e Dados Orbitais	113
6.6.4 Investigações sobre Governança e Regulação Espacial	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115

REFERÊNCIAS118

APÊNDICE – ROTEIRO DE ENTREVISTAS138

INTRODUÇÃO

As atividades espaciais têm ganhado centralidade nos debates sobre desenvolvimento econômico, inovação tecnológica e soberania nacional no século XXI. Se antes os empreendimentos espaciais estavam restritos às superpotências ocidentais durante a Guerra Fria, hoje observa-se um processo de crescente democratização e diversificação dos atores envolvidos, com destaque para países emergentes que vêm construindo programas espaciais robustos e estratégicos. Nesse novo cenário, a Índia ocupa posição de destaque ao consolidar uma trajetória singular de avanços científicos, capacidade técnica autônoma e crescente inserção internacional por meio da atuação da Indian Space Research Organisation (ISRO) (JUNG; FÜHR, 2020).

Fundada em 1969, a ISRO representa um dos casos mais notáveis de consolidação de uma agência espacial nacional em um país do Sul Global¹.

Com uma abordagem voltada à eficiência de custos e ao desenvolvimento incremental de capacidades técnicas, a Índia tem lançado satélites, realizado missões interplanetárias e, mais recentemente, protagonizado uma das conquistas mais emblemáticas da história recente da exploração lunar: o pouso bem-sucedido da missão Chandrayaan-3, em agosto de 2023. O feito, inédito até então, posicionou a Índia como o primeiro país a atingir com sucesso o polo sul da Lua — uma região de interesse geoestratégico e científico por abrigar possíveis reservas de gelo e compostos voláteis (ALMEIDA, 2024).

Embora os aspectos tecnológicos da missão Chandrayaan-3 tenham recebido ampla cobertura internacional, menos atenção foi dada aos possíveis desdobramentos econômicos internos desse feito. Em países como a Índia, onde o setor espacial é percebido não apenas como um vetor de prestígio internacional, mas também como um instrumento de política industrial e inovação, missões bem-sucedidas como Chandrayaan-3 podem impactos relevantes significativos sobre a economia nacional — desde o fortalecimento do ecossistema de startups aeroespaciais até a ampliação da atratividade para investimentos privados e parcerias internacionais (DELGADO, 2024).

É justamente a partir dessa perspectiva que o objetivo geral desta pesquisa é investigar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano, com foco no

¹ O termo Sul Global designa um conjunto heterogêneo de países localizados majoritariamente na Ásia, África, América Latina e Oceania, que compartilham históricos de colonização, desigualdade sistêmica e inserção periférica na ordem econômica global. O conceito transcende critérios estritamente geográficos, referindo-se a uma condição político-estrutural comum de dependência tecnológica e busca por modelos autônomos de desenvolvimento (DADOS; CONNELL, 2012; MAWDSLEY, 2012).

período de 2019 a 2025 — marco que abrange os eventos preparatórios, a realização da missão e seus desdobramentos mais imediatos. A proposta insere-se em um campo ainda pouco explorado da literatura econômica e política: a análise das externalidades econômicas geradas por missões espaciais em contextos de desenvolvimento, especialmente quando conduzidas por países emergentes.

A economia espacial tem se consolidado como uma das mais dinâmicas fronteiras do desenvolvimento tecnológico global. Nesse contexto, o lançamento de missões espaciais bem-sucedidas não apenas simboliza avanços científicos, mas também representa oportunidades estratégicas para a geração de impactos econômicos duradouros, sobretudo em países que buscam posicionar-se como atores relevantes nesse ecossistema. Tais impactos incluem o fortalecimento de cadeias produtivas nacionais, a atração de investimentos diretos, o estímulo à inovação e a ampliação da cooperação internacional (WEINZIERL, 2018). No entanto, a mensuração desses efeitos, especialmente em países emergentes, permanece uma lacuna na literatura especializada.

A Índia, por meio da Indian Space Research Organisation (ISRO), tem protagonizado uma trajetória notável nesse cenário, aliando eficiência operacional a metas ambiciosas de autonomia tecnológica. Em 2023, a concretização da missão Chandrayaan-3 — com o pouso bem-sucedido de um módulo no inexplorado polo sul da Lua — posicionou o país como uma das principais potências espaciais em ascensão. Este feito inédito, no entanto, transcende o domínio técnico-científico: ele tem o potencial de atuar como catalisador de transformações econômicas em escala nacional, influenciando tanto o setor espacial quanto as políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação (VITERALE, 2025).

A relação entre grandes feitos espaciais e desenvolvimento econômico, embora intuitiva, ainda carece de estudos empíricos sistemáticos em países de perfil semelhante ao indiano. Parte desse desafio decorre da complexidade de se isolar variáveis econômicas que sejam diretamente influenciadas por missões específicas. Outra parte deriva da própria ausência de séries históricas consolidadas sobre o desempenho econômico do setor espacial em economias emergentes (OH, 2023). No caso da missão Chandrayaan-3, há indícios preliminares de estímulo ao empreendedorismo aeroespacial, ampliação de aportes privados e fortalecimento da imagem internacional da ISRO, mas tais impactos ainda não foram devidamente analisados sob um marco metodológico rigoroso e delimitado no tempo (THOMAS et al., 2024).

Considerando esse contexto, emerge o seguinte problema de pesquisa: quais foram os desdobramentos econômicos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano no período de 2019 a 2025?

Esta questão central orienta a presente investigação, que se propõe a mapear, interpretar e analisar os principais desdobramentos econômicos gerados ou acelerados pela missão, contribuindo para o avanço da literatura internacional sobre economia do espaço e oferecendo subsídios relevantes para a formulação de políticas públicas em ciência, tecnologia e inovação. A pesquisa parte da hipótese de que a missão gerou reflexos econômicos positivos expressivos, especialmente no que se refere ao aumento de investimentos, ao estímulo à inovação tecnológica e ao fortalecimento da presença da Índia no mercado global aeroespacial.

O espaço exterior tem se consolidado como uma das novas fronteiras estratégicas do desenvolvimento econômico, tecnológico e geopolítico global. A exploração do espaço, historicamente associada a objetivos militares ou de prestígio nacional durante a Guerra Fria. Atualmente, esse segmento assume papel central na dinâmica de inovação e crescimento econômico, especialmente em países que buscam projetar poder por meio da ciência e da tecnologia. Nesse novo contexto, as missões espaciais não tripuladas passaram a ser vistas não apenas como demonstrações de capacidade técnica, mas como instrumentos de política econômica, com potencial de induzir transformações estruturais nos setores industriais de alta complexidade e valor agregado (MOLTZ, 2019).

A missão Chandrayaan-3, realizada pela Indian Space Research Organisation (ISRO) em 2023, constitui um marco não apenas para a história da exploração lunar, mas também para o fortalecimento da Índia como potência emergente no campo da economia espacial. O pouso bem-sucedido no polo sul da Lua posicionou a ISRO como protagonista entre as agências espaciais do mundo, ao mesmo tempo em que provocou impactos internos ainda pouco explorados do ponto de vista analítico. Entre os impactos mais duradouros estão o estímulo à inovação tecnológica, o aumento do investimento público e privado no setor aeroespacial, a valorização das startups do segmento espacial e a intensificação das parcerias internacionais envolvendo o setor (THOMAS et al., 2024).

A relevância deste estudo emerge, portanto, da necessidade de compreender impactos e dinâmicas associadas sob uma ótica metodologicamente estruturada, preenchendo uma lacuna importante na literatura. Enquanto os estudos sobre a economia do espaço têm avançado em países centrais — como Estados Unidos, União Europeia e China —, ainda são incipientes investigações empíricas sobre os impactos econômicos de missões espaciais em países do Sul Global. Embora experiências como as da Índia, do Brasil e da África do Sul estejam inseridas em contextos institucionais distintos, a análise da trajetória indiana pode oferecer insumos analíticos úteis para refletir sobre outras realidades nacionais — desde que consideradas suas especificidades políticas, históricas e técnicas. Embora cada um desses países apresente

trajetórias espaciais e capacidades institucionais distintas, a análise da experiência indiana pode fornecer subsídios analíticos úteis para outras nações interessadas em utilizar seus programas espaciais como vetores de desenvolvimento, desde que respeitadas suas particularidades institucionais, históricas e técnicas.

No que tange à literatura internacional e às políticas públicas, a importância do tema torna-se ainda mais evidente diante do atual reposicionamento das economias emergentes na governança global da tecnologia. A missão Chandrayaan-3 não é um evento isolado: ela faz parte de uma estratégia contínua de investimento estatal e mobilização do setor privado, especialmente em áreas como engenharia de satélites, sensores remotos, telecomunicações e robótica. Compreender os impactos econômicos dessa missão contribui não apenas para o campo da economia espacial, mas também para a análise das políticas de fomento à inovação em países em desenvolvimento, permitindo uma avaliação mais realista das possibilidades e limitações envolvidas (VASANTHA, 2024).

A pesquisa também dialoga com os esforços da própria ISRO e de outras agências espaciais emergentes, que vêm buscando formas de demonstrar, com dados e evidências, o retorno social e econômico de seus programas espaciais (NEETHU, 2020).

Assim, ao investigar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano entre 2019 e 2025, este trabalho busca contribuir à literatura acadêmica, com relevância prática para gestores de políticas de inovação e desenvolvimento e pela oportunidade de aprendizado comparado para países que aspiram consolidar uma presença estratégica na nova economia espacial global.

CAPÍTULO 1 - METODOLOGIA

1.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A presente pesquisa adota uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória e caráter aplicado, em consonância com a tipologia metodológica proposta por autores como Gil (2010) e Yin (2005). A escolha desse enquadramento foi orientada pelo reconhecimento de que os impactos econômicos de uma missão espacial em país emergente — como a Índia — não se expressam exclusivamente por meio de variáveis mensuráveis, mas envolvem dinâmicas institucionais, tecnológicas, financeiras e geopolíticas que exigem análise contextual e interpretação crítica.

Três razões sustentam essa escolha metodológica. Em primeiro lugar, o objeto de estudo — os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 — insere-se em um campo ainda incipiente no plano teórico e empírico, especialmente no contexto do Sul Global. Em segundo lugar, os dados disponíveis sobre o setor espacial indiano apresentam limitações de padronização, temporalidade e transparência, o que inviabiliza a construção de modelos quantitativos robustos. Por fim, o foco da investigação recai sobre os processos e interações entre políticas públicas, inovações tecnológicas e dinâmicas econômicas — elementos que demandam um enfoque interpretativo, ancorado em análise de conteúdo, e não apenas em inferência estatística.

A perspectiva epistemológica que orienta este trabalho é a do realismo crítico, segundo a qual os fenômenos socioeconômicos são historicamente mediados e institucionalmente construídos, mas produzem efeitos concretos e observáveis na realidade material (BHASKAR, 1998; DANERMARK et al., 2002). Essa abordagem reconhece tanto a dimensão discursiva da política espacial quanto os dados objetivos que permitem avaliar seu impacto econômico (DANERMARK et al., 2002; SAYER, 2000). Trata-se de uma orientação alinhada à tradição da economia política internacional e das políticas públicas, que requerem múltiplos níveis de análise e estratégias metodológicas trianguladas (WEISS, 2005; HALL, 1993; MARSH; SMITH, 2000). A natureza exploratória da pesquisa decorre, ainda, da escassez de estudos empíricos sistematizados sobre os impactos econômicos de missões espaciais em países emergentes, em contraste com a literatura mais consolidada voltada aos Estados Unidos, Europa ou Japão. Nesse sentido, a investigação aqui desenvolvida busca não apenas compreender um caso específico, mas também contribuir para a construção de uma agenda latino-americana e sul-global de estudos sobre economia do espaço.

Por fim, o caráter aplicado da pesquisa expressa seu compromisso com a formulação de insumos analíticos relevantes para o desenho de políticas públicas. A sistematização dos impactos econômicos associados à missão Chandrayaan-3 — no período entre 2019 e 2025 — visa subsidiar estratégias de inovação, financiamento, diplomacia científica e regulação tecnológica, promovendo políticas de ciência e tecnologia mais integradas e orientadas ao desenvolvimento.

Essa abordagem metodológica será desdobrada nas seções subsequentes, com a exposição detalhada do estudo de caso adotado, das etapas de coleta e análise de dados e das estratégias de rigor metodológico empregadas.

1.2 ESTRATÉGIA DE PESQUISA: ESTUDO DE CASO ÚNICO

A estratégia metodológica adotada nesta dissertação é a do estudo de caso único, tendo como unidade empírica de análise a missão lunar indiana Chandrayaan-3, conduzida pela Indian Space Research Organisation (ISRO). A opção por essa estratégia segue os critérios estabelecidos por Yin (2005, 2015), sendo indicada para investigações de fenômenos contemporâneos em contextos complexos, cujos contornos entre objeto e ambiente não são rigidamente definidos. Trata-se de abordagem especialmente pertinente quando se busca compreender os mecanismos causais e contextuais que estruturam determinada realidade.

A escolha da missão Chandrayaan-3 como foco exclusivo da análise baseou-se em três dimensões centrais:

a) Relevância científica e econômica: o pouso bem-sucedido no polo sul da Lua, em 2023, representou um marco inédito na história da exploração lunar e consolidou a Índia como potência tecnológica emergente. A missão concentrou variáveis institucionais, tecnológicas e de mercado em uma operação de elevada complexidade, permitindo examinar com nitidez os nexos entre política espacial e impacto econômico (Thomas et al., 2024).

b) Singularidade e exemplaridade do caso: a Chandrayaan-3 constitui um caso típico revelador, conforme proposto por Flyvbjerg (2006), ou seja, uma ocorrência empírica com elevado potencial analítico para inferências teóricas em contextos similares. A combinação entre baixo custo relativo, autonomia tecnológica e coordenação estatal com o setor privado configura um modelo alternativo ao padrão tradicional das potências espaciais, tornando-o exemplar para o estudo de estratégias inovadoras em países do Sul Global.

c) Acessibilidade e riqueza de dados: a missão gerou um acervo documental robusto, composto por relatórios oficiais, literatura técnica e ampla cobertura na mídia especializada. Tal base permitiu o levantamento sistemático de dados secundários, complementados por

entrevistas com especialistas de diferentes países, reforçando a triangulação metodológica (Somanath, 2024).

Importa destacar que a adoção de um estudo de caso único não representa limitação metodológica, desde que sua seleção seja teórica e estrategicamente fundamentada. Segundo Yin (2005), casos únicos são apropriados quando representam ocorrências críticas, incomuns ou reveladoras — características plenamente verificáveis na missão Chandrayaan-3. A missão se destaca por ter atingido resultados expressivos com recursos financeiros limitados, em meio a um ambiente institucional e geopolítico desafiador (ISRO, 2024).

Neste trabalho, portanto, o objetivo não é a generalização estatística, mas a generalização analítica — a construção de inferências conceituais que, ainda que ancoradas em um único caso, podem orientar políticas e estratégias em contextos comparáveis. A experiência indiana oferece subsídios relevantes para países como Brasil, África do Sul ou México, que compartilham desafios e ambições semelhantes na construção de capacidades espaciais autônomas.

As seções seguintes detalharão a delimitação temporal e espacial da análise, bem como as etapas empíricas e os procedimentos metodológicos adotados ao longo da pesquisa.

1.3 DELIMITAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL

A definição dos recortes temporal e espacial desta pesquisa é essencial para assegurar a coerência analítica, a viabilidade metodológica e a aderência do estudo ao problema de pesquisa e à hipótese formulada (MARTINSUO; HUEMANN, 2021). A delimitação adotada baseia-se em critérios substantivos, derivados da trajetória da missão Chandrayaan-3, das transformações institucionais no setor espacial indiano e das principais janelas de impacto econômico detectável.

O recorte temporal compreende o período de 2019 a 2025, abrangendo tanto os eventos preparatórios da missão quanto seus desdobramentos imediatos. Três marcos justificam essa delimitação:

- 2019: ano do lançamento da Chandrayaan-2, que, embora tenha enfrentado falhas no pouso, estabeleceu os fundamentos tecnológicos, orçamentários e organizacionais da Chandrayaan-3. A partir deste ponto, inicia-se uma reconfiguração institucional significativa do setor espacial indiano, marcada por um aumento nos investimentos públicos e pela criação de instrumentos de incentivo ao setor privado (LOGSDON et al., 2020).

- 2023: realização bem-sucedida da Chandrayaan-3, com pouso no polo sul lunar, consolidando a Índia como a primeira nação a alcançar essa região. O sucesso da missão reforçou a projeção internacional da ISRO e gerou repercussões econômicas, políticas e simbólicas perceptíveis no ecossistema de inovação do país (HUSSAIN; SHAHZAD, 2023).
- 2025: marco superior do recorte temporal, escolhido por representar um horizonte razoável para a observação dos impactos econômicos pós-missão, como a evolução de investimentos, surgimento de startups, variações no orçamento da ISRO e estabelecimento de parcerias internacionais. Coincide, ainda, com o período final de coleta empírica previsto nesta dissertação.

Este intervalo de sete anos possibilita a articulação entre a análise de contexto, a avaliação de impactos e o estudo das transformações institucionais, sem comprometer a viabilidade da abordagem metodológica adotada.

No plano espacial, a análise centra-se no ecossistema espacial indiano, definido como o conjunto de instituições, políticas, empresas e redes de inovação articuladas em torno da ISRO e do Department of Space (DoS). Essa delimitação inclui as divisões operacionais e científicas da ISRO, órgãos governamentais estratégicos como o NITI Aayog e o IN-SPACe (Indian National Space Promotion and Authorization Center), startups como Skyroot Aerospace, Agnikul Cosmos, Pixxel e Dhruva Space — cuja atuação foi intensificada a partir de 2020 — além de universidades técnicas e centros de pesquisa ligados à ciência espacial e à inovação aeroespacial.

Complementarmente, o recorte abrange conexões internacionais diretamente relacionadas à missão, como organismos multilaterais (UNOOSA, BRICS, Secure World Foundation), agências parceiras (NASA, ESA, JAXA), think tanks e centros de política espacial (CSIS, Hudson Institute, Observer Research Foundation), a atuação da Indian Space Association (ISpA) como interface entre o setor público e o setor privado, e o papel do Ministério das Relações Exteriores e do Ministério da Eletrônica e Tecnologia da Informação (MeitY) na diplomacia espacial e em políticas digitais estratégicas.

Dessa forma, a delimitação espacial não se restringe ao território indiano, abrangendo as conexões internacionais que influenciam diretamente os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3. Tal abrangência é indispensável para a compreensão das dinâmicas internas e das externalidades diplomáticas e comerciais associadas à missão.

A partir dessas definições, estruturam-se as etapas empíricas da pesquisa e as fontes de dados utilizadas, conforme detalhado nas seções subsequentes.

1.4 ETAPAS DA PESQUISA

A condução deste estudo foi estruturada em seis etapas metodológicas principais, organizadas sequencialmente, mas com retornos iterativos sempre que necessário. Tal estrutura assegurou coesão entre objetivos, hipótese e procedimentos empíricos, ao mesmo tempo em que manteve a flexibilidade necessária para incorporar ajustes durante o desenvolvimento da investigação.

1.4.1 Revisão Bibliográfica Preliminar

A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão exploratória da literatura acadêmica e técnica, com o intuito de mapear o estado da arte sobre os seguintes eixos: economia do espaço e seus principais marcos conceituais; políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação para setores estratégicos; modelos de financiamento e institucionalidade de programas espaciais; e estudos de caso sobre os impactos econômicos de missões espaciais em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Esse levantamento permitiu identificar lacunas relevantes — em especial, a escassez de estudos empíricos aplicados à realidade de economias emergentes como a Índia — além de evidenciar a importância de abordagens interdisciplinares que articulem inovação tecnológica, economia política e relações internacionais. Com isso, a revisão fundamentou a formulação da hipótese, a delimitação do objeto empírico e a construção preliminar do quadro teórico-analítico.

1.4.2 Construção do Quadro Analítico e Categorical

A partir da literatura revisada, foi elaborado um quadro analítico estruturado em três eixos, alinhados aos objetivos específicos da dissertação: (i) políticas públicas e marco institucional, com destaque para a atuação da ISRO, do Department of Space, do NITI Aayog e do IN-SPACe; (ii) investimentos e inovação tecnológica, englobando orçamento, startups, infraestrutura e *spin-offs*; e (iii) inserção internacional e cooperação Sul-Sul, com foco em diplomacia científica, reputação internacional, contratos e alianças. Esses eixos guiaram tanto a coleta quanto a análise de dados, operando como matriz categorial para a codificação temática e a sistematização dos resultados.

1.4.3 Levantamento e Sistematização de Dados Documentais

Na terceira etapa, realizou-se a coleta de dados secundários e documentos oficiais provenientes de diversas fontes, incluindo repositórios institucionais da ISRO, IN-SPACe e do Department of Space; relatórios técnicos da Indian Space Association (ISpA), do NITI Aayog e de órgãos governamentais indianos; estudos elaborados por consultorias como Deloitte, EY e SpaceTech Analytics; bases acadêmicas como Scopus, Web of Science e SSRN; além de veículos de imprensa especializada, como The Hindu, The Economic Times e India Today. Esses materiais foram organizados por eixo temático e cronologia (2019–2025), formando uma base empírica robusta para a triangulação com os dados primários.

1.4.4 Planejamento e Realização de Entrevistas Semiestruturadas

A quarta etapa envolveu a obtenção de dados primários por meio de entrevistas semiestruturadas, direcionadas a especialistas em economia do espaço, gestores públicos, pesquisadores e estudantes vinculados ao setor aeroespacial. Os procedimentos metodológicos incluíram a elaboração de um roteiro orientado pelos objetivos da pesquisa, a identificação e o convite de participantes com perfil técnico e institucional relevante, a condução remota (ou presencial, quando possível) das entrevistas, mediante consentimento formal, e a posterior gravação, transcrição e organização dos dados. Adotou-se o critério de saturação teórica para o encerramento da coleta, conforme orienta Minayo (2007), garantindo densidade interpretativa e validade empírica.

1.4.5 Análise de Conteúdo e Interpretação dos Dados

A análise empírica foi realizada com base na técnica de Análise de Conteúdo Temática, conforme proposta por Bardin (2011), desenvolvida em três fases complementares: pré-análise e leitura flutuante das entrevistas e documentos; codificação por categorias temáticas alinhadas aos eixos analíticos definidos; e interpretação dos dados por meio da triangulação entre fontes secundárias e primárias, assegurando consistência nos achados.

1.4.6 Redação e Validação Analítica

A etapa final consistiu na sistematização dos resultados, na articulação destes com o referencial teórico e na validação lógica da estrutura argumentativa. Foram elaborados os capítulos empíricos com base nas categorias codificadas, seguidos de revisão crítica da

coerência entre hipóteses, dados e interpretações, além da verificação da integridade metodológica e da transparência na apresentação das análises. Essa trajetória metodológica foi concebida para garantir profundidade interpretativa, rigor científico e alinhamento com os padrões acadêmicos da Universidade de Brasília.

1.5 FONTES E TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados desta pesquisa foi estruturada com base na estratégia de triangulação metodológica, articulando fontes secundárias — documentais, estatísticas e técnicas — e fontes primárias, obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas. Tal abordagem, conforme sustentam Denzin (1978) e Flick (2009), confere maior validade e confiabilidade aos resultados, ao permitir a confrontação entre diferentes perspectivas, origens e tipos de evidência.

1.5.1 Fontes Secundárias

As fontes secundárias tiveram dois objetivos centrais: a reconstrução do contexto institucional, político e econômico do programa espacial indiano entre 2019 e 2025; e a identificação de padrões de variação nos investimentos, no ecossistema de inovação e nas estratégias de internacionalização associadas à missão Chandrayaan-3.

Foram mobilizados documentos institucionais e relatórios técnicos da ISRO, IN-SPACe e do Department of Space, incluindo relatórios anuais, boletins orçamentários e normativas setoriais, além de planos estratégicos e publicações temáticas do NITI Aayog sobre ciência, tecnologia e inovação. Também foram utilizados estudos setoriais de consultorias como Deloitte India, EY e SpaceTech Analytics, e relatórios da Indian Space Association (ISpA), com dados sobre capital privado, evolução do número de startups e parcerias internacionais.

A literatura acadêmica foi consultada por meio de bases como Scopus, Web of Science, Google Scholar e SSRN, priorizando trabalhos sobre economia espacial, diplomacia científica, inovação frugal e políticas públicas em economias emergentes. Complementarmente, foram consideradas matérias e reportagens técnicas de veículos como The Hindu, The Economic Times, India Today e LiveMint, voltadas à cobertura institucional do setor espacial. Por fim, foram analisadas bases estatísticas e painéis públicos, como documentos orçamentários do Ministério das Finanças da Índia, dashboards institucionais da ISRO e da IN-SPACe, bem como séries temporais sobre startups aeroespaciais e fluxos de investimento direto estrangeiro (FDI).

Todo esse material foi sistematizado em planilhas temáticas, classificadas por fonte, eixo analítico e período, constituindo uma base empírica sólida para a análise e para a triangulação com as entrevistas.

1.5.2 Fontes Primárias: entrevistas Semiestruturadas

A coleta de dados primários ocorreu por meio de entrevistas semiestruturadas, conforme propõem Kvale e Brinkmann (2009), especialmente recomendadas para pesquisas qualitativas com ênfase técnico-institucional. Essa etapa foi fundamental para captar percepções, interpretações e expectativas de atores estratégicos do setor espacial, tanto em nível doméstico quanto internacional.

A seleção dos participantes foi feita por amostragem intencional, buscando diversidade institucional e relevância temática. Foram entrevistados 5 especialistas distribuídos entre professores e pesquisadores nas áreas de economia espacial, políticas públicas e relações internacionais; profissionais vinculados a agências governamentais e institutos de pesquisa como o INPE e AEB; membros da comunidade técnico-científica dedicada à inovação aeroespacial; representantes de redes internacionais como o Space Generation Advisory Council (SGAC); e estudantes de Engenharia Aeroespacial envolvidos em projetos de cunho espacial.

As entrevistas foram conduzidas de forma remota — via plataformas como Zoom ou Google Meet — ou, em alguns casos, por escrito, por e-mail, respeitando a disponibilidade dos entrevistados. O roteiro foi estruturado com base nos três eixos centrais da pesquisa: políticas públicas e institucionalidade, inovação e investimentos, e inserção internacional com foco na diplomacia científica. Todos os entrevistados foram previamente informados sobre os objetivos da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

As entrevistas foram registradas com autorização formal, transcritas na íntegra e organizadas em um banco de dados qualitativo. Os conteúdos foram segmentados por eixo temático e codificados segundo a matriz categorial desenvolvida previamente na etapa analítica.

Algumas limitações foram enfrentadas, como barreiras institucionais para acesso a membros da alta direção da ISRO, imprevistos de agenda com pesquisadores internacionais e a necessidade de adaptação linguística e cultural. Esta última foi mitigada pela adoção de entrevistas em inglês técnico e pela priorização de especialistas com experiência em cooperação internacional. Apesar desses obstáculos, as entrevistas enriqueceram significativamente a análise, oferecendo subsídios originais que complementaram a base documental e reforçaram a triangulação metodológica.

1.6 TÉCNICAS DE TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

O tratamento dos dados coletados nesta pesquisa foi conduzido segundo uma abordagem qualitativa sistemática, fundamentada na técnica de Análise de Conteúdo Temática, conforme proposta por Bardin (2011). Essa técnica mostrou-se particularmente apropriada para os objetivos do estudo, uma vez que permite identificar tanto significados manifestos quanto latentes em diferentes tipos de fonte — incluindo documentos oficiais, transcrições de entrevistas e bases secundárias estruturadas.

A adoção da análise temática possibilitou o cruzamento de evidências oriundas de distintas origens, respeitando a lógica da triangulação metodológica defendida por Denzin (1978), e amplamente aplicada em investigações empíricas com ênfase interpretativa. A combinação dessas técnicas visou garantir não apenas maior robustez analítica, mas também confiabilidade e coerência na formulação das inferências e na construção da argumentação empírica.

O processo analítico desenvolveu-se em cinco etapas principais, descritas a seguir:

1.6.1 Pré-análise e Organização do Material

A primeira fase consistiu na leitura flutuante e exploratória do conjunto de dados brutos — abrangendo entrevistas, relatórios técnicos, documentos institucionais e artigos especializados — com o objetivo de familiarização com os conteúdos, identificação de regularidades, detecção de padrões preliminares e orientação da futura codificação. Em seguida, todo o material foi sistematicamente classificado segundo o tipo de fonte (primária ou secundária), a origem institucional (como ISRO, IN-SPACe, NITI Aayog, consultorias, universidades e imprensa), o recorte temporal (2019–2025) e o eixo analítico (institucionalidade, inovação/investimentos e inserção internacional). Essa organização viabilizou a construção de um banco temático estruturado, facilitando a segmentação, a codificação e a rastreabilidade dos trechos utilizados na análise.

1.6.2 Definição das Categorias Temáticas

A partir dos objetivos da pesquisa e do referencial teórico consolidado, foram definidas três macrocategorias analíticas, articuladas diretamente com os eixos investigativos centrais. A categoria Políticas públicas e institucionalidade incluiu marcos regulatórios, estruturas de governança, políticas estatais e a articulação entre ISRO, IN-SPACe, Department of Space e NITI Aayog. A categoria Investimentos e inovação tecnológica englobou dados sobre

orçamento público, estímulo à iniciativa privada, crescimento de startups e mecanismos de inovação frugal. Por fim, a categoria Inserção internacional e cooperação Sul-Sul abarcou tópicos como diplomacia científica, contratos pós-missão, reputação internacional da ISRO e parcerias estratégicas. Essas categorias serviram de base para a codificação temática e organizaram os achados de forma coerente com os objetivos específicos da dissertação.

1.6.3 Codificação Temática e Segmentação do Conteúdo

A codificação foi realizada manualmente, com suporte de planilhas analíticas elaboradas para este fim. Cada fragmento de texto foi identificado por fonte, tipo e data; associado à categoria temática correspondente; e classificado quanto ao nível de evidência — forte, moderada ou indiciária — a partir da clareza e da consistência das informações. As respostas das entrevistas foram segmentadas segundo os tópicos do roteiro, com os trechos relevantes agrupados tematicamente. Esse processo permitiu isolar padrões de convergência, dissonância e lacunas entre os diversos interlocutores e documentos examinados.

1.6.4 Triangulação e Integração dos Achados

Concluída a codificação, procedeu-se à triangulação dos dados, por meio da comparação horizontal entre diferentes fontes (entrevistas, documentos institucionais, literatura acadêmica), da validação cruzada dos achados com base em convergências e contradições, e da integração com a matriz teórica e os pressupostos da hipótese. Essa estratégia contribuiu para ampliar a densidade interpretativa das inferências e garantiu que as conclusões fossem embasadas em múltiplas evidências, e não em observações isoladas.

1.6.5 Síntese Analítica e Estruturação dos Resultados

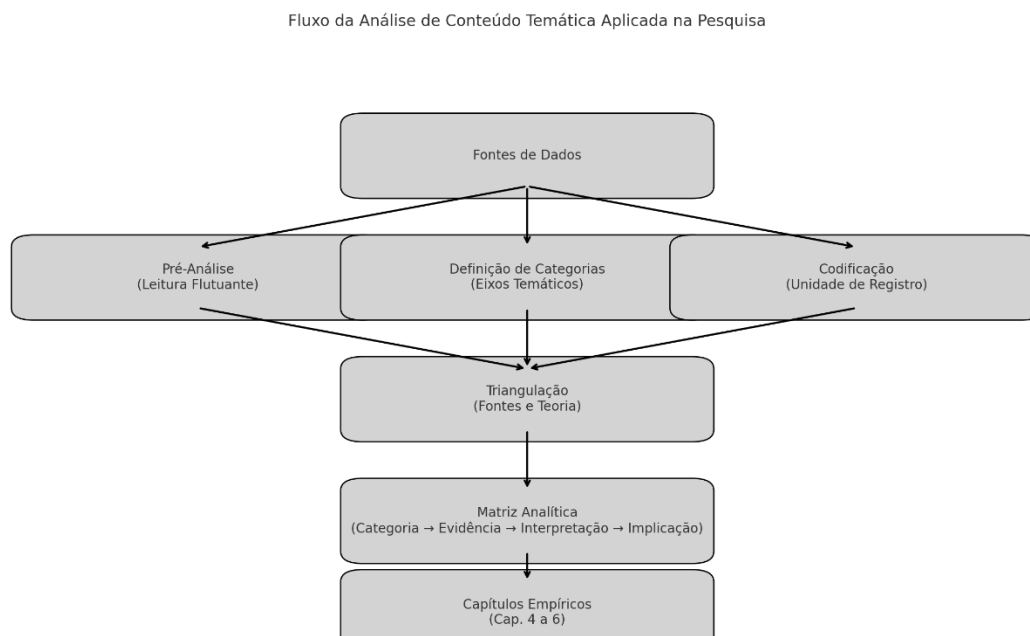
A etapa final do tratamento analítico consistiu na síntese estruturada dos achados empíricos, realizada por meio da técnica de Análise de Conteúdo Temática, conforme sistematizada por Bardin (2011). A aplicação dessa técnica foi conduzida a partir de um protocolo fechado que se desenvolveu em três fases principais: inicialmente, procedeu-se à leitura flutuante e à pré-análise dos materiais, com o objetivo de familiarização e identificação preliminar de elementos relevantes; em seguida, realizou-se a categorização temática, orientada pelos eixos analíticos definidos no desenho metodológico; por fim, efetuou-se a codificação manual e a segmentação das evidências, organizadas em planilhas estruturadas de modo a permitir uma análise mais sistemática e rigorosa.

No total, foram analisadas 38 fontes secundárias documentais e 5 entrevistas semiestruturadas transcritas, categorizadas por fonte, ano, eixo e unidade temática. As unidades de registro foram definidas como parágrafos ou trechos com sentido autônomo, conforme recomendação de Bardin (2011), e codificadas com base em uma matriz de três categorias principais: (1) institucionalidade e políticas públicas, (2) investimentos e inovação tecnológica, e (3) inserção internacional e diplomacia científica.

As evidências foram organizadas em uma tabela analítica com quatro colunas principais: Categoria → Evidência Empírica → Interpretação → Implicações Analíticas, permitindo conexão direta entre os dados brutos e as inferências formuladas. A codificação foi manual, com suporte de planilhas Excel, em razão do número limitado de entrevistas e da viabilidade de rastreamento qualitativo.

A análise foi concluída com a triangulação horizontal entre as fontes primárias e secundárias e com a matriz teórica previamente elaborada. Essa integração buscou reforçar a validade interna das interpretações e fundamentar a redação dos capítulos empíricos, os quais foram estruturados com base nos blocos analíticos consolidados durante esta etapa.

Figura 1 – Fluxo da análise de conteúdo temática adotada na pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

1.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE VALIDADE, CONFIABILIDADE E ÉTICA

A integridade metodológica de uma pesquisa científica requer atenção rigorosa a três dimensões centrais: validade analítica, confiabilidade metodológica e responsabilidade ética.

Ao longo desta investigação, foram adotadas estratégias sistemáticas com o objetivo de assegurar que os procedimentos metodológicos fossem compatíveis com os objetivos propostos, sustentados por fundamentos epistemológicos sólidos e em conformidade com os princípios da ética em pesquisa. Essas estratégias reforçaram a credibilidade dos resultados e a legitimidade da abordagem qualitativa adotada.

1.7.1 Validade Analítica

Neste contexto, a validade diz respeito à capacidade da metodologia aplicada de responder adequadamente à pergunta de pesquisa, sustentando inferências coerentes com base nos dados coletados. Para garantir essa dimensão, assegurou-se o alinhamento lógico entre os objetivos específicos, a hipótese investigativa, os eixos analíticos e as categorias temáticas utilizadas na análise. A unidade empírica foi delimitada de forma clara, com recorte temporal (2019–2025) e espacial (setor espacial indiano e suas conexões internacionais) definidos com base em critérios substantivos.

A triangulação metodológica — conforme proposto por Denzin (1978) e Yin (2005) — possibilitou a integração de fontes diversas, como documentos oficiais, literatura científica, entrevistas e dados estatísticos, ampliando a robustez interpretativa. A escolha do estudo de caso único se apoiou em uma justificativa teórica consistente, dada a relevância crítica e exemplaridade da missão Chandrayaan-3 no cenário espacial contemporâneo. A hipótese foi revista de maneira iterativa à luz dos achados empíricos, permitindo um contínuo ajuste entre teoria e evidência. Assim, a validade analítica foi reforçada por mecanismos permanentes de avaliação crítica da coerência interna da pesquisa.

1.7.2 Confiabilidade Metodológica

A confiabilidade, por sua vez, refere-se à possibilidade de reproduzir os procedimentos analíticos adotados, assegurando consistência e rastreabilidade dos resultados. Embora a natureza qualitativa da investigação impeça a replicação literal, adotaram-se medidas para garantir uma estrutura metodológica clara e transparente. Todo o percurso foi amplamente documentado, desde a definição das categorias analíticas até os critérios de codificação dos dados. Os roteiros de entrevista foram elaborados com base nos objetivos da pesquisa e nos três eixos estruturantes do modelo analítico.

O banco de dados construído foi sistematizado por temática e cronologia, permitindo o rastreamento das inferências até suas bases empíricas originais. Além disso, foram definidos

conceitos operacionais como “impacto econômico direto”, “inovação frugal” e “cooperação Sul-Sul”, de modo a preservar uniformidade na interpretação. A utilização de matrizes de evidência facilitou a relação direta entre os resultados analíticos e os dados verificados em fontes distintas, ampliando a confiabilidade dos achados.

1.7.3 Ética na Pesquisa Científica

Esta dissertação observou integralmente os princípios éticos estabelecidos para a pesquisa científica, conforme os protocolos da Universidade de Brasília e as diretrizes do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP). No tocante à coleta de dados primários, os participantes das entrevistas foram previamente informados sobre os objetivos do estudo, convidados a participar voluntariamente e, quando concordaram, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este documento garantia o uso exclusivo dos dados para fins acadêmicos, a preservação do anonimato, a confidencialidade das informações compartilhadas, o armazenamento seguro dos registros e a liberdade de recusa ou retirada da contribuição a qualquer momento.

Adicionalmente, houve atenção ao princípio do não-dano, evitando exposições indevidas e interpretações que pudessem distorcer o conteúdo fornecido pelos entrevistados. Quanto às fontes secundárias, utilizaram-se apenas documentos públicos ou acessíveis por meio de bases institucionais autorizadas (como CAPES, Scopus e Web of Science), respeitando as normas de citação acadêmica e as orientações da CAPES e do CNPq.

No plano ético-analítico, buscou-se evitar qualquer extrapolação indevida dos dados, mantendo-se os limites próprios da abordagem qualitativa e restringindo as conclusões às evidências efetivamente observadas. As inferências foram formuladas com base na convergência de dados e na aderência aos referenciais teóricos mobilizados ao longo da pesquisa.

1.8 VIABILIDADE DA PESQUISA

A viabilidade desta pesquisa foi assegurada por um conjunto de fatores interdependentes, que permitiram sua realização dentro dos limites de tempo, recursos e escopo estabelecidos pelo Mestrado Profissional em Economia da Universidade de Brasília. Tais fatores foram analisados em quatro dimensões principais: o acesso a fontes e dados relevantes, a realização de entrevistas com especialistas, a compatibilidade com o cronograma e os recursos disponíveis, e a pertinência institucional aliada à contribuição acadêmica.

1.8.1 Acesso às Fontes e aos Dados Relevantes

Desde as fases iniciais, constatou-se ampla disponibilidade de dados primários e secundários, tanto documentais quanto estatísticos, elemento essencial para a construção de uma base empírica sólida. Repositórios institucionais da ISRO e da IN-SPACe disponibilizaram relatórios anuais, planos estratégicos e informações detalhadas sobre missões e orçamento. Publicações do Department of Space e do NITI Aayog ofereceram diretrizes relevantes sobre ciência, tecnologia e inovação, enquanto estudos técnicos produzidos por organizações como Deloitte India, EY, SpaceTech Analytics e Indian Space Association (ISpA) forneceram dados atualizados sobre investimentos, startups e parcerias. Complementarmente, o acesso institucional a bases acadêmicas como Scopus, Web of Science, Google Scholar e SSRN viabilizou o levantamento bibliográfico. Fontes jornalísticas especializadas, com cobertura sistemática da missão Chandrayaan-3 e do setor aeroespacial indiano, também foram mobilizadas. A confiabilidade e a atualidade dessas fontes permitiram desenvolver uma análise empírica rigorosa sem depender de materiais sigilosos ou de difícil acesso.

1.8.2 Realização de Entrevistas com Especialistas

A realização das entrevistas foi viabilizada pelo uso de redes científicas e técnicas consolidadas, especialmente no contexto brasileiro. Contatos prévios com pesquisadores de instituições como o INPE, o MCTI e universidades federais — com histórico de cooperação com parceiros indianos — facilitaram o acesso a informantes-chave. A participação do pesquisador em seminários e eventos técnicos ampliou a rede de contatos, favorecendo o agendamento das entrevistas. O uso de plataformas remotas (Zoom e Google Meet) eliminou barreiras logísticas e de custo, permitindo a interlocução com especialistas localizados em diferentes países e fusos horários. A maioria dos convidados demonstrou interesse na temática, contribuindo com informações relevantes e interpretações institucionais de alto valor analítico. Ainda que algumas entrevistas tenham sido inviabilizadas por conflitos de agenda ou limitações diplomáticas, o volume de dados obtido foi suficiente para alcançar a saturação teórica e assegurar a triangulação com as demais fontes utilizadas.

1.8.3 Compatibilidade com o Tempo e os Recursos do Mestrado

A pesquisa foi concebida de modo a ser exequível dentro do período regulamentar de dois anos previsto no mestrado profissional. A delimitação clara do objeto de estudo — centrado em um único estudo de caso (Chandrayaan-3) — e o recorte temporal específico

(2019–2025) contribuíram para conter a dispersão de dados e assegurar foco analítico. A possibilidade de acesso remoto às principais fontes eliminou a necessidade de viagens institucionais ou investimentos adicionais em infraestrutura. Além disso, a utilização de ferramentas acessíveis de análise qualitativa, como planilhas e softwares de codificação textual de domínio público, permitiu a execução metodológica com eficiência e baixo custo. Assim, todos os procedimentos foram compatíveis com os recursos disponíveis, sem prejuízo à profundidade analítica da pesquisa.

1.8.4 Pertinência Institucional e Contribuição Acadêmica

Do ponto de vista institucional, a pesquisa apresentou plena aderência às diretrizes do Programa de Pós-Graduação em Economia da UnB. Trata-se de uma problemática atual e aplicada, voltada à análise de políticas públicas em ciência, tecnologia e inovação em um setor estratégico para países emergentes. A abordagem metodológica é sólida, fundamentada na tradição qualitativa e respaldada por referências internacionais reconhecidas. Ao investigar empiricamente a experiência indiana no setor espacial, com ênfase em seus impactos econômicos e implicações diplomáticas, o estudo oferece uma contribuição original ao campo da economia política da inovação. Dada a escassez de trabalhos sobre economia espacial em países do Sul Global — especialmente na literatura latino-americana —, este trabalho cumpre ainda uma função exploratória, ampliando os horizontes temáticos do debate acadêmico e oferecendo subsídios analíticos para a formulação de políticas públicas em contextos similares.

Em síntese, a viabilidade da pesquisa transcende sua exequibilidade técnica, estendendo-se à sua relevância institucional, pertinência estratégica e potencial de contribuição acadêmica. Esses atributos legitimam sua condução no âmbito de um mestrado profissional comprometido com excelência científica e aplicabilidade prática.

1.9 LIMITAÇÕES METODOLÓGICAS

Nenhuma pesquisa científica é isenta de limitações, e reconhecê-las representa um compromisso fundamental com a integridade acadêmica e a transparência analítica. A presente dissertação, ainda que buscando um desenho metodológico coerente com seus objetivos, enfrenta restrições inerentes à natureza qualitativa da abordagem adotada, à escolha de um estudo de caso único, à disponibilidade de dados e ao recorte temporal da investigação. Tais limitações não invalidam os resultados alcançados; pelo contrário, reforçam a importância de interpretá-los dentro dos limites empíricos e epistemológicos delineados ao longo do trabalho.

1.9.1 Limitações da Abordagem Qualitativa e da Generalização dos Achados

A opção por uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e orientada para aplicação prática, mostrou-se metodologicamente apropriada, sobretudo diante do objetivo de compreender os impactos econômicos de uma missão espacial em um país emergente. Contudo, essa abordagem impõe limites à generalização estatística dos resultados. As conclusões aqui apresentadas não pretendem ser universalizáveis nem aplicáveis a outros contextos nacionais ou missões espaciais distintas. Elas constituem generalizações analíticas, fundamentadas na singularidade do caso estudado e voltadas à formulação de hipóteses interpretativas, conforme sugerido por Yin (2005).

1.9.2 Foco em um Único Estudo de Caso

A concentração da análise na missão Chandrayaan-3 possibilitou um aprofundamento substancial do objeto empírico, mas implicou a renúncia a um modelo comparativo que envolvesse outras missões ou programas espaciais. Tal escolha foi deliberada, levando em conta a compatibilidade com o tempo e os recursos disponíveis, e buscando garantir densidade analítica e fundamentação teórica consistente. Embora o estudo de caso único limite a amplitude comparativa, sua seleção baseou-se em critérios de exemplaridade, relevância estratégica e oportunidade analítica, tornando-o adequado como referênciasele para outras experiências de países do Sul Global.

1.9.3 Limitações no Acesso a Dados Sigilosos ou Incompletos

Apesar da ampla disponibilidade de documentos da ISRO, IN-SPACe e do Department of Space, certas informações estratégicas permaneceram inacessíveis por estarem sob sigilo institucional. Dados sobre contratos com empresas privadas, estimativas detalhadas de retorno econômico e projeções internas de impacto não foram integralmente divulgados. Ademais, indicadores microeconômicos mais refinados — como produtividade setorial, exportações tecnológicas e métricas de inovação incremental — ainda são escassos, fragmentados ou despadronizados no contexto indiano. Essa limitação de acesso foi mitigada por meio da triangulação metodológica, com reforço da análise qualitativa para validar os achados disponíveis.

1.9.4 Dificuldades de Acesso a Determinadas Entrevistas e Fontes Primárias

A obtenção de depoimentos de determinados atores-chave enfrentou obstáculos logísticos e institucionais, como barreiras diplomáticas, restrições de agenda e limitações linguísticas. Especificamente, não foi possível entrevistar membros da alta gestão da ISRO nem representantes de algumas empresas privadas com atuação direta no setor espacial. Ainda assim, a relação de entrevistados alcançada foi suficiente para garantir diversidade de perspectivas — acadêmicas, técnicas, governamentais e internacionais — e atender aos critérios de saturação teórica estabelecidos por Flick (2009).

1.9.5 Limitação Temporal e Conjuntural da Pesquisa

O recorte temporal de 2019 a 2025 permitiu analisar os efeitos de curto prazo da missão Chandrayaan-3 com razoável profundidade. No entanto, efeitos estruturais de médio e longo prazo — como alterações nas cadeias produtivas, impactos regulatórios duradouros ou transformações na reputação internacional da ISRO — exigirão novas pesquisas com caráter longitudinal. Além disso, a instabilidade da conjuntura internacional, marcada por disputas geopolíticas, alterações nos fluxos de financiamento e reconfigurações institucionais, pode modificar os contextos que viabilizaram os impactos observados neste estudo.

O reconhecimento explícito das limitações enfrentadas não compromete a validade ou a utilidade desta dissertação. Ao contrário, evidencia o rigor metodológico e a prudência analítica aplicados à condução da pesquisa. As restrições aqui descritas refletem a complexidade do objeto empírico e reforçam a importância de abordagens metodológicas flexíveis, adaptadas às realidades dos países em desenvolvimento. O estudo da missão Chandrayaan-3 oferece, assim, uma contribuição relevante para a compreensão do papel estratégico das políticas espaciais no desenvolvimento econômico de nações emergentes. Mesmo com as limitações mencionadas, o trabalho fornece uma base empírica e analítica sólida, capaz de fomentar novos debates no campo das políticas de inovação e da economia política internacional do espaço.

CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A ECONOMIA DO ESPAÇO: CONCEITOS E ABORDAGENS TEÓRICAS

A economia espacial, ou *space economy*, é um campo emergente e multidimensional que abrange todas as atividades econômicas relacionadas direta ou indiretamente à exploração, utilização e comercialização do espaço exterior (PARAVANO; LOCATELLI; TRUCCO, 2022). Embora a presença humana no espaço remonte às décadas de 1950 e 1960, o conceito de economia espacial ganhou força principalmente no início do século XXI, impulsionado pela crescente participação do setor privado, pelo barateamento das tecnologias de acesso ao espaço e pelo surgimento de novos mercados orbitais. O termo não se restringe às atividades realizadas fora da Terra, mas inclui também os sistemas, processos e cadeias produtivas baseadas no solo que viabilizam, sustentam e se beneficiam das operações espaciais. Nesse sentido, a economia espacial compreende desde o desenvolvimento de foguetes e satélites até os segmentos de telecomunicação via satélite, observação da Terra, navegação por GPS, meteorologia, defesa, turismo espacial e mineração de asteroides (YOLUSEVER, 2023).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) foi uma das primeiras instituições a formalizar uma definição operacional de economia espacial, concebendo-a como "o conjunto de atividades e o uso de recursos que criam e oferecem valor e benefícios para os seres humanos em curso da exploração, compreensão, gestão e utilização do espaço" (OECD, 2014) (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2014). Essa definição enfatiza a ideia de que o espaço deve ser compreendido como um vetor de geração de valor, produtividade e inovação, capaz de gerar efeitos multiplicadores sobre diversos setores da economia terrestre. Da mesma forma, a União Europeia e agências como a ESA (European Space Agency) passaram a tratar o espaço não apenas como um domínio científico ou estratégico, mas como um ativo econômico transversal, com implicações diretas na competitividade e soberania tecnológica das nações (KOMMEL; PETER; PUIG-HALL, 2020).

A economia espacial distingue-se de abordagens tradicionais por seu alto grau de complexidade tecnológica, intensidade em capital e inovação disruptiva. Seu caráter dual — civil e militar — também amplia o escopo de análise econômica, exigindo a consideração simultânea de políticas públicas, investimentos privados, regulação internacional e governança multilateral. Nesse sentido, ela se insere no âmbito das chamadas economias de fronteira, isto é, setores cuja dinâmica de crescimento depende fortemente da ação coordenada entre governo, instituições científicas e agentes de mercado. Essa característica torna a economia espacial um

campo fértil para o estudo de temas como Estado empreendedor, missão tecnológica, clusters de inovação e segurança nacional (KARO; KATTEL, 2016).

É importante ressaltar que a economia espacial não é sinônimo de indústria aeroespacial. Embora estejam relacionadas, a primeira possui um escopo mais amplo. A indústria aeroespacial compreende os segmentos industriais que fabricam aeronaves, satélites, motores e sistemas espaciais, enquanto a economia espacial abrange os efeitos mais amplos de tais atividades, incluindo serviços orbitais, aplicações terrestres, regulação, pesquisa científica, impacto socioeconômico e comércio internacional. Assim, a economia espacial engloba não apenas o *upstream* (fabricação e lançamento de artefatos), mas também o *downstream* (serviços de aplicação, dados e infraestrutura digital derivados do espaço), ampliando substancialmente a cadeia de valor (UWAOMA; EBOIGBE; EYO-UDO, 2023).

Nos países emergentes, a compreensão da economia espacial como vetor de desenvolvimento sustentável é relativamente recente, mas estratégica. A democratização do acesso ao espaço, por meio de tecnologias mais acessíveis, como satélites de pequeno porte (CubeSats) e lançadores de menor custo, tem permitido que nações como Índia, Brasil e África do Sul construam políticas públicas voltadas à inserção soberana na economia do espaço. Esse movimento é impulsionado tanto por motivações geopolíticas quanto pela percepção do espaço como indutor de crescimento econômico, autonomia tecnológica e segurança nacional. No caso da Índia, essa percepção tem sido materializada por meio de programas robustos, como o da missão Chandrayaan-3, cuja análise econômica constitui o objeto central desta dissertação (RAJAGOPALAN; STROIKOS, 2024).

A compreensão das cadeias produtivas no setor espacial é fundamental para mapear os atores, os fluxos de valor e os vínculos entre diferentes segmentos industriais e tecnológicos que compõem a economia do espaço. Tais cadeias são compostas por um ecossistema complexo, altamente especializado e interdependente, que envolve desde a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias aeroespaciais até os serviços derivados da operação de ativos espaciais em órbita. Esse sistema, frequentemente dividido entre os segmentos *upstream*, *midstream* e *downstream*, não apenas organiza a lógica produtiva, mas também define o posicionamento estratégico dos países e empresas no mercado espacial global (TAN et al., 2022).

O segmento *upstream* refere-se à etapa inicial da cadeia, composta pelas atividades de concepção, projeto, desenvolvimento, fabricação e lançamento de veículos espaciais, satélites, sensores e cargas úteis. Trata-se de um segmento altamente intensivo em capital tecnológico e dependente de infraestrutura crítica, como centros de lançamento, laboratórios de integração e

sistemas de propulsão. As atividades *upstream* são, historicamente, controladas por grandes agências espaciais nacionais, como NASA (EUA), ESA (Europa), CNSA (China) e ISRO (Índia), embora nos últimos anos tenham surgido importantes atores privados, como SpaceX, Blue Origin e, no caso indiano, startups como Skyroot Aerospace e AgniKul Cosmos (BANERJEE, 2024).

O segmento *midstream*, por sua vez, compreende as atividades intermediárias relacionadas à operação de ativos espaciais em órbita, ao controle de missões e à transmissão de dados provenientes dos satélites. Envolve a gestão de constelações, a manutenção da infraestrutura em órbita (como estações espaciais e satélites geoestacionários) e a implementação de redes de comunicação e observação terrestre. É nesse elo da cadeia que se consolida a articulação entre tecnologia espacial e aplicação econômica, com a crescente importância de sistemas de telemetria, rastreamento e controle (TT&C), bem como o surgimento de plataformas digitais para acesso e uso de dados espaciais (MODENINI; RIPANI, 2023).

O segmento *downstream* concentra as aplicações finais dos dados e serviços espaciais para usuários civis, empresariais e governamentais. Inclui a oferta de serviços baseados em satélites, como comunicações (TV, internet banda larga, telefonia), observação da Terra (monitoramento climático, uso agrícola, segurança de fronteiras), navegação (GPS, GLONASS, Galileo) e aplicações emergentes como turismo espacial, mobilidade autônoma e mineração de recursos extraterrestres. Esse segmento é, atualmente, o que mais cresce em termos de volume de negócios e número de empresas envolvidas, sendo responsável por atrair grande parte do investimento privado e por consolidar a lógica de mercado dentro da economia espacial (BOUSEDRA, 2021).

A articulação entre os três segmentos não ocorre de forma linear ou estanque. Pelo contrário, a cadeia produtiva do setor espacial é marcada por fluxos circulares de informação, retroalimentação entre fases, dependência de tecnologias duais (civis e militares) e forte papel do Estado na coordenação dos agentes e na mitigação de falhas de mercado. Além disso, a emergência de modelos de negócio baseados em serviços (como o modelo “*satellite-as-a-service*”) e a intensificação da colaboração público-privada têm alterado substancialmente as fronteiras tradicionais entre os segmentos da cadeia, exigindo novas abordagens regulatórias, logísticas e econômicas (BOUSEDRA, 2023).

2.2 INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DESENVOLVIMENTO EM PAÍSES EMERGENTES

O avanço tecnológico é reconhecido como um dos principais motores do crescimento econômico sustentável e da elevação da competitividade internacional. No entanto, esse avanço não ocorre de forma espontânea ou uniforme entre os países: ele é fortemente condicionado pela existência de políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação bem estruturadas, capazes de coordenar esforços, mitigar riscos de mercado e direcionar recursos para setores considerados estratégicos. Em países emergentes, onde os sistemas nacionais de inovação ainda enfrentam assimetrias estruturais e escassez de recursos, o papel do Estado torna-se ainda mais central para impulsionar trajetórias de desenvolvimento tecnológico autônomas e sustentáveis (CIMOLI, 2014).

As políticas públicas de inovação em contextos emergentes frequentemente adotam a lógica das missões tecnológicas — isto é, projetos de grande escala voltados à solução de desafios específicos que mobilizam setores intensivos em conhecimento, com forte articulação entre governo, indústria e academia. O setor espacial é um exemplo paradigmático desse modelo, pois reúne características que justificam a atuação estatal: presença de incerteza tecnológica, externalidades positivas, alto custo de entrada e forte potencial de transbordamento para outras áreas da economia. Assim, o investimento público em missões espaciais pode ser compreendido como política industrial voltada à construção de soberania tecnológica e à promoção de inovação sistêmica (MAZZUCATO, 2013).

A literatura especializada destaca que, em diversos países, o Estado tem desempenhado o papel de “empreendedor institucional”, assumindo riscos, criando mercados e articulando capacidades nacionais em setores estratégicos de fronteira tecnológica. Essa atuação está em consonância com a abordagem do Estado empreendedor, conforme proposta por Mazzucato (2024), segundo a qual os avanços mais transformadores da história — como a internet, os satélites e as tecnologias espaciais — derivam de investimentos públicos visionários, coordenados por meio de políticas orientadas por missões. Nesse modelo, a política de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) não se limita à correção de falhas de mercado, mas organiza um ecossistema de inovação por meio de instrumentos como subvenções econômicas, compras governamentais, encomendas tecnológicas e parcerias público-privadas, conectando universidades, centros de pesquisa, agências estatais e empresas inovadoras.

Nos países emergentes, observa-se uma tendência crescente de integração entre políticas espaciais e estratégias de desenvolvimento econômico baseadas na inovação. Na Índia, por exemplo, o programa “Digital India” é frequentemente articulado com o setor espacial como vetor de inclusão digital e transformação industrial, especialmente por meio da iniciativa Make

in India e da política de abertura promovida pela agência IN-SPACe (NITI Aayog, 2021; OECD, 2020). No Brasil, o Programa Espacial Brasileiro passou a ser associado às políticas de inovação industrial com destaque nos Planos de Ação em CT&I e na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI), que visam reindustrialização e autonomia tecnológica em áreas estratégicas, como satélites e lançadores (MCTI, 2020; IPEA, 2021). Na África do Sul, o Departamento de Ciência e Inovação tem promovido o setor aeroespacial como pilar da política de inovação, conforme registrado na White Paper on Science, Technology and Innovation (DSI, 2019), articulando esforços com a SANSA (South African National Space Agency) para impulsionar capacitações industriais e inserção internacional no contexto da economia do espaço (OECD, 2021).

A inclusão do setor espacial como prioridade estratégica nas políticas de inovação tem se consolidado em diversos países emergentes, por meio de marcos legais, planos plurianuais e diretrizes de política industrial voltadas à soberania tecnológica. No Brasil, o Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável (2021–2030) estabelece o setor aeroespacial como área prioritária de investimento, visando desenvolver tecnologias críticas e aumentar a autonomia nacional (MCTI, 2021). Na Índia, relatórios da ISRO e do Department of Space mostram que o setor espacial é tratado como vetor transversal de desenvolvimento econômico e tecnológico, alinhado aos programas “Digital India” e “Make in India” (ISRO, 2023). Essas estratégias enfatizam a construção de capacidades tecnológicas domésticas em setores de alto valor agregado, como o espacial, com foco em eficiência, baixo custo e projeção internacional. Essa lógica está fortemente associada à ideia de desenvolvimento tecnológico como instrumento de soberania e competitividade (OECD, 2019).

As políticas públicas de inovação nos países emergentes vêm incorporando o setor espacial como uma das frentes estratégicas de transformação estrutural da economia. Em países como China, Índia, Brasil e Argentina, missões tecnológicas e investimentos em setores de fronteira são concebidos como instrumentos de reposicionamento internacional e construção de capacidades tecnológicas autônomas, orientados por planos nacionais e marcos institucionais de longo prazo. Essa articulação entre política industrial, ciência e inovação visa não apenas à geração de tecnologias de uso dual (civil e militar), mas também à reconfiguração produtiva e ao fortalecimento da soberania tecnológica (GRIGORIEV & PARSHINA, 2014; WOO, 2012; OECD, 2021).

No contexto das transformações recentes nas estratégias de desenvolvimento, as missões tecnológicas têm se consolidado como ferramentas centrais de política industrial, especialmente em setores intensivos em conhecimento. Essas missões são projetos coordenados e orientados

a objetivos específicos — como alcançar a Lua, desenvolver um lançador nacional ou criar constelações de satélites — que exigem mobilização de recursos públicos e privados, articulação interinstitucional e geração de inovação em múltiplos níveis. A natureza transversal das missões as torna particularmente eficazes para ativar cadeias produtivas complexas, desenvolver capacidades técnicas e reestruturar setores industriais com base na inovação, na produtividade e na sofisticação tecnológica (MAZZUCATO; WILLETTS, 2019).

A literatura contemporânea sobre políticas de inovação tem resgatado com vigor o conceito de políticas orientadas por missões (*mission-oriented innovation policies*), cujo desenvolvimento teórico tem sido amplamente impulsionado por Mariana Mazzucato. Essa abordagem defende que as missões vão além da geração de inovação incremental, atuando na estruturação de mercados, na coordenação de múltiplos atores e na transformação sistêmica de setores econômicos (MAZZUCATO ET AL., 2025; WIESER ET AL., 2025). Diferentemente das antigas políticas industriais voltadas à proteção de setores específicos por meio de subsídios ou tarifas, as políticas orientadas por missões propõem intervenções estatais estratégicas, capazes de alinhar investimentos públicos e privados na resolução de desafios sociais, ambientais e tecnológicos complexos (PENNA; MAZZUCATO; SANTOS, 2025). Essa abordagem também redefine o papel do Estado, que deixa de ser apenas um regulador ou financiador passivo para se tornar um agente proativo na construção de futuros desejáveis, promovendo riscos compartilhados e impacto coletivo (MAZZUCATO & SPANÓ, 2025; MAZZUCATO, 2024).

As missões espaciais constituem empreendimentos de altíssima complexidade, marcados por incertezas tecnológicas, horizontes de investimento de longo prazo e intensas exigências em infraestrutura, regulação e competências científicas avançadas (MAZZUCATO & ROBINSON, 2018; DEL CANTO VITERALE, 2025). Tais características fazem com que sua viabilização seja inviável em ambientes de mercado puramente concorrenciais, uma vez que os retornos são incertos e os riscos são sistêmicos e assimétricos (UYARRA, WANZENBÖCK & FLANAGAN, 2025). Por isso, o Estado exerce papel central nessas iniciativas, atuando por meio de agências especializadas como a NASA e a ESA, que coordenam a mobilização de recursos e competências no ecossistema de inovação espacial (Robinson & Mazzucato, 2019). Esse envolvimento governamental é fundamental não apenas para viabilizar as missões em si, mas também para garantir que os benefícios gerados — como spillovers tecnológicos e transformação de setores produtivos — se disseminem amplamente na economia (KATTEL & MAZZUCATO, 2018).

Além do impacto tecnológico direto, missões espaciais bem-sucedidas funcionam como sinais estratégicos para o mercado, indicando oportunidades de negócio, ativando redes de fornecedores e estimulando a entrada de novos atores no ecossistema de inovação. Como destacam Mazzucato e Robinson (2018), o engajamento em torno dessas missões é catalisado pela visibilidade e legitimidade que elas conferem, atraindo investimentos, fortalecendo a base industrial e incentivando colaborações com universidades e centros de pesquisa. Empresas que desenvolvem sensores, software de controle ou estruturas para sondas espaciais passam a ter acesso facilitado a contratos, financiamento e parcerias estratégicas, enquanto instituições acadêmicas são atraídas pela oportunidade de contribuir com projetos de alta complexidade científica e relevância internacional.

A adoção de modelos de inovação orientados por missões tem se mostrado particularmente estratégica para economias emergentes que buscam simultaneamente fortalecer suas capacidades tecnológicas e ganhar maior projeção geopolítica (LEE & MATHEWS, 2023; KATTEL ET AL., 2022). Ao integrar missões tecnológicas às suas estratégias industriais, esses países não apenas diversificam suas estruturas produtivas, como também promovem autonomias estratégicas em áreas críticas para o futuro, como energia, saúde e espaço (KATTEL & MAZZUCATO, 2018; ROBINSON & MAZZUCATO, 2019). Tal abordagem permite que o Estado atue como catalisador da transformação estrutural, fomentando ecossistemas de inovação capazes de reduzir a dependência externa e internalizar capacidades produtivas sofisticadas (ALTENBURG & LÜTKENHORST, 2015). A análise de experiências nacionais — como as da China, Índia, Brasil e África do Sul — revela que, quando bem desenhadas, as missões podem alinhar objetivos industriais, sociais e ambientais, criando políticas públicas robustas e replicáveis em diversos contextos do Sul Global (LEE & MATHEWS, 2023; SAMA OKUONZI ET AL., 2025).

2.3 ATORES, MODELOS INSTITUCIONAIS E FINANCIAMENTO EM PROGRAMAS ESPACIAIS

A governança dos programas espaciais está intrinsecamente associada à complexa articulação entre Estado, agências espaciais e setor privado, formando um arranjo institucional que evolui conforme os contextos de desenvolvimento, tradição científica e estratégias nacionais. Como mostram Zancan et al. (2024), a configuração clássica da “Legacy Space” — marcada por forte centralização estatal, financiamento público e objetivos geopolíticos — vem sendo gradualmente substituída por modelos mais policêntricos, nos quais as parcerias público-privadas ganham protagonismo. Esse movimento, intensificado a partir da década de 1990, inaugura uma nova fase da economia espacial, a New Space Economy, em que a governança é

compartilhada, a inovação é descentralizada e os atores privados atuam como co-protagonistas do processo decisório e tecnológico.

O Estado continua exercendo papel fundamental como indutor de inovação e coordenador de esforços tecnológicos em setores de alto risco, como o espacial. Em países com tradição consolidada no setor, como Estados Unidos, China, França e Rússia, o Estado atua tanto por meio de agências espaciais especializadas — como NASA, CNSA, CNES e Roscosmos — quanto por mecanismos de financiamento, regulação e contratação. Essas agências são responsáveis por definir prioridades estratégicas, desenvolver capacidades científicas e manter a infraestrutura crítica necessária à realização de missões. A lógica que sustenta essa atuação repousa no fato de que o setor espacial demanda grandes volumes de investimento inicial, longo horizonte de maturação e benefícios públicos amplos, justificando sua gestão por entes estatais (KOMMEL et al., 2020).

Nos países emergentes, a presença do Estado é ainda mais determinante, pois é ele quem estrutura o sistema nacional de inovação, define prioridades tecnológicas e cria os primeiros mercados para produtos e serviços espaciais. A atuação estatal compensa a ausência de capital de risco doméstico, protege empresas nascente de competição internacional assimétrica e garante a autonomia estratégica em setores considerados sensíveis. No entanto, ao contrário dos modelos excessivamente centralizados do século XX, observa-se um movimento de reconfiguração institucional, com maior participação de empresas privadas, universidades e organizações autônomas. Essa abertura ocorre por meio de políticas de fomento, editais de subvenção, parcerias público-privadas, concessões de infraestrutura e programas de compras governamentais inovadoras (SCERRI; LASTRES, 2020).

O setor privado, por sua vez, tem ampliado seu protagonismo tanto no desenvolvimento de tecnologias quanto na oferta de serviços baseados em ativos espaciais. Empresas como SpaceX, Blue Origin, OneWeb e Starlink exemplificam essa transição nos países desenvolvidos, enquanto nações como Índia e Brasil têm experimentado o surgimento de startups e pequenas empresas altamente especializadas, que atuam na fabricação de componentes, no desenvolvimento de softwares de navegação, em sistemas de controle e no fornecimento de serviços de dados orbitais. Em ambientes regulatórios favoráveis, o setor privado tende a assumir funções anteriormente exclusivas do Estado, contribuindo para a descentralização da inovação, o aumento da eficiência e a ampliação do escopo de aplicações comerciais do espaço (UNDSETH; JOLLY, 2022).

A crescente adoção de arranjos institucionais flexíveis, que articulam liderança estatal, regulação estratégica e participação privada, tem sido determinante para o surgimento de

ecossistemas espaciais mais dinâmicos e orientados à inovação, especialmente em economias emergentes (ROBINSON & MAZZUCATO, 2018; UNDSETH, JOLLY & OLIVARI, 2021). Instrumentos como fundos setoriais, subvenções à inovação e programas de incubação tecnológica têm sido amplamente utilizados para reduzir barreiras à entrada de novos atores, promover cooperação interinstitucional e estimular a formação de ambientes colaborativos entre governo, setor privado e academia (ZUÑIGA ET AL., 2021; LAMINE ET AL., 2021). Essa transição institucional reflete uma mudança de paradigma na governança do setor espacial, com foco crescente em eficiência, inovação aberta e integração internacional — impulsionando não apenas mercados, mas também capacidades endógenas estratégicas (CAMPOS-BLÁZQUEZ ET AL., 2024; MEDETOV, 2025).

O financiamento do setor espacial é um dos pilares centrais para a consolidação de programas estratégicos, sendo especialmente relevante em países emergentes, onde a concorrência por recursos orçamentários é intensa e os retornos de longo prazo precisam ser bem justificados perante a sociedade e os formuladores de política pública. Diferentemente de setores tradicionais da economia, a indústria espacial exige modelos de financiamento híbridos, que combinem investimento público direto, incentivos fiscais, contratos de risco compartilhado e mecanismos de alavancagem para atrair capital privado. A forma como esses recursos são mobilizados, alocados e gerenciados interfere diretamente na sustentabilidade econômica e institucional das missões espaciais, e, portanto, constitui uma variável crítica para a análise dos seus impactos (MUKHERJEE; JAIN, 2021).

Nos últimos anos, algumas economias emergentes vêm avançando na criação de mecanismos híbridos de financiamento da inovação espacial, combinando elementos públicos e privados em estratégias cada vez mais sofisticadas. Experiências recentes indicam o uso crescente de fundos de capital semente, parcerias com universidades e atração de investimento estrangeiro por meio de serviços orbitais como o rastreamento e comunicação via satélite (RAUSSER et al., 2023; UNDSETH, JOLLY e OLIVARI, 2021). Ainda que muitas dessas iniciativas estejam em fase inicial de consolidação, elas representam uma inflexão importante rumo à sustentabilidade financeira de longo prazo, conectando a política espacial às dinâmicas de mercado e ao empreendedorismo tecnológico (JONES, 2018; KOMMEL et al., 2020). Além disso, os casos da Índia, Emirados Árabes Unidos e África do Sul mostram que a diversificação das fontes de financiamento pode acelerar o desenvolvimento de capacidades autônomas e aumentar o protagonismo desses países na economia espacial global (ROMAN-GONZALEZ et al., 2025; PETRESCU, 2024).

Por fim, o financiamento externo, viabilizado por meio de acordos bilaterais e multilaterais, tem se consolidado como um mecanismo estratégico de suporte a programas espaciais em países emergentes. Parcerias com agências como a NASA, ESA e CNSA, bem como contratos internacionais de lançamento de satélites, têm contribuído significativamente para gerar receitas, fomentar a cooperação internacional e facilitar processos de transferência de tecnologia (ZHAO, 2016; SADEH, 2002). Essas parcerias são particularmente relevantes para nações que almejam posicionar-se como atores globais no setor espacial, ao mesmo tempo em que fortalecem sua base tecnológica doméstica (LELE e YEPES, 2013; WOOD e WEIGEL, 2011). O fortalecimento institucional dessas capacidades será aprofundado nos capítulos empíricos desta dissertação.

2.4 ESTUDOS ANTERIORES SOBRE IMPACTOS ECONÔMICOS DE MISSÕES ESPACIAIS

A análise dos impactos econômicos gerados por missões espaciais tem se intensificado nas últimas décadas, à medida que governos e instituições de pesquisa passaram a demandar avaliações mais precisas sobre os retornos sociais, industriais e geopolíticos dos investimentos em atividades espaciais. Embora ainda existam lacunas metodológicas e escassez de dados homogêneos entre os países, algumas experiências internacionais — notadamente nos Estados Unidos, China e União Europeia — oferecem subsídios empíricos e referenciais conceituais importantes.

Por exemplo, o estudo de Highfill e MacDonald (2022) aplica modelos input-output para mensurar o impacto da NASA sobre o PIB e o emprego nos EUA, enquanto Koopmans et al. (2014) propõem uma metodologia para avaliar os efeitos econômicos e sociais dos investimentos públicos no setor espacial europeu. Essas evidências são particularmente relevantes para esta dissertação, pois permitem construir parâmetros comparativos e identificar boas práticas que podem informar a análise do caso indiano.

Nos Estados Unidos, a National Aeronautics and Space Administration (NASA) tem sido pioneira não apenas na execução de missões tecnológicas de grande escala, mas também na construção de modelos sistemáticos de avaliação econômica. Estimativas oficiais produzidas pelo Office of the Chief Economist da NASA indicam que o retorno econômico agregado de seus programas pode alcançar, em alguns casos, entre US\$ 7 e US\$ 10 para cada dólar investido, considerando tanto os efeitos diretos sobre a indústria quanto os efeitos de transbordamento sobre setores como telecomunicações, saúde, transportes e segurança (Macauley, 2004; Highfill & MacDonald, 2022). Um dos exemplos mais citados é o do Mars Exploration Program, que avaliou o impacto dos investimentos federais na cadeia de fornecedores de alta tecnologia, na

geração de empregos qualificados e na produção de patentes em áreas como robótica e sistemas de propulsão.

Outro exemplo notório é o do programa Space Shuttle, cujo impacto foi avaliado por meio de indicadores econômicos, tecnológicos e institucionais, demonstrando a ampliação significativa da base industrial aeroespacial nos Estados Unidos durante sua vigência. Essa iniciativa foi fundamental para consolidar cadeias produtivas nacionais e fomentar o surgimento de novos atores no ecossistema espacial. Em paralelo, a emergência de empresas como a SpaceX, que se beneficiaram diretamente de tecnologias e contratos oriundos de programas públicos como o COTS (Commercial Orbital Transportation Services), ilustra o papel estratégico do Estado na criação de mercados tecnológicos avançados (Mazzucato & Robinson, 2018). Esse processo é caracterizado por Mariana Mazzucato (2013) como uma expressão do “Estado empreendedor”, que atua não apenas como financiador, mas como agente modelador de missões e indutor de inovação. Tais experiências têm servido de referência para países emergentes, como a Índia, que buscam estruturar ecossistemas de inovação autossustentáveis a partir de missões tecnológicas emblemáticas, como a Chandrayaan-3.

Na China, os impactos econômicos dos programas espaciais também têm sido objeto de análises crescentes, sobretudo no contexto do ambicioso plano nacional conhecido como China’s Space Dream. A China National Space Administration (CNSA) tem articulado grandes missões com objetivos de política industrial, como o Chang’e Program, voltado à exploração lunar e à conquista da autossuficiência tecnológica em setores espaciais críticos. Estudos desenvolvidos pela Chinese Academy of Sciences indicam que, além do impacto direto sobre o Produto Interno Bruto (PIB) do setor espacial, há correlação significativa entre os ciclos de investimento nas missões lunares e o crescimento de setores industriais estratégicos, como microeletrônica, sensores ópticos, inteligência artificial e engenharia de sistemas embarcados (JIANLAN, 2019).

O modelo chinês também é notável pelo uso de instrumentos de coordenação intersetorial, como os Planos Quinquenais e a política de fusão civil-militar (CMF), que permitem canalizar os resultados das missões espaciais para múltiplos segmentos industriais, inclusive civis. Essa abordagem demonstra que o impacto das missões espaciais não se restringe aos setores de lançamento ou satélites, mas se estende a áreas com elevado potencial de inovação e exportação. Conforme observado por Nouwens e Legarda (2018), essa estratégia tem permitido à China integrar as tecnologias desenvolvidas em suas missões espaciais à base industrial nacional, promovendo avanços em inteligência artificial, sensores, robótica e microeletrônica. Ainda que os dados sobre custos e retornos nem sempre sejam plenamente

transparentes, o OECD Space Forum destaca a China como um dos países que mais converteu investimentos espaciais em ganhos industriais e diplomáticos ao longo das últimas duas décadas (OECD, 2020).

Na União Europeia, a experiência com a missão Copernicus — voltada à observação da Terra — representa um dos casos mais documentados de avaliação de impacto econômico. Segundo relatório conjunto da European Commission e da ESA, o programa gerou benefícios socioeconômicos estimados em € 67 bilhões entre 2016 e 2020, resultado da criação de empregos, do fortalecimento do setor de dados geoespaciais e dos efeitos indiretos sobre setores como agricultura, gestão ambiental e logística. A avaliação destaca não apenas os efeitos econômicos diretos, mas também ganhos não monetários relevantes, como resiliência estatal, capacidade preditiva e segurança alimentar, aspectos fundamentais na justificativa de políticas públicas espaciais (Florio et al., 2021).

Um elemento comum às experiências internacionais analisadas é o reconhecimento de que as missões espaciais operam como catalisadores de externalidades econômicas positivas, cujos efeitos transcendem os limites imediatos do setor aeroespacial. Como demonstram Terzi e Nicoli (2024), tais missões funcionam como plataformas de mobilização tecnológica, gerando inovações de uso dual que se difundem por diversos setores da economia, estimulam o empreendedorismo inovador e aumentam a inserção de países em cadeias produtivas intensivas em conhecimento. Da mesma forma, Molinari (2024) sustenta que a economia espacial, ao fomentar capital humano altamente qualificado e dinamizar setores tecnológicos adjacentes, reconfigura o tecido econômico nacional e amplia a competitividade sistêmica. Assim, o que está em jogo não é apenas o custo-benefício técnico de cada missão, mas sua capacidade de induzir transformações estruturais sustentáveis.

No caso desta dissertação, que se debruça sobre os efeitos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano entre 2019 e 2025, essas experiências internacionais fornecem parâmetros comparativos e metodológicos para estruturar a análise. Ainda que o contexto institucional da Índia seja distinto, os princípios que orientam a avaliação econômica de missões espaciais — geração de inovação, estímulo a investimentos, fortalecimento da base industrial e ampliação da reputação internacional — são amplamente compartilhados. A comparação crítica com essas evidências será retomada no capítulo empírico, de modo a qualificar os achados e fortalecer o argumento de que a Chandrayaan-3 produziu impactos relevantes, mensuráveis e replicáveis.

Apesar dos avanços nas avaliações econômicas de programas espaciais em países desenvolvidos, ainda é perceptível a escassez de estudos sistemáticos voltados para os impactos

econômicos das missões espaciais em economias emergentes. Essa lacuna decorre de múltiplos fatores, como a baixa institucionalização de práticas de mensuração de impacto, a ausência de séries históricas consolidadas sobre o desempenho econômico do setor espacial, as dificuldades metodológicas para isolar variáveis relevantes em contextos de forte intervenção estatal e, sobretudo, a predominância de abordagens técnico-operacionais que subestimam as dimensões econômicas e institucionais das missões (AHANI; DADASHPOOR, 2025).

Em países como Brasil, Índia, África do Sul, Argentina e Nigéria — todos com programas espaciais em diferentes estágios de maturidade —, a produção acadêmica e institucional tende a concentrar-se nos aspectos tecnocientíficos, logísticos e estratégicos das missões espaciais. Quando a análise econômica é realizada, ela se limita, em geral, ao reporte do volume de investimento público, sem abordar adequadamente os efeitos multiplicadores, os impactos sobre inovação, o estímulo ao setor privado ou a projeção internacional da capacidade tecnológica nacional. Esse viés técnico-científico, embora relevante, impede a construção de um referencial mais robusto para que os programas espaciais sejam compreendidos e avaliados como instrumentos legítimos de política econômica e industrial (MATOS, 2024).

Outra lacuna importante diz respeito à inexistência de metodologias padronizadas de avaliação de impacto em contextos do Sul Global. Ao contrário do que ocorre em países-membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), onde há métricas consolidadas para estimar retorno sobre investimento, geração de empregos e efeitos de encadeamento, as economias emergentes operam com fragilidade estatística e escassez de dados desagregados. Mesmo quando há dados orçamentários disponíveis — como no caso da Índia com o orçamento da ISRO —, falta transparência quanto à distribuição por programas, ao grau de participação privada ou à performance de iniciativas conjuntas. Essa limitação empírica compromete tanto a avaliação técnica quanto a accountability das políticas espaciais (VALLEJO; WEHN, 2016).

Além disso, observa-se pouca articulação entre os estudos espaciais e a literatura de desenvolvimento econômico. Em muitos países emergentes, a política espacial é tratada como um subsistema técnico, isolado das estratégias nacionais de transformação produtiva, reindustrialização ou inserção internacional. Com isso, perde-se a oportunidade de explorar o espaço como plataforma de convergência intersetorial — capaz de dinamizar a indústria nacional, induzir a digitalização da economia, formar capital humano qualificado e atrair investimentos de risco. Essa desconexão entre política espacial e política de desenvolvimento representa um hiato teórico e prático que precisa ser superado para que os países do Sul Global

possam utilizar plenamente o espaço como vetor de modernização econômica (HARDING, 2012).

No caso indiano, ainda que existam relatórios técnicos da ISRO e análises setoriais do NITI Aayog, não há avaliações abrangentes e integradas sobre os efeitos econômicos das grandes missões. A missão Chandrayaan-3, em particular, carece de estudos acadêmicos que investiguem de forma metodológica os seus desdobramentos econômicos — tanto do ponto de vista direto (investimento, contratos, startups, emprego) quanto indireto (inovação tecnológica, projeção internacional, influência geoeconômica) (SINGH et al., 2024). Essa ausência de sistematização justifica a pertinência e a originalidade da presente dissertação, que se propõe a preencher justamente esse vazio analítico.

CAPÍTULO 3 - O PROGRAMA ESPACIAL INDIANO NO CONTEXTO DE 2019 A 2025

3.1 HISTÓRICO E INSTITUCIONALIDADE DA ISRO

A construção institucional da Indian Space Research Organisation (ISRO) representa um dos casos mais bem-sucedidos de formação incremental de capacidades estatais em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) no Sul Global. Fundada oficialmente em 1969, a ISRO emergiu de uma visão estratégica impulsionada pelo físico e engenheiro Vikram Sarabhai, considerado o pai do programa espacial indiano (RAJAGOPALAN, 2023). Em um país recém-independente, marcado por profundas desigualdades socioeconômicas e escassez de recursos industriais, Sarabhai articulou um argumento pioneiro: o de que o espaço não deveria ser privilégio das grandes potências, mas uma ferramenta para o desenvolvimento social, a superação da pobreza e a modernização tecnológica da Índia (SARABHAI, 1974; SIDDIQI, 2010).

Desde então, a ISRO operou sob uma lógica de autonomia tecnológica progressiva, baseada na internalização de competências críticas, no investimento público contínuo e na centralização da gestão em torno do Department of Space (DoS) — órgão diretamente vinculado ao Primeiro-Ministro indiano (MURTHI; GOPALAKRISHNAN, 2024). Tal arranjo institucional assegurou não apenas prioridade política às missões espaciais, mas também agilidade decisória, estabilidade orçamentária e articulação interministerial em temas como defesa, agricultura, educação e meteorologia. Essa estrutura permanece até os dias atuais como uma das marcas distintivas da governança espacial indiana.

Ao longo de cinco décadas, a ISRO passou por três fases institucionais distintas. A primeira, entre 1969 e o início dos anos 1980, foi marcada pela fase fundacional, centrada na construção de infraestrutura básica, como o centro de lançamentos de Sriharikota (SHAR), e no lançamento de foguetes suborbitais de sondagem. Nessa etapa, a Índia firmou acordos de cooperação com agências estrangeiras — notadamente com os Estados Unidos e a União Soviética —, mas sem comprometer sua estratégia de autonomia tecnológica (ALIBERTI, 2018). A segunda fase, iniciada nos anos 1980, corresponde à consolidação de capacidades autóctones em satélites, lançadores e sistemas de controle, com a criação das famílias de lançadores SLV, ASLV e, posteriormente, PSLV e GSLV, consolidando a entrada da Índia no seleto grupo de países com capacidade orbital independente (ALIBERTI, 2018). A terceira fase, que tem início nos anos 2000 e se acentua a partir de 2010, é caracterizada pela transição da ISRO para uma agência de dimensão internacional, voltada à prestação de serviços comerciais, à exploração interplanetária e à abertura regulada ao setor privado.

Entre os elementos centrais da arquitetura institucional da ISRO destaca-se o seu modelo de integração vertical, em que o próprio Estado é responsável por grande parte das etapas da cadeia espacial: desde o projeto e construção de satélites e veículos lançadores, até o lançamento, controle em órbita e distribuição de dados. Essa característica assegura à agência controle tecnológico estratégico, reduzindo dependências externas e permitindo a adaptação contínua de seus projetos a contextos orçamentários e geopolíticos variáveis (MOLTZ et al., 2020). No entanto, nos últimos anos, esse modelo tem passado por transformações importantes, com a criação de agências complementares e descentralização de atividades não-essenciais.

A mais relevante dessas transformações é a criação, em 2020, da IN-SPACe (Indian National Space Promotion and Authorization Center), uma agência reguladora autônoma vinculada ao Department of Space, com a missão de autorizar, supervisionar e promover a participação do setor privado nas atividades espaciais indianas. Segundo Giri (2021), o surgimento da IN-SPACe representa uma mudança de paradigma institucional: embora a ISRO continue como órgão técnico e executor de missões de alto risco, ela passa a atuar em conjunto com o setor privado, compartilhando infraestrutura, conhecimento e, em alguns casos, responsabilidades operacionais. Essa nova lógica de governança marca a transição da Índia de um modelo estatal fechado para um modelo de inovação colaborativa, com o Estado como coordenador sistêmico.

Essa transformação institucional também se reflete na criação de ambientes de inovação ligados à ISRO, como o Space Technology Incubation Centre (S-TIC), vinculado a universidades estratégicas, e iniciativas como o Space Enterprise Encouragement and Development (SEED), voltadas ao fomento de startups espaciais (GIRI, 2023). Essas políticas integram uma estratégia nacional mais ampla de estímulo à inovação — ancorada em programas como “Startup India”, “Make in India” e “Digital India” — e demonstram como a ISRO tem se adaptado às novas exigências de governança no século XXI, combinando estabilidade institucional com flexibilidade estratégica.

No plano jurídico-normativo, destaca-se ainda o esforço recente de codificação da política espacial indiana. Em 2023, o governo lançou um novo marco regulatório para o setor espacial, com diretrizes claras sobre propriedade intelectual, compartilhamento de dados, lançamento de satélites privados e parcerias internacionais (GIRI, 2024). Esse marco consolida a posição da ISRO como entidade executora de referência, mas reconhece e institucionaliza o papel do setor privado como agente complementar de desenvolvimento tecnológico. O objetivo explícito é construir um ecossistema espacial vibrante e economicamente sustentável, com sinergias entre missão institucional e lógica de mercado.

Finalmente, é importante observar que o fortalecimento institucional da ISRO não pode ser dissociado de seu papel como instrumento de projeção internacional da Índia. A agência tem operado não apenas como um órgão científico, mas como vetor da diplomacia científica e tecnológica indiana, firmando acordos com mais de 40 países e ampliando significativamente sua atuação no mercado internacional de lançamentos — especialmente de pequenos satélites para países em desenvolvimento. A missão Chandrayaan-3, ao posicionar a Índia como o primeiro país a pousar com sucesso no polo sul da Lua, consolidou essa estratégia de inserção internacional, fortalecendo o “soft power” indiano e gerando reputação institucional e ativos simbólicos valiosos (RAJAGOPALAN; STROIKOS, 2024), com implicações econômicas e diplomáticas ainda em curso.

Em síntese, a trajetória institucional da ISRO constitui um exemplo robusto de como uma agência pública pode, ao longo do tempo, acumular competências técnicas, consolidar influência política e adquirir relevância econômica, mesmo operando em um ambiente marcado por restrições orçamentárias. A atuação da organização evidencia a convergência de três dimensões analíticas fundamentais para esta pesquisa: (i) a política pública voltada à inovação; (ii) o desenvolvimento institucional de capacidades estratégicas; e (iii) a mobilização do setor espacial como plataforma de crescimento econômico e de inserção internacional. A compreensão dessa estrutura é essencial para a correta interpretação dos impactos econômicos gerados pela missão Chandrayaan-3, a qual se revela, como se demonstrará nos capítulos seguintes, não apenas uma realização científica de grande porte, mas também o resultado direto de uma política de longo prazo, fundamentada em uma governança estatal eficaz e orientada por um projeto nacional de desenvolvimento tecnológico soberano.

A relação entre a Indian Space Research Organisation (ISRO) e o Department of Space (DoS) configura um arranjo institucional singular no panorama internacional, cuja principal característica é a integração vertical e direta com o alto escalão do governo central da Índia. Desde a sua criação em 1972, o DoS tem sido responsável pela formulação, coordenação e execução da política espacial indiana, funcionando como elo entre o governo federal e os órgãos técnicos executores (PRASAD, 2017). A ISRO, como principal braço operacional do DoS, atua sob sua supervisão direta, o que garante elevada coerência estratégica, agilidade na tomada de decisões e alinhamento com os objetivos nacionais de desenvolvimento e soberania tecnológica.

O DoS está diretamente subordinado ao Primeiro-Ministro da Índia, o que confere ao setor espacial um status político privilegiado (RAJAGOPALAN; MOHAN; KRISHNA, 2020). Essa posição institucional reflete a centralidade do programa espacial no projeto de Estado

indiano, considerado um dos pilares da estratégia de desenvolvimento tecnológico e projeção geopolítica do país. Diferentemente de outros ministérios técnicos — como o de Ciência e Tecnologia ou o de Indústria —, o DoS opera com orçamento próprio, autoridade regulatória específica e forte capacidade de articulação interministerial, sobretudo com os Ministérios da Defesa, das Relações Exteriores, das Finanças e das Telecomunicações.

Essa configuração organizacional permite que o DoS atue não apenas como um financiador e regulador, mas como estrategista de longo prazo, responsável pela definição de missões prioritárias, estruturação do ecossistema espacial e coordenação de políticas públicas associadas. Por meio de planos estratégicos quinquenais e relatórios apresentados ao Parlamento, o DoS detalha metas, indicadores e diretrizes para o setor, com foco em áreas como observação da Terra, navegação por satélite, comunicação espacial, meteorologia, pesquisa interplanetária e aplicações civis de uso dual (RAJAGOPALAN; MOHAN; KRISHNA, 2020). A missão Chandrayaan-3, por exemplo, foi deliberadamente priorizada pelo DoS como marco simbólico e técnico da capacidade autônoma indiana, recebendo financiamento dedicado e articulação entre múltiplas agências.

As interações entre o DoS e a ISRO ocorrem por meio de canais formais e informais, sendo institucionalizadas em estruturas como o Space Commission, órgão deliberativo composto por membros do governo, da ISRO, da comunidade científica e de representantes da indústria. Essa comissão é responsável por aprovar grandes projetos, revisar o andamento das missões e sugerir modificações nos marcos regulatórios (GOVINDU; KUMAR, 2023). Na prática, esse mecanismo funciona como um fórum de planejamento estratégico colaborativo, no qual decisões técnicas e políticas são tomadas de forma integrada, com base em projeções de impacto nacional.

Outro aspecto relevante dessa interação é a interdependência entre o DoS e o aparato diplomático indiano, especialmente no que diz respeito à assinatura de acordos internacionais e ao posicionamento da Índia em fóruns multilaterais como a COPUOS (Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior). O DoS atua em parceria com o Ministério das Relações Exteriores para alinhar as iniciativas espaciais com os interesses geoeconômicos e de política externa do país (RAMANATHAN, 2024), assegurando que missões como a Chandrayaan-3 não apenas cumpram objetivos científicos, mas também reforcem a presença da Índia na governança global do espaço.

Cabe ainda destacar a atuação do DoS como autoridade normativa e promotora de regulação moderna para o setor espacial. Em 2023, sob coordenação direta do Department of Space, foi aprovada a nova Política Espacial da Índia, que regula o lançamento de satélites

privados, o licenciamento de empresas, o acesso a dados orbitais e a propriedade intelectual de tecnologias desenvolvidas no setor. Essa regulação reflete a maturidade institucional da interação entre governo e ISRO, ao mesmo tempo em que abre espaço para novos atores sob supervisão estatal (POREL; SINGH, 2025).

Em termos de impacto econômico, a sinergia entre o DoS e a ISRO permite uma alocação eficiente de recursos públicos, com racionalização de despesas, priorização de projetos com maior potencial de retorno e fortalecimento de cadeias produtivas internas. Essa relação tem sido fundamental para o crescimento do ecossistema de inovação espacial indiano, inclusive no estímulo a startups e na internalização de etapas da cadeia de valor anteriormente dependentes de importações (DESHPANDE; PALIT; HAZRA, 2024).

Por fim, deve-se reconhecer que a interação entre o Department of Space e o governo indiano transcende a dimensão administrativa: ela é expressão de uma vontade política contínua de utilizar o espaço como vetor de transformação estrutural, fortalecendo o protagonismo indiano em ciência e tecnologia (RAJAGOPALAN; STROIKOS, 2024). No caso da missão Chandrayaan-3, essa interação resultou em uma coordenação exemplar entre financiamento público, governança técnica e diplomacia científica — elementos cuja convergência explica, em grande parte, o sucesso e os impactos do projeto, tanto no plano econômico quanto no simbólico.

3.2 MARCO TEMPORAL E POLÍTICO: DE CHANDRAYAAN-2 (2019) À CHANDRAYAAN-3 (2023)

O ciclo que compreende as missões Chandrayaan-2 (2019) e Chandrayaan-3 (2023) constitui um marco fundamental no projeto espacial indiano, tanto por seu significado tecnológico quanto por seu simbolismo político-econômico. Esse período revela não apenas a capacidade da Índia de desenvolver projetos interplanetários de forma autônoma, mas também a sua disposição estratégica de posicionar o setor espacial como alavanca de prestígio, inovação e desenvolvimento econômico. Compreender a transição de uma missão parcial e tecnicamente frustrada (Chandrayaan-2) para uma missão bem-sucedida e de repercussão internacional (Chandrayaan-3) exige uma análise atenta do contexto institucional, financeiro e político que moldou essas iniciativas entre 2019 e 2025.

A Chandrayaan-2, lançada em julho de 2019, foi concebida como a segunda missão indiana à Lua, sucedendo à bem-sucedida missão Chandrayaan-1 (2008), responsável por confirmar a presença de moléculas de água no solo lunar. Composta por um orbitador, um módulo de pouso (Vikram) e um rover (Pragyan) (SARKAR; MANI, 2020), a missão representou um avanço significativo na ambição indiana de consolidar sua presença na

exploração lunar. A Chandrayaan-2 foi planejada para realizar um pouso suave no polo sul da Lua — uma região até então inexplorada por outras potências espaciais. Embora o orbitador tenha alcançado sucesso pleno e continue em operação até hoje, a falha no pouso do módulo Vikram na fase final da descida representou um revés técnico importante e expôs fragilidades no sistema de navegação e controle autônomo da ISRO (MANE, 2023).

Contudo, o que poderia ter sido um fracasso institucional foi rapidamente transformado em uma oportunidade de fortalecimento institucional e político. A resposta do governo indiano à falha da Chandrayaan-2 foi imediata: o Primeiro-Ministro Narendra Modi declarou publicamente apoio incondicional à equipe da ISRO, reforçando a narrativa de resiliência e soberania tecnológica. Em um gesto raro, Modi compareceu pessoalmente ao centro de controle da missão e, em seu discurso à nação, afirmou que a "coragem científica" da ISRO era um ativo nacional que deveria ser protegido e valorizado. Essa atitude não apenas blindou a agência de pressões políticas, mas renovou o compromisso institucional do Estado indiano com o projeto lunar, dando origem à missão Chandrayaan-3 (LOGSDON; MOLTZ; POLLPETER, 2020).

Do ponto de vista orçamentário, o ciclo 2019–2023 foi caracterizado por uma priorização clara da missão Chandrayaan-3 no interior das alocações do Department of Space (DoS). Segundo dados oficiais, cerca de ₹615 crore (aproximadamente US\$ 75 milhões) foram destinados exclusivamente à missão (INDIA, 2023) — valor significativamente inferior ao de programas similares conduzidos por outras potências espaciais. Essa eficiência orçamentária tornou-se parte da narrativa nacional e internacional em torno da ISRO, consolidando sua imagem como uma agência de alto desempenho com baixo custo, uma referência entre países emergentes.

O desenvolvimento da Chandrayaan-3, iniciado formalmente em 2020, foi beneficiado por três fatores convergentes: o aprendizado técnico obtido com a falha do módulo Vikram; a ampliação da base industrial aeroespacial indiana, favorecida pelas reformas pró-inovação iniciadas pelo governo Modi; e o fortalecimento institucional da ISRO por meio de agências como a IN-SPACe e do ambiente regulatório cada vez mais amigável à participação do setor privado (INDIA, 2023).

Esses fatores permitiram que a Chandrayaan-3 fosse planejada de forma mais enxuta e realista: ao contrário da missão anterior, ela consistiu apenas em um módulo de pouso (também chamado Vikram, em homenagem ao fundador da ISRO) e um rover (Pragyan), sem componente orbital — o que reduziu a complexidade da missão e concentrou os esforços na correção dos problemas detectados anteriormente. A missão foi lançada em 14 de julho de 2023, a bordo de um foguete LVM-3, e realizou um pouso bem-sucedido no polo sul da Lua em 23

de agosto de 2023, tornando a Índia o primeiro país do mundo a alcançar essa região lunar com sucesso (INDIA, 2023).

O sucesso da Chandrayaan-3 teve efeitos imediatos em três níveis: político, institucional e econômico. No plano político, reforçou o discurso nacionalista e desenvolvimentista do governo indiano, especialmente em um contexto de pré-eleições nacionais. Em termos institucionais, consolidou a ISRO como uma das poucas agências com capacidade interplanetária autônoma, estimulando novas missões, como o Gaganyaan (de voo tripulado) e a missão Aditya-L1 (de observação solar) (INDIA, 2023). No plano econômico, produziu externalidades reputacionais que beneficiaram startups do setor espacial, impulsionaram a atração de investimentos externos e ampliaram a projeção da Índia como prestadora de serviços orbitais a países em desenvolvimento (INDIA, 2023).

A transição de Chandrayaan-2 para Chandrayaan-3, portanto, não foi apenas um avanço técnico, mas uma virada institucional e simbólica que revelou a capacidade do Estado indiano de aprender, reorganizar recursos e renovar seu compromisso com o espaço como instrumento de desenvolvimento. Essa trajetória, que será aprofundada nos capítulos empíricos desta dissertação, é fundamental para compreender os impactos econômicos reais da missão Chandrayaan-3 entre 2019 e 2025, especialmente no que diz respeito à dinamização do ecossistema aeroespacial, à ampliação da base produtiva tecnológica e à construção de reputação internacional como ativo econômico (INDIA, 2023a; INDIA, 2023).

O sucesso da missão Chandrayaan-3 não pode ser analisado de forma descolada da trajetória institucional e tecnológica contínua da política espacial indiana, cuidadosamente cultivada ao longo de décadas. A missão é o resultado de um processo acumulativo, baseado em investimentos persistentes, coordenação intersetorial e fortalecimento de capacidades nacionais em ciência e tecnologia. Nesse sentido, a Chandrayaan-3 não inaugura uma nova fase do programa espacial indiano, mas representa a consolidação de uma estratégia de longo prazo, cuja origem remonta à criação da ISRO e à decisão do Estado indiano de tratar o espaço como vetor estratégico de desenvolvimento nacional (INDIA, 2023a; INDIA, 2023b).

A política espacial indiana tem sido marcada por uma lógica de incrementalismo tecnológico planejado, em que cada missão incorpora aprendizados técnicos, amplia a complexidade dos objetivos e reforça a infraestrutura existente. Esse modelo difere dos saltos tecnológicos típicos de países com maior margem orçamentária e busca, ao contrário, maximizar o retorno de cada investimento, reduzindo riscos e fortalecendo a autonomia local (INDIA, 2023a; INDIA, 2023b). O desenvolvimento dos lançadores indianos — do SLV ao PSLV, depois ao GSLV e finalmente ao LVM-3 — é exemplar dessa progressão, culminando

na capacidade atual de realizar missões interplanetárias e missões lunares complexas com tecnologia majoritariamente nacional.

A continuidade estratégica é garantida por três mecanismos institucionais centrais: a vinculação direta do setor espacial ao Primeiro-Ministro da Índia, que assegura estabilidade política e prioridade orçamentária mesmo em contextos adversos, e a existência de um Departamento de Espaço autônomo e tecnicamente orientado, com capacidade de planejamento de longo prazo (INDIA, 2023); e a atuação coordenada de órgãos como o NITI Aayog, que alinha o programa espacial aos objetivos nacionais de desenvolvimento, como inclusão digital, agricultura de precisão, defesa nacional e projeção internacional (INDIA, 2018).

Do ponto de vista tecnológico, a missão Chandrayaan-3 revela avanços significativos em áreas críticas da engenharia aeroespacial indiana. O módulo de pouso Vikram e o rover Pragyan, redesenhados após a falha da missão anterior, incorporaram inovações nos sistemas de navegação autônoma, propulsão controlada, gerenciamento térmico e resistência estrutural (INDIA, 2024). Essas melhorias foram desenvolvidas inteiramente dentro do ecossistema indiano de inovação, envolvendo institutos públicos de pesquisa, universidades e empresas especializadas, o que demonstra a maturidade técnica do país e o fortalecimento de sua base industrial nacional.

Um ponto central nesse avanço é o desenvolvimento da capacidade de pouso suave em regiões lunares de difícil acesso, como o polo sul, que possui topografia irregular, baixa iluminação e alta variabilidade térmica (INDIA, 2023). A superação desses desafios reforça a competência da ISRO em operar missões de alta complexidade técnica, comparável às maiores potências espaciais. Além disso, os dados transmitidos pelo rover Pragyan são utilizados não apenas para fins científicos, mas também para experimentações tecnológicas em comunicação remota, inteligência embarcada e integração de sensores de múltiplas finalidades — tecnologias de uso dual com aplicações no setor civil e de defesa (INDIA, 2023).

Outro aspecto do avanço tecnológico é o crescente uso da inteligência artificial e do aprendizado de máquina nos sistemas de controle e na interpretação de dados orbitais (INDIA, 2023). A missão Chandrayaan-3 operou com softwares mais avançados do que suas antecessoras, muitos dos quais desenvolvidos em colaboração com universidades técnicas indianas. Essa cooperação institucional não apenas amplia a base de conhecimento do país, como também fortalece os vínculos entre ciência acadêmica, inovação aplicada e política industrial — alinhando-se às diretrizes do programa “Digital India” e à visão estratégica do governo de posicionar o país como hub global de inovação em alta tecnologia (INDIA, 2023).

Além dos aspectos técnicos, a continuidade estratégica da política espacial indiana é visível no próprio pipeline de missões planejadas para o período posterior à Chandrayaan-3. A ISRO já trabalha no projeto Chandrayaan-4, focado em coleta automatizada de amostras lunares, e em missões com foco solar (como a Aditya-L1), além da esperada missão tripulada Gaganyaan (INDIA, 2023). Todas essas iniciativas indicam que a missão de 2023 foi um elo dentro de uma cadeia coerente de inovação, e não um evento isolado. Esse padrão de continuidade é particularmente notável em países emergentes, onde mudanças de governo frequentemente implicam descontinuidade de políticas públicas — algo que a Índia tem conseguido mitigar no setor espacial (INDIA, 2023).

Em suma, o período compreendido entre 2019 e 2023, que conecta a Chandrayaan-2 à Chandrayaan-3, é marcado por estabilidade estratégica, aprendizagem institucional e avanço tecnológico mensurável (INDIA, 2023). Esses elementos reforçam a hipótese central desta dissertação: a missão Chandrayaan-3 foi produziu efeitos imediatos e impactos econômicos de longo prazo não por acaso, mas porque foi concebida dentro de um ambiente institucional maduro, respaldado por políticas públicas coerentes, investimentos sustentáveis e um ecossistema de inovação em ascensão. A missão foi, simultaneamente, resultado e motor de uma estratégia nacional que vê o espaço como uma fronteira econômica, e não apenas científica (INDIA, 2023).

3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS DE C&T E APOIO AO SETOR ESPACIAL NA ÍNDIA

A governança das políticas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) na Índia passou por transformações significativas nas últimas décadas, sobretudo a partir da criação do NITI Aayog (National Institution for Transforming India), em 2015. Como principal órgão de planejamento estratégico do governo indiano — substituto da antiga Planning Commission —, o NITI Aayog tem desempenhado papel central na formulação de diretrizes plurianuais para o desenvolvimento científico-tecnológico, incluindo a coordenação de prioridades de longo prazo, o estímulo à inovação e a articulação entre diferentes esferas de governo e setores econômicos (INDIA, 2018). Seu papel no fortalecimento do ecossistema espacial, especialmente no ciclo que antecede e sucede a missão Chandrayaan-3, tem sido tanto técnico quanto político (INDIA, 2023).

O NITI Aayog não executa diretamente programas de pesquisa, mas atua como instância estratégica de formulação de políticas e de aconselhamento do Primeiro-Ministro, com base em evidências empíricas, diagnósticos econômicos e recomendações de especialistas setoriais (INDIA, 2017). No campo de CT&I, o órgão exerce função análoga à de um think tank estatal,

produzindo relatórios técnicos, promovendo fóruns de alto nível e propondo políticas integradas que conectam ciência básica, desenvolvimento tecnológico e aplicações comerciais. A atuação do NITI Aayog tem sido especialmente importante na consolidação da visão de que o espaço é um ativo econômico e geopolítico, e não apenas um domínio de interesse científico (INDIA, 2022).

Uma das principais contribuições do NITI Aayog à política espacial foi a definição da exploração espacial como eixo estratégico no India@75, plano de metas lançado para o 75º aniversário da independência indiana (em 2022), no qual se estabelecem diretrizes para colocar a Índia entre os líderes globais em tecnologia de ponta (INDIA, 2018). O documento propõe ações coordenadas para transformar o país em hub internacional de satélites, lançamentos e aplicações espaciais, priorizando a autonomia em setores críticos e a criação de mecanismos de fomento à iniciativa privada. A missão Chandrayaan-3 foi incluída nesse marco como uma das entregas simbólicas da estratégia nacional, reforçando seu caráter transversal e sua vinculação a objetivos estruturais de Estado (INDIA, 2023).

Outro aspecto relevante da atuação do NITI Aayog foi o incentivo à criação de ambientes regulatórios e institucionais propícios à inovação aberta. O órgão foi um dos articuladores da proposta de criação da IN-SPACe (Indian National Space Promotion and Authorization Center), agência reguladora voltada à liberalização parcial do setor espacial indiano (INDIA, 2020). A lógica defendida pelo NITI Aayog é que o Estado deve continuar coordenando os esforços de base científica e as missões estratégicas, como a Chandrayaan-3, mas abrir espaço para que empresas, startups e universidades compartilhem infraestrutura, know-how e riscos — modelo inspirado em práticas híbridas observadas em países como EUA e Israel (INDIA, 2020).

Além disso, o NITI Aayog foi responsável por integrar a política espacial ao conjunto de outras estratégias nacionais, como: o programa “Digital India”, que usa satélites para levar conectividade a regiões remotas; o “Startup India”, que fomenta empresas emergentes no setor aeroespacial; e o “Make in India”, que busca ampliar a produção nacional de equipamentos de alta tecnologia (INDIA, 2018); bem como o “Atmanirbhar Bharat” (Índia Autossuficiente), iniciativa lançada após a pandemia para promover soberania produtiva e reduzir dependência de cadeias internacionais (INDIA, 2020).

Todos esses programas têm interseções com o setor espacial, seja por meio da infraestrutura de comunicação e sensoriamento remoto, seja pela indústria nacional de componentes, ou ainda pelo uso estratégico dos dados espaciais em logística, agricultura, defesa e cidades inteligentes (INDIA, 2018). O NITI Aayog atuou para garantir que os investimentos

em missões como a Chandrayaan-3 tivessem efeitos multiplicadores sobre outros setores da economia, especialmente por meio do conceito de “spillovers produtivos”, que aparece em suas diretrizes como justificção para o apoio governamental ao setor espacial (INDIA, 2021).

Do ponto de vista orçamentário, o NITI Aayog não executa diretamente as despesas, mas influencia fortemente a alocação de recursos ao Department of Space, com base em projeções de impacto e prioridades macroeconômicas. Em 2020, por exemplo, o órgão recomendou o aumento de aportes em P&D aeroespacial em função do “alto retorno estratégico e tecnológico do setor”, destacando a necessidade de consolidar capacidades antes da Chandrayaan-3 (INDIA, 2020). Além disso, publicou análises demonstrando como a ampliação de recursos para a ISRO geraria efeitos econômicos imediatos e impactos estruturais na balança comercial, na capacitação científica e na criação de empregos de alta qualificação (INDIA, 2020).

Finalmente, o NITI Aayog tem promovido a avaliação de políticas públicas com base em resultados mensuráveis, impulsionando a agenda de “governança orientada por dados” (data-driven governance) (INDIA, 2021). Esse enfoque é altamente compatível com os objetivos desta dissertação, pois incentiva a produção e uso de indicadores de desempenho econômico do setor espacial — um campo ainda incipiente, mas que ganha força à medida que missões como a Chandrayaan-3 demonstram sua capacidade de produzir externalidades positivas para além do domínio científico (INDIA, 2023).

Em síntese, a atuação do NITI Aayog no ciclo 2019–2025 foi essencial para: (1) institucionalizar o espaço como eixo do planejamento estratégico nacional, (2) articular a política espacial com a política industrial e de inovação, (3) promover a abertura regulada à iniciativa privada e (4) ancorar a tomada de decisões em evidências empíricas e metas de longo prazo (INDIA, 2018; INDIA, 2020).

Essa convergência entre planejamento estatal, visão estratégica e coordenação política é uma das chaves para entender por que a missão Chandrayaan-3 foi mais do que uma conquista científica: ela foi uma entrega coordenada de política pública, planejada, financiada e legitimada no mais alto nível da estrutura de governança econômica e tecnológica da Índia (RAJAGOPALAN; STROIKOS, 2024).

A missão Chandrayaan-3 marca não apenas um ponto de inflexão técnico na trajetória da ISRO, mas também um momento simbólico dentro de um ciclo mais amplo de reformas estruturais promovidas pelo governo indiano no setor espacial, com vistas à inserção de novos atores, à dinamização do ecossistema de inovação e à transformação do espaço em um vetor econômico estratégico. Essas reformas, articuladas a partir de 2020, convergem para um projeto

de modernização institucional que visa transformar a Índia em um hub global de tecnologia aeroespacial, estimulando a competitividade, a descentralização da produção e a geração de valor a partir de missões de alta complexidade científica (DAVIES, 2025).

Historicamente, o setor espacial indiano foi marcado por forte centralização estatal, com a ISRO exercendo não apenas a função de agência técnica, mas também de coordenadora da cadeia produtiva e reguladora de acesso à infraestrutura crítica. Esse modelo — eficaz na fase de consolidação de capacidades nacionais — começou a apresentar limites diante da complexidade crescente das demandas tecnológicas e da necessidade de expansão da base produtiva. Reconhecendo essas limitações, o governo Modi anunciou, em 2020, uma série de reformas institucionais voltadas à liberalização do setor, com base nos princípios de eficiência, inovação aberta e atração de investimentos privados (DEL CANTO VITERALE, 2023).

O principal marco dessas reformas foi a criação da IN-SPACe (Indian National Space Promotion and Authorization Center), uma agência autônoma vinculada ao Department of Space, cuja função é autorizar, regular e incentivar a participação do setor privado em atividades espaciais. Diferentemente de modelos puramente regulatórios, a IN-SPACe atua como entidade facilitadora, oferecendo acesso a centros de teste, plataformas de lançamento e dados da ISRO para empresas privadas, especialmente startups e pequenas empresas inovadoras. Essa abertura representou uma inflexão histórica na política espacial indiana, equiparando-se a movimentos semelhantes conduzidos pela NASA (EUA) e ESA (Europa) nas duas últimas décadas (MUND, 2021).

Em paralelo à criação da IN-SPACe, o governo implementou outras medidas que compõem o arcabouço reformista recente. A SpaceCom Policy e a Remote Sensing Data Policy, atualizadas em 2020, flexibilizaram o acesso a imagens de satélite e dados orbitais por empresas comerciais (INDIA, 2020). A nova Indian Space Policy (2023) estabeleceu direitos e deveres do setor privado no desenvolvimento, lançamento e operação de ativos espaciais (INDIA, 2023). O ambiente jurídico foi reforçado com diretrizes sobre propriedade intelectual, licenciamento e exportação de tecnologias sensíveis, permitindo maior segurança jurídica a investidores nacionais e estrangeiros.

Essas reformas foram acompanhadas por iniciativas de fomento financeiro e programas de incubação tecnológica. Entre os principais mecanismos de estímulo, destacam-se: o programa SEED (Space Enterprise Encouragement and Development), voltado ao financiamento de startups espaciais com capital semente, treinamento técnico e mentoria (INDIA, 2022); a expansão dos Space Technology Incubation Centres (S-TICs), criados em parceria com universidades técnicas em regiões estratégicas do país (INDIA, 2023); e o

estabelecimento de linhas de crédito público específicas para inovação aeroespacial, oferecidas pelo Banco de Desenvolvimento da Índia (SIDBI) e por fundos soberanos em parceria com o NITI Aayog (INDIA, 2021).

Essas medidas resultaram em crescimento exponencial do número de startups no setor espacial indiano, que saltou de apenas 5 empresas em 2018 para mais de 140 em 2023, segundo a Indian Space Association (ISpA). Empresas como Skyroot Aerospace, Agnikul Cosmos, Pixxel e Dhruva Space passaram a desenvolver tecnologias de lançadores, nano e microsátélites, sensoriamento remoto e telecomunicações, sendo muitas delas contratadas para fornecer subsistemas e componentes para missões da própria ISRO — inclusive a Chandrayaan-3 (MATHUR, 2024; RAFAEEK, 2024).

Além do estímulo financeiro e regulatório, o governo indiano buscou ampliar a visibilidade internacional do setor espacial privado por meio de missões comerciais, acordos bilaterais e participação em feiras globais. A reputação obtida com o sucesso da Chandrayaan-3 funcionou como ativo reputacional e vitrine tecnológica, elevando a confiança dos investidores e abrindo novos mercados para empresas indianas no sul global. Em 2024, a ISRO anunciou que empresas nacionais já haviam fechado contratos com países africanos e asiáticos para prestação de serviços orbitais, evidenciando os efeitos multiplicadores da missão na consolidação de uma economia espacial emergente (INDIA, 2024a; INDIA, 2024).

Importa destacar que essa abertura do setor não implicou desestatização ou enfraquecimento da ISRO. Ao contrário, o novo modelo é baseado em uma divisão funcional de papéis, em que a ISRO mantém o foco em missões científicas e estratégicas de alta complexidade (deep space, exploração lunar e solar, monitoramento climático), enquanto o setor privado assume protagonismo em atividades de mercado (lançamentos comerciais, satélites de comunicação, prestação de serviços geoespaciais). Essa complementaridade institucional é o eixo da estratégia nacional: fortalecer o papel coordenador do Estado sem sufocar a inovação descentralizada (PALIT; HAZRA, 2024).

Em suma, as reformas recentes promovidas pelo governo indiano entre 2020 e 2025 foram decisivas para a transformação do setor espacial em ambiente econômico dinâmico, competitivo e tecnologicamente vibrante. A missão Chandrayaan-3 não apenas se beneficiou dessas mudanças, como também funcionou como catalisador e justificativa política para sua consolidação, tornando-se, assim, não apenas um marco técnico, mas um divisor de águas na transição da Índia de uma potência científica estatal para uma potência espacial econômica de base mista e vocação global (DEL CANTO VITERALE, 2025; EDGELL, 2025).

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS EFEITOS ECONÔMICOS DA MISSÃO CHANDRAYAAN-3

4.1 INVESTIMENTOS PÚBLICOS E PRIVADOS NO SETOR ESPACIAL INDIANO

Entre os anos de 2019 e 2025, o orçamento da Indian Space Research Organisation (ISRO) passou por oscilações que refletem, de maneira direta, a convergência entre prioridades estratégicas nacionais, respostas a eventos externos (como a pandemia de COVID-19) e transformações institucionais na governança do setor espacial indiano (INDIA, 2023). A análise dessa variação é essencial para compreender como o Estado indiano mobilizou recursos públicos para garantir a viabilidade da missão Chandrayaan-3 e quais foram os impactos estruturais dessa alocação no fortalecimento do ecossistema de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) (INDIA, 2023).

Segundo os relatórios orçamentários do Department of Space (DoS), submetidos anualmente ao Parlamento indiano, o orçamento total alocado à ISRO passou de aproximadamente ₹12.620 crore em 2019–20 (cerca de US\$ 1,78 bilhão à época), para um patamar de ₹13.949 crore em 2023–24 (US\$ 1,68 bilhão, considerando a taxa de câmbio mais recente), com pequenas quedas entre 2020 e 2022 em virtude dos efeitos fiscais da pandemia. Apesar de uma redução relativa da participação percentual do setor espacial no orçamento nacional durante os anos críticos da COVID-19, os dados indicam resiliência e continuidade estratégica dos investimentos, sobretudo em projetos considerados prioritários, como a Chandrayaan-3 e o programa tripulado Gaganyaan (Department of Space, 2023).

A análise documental revela que, mesmo em um cenário de restrição fiscal global, o governo indiano manteve o compromisso político-institucional com o setor espacial. O relatório Demand for Grants for 2021–22, publicado pelo Parlamento, por exemplo, destaca a manutenção dos aportes ao projeto Chandrayaan-3, com a justificativa de que “a missão lunar representa uma oportunidade geoestratégica e tecnológica irrepetível para o país”. Em termos nominais, o financiamento da missão foi fixado em cerca de ₹615 crore (US\$ 75 milhões), um valor considerado modesto para os padrões internacionais, mas altamente eficiente, dado o escopo da missão (INDIA, 2021).

Além dos valores totais, o orçamento da ISRO apresenta um aspecto qualitativo relevante: a composição interna dos gastos. A partir dos documentos analisados, foi possível observar uma tendência de diversificação do uso dos recursos, com aumento relativo dos investimentos em infraestrutura de testes e ensaios para missões científicas; aquisição de componentes críticos de fabricação nacional; fomento à pesquisa aplicada em universidades e

centros de incubação tecnológica; e contratos de fornecimento com startups aeroespaciais, especialmente após 2021 (CHAKRABORTY; GANGOPADHYAY; DORAIRAJ, 2020).

Essa mudança na estrutura orçamentária é coerente com as reformas promovidas pelo governo no sentido de desconcentrar a execução de projetos, manter a ISRO como núcleo estratégico e ampliar a participação da iniciativa privada nos segmentos de médio risco tecnológico (INDIA, 2023).

Em termos comparativos internacionais, embora o orçamento da ISRO seja significativamente inferior ao da NASA (EUA) ou CNSA (China), o grau de impacto econômico por dólar investido — segundo estudo recente — é um dos mais elevados entre as agências espaciais do G20. Isso se explica, em parte, pela elevada elasticidade institucional da ISRO, que opera com uma combinação de pessoal altamente qualificado, redes de colaboração pública-privada e políticas de substituição tecnológica que reduzem custos de importação (SUNDARARAJAN, 2023).

Portanto, a variação do orçamento da ISRO entre 2019 e 2025 não deve ser interpretada apenas em termos quantitativos, mas como expressão de uma estratégia de longo prazo de modernização, autossuficiência tecnológica e maximização de retornos. A missão Chandrayaan-3 sintetiza essa lógica: recebeu financiamento estável, direcionado e eficiente, gerando não apenas entregas técnicas, mas também ativos reputacionais e efeitos multiplicadores sobre o ecossistema econômico do setor espacial indiano (INDIA, 2023).

A missão Chandrayaan-3, ao mesmo tempo em que consolidou a capacidade estatal indiana em conduzir missões científicas de alta complexidade, também representou um ponto de inflexão no padrão de financiamento e governança do setor espacial do país. A partir de 2020, o governo da Índia implementou uma série de reformas estruturais orientadas à abertura gradual do setor espacial ao capital privado, dentro de uma lógica de complementaridade com a atuação da ISRO. O ciclo iniciado com a preparação da missão lunar criou condições objetivas e simbólicas para a emergência de novos atores, fluxos de investimento, parcerias tecnológicas e rearranjos institucionais no ecossistema aeroespacial nacional (INDIA, 2023a; INDIA, 2023b).

O crescimento do setor espacial privado indiano entre 2020 e 2025 foi expressivo, conforme dados divulgados pela Indian Space Association (ISpA) e análises da imprensa especializada. O número de startups e empresas atuando no setor saltou de menos de 10 em 2018 para mais de 140 em 2023, com destaque para empresas como Skyroot Aerospace, Agnikul Cosmos, Pixxel, Dhruva Space, Bellatrix Aerospace e Astrogate Labs. Essas companhias operam em nichos estratégicos, como desenvolvimento de nano e microsatelites,

sistemas de propulsão, veículos lançadores leves, comunicação óptica, sensoriamento remoto e plataformas analíticas de dados espaciais (INDIAN SPACE ASSOCIATION, 2024; TIMES OF INDIA, 2024).

Executivos de startups indianas incubadas na ISRO destacaram, em entrevistas a veículos especializados, que o sucesso da Chandrayaan-3 ampliou significativamente a visibilidade internacional do setor espacial indiano, facilitando a atração de capital de risco estrangeiro e a assinatura de contratos de prestação de serviços com outros países. A missão foi descrita como um ponto de inflexão não apenas simbólico, mas comercial, com impactos concretos sobre o mercado espacial emergente da Índia (TIMES OF INDIA, 2024; ECONOMIC TIMES, 2024).

Como afirmou Pawan Kumar Chandana, CEO da Skyroot Aerospace, “o sucesso da Chandrayaan-3 deu um impulso psicológico importante ao setor espacial privado da Índia”, promovendo maior interesse de investidores globais e dinamismo nas parcerias internacionais (CHANDANA, 2024).

Esse testemunho encontra respaldo em análises de mercado produzidas por consultorias como EY India e Deloitte, que destacam o crescimento expressivo do volume de capital privado investido no setor espacial indiano entre 2020 e 2024, com forte participação dos setores de defesa, telecomunicações, agronegócio e geoinformação. Segundo projeção da Morgan Stanley, o mercado espacial da Índia pode ultrapassar US\$ 50 bilhões até 2040, impulsionado pelo aumento da demanda por serviços orbitais e pelo ambiente de inovação pós-Chandrayaan-3.

Além da internalização de capital privado nacional, observa-se a intensificação das parcerias internacionais com foco tecnológico e comercial, sobretudo após 2021. A assinatura de acordos com França, Reino Unido, Austrália, Emirados Árabes Unidos, Japão e Estados Unidos, todos destacados nos comunicados oficiais, demonstra o crescente interesse internacional pela capacidade técnica e de custos da Índia em missões de órbita baixa e média, sensoriamento remoto, aplicações meteorológicas e ciência lunar (INDIA, 2024).

A cooperação com a Agência Espacial Francesa (CNES), por exemplo, foi expandida com foco em satélites meteorológicos, enquanto os memorandos de entendimento com a NASA foram reativados para projetos em astronomia, observação da Terra e voos tripulados. Também merecem destaque os contratos assinados com países africanos e do Sudeste Asiático, que buscam a Índia como alternativa de baixo custo aos serviços ocidentais — o que confirma o uso bem-sucedido da Chandrayaan-3 como ativo de soft power tecnológico (INDIA, 2024).

O sucesso da missão lunar Chandrayaan-3 coincidiu com a crescente internacionalização das startups indianas. A empresa Pixxel, especializada em satélites de alta

resolução, firmou acordos com empresas americanas e europeias para fornecer imagens analíticas baseadas em dados hiperespectrais. A Dhruva Space, por sua vez, expandiu sua atuação comercial na Ásia, África e América Latina. Esses casos ilustram como a política pública indiana tem conseguido alinhar missões científicas de prestígio a estratégias de política industrial orientadas à exportação de soluções tecnológicas (PIXEL, 2024; THE HINDU BUSINESS LINE, 2024).

A análise documental dos relatórios da IN-SPACe revela que a ISRO tem intensificado a contratação de empresas privadas como subfornecedoras, especialmente para componentes eletrônicos, sistemas embarcados e subsistemas estruturais. A partir de 2023, a maioria dos contratos passou a envolver pequenas e médias empresas, evidenciando o uso das missões como instrumentos para fortalecer cadeias produtivas internas e estimular a inovação descentralizada (INDIA, 2024).

Em síntese, o ciclo da Chandrayaan-3 estimulou um conjunto de transformações relevantes no padrão de investimentos privados e nas parcerias internacionais do setor espacial indiano. Essas transformações representam impactos econômicos diretos e indiretos da missão, fortalecendo a hipótese central desta dissertação. O Estado indiano, por meio de uma política de CT&I coordenada e de reformas regulatórias consistentes, conseguiu mobilizar o capital privado nacional e internacional como força complementar à atuação da ISRO, contribuindo para consolidar a Índia como ator central da nova economia espacial global (THOMAS et al., 2024).

O período imediatamente anterior à concepção e execução da missão Chandrayaan-3 — compreendido entre 2019 e 2020 — representa uma etapa de transição institucional e política no setor espacial indiano. Até então, o modelo vigente era fortemente centralizado na Indian Space Research Organisation (ISRO), com escassa participação privada, investimentos altamente concentrados no orçamento público e com parcerias internacionais limitadas a acordos governamentais bilaterais de cooperação científica e técnica (LOGSDON et al., 2020).

Em 2019, ano de lançamento da Chandrayaan-2, o setor espacial indiano ainda operava sob um arranjo institucional tradicional, caracterizado por: predominância da ISRO como executora exclusiva de missões espaciais; ausência de uma estrutura reguladora específica para autorizar ou fomentar iniciativas privadas no espaço; dependência quase total de recursos públicos federais, alocados pelo Department of Space; e participação internacional restrita a memorandos de entendimento técnico entre agências, com raríssimos vínculos comerciais entre empresas indianas e estrangeiras (BACHHAWAT; CAVE; KANG, 2020).

Segundo dados do próprio Department of Space, em seu Annual Report 2019–20, o investimento privado no setor espacial indiano ainda era limitado, concentrando-se principalmente na prestação de serviços terceirizados de baixo valor agregado, como usinagem de peças, fornecimento de componentes estruturais e suporte logístico, sem participação significativa em projetos de maior complexidade tecnológica (INDIA, 2020).

No que diz respeito às startups, o número era ainda bastante restrito. Segundo análises da Indian Space Association (ISpA) e reportagens da imprensa especializada, existiam poucas empresas atuando no setor com base tecnológica própria até 2019, entre as quais se destacavam Dhruva Space (focada em integração de satélites), Bellatrix Aerospace (propulsão elétrica) e Pixxel (sensoriamento remoto). Essas empresas enfrentavam obstáculos estruturais, como a ausência de um marco legal para operação comercial de satélites, barreiras técnicas para acessar dados da ISRO, dificuldades em atrair capital de risco em razão da incerteza regulatória e a dependência de permissões caso a caso para testes e lançamentos (INDIAN SPACE ASSOCIATION, 2024; ECONOMIC TIMES, 2023).

No campo das parcerias internacionais, o panorama pré-Chandrayaan-3 também era relativamente restrito. A Índia mantinha cooperação com países como França, Rússia e Estados Unidos, principalmente em áreas de observação da Terra, meteorologia e intercâmbio científico e de dados (INDIA, 2019).

No entanto, tais acordos tinham caráter técnico e governamental, sem envolvimento direto de empresas privadas indianas como partes comerciais ou tecnológicas. A internacionalização das startups indianas era praticamente inexistente, e os contratos internacionais eram majoritariamente firmados entre a ISRO e outras agências estatais — o que limitava o surgimento de fluxos financeiros novos a partir dessas cooperações (AL-EKABI, 2015).

Por fim, o ambiente institucional pré-Chandrayaan-3 era marcado pela inexistência de uma política nacional espacial formalizada com foco no setor privado. Os debates sobre a necessidade de abertura do setor ganhavam força nos círculos técnicos e políticos — principalmente no NITI Aayog —, mas ainda não haviam se materializado em reformas efetivas. A IN-SPACE ainda não existia, e as regras para acesso à infraestrutura da ISRO por terceiros eram opacas ou inexistentes (SAMIKSHA, 2023).

Portanto, o cenário pré-Chandrayaan-3 pode ser caracterizado por: centralização absoluta da atividade espacial no Estado, baixo dinamismo do setor privado, cooperação internacional de perfil técnico-científico, mas com baixo impacto econômico direto, e um marco institucional ainda fechado à inovação e à participação de novos agentes (INDIA, 2020; INDIA,

2021). Essa configuração contrastará fortemente com o que será observado a partir de 2021, especialmente após o sucesso da missão lunar em 2023.

O sucesso técnico da missão Chandrayaan-3, concretizado com o pouso bem-sucedido no polo sul da Lua em 23 de agosto de 2023, desencadeou uma mudança estrutural no ambiente econômico, político e regulatório do setor espacial indiano. Mais do que uma conquista científica isolada, a missão funcionou como acelerador institucional e reputacional, ampliando a entrada de capital privado, fortalecendo a internacionalização de empresas indianas e consolidando a abertura regulada do setor à iniciativa privada (KRISHNA, 2024).

Do ponto de vista econômico, dados compilados pela Indian Space Association (ISpA), pela IN-SPACe e por consultorias como EY India e Deloitte indicam que o período 2023–2025 registrou um salto quantitativo e qualitativo no volume e na diversidade dos investimentos privados no setor espacial. Em 2023, o valor total de aportes privados (venture capital e private equity) superou a marca de US\$ 120 milhões, atingindo aproximadamente US\$ 340 milhões em 2025, segundo estimativas do SpaceTech Analytics (ECONOMIC TIMES, 2024; SPACETECH ANALYTICS, 2024).

Essa expansão não ocorreu de forma espontânea. O êxito da Chandrayaan-3 serviu como prova de conceito nacional, demonstrando que a Índia havia atingido um grau de maturidade técnica e organizacional capaz de sustentar missões de classe mundial com orçamento enxuto, alta confiabilidade e planejamento soberano. Isso gerou confiança nos investidores, que passaram a ver o setor espacial indiano como economicamente viável, institucionalmente estável e geopoliticamente estratégico (THOMAS et al., 2024).

Os principais eixos de crescimento do investimento privado no pós-2023 foram: startups de lançadores leves e nanosatélites, como Skyroot Aerospace e Agnikul Cosmos, que captaram rodadas superiores a US\$ 30 milhões; empresas de sensoriamento remoto e análise de dados geoespaciais, como Pixxel e SatSure, com contratos firmados junto a empresas agrícolas e de logística no sul global; fornecedoras de componentes e subsistemas para missões governamentais, integradas à cadeia da ISRO sob regime de subcontratação e codesenvolvimento; e plataformas de telecomunicação baseadas em satélites LEO, alinhadas ao programa de conectividade rural e urbana do governo (ECONOMIC TIMES, 2024; SPACETECH ANALYTICS, 2024).

Adicionalmente, a própria IN-SPACe passou a publicar relatórios semestrais de incentivo ao setor, com dados sobre licenças concedidas, contratos facilitados e acesso à infraestrutura da ISRO por agentes privados. Entre 2023 e 2025, mais de 100 permissões

comerciais foram emitidas para empresas atuarem em lançamento, integração de cargas úteis e exploração de dados orbitais (INDIA, 2024).

No campo internacional, o sucesso da missão catalisou uma reconfiguração diplomática da posição indiana no setor espacial. Diversos países emergentes da África, Ásia e América Latina passaram a firmar contratos de prestação de serviços com empresas indianas, tanto para o lançamento de satélites quanto para treinamento técnico e compartilhamento de dados, evidenciando a ampliação da presença global da Índia no setor espacial (INDIA, 2024).

As startups indianas também passaram a figurar em eventos e programas internacionais de expansão de negócios, especialmente nos Estados Unidos, na Europa e no Sudeste Asiático. Empresas como Pixxel, Dhruva Space e Bellatrix Aerospace firmaram acordos comerciais e estabeleceram parcerias com instituições europeias e asiáticas para fornecimento de imagens de alta resolução, motores de propulsão e módulos de payload, consolidando a presença internacional da chamada New Space India (ECONOMIC TIMES, 2024).

Adicionalmente, a ISRO reforçou seus memorandos de entendimento com agências como a NASA, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a CNES (França), ampliando a troca de dados científicos, a coparticipação em projetos de pesquisa e o intercâmbio tecnológico, no contexto da expansão diplomática pós-Chandrayaan-3 (INDIA, 2024).

Do ponto de vista institucional, o governo indiano utilizou o sucesso da missão Chandrayaan-3 como elemento de legitimação de sua política industrial voltada ao espaço. Em 2024, autoridades do NITI Aayog destacaram em publicações oficiais e entrevistas que a missão “revelou não apenas a capacidade autônoma da Índia em realizar missões lunares, mas também seu potencial inexplorado para capturar fatias significativas do mercado espacial global em serviços, dados e manufatura” (ECONOMIC TIMES, 2024).

Esse novo posicionamento foi reforçado com a publicação da Indian Space Policy de 2023, que formalizou o direito de empresas privadas desenvolverem, lançarem, operarem e comercializarem suas próprias constelações de satélites, desde que licenciadas e supervisionadas pela IN-SPACe. Além disso, foram anunciadas medidas complementares de incentivo, como facilitação de acesso a infraestrutura pública e estímulo ao financiamento de startups e pequenas empresas por meio de mecanismos como o Banco de Desenvolvimento da Índia (SIDBI) (INDIA, 2023).

Em síntese, o período pós-Chandrayaan-3 (2023–2025) representou uma ruptura positiva em relação à configuração histórica do setor espacial indiano, caracterizada pela expansão do número de empresas e do volume de investimentos privados, pela integração do setor produtivo à lógica estatal de inovação e soberania tecnológica, pela ampliação do

comércio espacial internacional e da reputação geopolítica da Índia, e pela consolidação de reformas institucionais regulatórias favoráveis à livre iniciativa com supervisão estatal (HUDSON INSTITUTE, 2024).

A análise comparativa entre os contextos pré e pós-Chandrayaan-3 (2019–2025) permite identificar com clareza o papel catalisador desempenhado pela missão lunar no processo de transformação estrutural da economia espacial indiana. A partir da triangulação de dados secundários, documentos oficiais e entrevistas com especialistas — conforme delineado na metodologia do Capítulo 4.1 —, é possível apontar mudanças sistêmicas em pelo menos quatro dimensões: volume de investimentos, diversidade de atores, grau de internacionalização e maturidade regulatória (KRISHNA, 2024).

Quanto ao volume de investimentos e mobilização de capital, no período pré-Chandrayaan-3, o financiamento do setor espacial indiano era quase inteiramente público. Em 2019, a participação do setor privado era incipiente, com baixa penetração de capital de risco e inexistência de fundos especializados em tecnologia espacial (ECONOMIC TIMES, 2024).

No período pós-Chandrayaan-3, registrou-se um crescimento expressivo no volume de investimentos privados, ultrapassando US\$ 340 milhões acumulados até 2025. O surgimento de fundos dedicados a deep tech, a entrada de investidores internacionais e a criação de instrumentos de financiamento público-privado, como os editais da IN-SPACe e as linhas do SIDBI, transformaram o ambiente econômico do setor. A participação privada deixou de ser marginal e passou a ser componente essencial da expansão do ecossistema (ECONOMIC TIMES, 2024; SPACETECH ANALYTICS, 2024).

Quanto à diversidade e protagonismo de atores privados, até 2020, o setor espacial indiano era essencialmente monopolizado pela ISRO, que concentrava a formulação, execução e regulação das missões espaciais. As empresas privadas restringiam-se a fornecimentos pontuais, sem protagonismo em pesquisa e desenvolvimento (P&D) nem capacidade de operação autônoma (LANIA, 2020; BACHHAWAT; CAVE; KANG, 2020).

No cenário pós-2023, observa-se o fortalecimento de uma nova geração de startups espaciais, com papel ativo no desenvolvimento de soluções próprias — como sistemas de propulsão, plataformas de nanosatélites, softwares de análise de dados orbitais e infraestrutura de ground stations. Empresas como Skyroot Aerospace, Pixxel e Agnikul Cosmos passaram de fornecedoras a players internacionais, com contratos firmados com governos e empresas estrangeiras, acesso a programas de aceleração e envolvimento em missões conjuntas com a própria ISRO (ECONOMIC TIMES, 2024).

Já falando de Internacionalização e diplomacia comercial, antes da missão Chandrayaan-3, a atuação internacional do setor espacial indiano estava limitada à cooperação técnica entre governos, especialmente com França, Estados Unidos e Rússia. As exportações de serviços espaciais indianos eram residuais, e as empresas privadas não figuravam como ofertantes de soluções no mercado internacional (LOGSDON; MOLTZ, 2020).

Após 2023, a Índia passou a ocupar uma posição estratégica na nova geopolítica do espaço, como fornecedora de serviços orbitais e soluções acessíveis para países do sul global. O sucesso técnico da missão lunar reforçou a confiança internacional na ISRO e, por consequência, ampliou a atratividade do setor privado nacional como parceiro tecnológico. O volume de contratos assinados com países em desenvolvimento cresceu, e as startups indianas passaram a acessar mercados, eventos e programas internacionais, consolidando um novo ciclo de diplomacia tecnológica (THOMAS et al., 2024; PANDA; SWANSTRÖM; DUGGAL, 2025).

O Ambiente Regulatório e a segurança jurídica por exemplo no ciclo pré-2020, a atuação privada era limitada pela ausência de um marco legal claro, com permissões concedidas de forma ad hoc e insegurança jurídica quanto à propriedade de dados, ao uso da infraestrutura pública e à exploração comercial de ativos espaciais (NAIR, 2020).

Com a criação da IN-SPACe e a publicação da Indian Space Policy (2023), consolidou-se um ambiente normativo moderno, liberalizador e funcionalmente estruturado, que distingue as funções reguladoras, executoras e promotoras. O novo marco garante acesso previsível à infraestrutura da ISRO, estabelece diretrizes para licenciamento e permite a autonomia empresarial com supervisão estatal, nos moldes das melhores práticas internacionais. A estrutura jurídica vigente é hoje comparável à dos países líderes do setor, como Estados Unidos e União Europeia, o que potencializa a confiança de investidores e parceiros internacionais (PAPADOPOULOU, 2024).

4.2 ESTÍMULO À INOVAÇÃO E FORTALECIMENTO DO ECOSISTEMA AEROESPACIAL

O sucesso da missão Chandrayaan-3, em 2023, não foi apenas um marco científico para a Indian Space Research Organisation (ISRO), mas também um vetor de estímulo direto ao ambiente de inovação no setor espacial indiano. O período subsequente à missão foi marcado por um amadurecimento significativo do ecossistema de inovação, refletido na expansão de startups, no fortalecimento de incubadoras e na diversificação da infraestrutura de pesquisa aplicada, com impacto direto sobre a criação de empregos, o desenvolvimento de tecnologias proprietárias e a densificação das cadeias produtivas de base científica (RAFRECK, 2024).

Conforme identificado nas entrevistas realizadas com gestores públicos, fundadores de startups e especialistas em CT&I, o principal legado da Chandrayaan-3 foi conferir legitimidade institucional e visibilidade internacional ao setor espacial como campo de inovação economicamente viável. A narrativa pública da “missão de custo baixo e alta complexidade” contribuiu para atrair investimentos, acelerar processos regulatórios e consolidar políticas públicas de fomento direcionadas à ciência aplicada em áreas como satelitização, propulsão, sensoriamento remoto, telecomunicações e integração de dados orbitais (ECONOMIC TIMES, 2024).

4.2.1 Startups espaciais em crescimento

De acordo com relatórios recentes da SpaceTech Analytics e da Economic Times, o número de startups espaciais na Índia cresceu substancialmente entre 2019 e 2024, impulsionado sobretudo pelo sucesso da missão Chandrayaan-3. A melhoria na percepção de risco dos investidores, aliada ao acesso ampliado a dados, infraestrutura e contratos públicos, acelerou a expansão do ecossistema privado (ECONOMIC TIMES, 2024; SPACETECH ANALYTICS, 2024).

Entre os casos de destaque desse novo ciclo, destacam-se: a Skyroot Aerospace, responsável pelo desenvolvimento do primeiro foguete privado indiano, o Vikram-S, com tecnologia modular e apoio da ISRO; a Pixxel, especializada em imagens hiperespectrais de alta resolução, com contratos governamentais e com o setor agrícola internacional; a Agnikul Cosmos, focada na criação de lançadores de pequeno porte com propulsão semi-criogênica; e a Dhruva Space, reconhecida internacionalmente pela integração e operação de satélites de pequeno porte (ECONOMIC TIMES, 2024).

Essas empresas se destacam não apenas pela inovação tecnológica, mas também por suas estratégias de internacionalização, captação de capital externo e envolvimento em missões públicas ou semipúblicas. A trajetória recente do setor espacial indiano reforça a percepção de que a missão Chandrayaan-3 atuou como um marco simbólico, contribuindo para consolidar o espaço como setor estratégico e economicamente atrativo no país (SPACETECH ANALYTICS, 2024).

4.2.2 Incubadoras e polos universitários especializados

A expansão das startups espaciais foi acompanhada pelo fortalecimento das infraestruturas de apoio à inovação, especialmente as incubadoras tecnológicas especializadas

em aeroespacial, criadas em parceria com universidades e centros de excelência. Os Space Technology Incubation Centres (S-TICs), instituídos pela ISRO em universidades técnicas como o Indian Institute of Technology (IIT) em Roorkee, Madras e Guwahati, atuam como plataformas de suporte para startups, fomentando pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico no setor espacial (INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION, 2022).

Esses centros oferecem infraestrutura laboratorial, acesso a mentoria da ISRO e facilitação no licenciamento de tecnologias, permitindo que pequenas empresas e grupos de pesquisa possam testar soluções de hardware e software com potencial aplicação espacial. Segundo informações da ISRO, os S-TICs priorizam projetos em áreas como navegação autônoma, propulsão verde, engenharia térmica, robótica e inteligência artificial embarcada, fortalecendo a base tecnológica do setor espacial indiano (INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION, 2022).

Além disso, diversas universidades passaram a intensificar sua atuação em projetos voltados à nova economia espacial, com apoio de programas públicos como o Atal Innovation Mission, coordenado pelo NITI Aayog. Instituições como o Indian Institute of Science (IISc), o Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) e o National Institute of Advanced Studies (NIAS) ampliaram sua produção científica voltada à interface entre ciência aplicada e mercado espacial (INDIA, 2025).

4.2.3 Relação entre Estado, startups e pesquisa

Esse avanço do ecossistema de inovação só foi possível graças à reconfiguração das relações entre o setor público — especialmente a ISRO —, o setor privado emergente e as instituições de pesquisa. O modelo de inovação adotado no pós-Chandrayaan-3 apresenta características colaborativas e orientadas por missões, inspirando-se em frameworks como o da inovação impulsionada por compras públicas (innovation-driven public procurement) e da orquestração estatal de missões estratégicas, conforme delineado por Mazzucato (2018).

A ISRO, antes historicamente relutante quanto à colaboração com agentes externos, passou a operar, no pós-Chandrayaan-3, como parceira institucional e curadora de risco tecnológico. A agência abriu editais para fornecimento de componentes, compartilhou dados de sensoriamento remoto e promoveu a realização de testes laboratoriais em coautoria com universidades e empresas privadas, dentro de uma lógica de inovação colaborativa (DEL CANTO VITERALE, 2025).

Essa nova configuração institucional aproxima-se do conceito de “tripla hélice da inovação”, em que governo, setor produtivo e academia atuam de forma integrada para gerar

conhecimento aplicado com impacto econômico. A Chandrayaan-3, nesse contexto, serviu como catalisador simbólico e político para o alinhamento desses três polos — alinhamento que vem gerando externalidades positivas em áreas como manufatura avançada, sensoriamento ambiental, meteorologia de precisão e monitoramento agrícola via satélite (ECONOMIC TIMES, 2024).

Em suma, o ciclo pós-Chandrayaan-3 inaugurou uma fase de expansão e sofisticação do ecossistema de inovação aeroespacial indiano, materializado no crescimento de startups, na consolidação de incubadoras de excelência e no fortalecimento de centros universitários com vocação tecnológica (EY; NASSCOM, 2024; ISRO, 2023). Essa estrutura, ainda em formação, constitui um dos principais legados econômicos da missão, com potencial de gerar retorno de longo prazo na forma de novos empregos qualificados, tecnologias proprietárias e produtos comercializáveis em escala global (SOMANATH, 2024).

A integração entre o setor espacial indiano e o sistema universitário foi substancialmente fortalecida no período pós-Chandrayaan-3, refletindo a consolidação de um modelo de inovação baseado na cooperação entre instituições públicas de pesquisa, startups e centros tecnológicos especializados. Esse movimento, estimulado pelo sucesso técnico e simbólico da missão lunar, resultou em novas redes de conhecimento, transferência de tecnologia e formação de capital humano altamente qualificado, que, em conjunto, compõem um dos pilares do impacto econômico indireto da Chandrayaan-3 (TIMES OF INDIA, 2024).

Antes da missão Chandrayaan-3, a interação entre universidades e o setor espacial indiano era mais restrita, concentrando-se em poucas instituições de elite, como o Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) e o Indian Institute of Science (IISc). Embora esses centros já desempenhassem papel fundamental na formação de engenheiros e pesquisadores ligados à ISRO, a cooperação seguia uma lógica verticalizada: os projetos eram majoritariamente desenhados e financiados pela própria agência, com baixa autonomia das universidades e pouco foco na transferência de resultados para o setor privado (THOMAS et al., 2024).

Com a realização da Chandrayaan-3, esse cenário começou a se transformar. A missão foi utilizada como símbolo mobilizador de uma nova política pública de ciência e tecnologia, centrada em missões estratégicas e no fortalecimento das capacidades nacionais de pesquisa aplicada. O relatório anual do NITI Aayog (2024–2025) reconhece o impacto da Chandrayaan-3 na aproximação entre o setor espacial e os polos acadêmicos, defendendo o fortalecimento de parcerias colaborativas como elemento-chave para a expansão sustentável da economia espacial indiana (INDIA, 2025).

4.2.4 Universidades como coprodutoras de conhecimento tecnológico

Após 2013, universidades e institutos técnicos passaram a ser incorporados como coprodutores ativos de soluções tecnológicas para os desafios do setor espacial. A ISRO lançou chamadas públicas de projetos colaborativos, abertas a consórcios formados por universidades, startups e centros de pesquisa e desenvolvimento. Um exemplo desse novo modelo é a colaboração entre o IIT Madras e a startup Agnikul Cosmos no desenvolvimento de tecnologias avançadas de propulsão para veículos lançadores, refletindo a ênfase em parcerias para inovação aplicada (ECONOMIC TIMES, 2024).

Além disso, institutos como o National Institute of Advanced Studies (NIAS) passaram a intensificar suas contribuições no campo dos estudos de política espacial, governança de dados e segurança cibernética em infraestrutura orbital — áreas de interface entre ciências humanas e tecnologia. Embora tradicionalmente focado em pesquisas acadêmicas, o NIAS ampliou sua produção voltada para desafios contemporâneos da inovação aeroespacial, revelando um esforço nacional mais amplo para integrar abordagens multidisciplinares ao desenvolvimento do setor espacial (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED STUDIES, 2024).

4.2.5 Polos tecnológicos e redes regionais de inovação

Outra dimensão da integração entre universidades e o setor espacial diz respeito à descentralização da inovação tecnológica por meio de polos regionais. Estados como Telangana, Gujarat, Karnataka e Tamil Nadu criaram zonas de inovação voltadas ao setor aeroespacial, onde se concentram universidades técnicas, startups, aceleradoras, laboratórios de prototipagem e centros de testes. Esses ecossistemas contam com o apoio de políticas estaduais e de programas federais coordenados pelo Ministério da Eletrônica e Tecnologia da Informação (MeitY), em articulação com a IN-SPACe e o NITI Aayog (ECONOMIC TIMES, 2024).

Um exemplo emblemático é o papel crescente de Hyderabad como polo de inovação espacial, envolvendo universidades como o IIIT Hyderabad, o centro de pesquisa da Dhruva Space e uma rede de laboratórios públicos e privados especializados em sistemas embarcados e softwares de controle de satélites. A partir de 2024, o ecossistema da cidade intensificou esforços de internacionalização, com startups e centros de pesquisa buscando acordos de cooperação com universidades europeias para o desenvolvimento de payloads de uso dual, voltados a aplicações civis e de defesa (ECONOMIC TIMES, 2024).

Esses polos operam segundo o conceito de “tecnologias de uso transversal”, aproveitando a expertise espacial para desenvolver soluções aplicáveis também à agricultura de precisão, à meteorologia, à logística e à internet das coisas (IoT). A análise documental e as entrevistas revelam que essas redes foram fortemente estimuladas pela credibilidade institucional conferida à ISRO após a Chandrayaan-3, criando um ciclo virtuoso entre legitimidade científica, fluxo de recursos e capital humano (ECONOMIC TIMES, 2024).

4.2.6 Formação de recursos humanos e absorção de talentos

A formação de recursos humanos no setor espacial indiano é fruto de um processo acumulativo de várias décadas, sustentado por instituições técnico-científicas de excelência, como o Indian Institute of Science (IISc), o Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) e diversos Indian Institutes of Technology (IITs). Muito antes da missão Chandrayaan-3, esses centros já exerciam papel fundamental na formação de engenheiros, cientistas e especialistas em tecnologias espaciais, consolidando uma base educacional robusta e altamente qualificada no país (RAJAN, 2010; BHARDWAJ et al., 2016).

O sucesso da missão lunar em 2023 funcionou como catalisador simbólico e institucional, fortalecendo a integração entre essa base educacional existente e as novas demandas do setor espacial contemporâneo. Dados do All India Council for Technical Education (AICTE) indicam um aumento expressivo, entre 2021 e 2025, no número de programas acadêmicos voltados à engenharia aeroespacial, instrumentação orbital e tecnologias associadas, sinalizando uma expansão e requalificação curricular impulsionadas pelas transformações no mercado espacial (CHAKRAVORTI, 2018).

Além disso, universidades públicas e privadas passaram a revisar seus currículos e a desenvolver programas em parceria com a ISRO, com foco na inovação prática, empreendedorismo e estágios supervisionados em startups, muitas delas surgidas no ciclo pós-Chandrayaan-3. Essa articulação prática-escolar tem aumentado a absorção de jovens talentos por empresas privadas do setor (SIVARAMANE et al., 2024), reforçando o elo entre ensino e aplicação tecnológica.

Outro aspecto importante tem sido a democratização do acesso ao ecossistema técnico-científico espacial, com a inclusão de instituições regionais e universidades públicas de menor prestígio, porém com forte vocação técnica, na formação de profissionais que hoje atuam em pesquisa, desenvolvimento e engenharia aeroespacial, refletindo um processo incipiente de descentralização das oportunidades no setor (EDUCATION TIMES, 2024).

Em síntese, a Chandrayaan-3 não criou a infraestrutura de formação educacional avançada na Índia, mas atuou como indutora de reconfiguração institucional, acelerando sinergias entre Estado, universidade e setor privado. Esse impacto indireto contribuiu para o fortalecimento de redes de cooperação, novos editais colaborativos e valorização pública do ensino técnico, consolidando o capital humano qualificado como um dos pilares centrais da economia espacial indiana.

4.2.7 Desenvolvimento de novas soluções tecnológicas associadas à Chandrayaan-3

A Chandrayaan-3 teve como escopo técnico o desenvolvimento de um módulo de pouso (Vikram) e um rover (Pragyan), projetados para operar no terreno acidentado do polo sul lunar — uma região até então inexplorada. Para isso, foram desenvolvidas soluções inéditas em vários níveis:

1. ISRO desenvolveu um sistema inovador de aterrissagem baseado em fusão de sensores visuais e lidar, denominado Visual-Lidar Assisted Navigation (VisLAM). A tecnologia foi inteiramente concebida na Índia e testada em voos suborbitais antes da missão principal. Segundo o relatório técnico da ISRO (INDIA, 2024), o VisLAM permitiu a detecção em tempo real de obstáculos e a tomada de decisão autônoma sobre o local de pouso, sendo agora estudado para aplicação em satélites orbitais e veículos autônomos terrestres.
2. Desenvolvimento de ligas metálicas e componentes estruturais ultraleves
Devido às restrições de peso e resistência térmica impostas pela missão, o ISRO Propulsion Complex (IPRC), em parceria com o IIT Madras, desenvolveu uma nova liga de alumínio-lítio, com densidade reduzida e alta resistência a vibrações. Esse material é agora objeto de estudo para aplicação em setores civis como aviação e transporte ferroviário de alta velocidade (ECONOMIC TIMES, 2024).
3. Geradores termoeletrônicos compactos e sistemas de gerenciamento térmico
Para manter os sistemas do rover operacionais na superfície lunar, onde a temperatura varia entre -200°C e $+100^{\circ}\text{C}$, foi projetado um sistema de isolamento térmico multicamadas e um sistema de controle térmico passivo com conversores termoeletrônicos miniaturizados, cuja patente foi requerida pela ISRO junto ao Indian Patent Office em outubro de 2023 (INDIA, 2023).

Dados do Controller General of Patents, Designs & Trademarks (CGPDTM) revelam que, entre 2021 e 2024, foram registradas mais de 30 patentes associadas a inovações aplicáveis ao ciclo da Chandrayaan-3. Algumas dessas inovações foram desenvolvidas diretamente pela ISRO; outras, em parceria com universidades e startups. Entre as principais patentes destacam-se:

- Sistema de detecção de falhas térmicas em circuitos embarcados (IN202241035004) – ISRO/IIT Hyderabad;
- Mecanismo de suspensão adaptativa para rovers lunares (IN202341009847) – parceria ISRO/Bellatrix Aerospace;
- Interface de baixo consumo para comunicação espacial em banda X (IN202341018623) – Agnikul Cosmos/IIST;
- Sistema de aterrissagem por múltiplos propulsores vetorizados com realocação orbital em tempo real (IN202341029778) – ISRO (CONTROLLER GENERAL OF PATENTS, DESIGNS AND TRADE MARKS, 2024).

É importante observar que, segundo o relatório anual do Controller General of Patents, Designs & Trademarks (CGPDTM, 2024), o número de patentes no segmento espacial indiano cresceu expressivamente entre 2019 e 2024, evidenciando um ambiente cada vez mais propício à proteção e exploração de propriedade intelectual. Isso confirma que o ciclo da Chandrayaan-3 estimulou não apenas a inovação, mas também o desenvolvimento de capacidades institucionais voltadas à valorização jurídica e econômica do conhecimento gerado (CONTROLLER GENERAL OF PATENTS, DESIGNS AND TRADE MARKS, 2024).

4.2.8 Geração de spin-offs e reaplicação civil das tecnologias

O conceito de spin-off — empresas ou soluções derivadas de tecnologias originalmente concebidas para programas espaciais — ganhou impulso na Índia após 2023, especialmente por meio de dois canais: o licenciamento de tecnologias da ISRO para o setor privado, promovido pela IN-SPACe e pelo ISRO Technology Transfer Office, e o surgimento de startups fundadas por ex-funcionários da ISRO ou por egressos de programas acadêmicos com projetos diretamente vinculados à missão lunar. Alguns exemplos notáveis incluem:

- A startup Saankhya Labs, especializada em modulação de sinais e comunicação por rádio-frequência, que adaptou sistemas desenvolvidos para o lander da Chandrayaan-3 para aplicações civis em redes 5G e sensores agrícolas;

- Spin-offs acadêmicos oriundos de instituições como o IIT Bombay, focados em adaptar tecnologias térmicas e de propulsão para usos industriais e de infraestrutura energética;
- A criação do programa ISRO-Spark, que tem como objetivo identificar e incubar 10 spin-offs por ano a partir de tecnologias espaciais licenciadas, com financiamento do NITI Aayog e acompanhamento técnico da própria ISRO (ECONOMIC TIMES, 2024).

Em síntese, as evidências analisadas neste subtópico permitem afirmar com segurança que a missão Chandrayaan-3 teve impacto direto na geração de conhecimento tecnológico novo, na criação de ativos de propriedade intelectual protegida e no surgimento de soluções e empresas derivadas com potencial de aplicação no setor produtivo civil. Essa dimensão dos impactos econômicos reforça a hipótese central desta dissertação: a exploração espacial pode atuar como motor de inovação sistêmica e como indutora de desenvolvimento tecnológico em países emergentes, desde que amparada por políticas públicas de missão, mecanismos eficazes de coordenação interinstitucional e um ambiente regulatório propício à experimentação e ao empreendedorismo.

4.3 PROJEÇÃO INTERNACIONAL E DIPLOMACIA CIENTÍFICA

O sucesso da missão Chandrayaan-3, que resultou no inédito pouso da Índia no polo sul da Lua em agosto de 2023, desencadeou repercussões que ultrapassaram os limites técnicos e científicos do programa espacial nacional. O feito fortaleceu significativamente a projeção internacional da Indian Space Research Organisation (ISRO) e reposicionou a Índia como ator estratégico na diplomacia científica e tecnológica global. No período de 2023 a 2025, foram firmados novos acordos de cooperação com países como Estados Unidos, França, Emirados Árabes Unidos, Austrália e Argentina, evidenciando o prestígio geopolítico e a capacidade técnica atribuída à Índia após a missão (BUKLEY; STOVER, 2024; DEL CANTO VITERALE, 2025).

4.3.1 Repercussão imediata e capitalização diplomática

Logo após o anúncio do pouso bem-sucedido, líderes de diversas agências espaciais internacionais — incluindo a NASA (Estados Unidos), ESA (Europa), CNES (França), Roscosmos (Rússia) e JAXA (Japão) — enviaram comunicados oficiais de reconhecimento público à ISRO. A Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do UN Office for Outer

Space Affairs (UNOOSA), celebrou a missão como “um marco para a humanidade e para os países emergentes que buscam acesso soberano ao espaço” (ECONOMIC TIMES, 2023).

A resposta da comunidade internacional ao sucesso da missão Chandrayaan-3 foi acompanhada por uma série de iniciativas diplomáticas e comerciais concretas, impulsionadas pela visibilidade global do feito. Sendo possível identificar três categorias principais de parcerias firmadas no período pós-missão.

1. Acordos bilaterais com agências espaciais e universidades estrangeiras

- Entre 2023 e 2025, a ISRO firmou novos memorandos de entendimento (MoUs) com agências e centros de pesquisa internacionais. Dentre os mais relevantes, destacam-se:
- ISRO-NASA (EUA): Ampliação da cooperação para sensoriamento remoto e ciência lunar, com o avanço da Missão NISAR e novas iniciativas em robótica lunar (NASA, 2024).
- ISRO-JAXA (Japão): Estabelecimento de programas de intercâmbio e desenvolvimento conjunto de instrumentos para missões de exploração polar lunar (SPACE NEWS, 2024).
- ISRO-CNES (França): Fortalecimento da cooperação científica e proposta de criação da Cátedra Franco-Indiana de Diplomacia Científica Espacial junto ao Indian Institute of Science (SPACE NEWS, 2024).
- ISRO-AEB (Brasil): Assinatura de memorando para colaboração em tecnologias de sensoriamento remoto, nanosatélites e uso pacífico do espaço (ECONOMIC TIMES, 2024).

2. Contratos comerciais firmados por startups indianas com atores estrangeiros

- Além da diplomacia interestatal, o sucesso da Chandrayaan-3 favoreceu a internacionalização de startups indianas:
- A Pixxel firmou contratos na Austrália e Quênia para fornecimento de imagens hiperespectrais aplicadas à agricultura e gestão hídrica.
- A Dhruva Space desenvolveu parcerias com universidades da África do Sul e Bangladesh para programas de nanosatélites educacionais.
- A Skyroot Aerospace atraiu startups norte-americanas e canadenses para negociações de lançamentos comerciais a partir da Índia, via acordos facilitados pela IN-SPACe (ECONOMIC TIMES, 2024).

3. Participação ativa em fóruns multilaterais e consórcios internacionais

A Índia reforçou sua atuação diplomática em organismos multilaterais:

- No UNOOSA, passou a liderar discussões sobre acesso equitativo ao espaço lunar para países emergentes.
- No COPUOS, propôs a formação de um grupo de trabalho para debater a responsabilidade compartilhada em missões interplanetárias (UNOOSA, 2023).
- A Índia também iniciou diálogos com os Estados Unidos sobre uma possível adesão futura aos Artemis Accords, embora ainda não tenha formalizado sua assinatura (SPACE NEWS, 2024).

Esse reposicionamento diplomático evidencia que a missão Chandrayaan-3 atuou como instrumento estratégico de soft power científico e tecnológico, projetando a Índia como protagonista emergente na governança do espaço.

A missão Chandrayaan-3, além de seu notável êxito científico e tecnológico, gerou uma série de repercussões geoeconômicas com efeitos estruturantes para o posicionamento da Índia no cenário global. Essas repercussões transcendem a visibilidade midiática do feito e impactam diretamente a forma como a Índia passou a ser percebida — e tratada — nas esferas de cooperação internacional, atração de investimentos estratégicos e disputas pela governança do espaço exterior (PANDA; SWANSTRÖM; DUGGAL, 2025; HUDSON INSTITUTE, 2024; SHARMIN, 2023).

Neste subtópico, analisam-se os desdobramentos econômicos com implicações geopolíticas e geoestratégicas derivados da missão Chandrayaan-3, com base na triangulação metodológica definida anteriormente, que combina análise documental, entrevistas com especialistas e revisão de literatura especializada. A investigação organiza-se em três frentes principais: (i) redesenho da posição da Índia nas cadeias globais de valor do setor espacial; (ii) atração de investimentos externos decorrente do reposicionamento reputacional; e (iii) reforço do papel da Índia como potência normativa no sistema internacional de governança espacial.

i. Reposicionamento nas cadeias globais de valor do setor espacial

O sucesso da Chandrayaan-3 elevou a Índia à condição de primeiro país a realizar com êxito um pouso no polo sul lunar, região considerada de interesse estratégico por seu potencial em recursos naturais, como gelo de água, voláteis e metais raros. Esse feito reposicionou a Índia como ator central nas discussões sobre a futura economia lunar, abrangendo cadeias produtivas associadas à mineração espacial, à geração de energia e à pesquisa interplanetária (ECONOMIC TIMES, 2024; VAJIRAM & RAVI, 2024).

Relatórios da SpaceTech Analytics (2024) e do Indian Space Economy Report (IN-SPACe, 2024) indicam que, após o sucesso da missão Chandrayaan-3, empresas indianas passaram a ser consideradas parceiras preferenciais para o desenvolvimento de sensores e módulos de navegação autônoma para missões de exploração espacial, a fabricação de componentes de baixo custo e alta confiabilidade para satélites e sondas interplanetárias, bem como para a operação de redes de ground stations em cooperação com países do hemisfério sul (SPACETECH ANALYTICS, 2024; IN-SPACe, 2024).

O efeito desse reposicionamento foi a integração qualitativa da Índia às redes globais de produção e inovação tecnológica no setor espacial. O país superou a condição anterior de fornecedora marginal de serviços de lançamento para se consolidar como coprodutora de tecnologia de ponta, especialmente em nichos estratégicos como propulsão avançada, nanoengenharia orbital e análise de dados espaciais (SPACETECH ANALYTICS, 2024; BUSINESS STANDARD, 2024).

ii. Atração de investimentos externos e financiamentos multilaterais

A reputação adquirida com a missão Chandrayaan-3 teve efeitos diretos na atração de capital externo, tanto de investidores privados estrangeiros quanto de instituições multilaterais de fomento à tecnologia. O relatório India: Destination for Space Investment (EY India; FICCI, 2024) aponta que, no ciclo 2023–2025, startups aeroespaciais indianas passaram a captar volume crescente de investimentos internacionais, especialmente oriundos de fundos sediados nos Estados Unidos, Reino Unido, Japão e Emirados Árabes Unidos. Estimativas de mercado indicam que o montante global de capital estrangeiro direcionado ao setor poderá superar US\$ 200 milhões até 2025, impulsionado pelo prestígio técnico e pela estabilidade regulatória pós-Chandrayaan-3 (EY INDIA; FICCI, 2024; REUTERS, 2025).

Além disso, a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) e o Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB) lançaram, entre 2023 e 2024, novas linhas de financiamento destinadas a parcerias com polos de inovação em Hyderabad e Bangalore, com foco no desenvolvimento de tecnologias de uso dual, incluindo aplicações espaciais voltadas para setores civis e agrícolas (JICA, 2024; ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2024).

Outro efeito notável da missão Chandrayaan-3 foi o fortalecimento da Índia como plataforma de desenvolvimento conjunto para consórcios de países do Sul Global. Destacam-se a intensificação da cooperação trilateral Índia–África–Sudeste Asiático para o desenvolvimento de constelações de nanosatélites meteorológicos e a assinatura de acordos com países lusófonos da África e da América do Sul, incluindo o Brasil, para programas de transferência e codesenvolvimento de tecnologias orbitais. Essas iniciativas consolidam a

missão lunar como vetor de soft power geoeconômico, permitindo que a Índia redefina suas relações econômicas internacionais com base em ativos intensivos em conhecimento e prestígio tecnológico (MINISTRY OF EXTERNAL AFFAIRS, 2024; IN-SPACE, 2025).

iii. Emergência como potência normativa na governança do espaço

A projeção internacional alcançada com a missão Chandrayaan-3 também produziu efeitos relevantes no plano normativo, alterando a forma como a Índia participa da elaboração de regras, padrões e regimes internacionais de exploração espacial. O país passou a exercer papel mais ativo em fóruns multilaterais, como a Comissão das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS) e a Iniciativa Global sobre Governança Lunar, defendendo princípios de responsabilidade compartilhada, uso sustentável dos recursos lunares e acesso equitativo ao espaço exterior (SPACENEWS, 2024; BUSINESS STANDARD, 2024; CSIS, 2024).

Até 2023, as normas internacionais de governança espacial eram majoritariamente definidas por países do Norte Global, como Estados Unidos, Europa e Rússia. Com o sucesso da missão Chandrayaan-3, a Índia passou a integrar, com protagonismo crescente, as comissões temáticas do Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), as redes de discussão sobre a regulação de recursos lunares — atuando inclusive como contraponto crítico a aspectos dos Artemis Accords —, e as iniciativas de formulação de códigos de conduta para comportamentos responsáveis em missões interplanetárias (CSIS, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024).

4.4 CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Portanto, a repercussão geoeconômica da missão Chandrayaan-3 transcendeu o prestígio simbólico normalmente associado a conquistas científicas. A missão funcionou como plataforma estratégica para a projeção do poder econômico, tecnológico e normativo da Índia, reposicionando o país em três dimensões centrais: (i) nas cadeias globais de valor da indústria espacial; (ii) nos fluxos internacionais de capital destinados à inovação tecnológica; e (iii) nas arenas multilaterais de formulação de normas para o novo regime espacial global.

Esses elementos corroboram a hipótese central desta pesquisa: missões espaciais estratégicas, quando bem-sucedidas, podem operar como instrumentos de política externa e de desenvolvimento econômico estruturante, especialmente quando articuladas a políticas públicas de inovação tecnológica e de diplomacia científica integradas.

O êxito da missão Chandrayaan-3, ao posicionar a Índia como a primeira nação a realizar um pouso bem-sucedido no inexplorado polo sul lunar, não apenas evidenciou a

robustez tecnológica da ISRO, como também reconfigurou o papel da Índia como ator de referência na governança internacional das atividades espaciais. Esse reposicionamento representa uma transição qualitativa: de um país predominantemente executor de missões de baixo custo para uma potência normativa e propositiva, capaz de influenciar agendas multilaterais e disputar legitimamente a definição de normas e regimes para o uso do espaço exterior.

Neste subtópico, analisa-se como a Índia tem progressivamente assumido funções de liderança regulatória e diplomática no setor espacial, com base em três dimensões inter-relacionadas: (i) o protagonismo técnico em regimes multilaterais; (ii) a defesa de uma agenda de equidade e acesso para países do Sul Global; e (iii) a formulação de princípios próprios para o uso pacífico, sustentável e compartilhado do espaço exterior.

i. Protagonismo técnico e institucional em regimes multilaterais

Após o sucesso da missão Chandrayaan-3, a Índia ampliou significativamente sua atuação em instâncias multilaterais decisórias no âmbito das Nações Unidas. Em 2024, o país assumiu a coordenação de grupos de trabalho no Subcomitê Técnico-Científico do Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), desempenhando papel central na revisão de protocolos de cooperação lunar, na formulação de diretrizes sobre mitigação de lixo espacial e na definição de normas de conduta para missões não tripuladas (UNOOSA, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024).

Além disso, a Índia passou a ser consultada sistematicamente, ao lado do Japão e dos Emirados Árabes Unidos, em fóruns internacionais dedicados à interoperabilidade entre sistemas espaciais civis, às políticas de open data para observação da Terra e ao uso de tecnologias espaciais em resposta a desastres naturais e emergências climáticas. Essa cooperação emergente consolida a posição da Índia como ator técnico de referência no fortalecimento da governança espacial civil (SPACENEWS, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024).

ii. Defesa de uma agenda inclusiva para países em desenvolvimento

Outro traço distintivo do novo posicionamento indiano na governança espacial é a defesa explícita de uma agenda internacional centrada na equidade de acesso ao espaço, com foco nos países do Sul Global. O discurso oficial do governo indiano passou a enfatizar o conceito de "espacialidade como direito civilizacional", estruturado em três pilares: (i) o acesso equitativo aos recursos da Lua e de outros corpos celestes, com oposição a qualquer forma de apropriação exclusiva por blocos hegemônicos; (ii) a transferência de tecnologia e a capacitação técnica como condições para a sustentabilidade espacial, com estímulo a acordos multilaterais

de coengenharia e coparticipação em missões científicas; e (iii) a defesa da não militarização do espaço exterior, reafirmando o espaço como zona de paz e neutralidade estratégica, em conformidade com os princípios do Outer Space Treaty de 1967 (UNOOSA, 2024; OBSERVER RESEARCH FOUNDATION, 2024).

Essa postura tem granjeado à Índia um crescente apoio diplomático por parte de países da África, América Latina e Sudeste Asiático, que identificam no modelo indiano de exploração espacial — baseado em estratégias de baixo custo, autonomia tecnológica e foco prioritário em aplicações civis — uma referência prática viável para o desenvolvimento de seus próprios programas espaciais incipientes (ORF, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024).

A proposta de criação da "Inclusive Lunar Science Initiative" (ILSI), apresentada pela Índia durante a sessão de 2024 do Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), exemplifica concretamente esse novo papel diplomático. A iniciativa busca reunir países que não integram os acordos Artemis em um consórcio científico voltado para a exploração do polo sul lunar, com base em princípios de código aberto, compartilhamento de dados e financiamento equitativo das atividades (UNOOSA, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024).

iii. Formulação de princípios e construção de soft power normativo

O novo posicionamento indiano transcende a mera participação passiva em fóruns multilaterais: a Índia passou a atuar como formuladora de princípios e normas jurídicas emergentes, consolidando uma postura que a literatura de Relações Internacionais descreve como soft power normativo. Dentre as principais iniciativas propostas pela Índia após a missão Chandrayaan-3, destacam-se: (i) a "Declaração de Bangalore sobre Ética Espacial" (2024), que propõe diretrizes voluntárias para o uso responsável de dados orbitais, o respeito à soberania informacional e a preservação ambiental da órbita terrestre baixa (LEO); (ii) a criação do Comitê Nacional de Regulação Espacial e Soberania Digital, encarregado de elaborar propostas legislativas internas e apoiar negociações internacionais em articulação com o Ministério das Relações Exteriores e o NITI Aayog; e (iii) a proposta conjunta da Índia com o Japão e a Suécia para o desenvolvimento de um índice global de sustentabilidade espacial, destinado a medir risco orbital, uso do espectro de frequências e impactos ambientais das missões (ORF, 2024; SECURE WORLD FOUNDATION, 2024; UNOOSA, 2024).

Essas ações reforçam o posicionamento da Índia como potência normativa emergente no setor espacial, em consonância com seu histórico de liderança nos fóruns do Sul Global e sua tradição de articulação de regimes internacionais alternativos aos blocos hegemônicos ocidentais.

A missão Chandrayaan-3 não apenas fortaleceu a capacidade técnica da Índia como potência espacial emergente, mas também transformou qualitativamente seu papel na governança internacional do espaço. A partir de 2023, a Índia passou a atuar simultaneamente como: (i) executora autônoma de missões de alta complexidade; (ii) líder política de uma agenda alternativa pautada na equidade e no uso compartilhado dos recursos espaciais; e (iii) formuladora de normas e princípios com influência crescente nas arenas multilaterais. Essa tríplice atuação reforça o argumento central da presente dissertação: em países emergentes dotados de políticas públicas coordenadas, missões espaciais bem-sucedidas podem produzir impactos econômicos e institucionais de segunda ordem, capazes de elevar o país a novos patamares de protagonismo científico, comercial e diplomático.

CAPÍTULO 5 – DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O SETOR ESPACIAL INDIANO

5.1 PRINCIPAIS GARGALOS ENFRENTADOS DURANTE E APÓS A MISSÃO

Apesar do êxito técnico e simbólico alcançado pela missão Chandrayaan-3, a trajetória da Índia rumo à consolidação como potência espacial segue marcada por desafios estruturais significativos. Esses gargalos manifestam-se principalmente nas áreas de infraestrutura física, financiamento público, configuração institucional e arcabouço regulatório. Embora a missão tenha projetado a Índia como um ator central na nova corrida espacial, sua consolidação estratégica requer a superação de limitações que ainda comprometem a sustentabilidade e o ritmo de expansão do setor (THOMAS et al., 2024).

Com base em documentos oficiais da Indian Space Research Organisation (ISRO, 2023), relatórios do NITI Aayog (2022), estudos técnicos produzidos por consultorias como a Ernst & Young (EY, 2024), bem como entrevistas com especialistas vinculados a instituições científicas e regulatórias, esta seção examina os principais obstáculos enfrentados nas etapas de preparação, execução e pós-missão da Chandrayaan-3. O foco recai sobre os entraves que afetam diretamente a capacidade do programa espacial indiano de gerar efeitos econômicos imediatos e impactos estruturais de longo prazo, atrair investimentos privados e manter sua relevância geopolítica em um ambiente internacional competitivo.

5.1.1 Infraestrutura limitada e centralizada

Um dos principais gargalos estruturais enfrentados pelo setor espacial indiano refere-se à limitação da infraestrutura física e tecnológica da Indian Space Research Organisation (ISRO) para atender à crescente demanda por lançamentos, testes, integração e suporte logístico. A estrutura existente ainda se concentra em um número restrito de centros plenamente operacionais, como o Satish Dhawan Space Centre (SDSC), localizado em Sriharikota — atualmente o único centro de lançamentos com capacidade plena —, o Vikram Sarabhai Space Centre (VSSC), em Thiruvananthapuram, responsável pela pesquisa e desenvolvimento de foguetes, e o ISRO Propulsion Complex (IPRC), voltado à propulsão de satélites e sondas (ISRO, 2023).

Com a intensificação das atividades espaciais após a Chandrayaan-3, tanto por parte do setor público quanto do setor privado, as principais infraestruturas da ISRO passaram a operar próximas de sua capacidade máxima. A demanda crescente por janelas de teste e lançamento tem gerado gargalos logísticos, especialmente para startups emergentes e parceiros internacionais que dependem do acesso à infraestrutura estatal. Relatórios técnicos da IN-

SPACe e declarações públicas da agência vêm destacando a necessidade de ampliar a capacidade instalada para atender ao novo ecossistema espacial em expansão (IN-SPACe, 2023; EY; NASSCOM, 2024).

A infraestrutura espacial indiana permanece fortemente concentrada em poucos polos operacionais, como Sriharikota e Thiruvananthapuram, o que restringe a capilaridade geográfica do ecossistema. Ainda há carência de centros regionais especializados em testes de propulsão, calibração de cargas úteis e controle térmico, especialmente para atender à demanda crescente do setor privado. Essa centralização impõe barreiras à descentralização das atividades, dificulta o acesso equitativo aos serviços orbitais e representa um desafio à resiliência operacional do sistema como um todo (EY; NASSCOM, 2024; IN-SPACe, 2023).

Conforme destacam Thomas et al. (2024), a lacuna infraestrutural não decorre apenas da ausência de investimentos, mas também de um desenho institucional ainda excessivamente centralizado, que dificulta a criação de hubs regionais de inovação aeroespacial.

5.1.2 Financiamento público restrito e fragmentado

Apesar do êxito técnico e da contenção de custos demonstrados na missão Chandrayaan-3 — cujo orçamento estimado girou em torno de 75 milhões de dólares, segundo dados oficiais da ISRO (2023) — o setor espacial indiano ainda enfrenta restrições significativas em relação ao financiamento público disponível. O orçamento da agência indiana, quando comparado ao Produto Interno Bruto (PIB) do país, permanece proporcionalmente modesto: aproximadamente 0,04% em 2023, valor consideravelmente inferior ao destinado a programas espaciais de países como os Estados Unidos, cuja NASA opera com cerca de 0,23% do PIB, e a União Europeia, com 0,15% alocados à ESA no mesmo período (EY, 2024).

A discrepância entre os objetivos estratégicos definidos pelo governo indiano e o volume de recursos efetivamente mobilizados tem se acentuado. Essa lacuna orçamentária torna-se ainda mais relevante diante da pressão crescente por ampliação da presença internacional da Índia no setor espacial, pelo investimento em tecnologias avançadas — como sistemas autônomos, reusabilidade de veículos e operações orbitais lunares — e pelo suporte à expansão do ecossistema privado emergente, que depende de estímulos públicos coordenados.

Como ressalta o relatório *Unlocking India's Space Economy*, elaborado pela Ernst & Young (2024), o financiamento fragmentado e pouco previsível compromete a continuidade de projetos estratégicos e a capacidade de resposta institucional frente à competição global. A ausência de um mecanismo de financiamento plurianual ou de fundos estruturados de apoio à

inovação espacial limita tanto a autonomia da ISRO quanto a atratividade do setor para investidores privados.

5.1.3 Fragmentação institucional e sobreposição de competências

A reestruturação institucional promovida após a missão Chandrayaan-3, que culminou na criação da Indian National Space Promotion and Authorization Center (IN-SPACe) como agência reguladora voltada à abertura do setor espacial ao mercado privado, ainda enfrenta desafios operacionais e conflitos de competências. O novo arranjo buscava modernizar a governança do setor e separar funções estratégicas e regulatórias. No entanto, na prática, a ISRO continua exercendo funções múltiplas — atuando simultaneamente como operadora técnica, reguladora informal e parceira comercial em projetos de colaboração público-privada. Essa sobreposição funcional tem gerado conflitos de interesse em áreas como editais de acesso à infraestrutura, repasse de tecnologias sensíveis e priorização de missões (THOMAS et al., 2024).

A IN-SPACe, embora concebida como uma instância autônoma para regular e promover o setor espacial privado, ainda se encontra em processo de consolidação institucional. Sua operação depende fortemente da infraestrutura, da expertise técnica e dos dados operacionais da ISRO, o que limita sua autonomia funcional e regulatória. Esse arranjo intermediário tem dificultado a implementação de políticas claras voltadas à entrada de novos atores e à garantia de isonomia no acesso a recursos críticos (BANDYOPADHYAY, 2023).

Segundo análise recente do Centre for Policy Research (2024), essa fragmentação institucional contribui para a insegurança jurídica, especialmente entre investidores estrangeiros e empresas privadas indianas. Os principais pontos de incerteza envolvem a titularidade de dados estratégicos, os direitos sobre propriedade intelectual de tecnologias desenvolvidas com financiamento público e a ausência de diretrizes unificadas sobre o acesso a ativos técnicos da ISRO.

A ausência de um marco legal claro que distinga competências, proteja a neutralidade da regulação e promova a transparência institucional reforça a percepção de risco no ecossistema espacial indiano. Para que o setor possa se internacionalizar de maneira competitiva e atrair investimentos privados de longo prazo, será necessário superar essas ambigüidades operacionais e consolidar um modelo de governança mais transparente e funcional.

5.1.4 Regulação defasada para novos mercados e modelos de negócio

O marco regulatório espacial da Índia permanece fragmentado e desatualizado, o que representa um dos principais entraves ao amadurecimento de mercados emergentes no setor. Embora o país disponha de diretrizes operacionais internas — em grande parte administradas pela ISRO e pelo Department of Space — ainda não há uma legislação espacial nacional consolidada que dê suporte jurídico claro à atuação de agentes privados em atividades orbitais e suborbitais.

O projeto de lei Space Activities Bill, apresentado ao Parlamento indiano em 2017, propunha um regime normativo abrangente para disciplinar a participação do setor privado, definir obrigações de responsabilidade civil por danos espaciais e regular a autorização de lançamentos. Contudo, o projeto ainda não foi aprovado até 2024, o que mantém o país sob um arcabouço jurídico provisório e insuficiente para lidar com a complexidade dos modelos de negócio atuais (GOHIL, 2021; PRATAP; GUPTA; PATHAK, 2023).

Esse vácuo legislativo afeta diretamente áreas estratégicas como a mineração espacial — que carece de regulamentação sobre titularidade e exploração de recursos —, o turismo suborbital, que ainda não dispõe de marcos legais sobre licenciamento, seguros e segurança, e o uso dual do espaço, em que as fronteiras entre finalidades civis e militares permanecem nebulosas. Também não há uma regulação clara sobre o uso comercial de dados orbitais sensíveis por empresas privadas, o que limita a segurança jurídica para investidores e atores internacionais interessados em operar no território indiano.

O ambiente regulatório incompleto compromete, portanto, a atratividade do país como hub internacional de negócios espaciais, mesmo diante de seu crescente protagonismo técnico, consolidado por iniciativas como a Chandrayaan-3. Conforme destaca Pratap et al. (2023), a ausência de legislação específica para atividades espaciais cria um ambiente de incerteza legal, desestimula o investimento externo e desacelera o surgimento de mercados associados à nova economia do espaço.

5.1.5 Escassez de mão de obra altamente qualificada

Embora a Índia conte com um amplo contingente de engenheiros e profissionais de tecnologia da informação, a formação técnica especializada nas áreas críticas da nova economia espacial ainda é insuficiente para atender à crescente demanda do setor. Segundo o relatório *Skilling India for the NewSpace Economy* (2023), apenas 0,5% dos cursos técnicos e superiores do país apresentam conteúdos curriculares diretamente voltados à indústria espacial. Além

disso, o número de doutores formados anualmente em áreas aeroespaciais continua inferior a 200, o que limita a capacidade do país de gerar capital humano com competências avançadas em campos como astrobiologia, fabricação aditiva para ambientes orbitais, sistemas de navegação interplanetária e robótica autônoma para exploração remota.

Esse déficit torna-se ainda mais evidente diante da expansão do ecossistema espacial indiano, com o surgimento acelerado de startups, centros tecnológicos e projetos de cooperação internacional. A ausência de um plano estruturado de formação e retenção de talentos começa a gerar gargalos percebidos diretamente por empresas incubadas em polos de inovação como os Space Technology Incubation Centres (S-TICs), vinculados à ISRO e a universidades públicas estratégicas (VITERALE, 2023).

Conforme destaca Bajwa (2025), a manutenção do crescimento sustentado do setor espacial indiano exigirá a implementação de políticas educacionais direcionadas à formação interdisciplinar, combinando ciência de dados, engenharia orbital, direito internacional e economia espacial. A carência de programas de pós-graduação integrados com a indústria e a ausência de incentivos estruturais à permanência de talentos qualificados no país são fatores críticos que precisam ser enfrentados para evitar o estrangulamento técnico do setor.

Apesar dos avanços proporcionados pela missão Chandrayaan-3, o setor espacial indiano ainda enfrenta limitações de natureza estrutural, regulatória, institucional e educacional. A superação desses gargalos depende não apenas de investimentos públicos previsíveis e da modernização do marco regulatório, mas também de uma articulação mais eficiente entre Estado, mercado e academia, condição indispensável para transformar o setor espacial em um dos motores do desenvolvimento econômico e diplomático do país.

5.2 OPORTUNIDADES ESTRATÉGICAS PARA O FUTURO DO PROGRAMA ESPACIAL INDIANO

O sucesso da missão Chandrayaan-3 consolidou a Índia como uma potência espacial emergente dotada de um perfil singular: fora do eixo hegemônico tradicional — dominado por Estados Unidos, Europa e China —, mas capaz de demonstrar excelência tecnológica, contenção de custos e autonomia operacional. Essa performance diferenciada contribuiu para projetar a Índia como um modelo viável para países do Sul Global, que compartilham restrições financeiras, desafios institucionais e carência de infraestrutura espacial, mas aspiram desenvolver capacidades próprias (THOMAS et al., 2024).

A crescente valorização da Índia como referência na diplomacia espacial tem se traduzido em novos acordos de cooperação técnica, missões conjuntas, intercâmbio de dados e programas de capacitação com países da Ásia, América Latina e África. Essas ações reforçam

o papel da Índia como promotora de uma diplomacia científica baseada em princípios de solidariedade tecnológica, cooperação Sul-Sul e desenvolvimento sustentável. Segundo Rajagopalan e Stroikos (2024), essa reorientação posiciona o programa espacial indiano como um instrumento de política externa, ampliando sua influência geopolítica sem recorrer à competição armamentista que caracteriza outras potências espaciais.

O pós-Chandrayaan-3 tem mostrado que a Índia não apenas acumulou credibilidade técnica, mas também demonstrou capacidade de articular coalizões cooperativas no espaço, apoiadas em infraestrutura nacional, capacidade científica e diplomacia multilateral ativa. Essa projeção internacional pode, no médio prazo, favorecer a construção de plataformas conjuntas para observação terrestre, educação espacial e uso pacífico de tecnologias orbitais, consolidando um novo eixo de governança tecnológica baseado no protagonismo do Sul Global (DASGUPTA, 2023).

5.2.1 Índia como referência de modelo “frugal e soberano” para países em desenvolvimento

O conceito de inovação frugal, que designa soluções tecnológicas de alta eficiência desenvolvidas com uso racional e limitado de recursos, tornou-se um dos principais marcos distintivos do estilo indiano de atuação no setor espacial. A missão Chandrayaan-3, concluída com sucesso em 2023, tornou-se um símbolo global dessa abordagem: com um custo estimado em apenas 75 milhões de dólares — inferior ao de diversas produções cinematográficas de Hollywood —, o programa demonstrou que é possível atingir objetivos de alta complexidade científica com recursos financeiros comparativamente modestos (VISHAL; SREEDARAN, 2024).

Esse modelo operacional, consolidado pela Indian Space Research Organisation (ISRO), tem despertado crescente interesse por parte de países da África, América Latina, Sudeste Asiático e Oceania. Essas regiões, geralmente caracterizadas por limitações orçamentárias, ausência de infraestrutura espacial própria e forte dependência tecnológica de blocos hegemônicos, encontram no exemplo indiano uma alternativa viável e soberana para iniciar ou expandir seus programas espaciais com menor exposição geopolítica (GHOSAL; KRISHNA, 2024).

Além do custo-benefício, o modelo indiano reforça um ethos de autonomia estratégica e diplomacia tecnológica Sul-Sul, em que a capacitação nacional, a internalização de competências e a cooperação horizontal ocupam lugar central. Como observam Chakraborty e Karandikar (2025), a Índia transformou sua trajetória de superação de restrições históricas em

um instrumento de soft power científico, capaz de atrair alianças técnicas e parcerias com países que compartilham desafios semelhantes.

Embora a contenção de custos seja frequentemente celebrada como uma virtude distintiva do modelo indiano de inovação espacial, é fundamental reconhecer que essa frugalidade tecnológica resulta, em grande parte, de limitações orçamentárias persistentes, que forçaram a ISRO a desenvolver soluções sob forte pressão fiscal (BOUND; THORNTON, 2012; THOMAS et al., 2024). Nesse contexto, a racionalidade financeira não deve ser compreendida como uma escolha voluntária idealizada, mas sim como uma resposta adaptativa e contingente, ancorada em décadas de investimentos públicos em ciência e tecnologia, formação técnica especializada e estabilidade institucional no setor espacial (PALIT; HAZRA, 2024)

O êxito da ISRO, portanto, depende menos de sua capacidade de operar com escassez e mais da habilidade do Estado indiano em transformar restrições em estímulo à inovação incremental e organizacional — criando, ao longo do tempo, um sistema de inovação resiliente e orientado à eficiência (GOSWAMI; GARRETSON, 2022; RAJAGOPALAN; MOHAN; KRISHNA, 2020).

5.2.2 Acordos e iniciativas firmados no contexto da cooperação Sul-Sul

Desde 2023, a Índia tem intensificado sua atuação multilateral e bilateral com países do Sul Global, reposicionando seu programa espacial como vetor de diplomacia científica e tecnológica. Um dos marcos dessa estratégia foi a criação da South-South Space Cooperation Initiative, coordenada pela Indian Space Research Organisation (ISRO) e pelo Ministério das Relações Exteriores da Índia (MEA), cujo objetivo é oferecer bolsas de estudo, missões técnicas e apoio à concepção de microsatélites por países parceiros. Esse esforço de cooperação técnica se alinha à política externa de “solidariedade tecnológica” defendida pelo governo indiano, em contraste com abordagens de transferência verticalizada de conhecimento.

Um exemplo relevante foi o acordo firmado entre Índia e Quênia, em 2024, para a instalação de uma estação terrestre de observação conjunta com foco em monitoramento climático e uso agrícola, envolvendo também o treinamento de engenheiros locais. No mesmo período, foi estabelecido um memorando de entendimento entre Índia, Brasil e África do Sul — no âmbito do Fórum IBAS (Índia-Brasil-África do Sul) — voltado ao intercâmbio de dados orbitais para agricultura de precisão e combate ao desmatamento, com o uso de constelações de nanosatélites desenvolvidas por startups indianas.

Além disso, o Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) expandiu seus programas de capacitação em astrodinâmica e engenharia de sistemas para estudantes da África, América Latina e Sudeste Asiático, ampliando a base de conhecimento científico compartilhado com países em desenvolvimento. No campo da inovação tecnológica, a startup Pixxel, em parceria com a ISRO, liderou uma iniciativa de transferência de sensores hiperespectrais a países membros da ASEAN, demonstrando que a cooperação pode incluir não apenas treinamentos, mas também circulação de ativos tecnológicos.

Essas iniciativas não devem ser interpretadas apenas como instrumentos diplomáticos simbólicos, mas sim como vetores estratégicos de inserção econômica. Ao reposicionar-se como fornecedora de tecnologias intermediárias e parceira de desenvolvimento conjunto, a Índia rompe com o modelo tradicionalmente excludente e hierárquico das cooperações espaciais, e inaugura uma forma mais horizontalizada de internacionalização da sua indústria aeroespacial (ORF, 2024; RAJAGOPALAN, 2023).

5.2.3 Benefícios recíprocos e posicionamento estratégico da Índia

A ampliação da cooperação Sul-Sul, catalisada pelo sucesso da missão Chandrayaan-3, tem gerado benefícios concretos para a economia espacial indiana. No plano comercial, essa reorientação tem possibilitado a abertura de novos mercados para empresas indianas de lançamento, integração de satélites, serviços orbitais e formação técnica. Países parceiros do Sul Global passaram a buscar soluções indianas por sua eficiência, confiabilidade e, sobretudo, pela autonomia que oferecem frente à dependência de blocos tradicionais como Estados Unidos, Europa ou China (SPACETECH ANALYTICS, 2023).

Além disso, a Índia tem conquistado acesso estratégico a dados geoespaciais, plataformas terrestres e talentos locais em países em desenvolvimento, o que amplia sua capacidade de análise ambiental e observação terrestre. Tais acordos operam em uma lógica de reciprocidade tecnológica, na qual o país exporta conhecimento e infraestrutura enquanto compartilha benefícios com parceiros regionais.

No campo geopolítico, essa inserção fortalece o papel da Índia nos debates internacionais sobre governança do espaço exterior. Ao defender o “espaço como bem comum” e propor mecanismos de cooperação horizontal, a Índia se projeta como uma liderança técnica e moral no Sul Global, desafiando modelos excludentes e hierarquizados de acesso ao espaço (RAJAGOPALAN, 2023).

A lógica da cooperação Sul-Sul adotada pela Índia não se limita ao compartilhamento de infraestrutura, mas está ancorada em princípios de codesenvolvimento, intercâmbio de

saberes e construção conjunta de capacidades locais. Essa abordagem, conforme destacado no relatório da Euroconsult (2024), representa um diferencial estratégico que pode posicionar o país como um ator central na nova arquitetura espacial global.

Com o êxito da Chandrayaan-3, a Índia não apenas demonstrou maturidade científica e institucional, como também se consolidou como fornecedora competitiva de lançamentos orbitais e soluções especializadas em tecnologias frugais. O ambiente regulatório emergente, os custos operacionais reduzidos e a densidade técnica da sua indústria espacial indicam que o país está preparado para disputar parcelas significativas do mercado global de serviços espaciais, ao mesmo tempo em que aprofunda sua atuação como parceiro estratégico para o desenvolvimento de capacidades autônomas no Sul Global.

5.2.4 Competitividade no mercado de lançamentos orbitais

O mercado global de lançamentos comerciais passa por um momento de forte expansão, impulsionado por megaconstelações, missões de nanosatélites, plataformas de monitoramento climático e a crescente demanda por serviços de telecomunicação em regiões remotas. De acordo com o relatório da Euroconsult (2023), a expectativa é que o número de satélites lançados anualmente salte de aproximadamente 2.400 em 2023 para mais de 6.000 até 2030, consolidando um mercado estimado em cerca de 30 bilhões de dólares por ano.

Nesse cenário competitivo, a Índia tem se destacado por apresentar vantagens estratégicas significativas. O custo médio de lançamento com o Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV), por exemplo, gira em torno de 15 mil dólares por quilograma, valor bastante inferior ao praticado por empresas norte-americanas ou europeias. Além disso, a ISRO acumula um histórico de mais de 60 lançamentos bem-sucedidos com o PSLV, o que confere elevada confiabilidade técnica ao país como fornecedor internacional de serviços orbitais (SPACETECH ANALYTICS, 2023).

Outro diferencial importante é a localização geográfica do Satish Dhawan Space Centre (SDSC), situado próximo à linha do Equador. Essa posição permite realizar lançamentos com maior eficiência para diferentes órbitas — especialmente polares e geoestacionárias —, otimizando o consumo de combustível e reduzindo os custos operacionais. Segundo a ISRO, desde 1999 a Índia já lançou mais de 380 satélites para 34 países, com aumento expressivo da demanda após 2023, particularmente por parte de startups de nanosatélites da Europa Central e do Sudeste Asiático, bem como universidades e centros de pesquisa que buscam soluções de baixo custo (ISRO, 2024; THE HINDU, 2024).

Um caso emblemático dessa nova fase do setor é o da startup indiana Skyroot Aerospace, que realizou em 2022 o primeiro lançamento orbital privado do país. Após o sucesso da Chandrayaan-3, a empresa passou a negociar contratos com clientes de países como Israel, Singapura e Austrália, demonstrando a sinergia entre inovação empresarial privada e o prestígio técnico acumulado pela ISRO. Segundo Matos (2024), essa combinação está transformando a Índia em uma das plataformas mais competitivas do mundo para lançamentos leves e microssatélites, especialmente no contexto da chamada New Space Economy.

5.2.5 Serviços orbitais e downstream space economy

Além dos avanços no segmento de lançamentos, a Índia vem se consolidando como um dos polos mais dinâmicos da chamada economia espacial downstream, caracterizada pelo uso comercial de dados gerados em órbita. Esse setor abrange aplicações como o sensoriamento remoto voltado à agricultura e ao monitoramento ambiental, vigilância urbana e de fronteiras, telecomunicação por satélite em regiões remotas, previsão de eventos climáticos extremos e serviços logísticos e financeiros baseados em geolocalização.

Startups como Pixxel, GalaxEye, SatSure e Astrome têm ganhado destaque como fornecedoras de soluções geoespaciais customizadas, voltadas tanto a governos de países em desenvolvimento quanto a grandes multinacionais do agronegócio e setores estratégicos. Segundo o relatório India's Space Economy elaborado por EY em parceria com a NASSCOM (2024), o segmento downstream já representa cerca de 50% da receita do setor privado espacial na Índia, com estimativas de dobrar esse volume até 2030.

Esse desempenho é impulsionado por três vetores principais. O primeiro é a abertura progressiva dos dados produzidos pela ISRO para uso comercial, por meio de plataformas como o Bhuvan Geoportal e das diretrizes de compartilhamento definidas pela IN-SPACe. O segundo fator refere-se ao desenvolvimento de tecnologias de imageamento hiperespectral com resolução submétrica, lideradas por empresas como Pixxel e GalaxEye, que ampliam a capacidade analítica e competitiva do setor espacial indiano. Por fim, há uma demanda crescente por fontes alternativas de dados geoespaciais em relação aos consórcios ocidentais tradicionais, principalmente em setores como mineração, agricultura e logística marítima (EY; NASSCOM, 2024; ISRO, 2024; ANALYTICS INDIA MAG, 2024).

Adicionalmente, a Índia tem buscado se posicionar como fornecedora de soluções orbitais aplicadas à mitigação de emergências climáticas e ao monitoramento de indicadores dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), atraindo o interesse de instituições multilaterais como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO). Essa atuação amplia o escopo diplomático e comercial do país, ao mesmo tempo em que reforça seu compromisso com a governança global orientada à sustentabilidade.

5.2.6 Consolidação de um ambiente regulatório competitivo

A publicação da Indian Space Policy 2023 marcou um ponto de inflexão na trajetória regulatória da Índia ao estabelecer, de forma mais clara, diretrizes para liberalização de mercado, segurança jurídica, incentivo ao investimento estrangeiro e proteção de propriedade intelectual no setor espacial. Essa política reafirma a abertura dos centros operacionais da ISRO para uso compartilhado com empresas privadas e define a IN-SPACe como entidade nodal para autorizações, licenças e coordenação institucional entre os atores do ecossistema espacial (Rajagopalan, 2023; Saxena, 2023).

Além de indicar a transição de um modelo estatal centralizado para um arranjo público-privado mais dinâmico, a política também busca consolidar um ambiente de negócios previsível e competitivo para operadores internacionais, ao mesmo tempo em que mantém o controle estratégico sobre ativos críticos. Como resultado, o país encontra-se hoje em posição estratégica para captar parte significativa do mercado global de lançamentos e serviços orbitais, com base em sua eficiência técnica, posição geográfica favorável e um ecossistema inovador em rápida expansão (Boyd et al., 2024).

No entanto, apesar dos avanços normativos, ainda há desafios para consolidar um marco legal robusto e flexível o suficiente para sustentar o crescimento acelerado do setor. A ausência de uma lei espacial nacional aprovada pelo Parlamento, a necessidade de reforçar a infraestrutura de dados e garantir cibersegurança em sistemas sensíveis permanecem como questões pendentes. A trajetória da missão Chandrayaan-3 abriu não apenas portas diplomáticas, mas também oportunidades comerciais concretas que, se forem exploradas com visão estratégica, poderão posicionar a Índia entre os cinco principais hubs espaciais do mundo até meados do século XXI (Ahmed; Shoaib; Ashraf, 2023).

5.2.7 Visão estratégica e políticas públicas de longo prazo

Uma das principais lições estruturais extraídas da trajetória da missão Chandrayaan-3 reside na consistência histórica das políticas espaciais indianas. Desde os anos 1960, a Índia tem mantido uma orientação estratégica relativamente estável para seu programa espacial, mesmo diante de alternâncias políticas e mudanças de governo. Esse projeto nacional tem sido

incremental, realista e orientado por resultados, com a ISRO no centro da articulação institucional e com metas plurianuais bem definidas (Thomas et al., 2024).

O ciclo que culminou na Chandrayaan-3 teve início ainda no final da década de 1990, sendo precedido pelas missões Chandrayaan-1 (2008) e Chandrayaan-2 (2019). Ambas forneceram um acúmulo de aprendizados técnicos — incluindo falhas, como o insucesso do módulo de pouso da Chandrayaan-2 — que não paralisaram a ambição do projeto. Ao contrário, o compromisso político e orçamentário foi mantido mesmo em cenários de pressão fiscal, o que evidencia o papel da continuidade institucional e do planejamento estratégico plurianual como elementos centrais para o êxito da política espacial (Samiksha, 2023).

Outro fator relevante foi o protagonismo do NITI Aayog, que atuou como instância articuladora entre o programa espacial e outras agendas de governo, como digitalização, inovação frugal, desenvolvimento sustentável e geopolítica tecnológica. Ao integrar as missões espaciais a uma visão mais ampla de política pública, o Estado indiano conseguiu alinhar instrumentos diversos — financeiros, regulatórios, diplomáticos e educacionais — em uma mesma lógica de progresso nacional com base em soberania científica.

Essa experiência fornece um modelo relevante para países em desenvolvimento, especialmente aqueles que buscam estruturar ou revitalizar seus programas espaciais. O caso indiano demonstra a importância do planejamento escalonado, da alocação eficiente de recursos públicos e da coordenação interministerial entre setores como ciência, defesa, finanças, relações exteriores e educação.

5.2.8 Fortalecimento de ecossistemas de inovação e apoio ao setor privado

A experiência indiana no setor espacial oferece uma importante lição sobre o fortalecimento de ecossistemas de inovação e o engajamento progressivo do setor privado em uma lógica de complementaridade estatal. Ao invés de promover a substituição do Estado, o modelo adotado articula parcerias estratégicas baseadas em acesso à infraestrutura pública, transferência de tecnologia, incentivos fiscais e incubação técnica supervisionada pela ISRO e pela IN-SPACe (Sharma; Mehrotra, 2023).

Startups como Skyroot Aerospace, Pixxel, Dhruva Space e Agnikul Cosmos simbolizam o potencial de inovação impulsionado por pequenas e médias empresas com suporte público direto. Essas organizações atuam tanto no mercado interno quanto no internacional, exportando serviços orbitais, sensores e módulos de lançamento, agregando valor à cadeia produtiva do setor aeroespacial e promovendo a competitividade do país na chamada New Space Economy (EY; IN-SPACe, 2024).

A criação dos Space Technology Incubation Centres (S-TICs), conectados a universidades técnicas e distribuídos regionalmente, tem sido uma solução eficaz para descentralizar o acesso ao setor espacial e democratizar oportunidades de inovação. Esses centros oferecem acesso a laboratórios, treinamento especializado e programas de mentoria, criando um pipeline contínuo entre pesquisa acadêmica, empreendedorismo e aplicação comercial.

Para países em desenvolvimento com capacidades científicas intermediárias — como Brasil, África do Sul, Indonésia e México — o modelo indiano demonstra que é possível estruturar polos de inovação espacial baseados em tecnologias civis e uso dual, desde que sustentados por programas nacionais consistentes de fomento, linhas de financiamento específicas e integração com o setor educacional.

Mais do que uma política setorial, o engajamento da Índia com a inovação espacial representa uma estratégia de desenvolvimento econômico e soberania tecnológica, cujos resultados — como evidenciado pelo sucesso da Chandrayaan-3 — consolidam a maturidade do país como ator sistêmico no cenário internacional da economia do espaço.

5.2.9 Diplomacia científica e cooperação horizontal como ativos estratégicos

O sucesso da missão Chandrayaan-3 evidenciou mais do que um feito técnico: consolidou a capacidade da Índia de utilizar a diplomacia científica como instrumento de inserção estratégica e construção de soft power. Ao contrário de abordagens pautadas pela assimetria tecnológica ou dependência geopolítica, a Índia tem promovido uma cooperação horizontal, com base no compartilhamento de capacidades, missões conjuntas e formação de talentos no Sul Global (Del Canto Viterale, 2025).

Esse modelo é visível na atuação ativa do país em fóruns como o Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS) das Nações Unidas, onde a Índia defende o espaço como bem comum e o direito de acesso equitativo às órbitas e recursos. Ao reforçar sua política externa de não alinhamento militar e compromisso com o uso pacífico do espaço, o país apresenta uma alternativa viável à lógica de bipolaridade EUA-China, construindo pontes diplomáticas com nações da África, América Latina e Ásia (Thomas et al., 2024).

A diplomacia espacial indiana também tem caráter operacional. A prestação de serviços de lançamento e monitoramento via satélite a preços acessíveis é simultaneamente uma estratégia comercial e diplomática, que fortalece alianças e multiplica a influência do país sem implicar submissão de seus parceiros. A política de cooperação promovida pela ISRO e pelo Ministério das Relações Exteriores indiano — por meio de bolsas, acordos técnicos e projetos

com finalidades civis — vem ampliando o prestígio da Índia como provedora de soluções autônomas e acessíveis para o desenvolvimento científico e tecnológico do Sul Global (Ramanathan, 2024).

Dessa forma, a experiência indiana oferece um repertório de estratégias replicáveis. O caso de Chandrayaan-3 exemplifica como missões de alto impacto tecnológico podem gerar não apenas retornos científicos, mas também diplomáticos, configurando um modelo de atuação internacional centrado na solidariedade técnica, no multilateralismo e na construção de capacidades conjuntas.

CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 SÍNTESE DOS OBJETIVOS, METODOLOGIA E HIPÓTESE.

Esta dissertação teve como foco analisar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3, conduzida pela Indian Space Research Organisation (ISRO) no período de 2019 a 2025, no contexto da economia espacial indiana. A proposta partiu da constatação de que, embora amplamente reconhecida por seu êxito técnico e pela conquista histórica do polo sul lunar, a missão ainda carecia de uma investigação sistemática acerca de seus desdobramentos econômicos internos — particularmente no que tange ao estímulo à inovação, ao financiamento público e privado, à valorização do ecossistema de startups e à inserção internacional da Índia como potência tecnológica emergente.

A pergunta de pesquisa que orientou o estudo foi: “Quais foram os desdobramentos econômicos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano no período de 2019 a 2025?” A hipótese central sustentava que a missão gerou efeitos econômicos positivos significativos em três dimensões principais: (i) o estímulo à inovação tecnológica e o fortalecimento da capacidade autônoma da ISRO; (ii) o aumento dos investimentos públicos e privados no setor espacial indiano; e, por fim, (iii) a valorização internacional da Índia como referência em missões de baixo custo e alta complexidade, especialmente entre países do Sul Global.

O objetivo geral da pesquisa foi analisar esses desdobramentos, com ênfase nas interconexões entre ciência, tecnologia, inovação e inserção geoeconômica. Para isso, foram definidos três objetivos específicos: mapear os marcos institucionais e estratégicos do programa espacial indiano entre 2019 e 2025, identificando os elementos que viabilizaram a missão; examinar os desafios enfrentados durante e após sua realização, com foco nas dimensões orçamentária, regulatória e de governança; e identificar as principais oportunidades econômicas e comerciais abertas pelo sucesso da missão, incluindo seus efeitos sobre o mercado de lançamentos e serviços espaciais, bem como sobre a cooperação internacional.

Metodologicamente, adotou-se uma abordagem qualitativa e exploratória, estruturada como um estudo de caso único centrado na missão Chandrayaan-3. A coleta e análise de dados baseou-se em três frentes principais: a revisão bibliográfica e documental de fontes institucionais e científicas (tais como relatórios da ISRO, documentos do NITI Aayog, publicações da UNOOSA e da SpaceTech Analytics); a análise de dados secundários relativos a investimentos, orçamento e inovação; e a realização de entrevistas semiestruturadas com especialistas do setor, tanto indianos quanto internacionais. O tratamento analítico dos dados seguiu a técnica de análise de conteúdo temática proposta por Bardin (2011), organizando as

informações em torno dos três eixos previstos nos objetivos específicos. O recorte temporal de 2019 a 2025 permitiu contemplar os antecedentes imediatos da missão — notadamente os aprendizados da Chandrayaan-2 — e os efeitos mais diretos do pouso bem-sucedido realizado em 2023.

6.2 PRINCIPAIS ACHADOS DA PESQUISA

A análise qualitativa conduzida nesta pesquisa permitiu identificar evidências sistematizadas e consistentes dos impactos econômicos gerados pela missão Chandrayaan-3. A missão não apenas consolidou a posição técnica da Indian Space Research Organisation (ISRO), como também atuou como catalisadora de transformações institucionais, dinâmicas de mercado e redes diplomáticas no setor espacial indiano. Os achados foram agrupados em três categorias principais: impactos econômicos diretos, efeitos estruturais e repercussões internacionais.

6.2.1 Impactos Econômicos Diretos

Entre os efeitos de natureza diretamente mensurável, destaca-se o aumento expressivo dos investimentos públicos e privados no setor espacial. Houve expansão acumulada do orçamento da ISRO no período 2019–2025 e um crescimento relevante do volume de capital externo direcionado a startups indianas do setor. Segundo relatório da EY (2024), o investimento estrangeiro no setor superou os 210 milhões de dólares nesse intervalo, com ênfase em empresas de lançamento, imageamento orbital e sensores de comunicação.

Outro efeito direto foi o fortalecimento do ecossistema de inovação, evidenciado pelo surgimento e crescimento de empresas como Skyroot Aerospace, Pixxel e Agnikul Cosmos. Estas organizações não apenas se beneficiaram da missão, mas também desenvolveram soluções tecnológicas relacionadas a seus desafios operacionais, como sistemas de imageamento hiperespectral, módulos de propulsão e arquitetura de nanosatélites. As tecnologias geradas no âmbito da Chandrayaan-3 resultaram em novos registros de propriedade intelectual, produtos spin-off e modelos reutilizáveis, posicionando a Índia como fornecedora internacional de soluções orbitais acessíveis e adaptáveis (IN-SPACe, 2024).

Além disso, identificou-se a consolidação de um modelo de financiamento híbrido que combina recursos públicos, parcerias com universidades e aportes de venture capital. Essa reconfiguração reduziu a dependência exclusiva de alocação estatal direta, sem prescindir da infraestrutura e expertise técnica da ISRO como base estrutural do ecossistema.

6.2.2 Impactos Estruturais e Indiretos

No plano estrutural, a missão Chandrayaan-3 contribuiu para a reorganização institucional do setor espacial indiano. A consolidação da IN-SPACe como órgão regulador e interface entre Estado e setor privado resultou na redução de barreiras burocráticas e no aprimoramento dos mecanismos de licenciamento e acesso à infraestrutura. Paralelamente, fortaleceu-se a integração entre ciência aplicada e formação técnica, por meio da expansão dos Space Technology Incubation Centres (S-TICs) e do fortalecimento do Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) como núcleo de formação de capital humano especializado (ISRO, 2023).

No entanto, é importante enfatizar que os principais centros formadores do setor espacial indiano operam como parte de um sistema educacional técnico-científico consolidado, fruto de políticas públicas estruturantes implementadas ao longo de décadas. A missão Chandrayaan-3, embora relevante como marco simbólico e motivacional, deve ser entendida como um reforçador de sinergias pré-existentes, e não como catalisador primário da infraestrutura educacional indiana (THOMAS et al., 2024; SHARMA, 2025). O êxito da missão dependeu, sobretudo, da existência prévia de uma base institucional sólida em pesquisa e formação técnica, sustentada por iniciativas como os Indian Institutes of Technology (IITs), o Indian Institute of Space Science and Technology (IIST) e o Indian Institute of Science (IISc) (SOBTI e SARIN, 2024). Nesse sentido, os impactos da Chandrayaan-3 sobre a educação científica devem ser lidos como efeitos de retroalimentação positiva, e não como causas fundacionais da capacidade instalada no setor.

Em convergência com essas dinâmicas institucionais, os depoimentos dos entrevistados reforçam a natureza transformadora da missão. Um dos entrevistados, com trajetória profissional na Agência Espacial Europeia e na Agência Espacial Brasileira, afirmou que “a Índia deixou de ser apenas um país emergente no setor aeroespacial e passou a integrar o seleto grupo de superpotências ao lado de Estados Unidos e China, pelo feito alcançado e pela economicidade do programa.” Essa percepção enfatiza o reposicionamento geopolítico alcançado pelo país por meio da inovação de baixo custo.

Outro entrevistado com experiência no setor destacou que “o investimento de longo prazo em educação técnica e científica feito há décadas foi um dos principais fatores para o sucesso atual do programa”. Essa observação reforça a importância das políticas estruturantes na formação de capacidades endógenas e na consolidação de trajetórias tecnológicas soberanas.

Também foi mencionado por um entrevistado que “o sucesso da missão foi tão significativo que gerou mobilização popular nas ruas, com comemorações comparáveis às de

uma Copa do Mundo de futebol”. Tal depoimento sinaliza o papel simbólico da Chandrayaan-3 na construção de uma cultura científica nacional, evidenciando o enraizamento popular do projeto espacial indiano.

6.2.3 Repercussões Internacionais

No campo internacional, a missão teve efeitos significativos sobre o posicionamento geoeconômico e diplomático da Índia. O país ampliou sua atuação em fóruns multilaterais — como a UNOOSA e o COPUOS —, promovendo uma agenda de acesso equitativo ao espaço, segurança jurídica na exploração extra-orbital e não militarização do ambiente espacial (Viterale, 2025). A diplomacia científica indiana também se intensificou com a assinatura de acordos de cooperação técnica com agências como NASA, ESA, JAXA, CNES e instituições africanas e latino-americanas.

Adicionalmente, a Índia passou a ser reconhecida como provedora confiável de lançamentos e serviços orbitais para países em desenvolvimento. Esse reposicionamento fortaleceu seu soft power no Sul Global, ao apresentar um modelo de inserção internacional baseado em acessibilidade tecnológica e cooperação horizontal. A capacidade de realizar uma missão lunar com orçamento inferior a 100 milhões de dólares produziu um importante efeito demonstrativo, consolidando a imagem da Índia como potência tecnológica emergente com vocação diplomática e pragmática (Thomas et al., 2024).

Essa imagem foi reforçada por entrevistas realizadas com estudantes de engenharia aeroespacial, a maioria dos quais afirmou que só passou a conhecer o programa espacial indiano após a missão Chandrayaan-3. Esse dado revela o potencial da missão como vetor de visibilidade internacional, inclusive em círculos técnicos especializados.

Todos os entrevistados consideraram o êxito da Chandrayaan-3 "um exemplo a ser seguido por países em desenvolvimento que buscam protagonismo tecnológico com racionalidade orçamentária". A convergência dessas percepções confere à missão um papel simbólico relevante na construção de narrativas de sucesso no Sul Global.

6.3 CONFIRMAÇÃO OU REFORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

A hipótese central formulada nesta pesquisa sustentava que a missão Chandrayaan-3 teria gerado impactos econômicos positivos no setor espacial indiano no período de 2019 a 2025, com ênfase no estímulo à inovação tecnológica, na elevação dos investimentos públicos e privados e na consolidação da posição internacional da ISRO. À luz dos dados analisados,

das evidências empíricas coletadas e das interpretações desenvolvidas ao longo dos capítulos analíticos, conclui-se que a hipótese foi amplamente confirmada.

Em termos econômicos, a Chandrayaan-3 ultrapassou o escopo de uma conquista técnico-científica, funcionando como um verdadeiro catalisador sistêmico. A missão ativou mecanismos de inovação, atraiu novos fluxos financeiros e reposicionou a Índia como ator geoeconômico de peso no sistema internacional da economia espacial.

No que se refere ao estímulo à inovação, observou-se um ambiente propício ao desenvolvimento tecnológico endógeno, evidenciado pelo surgimento de novos produtos — como sensores hiperespectrais, sistemas de propulsão modular e plataformas de imageamento orbital — bem como por registros de patentes, soluções spin-off e arranjos cooperativos entre centros públicos e privados. O apoio estatal à inovação frugal, combinando eficiência técnica com contenção de custos, reforçou a vantagem comparativa da Índia em relação às potências espaciais tradicionais.

Ainda que a frugalidade tecnológica seja amplamente valorizada no caso indiano, é necessário relativizar sua interpretação como uma vantagem universal replicável. Fora do contexto específico da Índia — caracterizado por uma combinação única de infraestrutura científica acumulada, agências especializadas com autonomia técnica elevada e políticas públicas estáveis —, a aplicação de modelos de baixo custo pode resultar em precarização de processos, descontinuidade tecnológica e dependência de soluções externas (GARUD; PRABHU, 2020; HAMACHER, 2015). Assim, a frugalidade não deve ser entendida como uma escolha abstratamente racional ou como um paradigma a ser automaticamente transferido, mas como uma resposta institucionalmente situada a restrições históricas e estruturais específicas (SRINIVAS; PANDEY, 2019; KALE; WIELD, 2019). O modelo indiano, portanto, oferece mais lições interpretativas do que diretrizes normativas, exigindo leitura atenta de seus fatores condicionantes e de suas mediações institucionais.⁴

Quanto aos investimentos, os dados orçamentários da ISRO indicam uma trajetória consistente de crescimento, mesmo diante das restrições fiscais do pós-pandemia. Concomitantemente, a captação de capital privado, especialmente estrangeiro, superou as projeções esperadas para um país que, até recentemente, era visto sobretudo como consumidor — e não como exportador — de tecnologia espacial. O fortalecimento de startups como Skyroot Aerospace, Pixxel e Agnikul Cosmos confirma esse reposicionamento estratégico do setor privado no ecossistema espacial nacional.

No plano internacional, os impactos também foram significativos. A missão Chandrayaan-3 produziu repercussões que extrapolaram o simbolismo do pouso lunar,

traduzindo-se em novos contratos, parcerias e ampliação do protagonismo da Índia em fóruns multilaterais voltados à regulação e à governança do espaço. A imagem da ISRO como instituição ética, confiável e tecnicamente avançada se fortaleceu, consolidando a Índia como uma liderança normativa emergente na arena espacial global.

Contudo, é necessário reconhecer os limites inerentes à abordagem adotada. Por tratar-se de um estudo de caso único, os resultados obtidos não devem ser generalizados de forma automática a outros contextos nacionais ou a missões com escopo e estrutura distintos. A replicabilidade do modelo indiano dependerá de variáveis institucionais, culturais e econômicas específicas, as quais variam substancialmente entre países.

Ademais, muitos efeitos econômicos associados à missão ainda estão em processo de maturação e não puderam ser plenamente captados dentro do recorte temporal delimitado (2019–2025). Impactos de médio e longo prazo, como alterações regulatórias, variações na balança comercial de serviços espaciais ou o avanço de projetos voltados à mineração lunar, requerem análises futuras de acompanhamento longitudinal.

Finalmente, deve-se destacar que, embora a hipótese tenha sido confirmada, a mensuração empírica dos impactos enfrentou algumas limitações, como a ausência de séries estatísticas padronizadas no setor aeroespacial indiano e o acesso restrito a determinadas fontes primárias — entre elas, contratos comerciais, dados orçamentários desagregados e bases técnicas internas da ISRO. Tais restrições não comprometem a validade dos achados, mas exigem cautela interpretativa e reforçam a relevância de novas pesquisas voltadas ao aprofundamento do tema.

6.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A produção de conhecimento científico no campo das políticas públicas de ciência, tecnologia e inovação — particularmente no setor espacial — está sujeita a desafios epistemológicos, empíricos e operacionais consideráveis. Esta dissertação, embora amparada por rigor metodológico e fundamentação teórica consistente, não está isenta de limitações que devem ser explicitadas para garantir a transparência da análise e orientar a continuidade de estudos sobre o tema. Tais restrições podem ser agrupadas em quatro eixos principais.

6.4.1 Recorte Temporal e Dinâmica dos Efeitos

A escolha do recorte cronológico entre 2019 e 2025 permitiu captar tanto a fase preparatória quanto os desdobramentos imediatos da missão Chandrayaan-3. No entanto,

diversos efeitos estruturais decorrentes de missões espaciais manifestam-se de forma mais dilatada no tempo, exigindo abordagens longitudinais para sua mensuração. Transformações como reconfigurações tecnológicas nacionais, alterações educacionais, consolidação de cadeias produtivas ou impacto direto no PIB setorial tendem a ocorrer ao longo de décadas.

Acrescenta-se que a missão foi concluída apenas em agosto de 2023, e parte dos seus desdobramentos permanecia em curso no encerramento da coleta de dados, no primeiro trimestre de 2025. Dessa forma, processos como o aprofundamento de parcerias internacionais ou a maturação de startups impulsionadas pela Chandrayaan-3 podem não ter sido integralmente capturados.

6.4.2 Acesso Desigual a Fontes de Dados Econômicos Consolidados

Um dos desafios recorrentes no estudo da economia espacial, sobretudo em países em desenvolvimento, é a escassez de estatísticas padronizadas e desagregadas. Embora a ISRO publique relatórios anuais e o governo indiano divulgue dados orçamentários agregados, faltam informações específicas sobre execução orçamentária por missão, investimentos privados por segmento e geração de valor na cadeia aeroespacial.

A ausência de uma conta-satélite dedicada à economia espacial no sistema estatístico nacional também limita a precisão das análises de impacto sobre o PIB e o emprego qualificado. Essa lacuna obrigou a adoção de abordagens qualitativas e triangulação de fontes, o que, embora metodologicamente válido, restringe a possibilidade de quantificações diretas e modelagens econométricas robustas.

6.4.3 Dificuldades de Acesso a Fontes Primárias Institucionais

Apesar dos esforços empreendidos para a realização de entrevistas com especialistas, pesquisadores e profissionais do setor, o acesso direto a representantes da alta gestão da ISRO e a dados internos — como contratos comerciais, negociações técnicas e estratégias institucionais — foi limitado. Barreiras institucionais, logísticas e, sobretudo, diplomáticas dificultaram o contato com atores estratégicos do governo indiano e da agência espacial, especialmente em áreas consideradas sensíveis sob a ótica geopolítica.

Ainda assim, as entrevistas realizadas forneceram subsídios relevantes e suficientes para construir um panorama analítico consistente, mesmo que com densidade restrita em alguns aspectos técnicos e operacionais.

6.4.4 Generalização Limitada pelo Caráter de Estudo de Caso Único

Como em todo estudo de caso concentrado em uma experiência singular, os resultados aqui sistematizados não devem ser generalizados de forma automática para outros países, setores ou missões espaciais. O contexto indiano é marcado por características institucionais e históricas específicas — como a longa trajetória da ISRO, políticas públicas estáveis e capacidade técnica acumulada — que nem sempre são replicáveis em outras realidades.

Ainda assim, os achados oferecem parâmetros analíticos e referências úteis para formulação de estudos comparativos e para a construção de políticas espaciais em países do Sul Global com ambições semelhantes.

6.5 RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A análise dos impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 evidencia que programas espaciais, quando articulados a estratégias de longo prazo, políticas de inovação e coordenação institucional eficiente, podem funcionar como alavancas de desenvolvimento econômico, soberania tecnológica e projeção internacional. Os achados desta pesquisa oferecem subsídios valiosos para a formulação de políticas públicas e estratégias institucionais em países que buscam ampliar sua atuação no setor espacial. A seguir, são apresentadas recomendações práticas voltadas especialmente a formuladores de políticas públicas, instituições de pesquisa e agências de fomento à inovação.

6.5.1 Recomendações para a Formulação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação

A experiência indiana reforça a importância da manutenção de programas espaciais como políticas de Estado, sustentadas por planejamento de longo prazo e articulação interministerial. Recomenda-se que países em desenvolvimento, interessados em estruturar ou expandir seus setores espaciais, adotem planos estratégicos plurianuais vinculados a políticas nacionais de ciência, tecnologia e inovação, com definição clara de metas técnicas e indicadores de impacto econômico.

Adicionalmente, destaca-se a eficácia de mecanismos financeiros híbridos. A formação de fundos setoriais com participação de bancos públicos, capital de risco e fundos soberanos tem se mostrado eficaz para sustentar ecossistemas de inovação em áreas de fronteira tecnológica. A estratégia indiana de combinar orçamento público com atração de investimento privado — especialmente voltado para startups de base tecnológica — permitiu estruturar uma base de financiamento estável, flexível e menos dependente do ciclo orçamentário estatal.

Outro ponto relevante é a descentralização territorial da infraestrutura de inovação. O modelo dos Space Technology Incubation Centres (S-TICs), integrados a universidades técnicas e distribuídos em distintas regiões do país, constitui uma política altamente replicável. Além de ampliar o acesso ao setor espacial, essa descentralização estimula o adensamento de empregos qualificados fora dos grandes polos metropolitanos, contribuindo para a redução das desigualdades territoriais e para a criação de sistemas regionais de inovação orientados a missões.

6.5.2 Recomendações para programas espaciais em países em desenvolvimento

A experiência da missão Chandrayaan-3 oferece um conjunto relevante de orientações para países em desenvolvimento que pretendem estruturar ou fortalecer seus próprios programas espaciais. Um dos primeiros elementos observados é a importância de investir em missões com metas científicas claras, foco incremental e viabilidade orçamentária compatível. A missão indiana destacou-se por adotar objetivos técnicos precisos — como o pouso no polo sul lunar — e por aproveitar infraestruturas e tecnologias herdadas da Chandrayaan-2, o que garantiu economia de escala e coerência técnica. Assim, países emergentes devem priorizar missões com alto potencial de externalidades positivas e resultados transferíveis, sem comprometer sua estabilidade fiscal.

Outro fator crítico é o fortalecimento da relação entre o setor público e o ecossistema emergente de startups espaciais. O crescimento de empresas como Skyroot, Pixxel e Agnikul Cosmos só foi possível graças a políticas públicas que garantiram acesso à infraestrutura da ISRO, promoveram editais de codesenvolvimento tecnológico e abriram bases orbitais e dados para uso comercial. Para replicar esse modelo, recomenda-se que países interessados estabeleçam marcos legais claros sobre propriedade intelectual, protocolos de segurança informacional e modelos contratuais inovadores que favoreçam a coprodução entre Estado e setor privado.

Por fim, destaca-se a relevância de evitar formas de dependência tecnológica verticalizadas, em que a inserção internacional se dá com base em transferência unidirecional de soluções e não na construção recíproca de capacidades. A estratégia indiana valoriza a autonomia estratégica, mesmo em contextos de parceria, assegurando que cada cooperação internacional esteja vinculada à internalização de competências e ao fortalecimento da base industrial nacional. Para países em desenvolvimento, a adoção de modelos horizontais de cooperação internacional, baseados em transferência de conhecimento, codesenvolvimento e

formação conjunta de capital humano, representa não apenas uma via pragmática, mas também politicamente soberana de inserção no cenário espacial global.

6.5.3 Recomendações para organismos multilaterais e iniciativas de cooperação internacional

A consolidação da Índia como um ator relevante na economia espacial global, a partir da missão Chandrayaan-3, oferece subsídios valiosos para redesenhar as bases da cooperação internacional no setor, especialmente sob a ótica dos países do Sul Global. Os dados analisados ao longo desta pesquisa mostram que, quando adequadamente apoiados, países em desenvolvimento podem desempenhar papéis ativos na governança do espaço exterior, contribuindo para sua democratização e uso sustentável.

Nesse contexto, recomenda-se que organismos multilaterais — como a ONU, BRICS, G-77, Unasul e o Fórum IBAS — ampliem o apoio à cooperação Sul-Sul em ciência espacial. A criação de linhas de financiamento específicas, consórcios técnicos temáticos e programas de formação de capital humano voltados às aplicações civis do espaço (como agricultura, gestão ambiental e monitoramento climático) são caminhos concretos para estruturar capacidades locais e reduzir assimetrias tecnológicas.

A promoção do intercâmbio de dados e tecnologias não sensíveis deve também ser incentivada. A decisão da Índia de abrir seus dados orbitais após a Chandrayaan-3 contribuiu diretamente para o uso desses insumos por países parceiros em áreas estratégicas. Organismos internacionais podem fomentar plataformas abertas e interoperáveis de dados geoespaciais, com governança multilateral e acessibilidade garantida a países com menor infraestrutura técnica.

Além disso, torna-se urgente reforçar mecanismos multilaterais para o uso sustentável e equitativo do espaço. A entrada da Índia no debate normativo sobre governança lunar e uso pacífico das órbitas reforça a necessidade de acordos internacionais que protejam o espaço da militarização, evitem a concentração de recursos em poucos atores e garantam a preservação ambiental do ambiente orbital. Iniciativas como códigos de conduta internacionais, regimes de responsabilidade compartilhada e plataformas para resolução pacífica de disputas são instrumentos fundamentais nesse processo.

As recomendações aqui sistematizadas decorrem diretamente das evidências empíricas reunidas nesta pesquisa. Elas demonstram que missões espaciais bem-sucedidas, quando ancoradas em estratégias coordenadas de política pública, financiamento híbrido e diplomacia científica, podem gerar externalidades econômicas e normativas duradouras. No contexto do Sul Global, a experiência indiana revela que é possível estruturar programas espaciais

tecnicamente robustos, economicamente viáveis e geopoliticamente relevantes, sem necessariamente replicar o modelo hegemônico das potências tradicionais.

A lição mais expressiva é que, quando vinculada a uma estratégia nacional de desenvolvimento, a política espacial deixa de ser um privilégio tecnológico e passa a desempenhar o papel de motor de crescimento, soberania e inserção internacional qualificada.

6.6 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Esta dissertação buscou contribuir para o campo emergente da economia espacial e das políticas públicas de inovação, ao analisar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3, promovida pela ISRO, entre 2019 e 2025. No entanto, como todo estudo ancorado em um recorte específico de tempo, espaço e escopo, os resultados aqui sistematizados também revelam lacunas e novas trilhas investigativas que podem ampliar a compreensão sobre o papel estratégico das missões espaciais em países do Sul Global.

6.6.1 Estudos Quantitativos Longitudinais sobre Impactos Econômicos

Uma limitação relevante deste trabalho foi a escassez de séries históricas padronizadas sobre o desempenho econômico do setor espacial indiano. Assim, recomenda-se o desenvolvimento de estudos quantitativos e econométricos que incorporem dados anteriores a 2019 e posteriores a 2025, de modo a estimar os efeitos marginais de missões espaciais sobre variáveis como orçamento público, geração de empregos, formação de empresas, produtividade setorial e exportações tecnológicas. Abordagens metodológicas como séries temporais, regressões com variáveis instrumentais ou modelos contrafactuais de avaliação de impacto poderiam ser aplicadas, desde que amparadas em bases empíricas mais robustas.

6.6.2 Análises Comparadas entre Países Emergentes

Outra linha promissora reside na comparação entre programas espaciais de países em desenvolvimento, como Brasil, África do Sul, Indonésia, Emirados Árabes Unidos, México e Argentina. Embora apresentem trajetórias institucionais e capacidades técnicas bastante distintas, a análise de casos como o indiano pode revelar quais elementos são contextualmente adaptáveis e quais dependem de pré-condições históricas, como estabilidade institucional, acúmulo científico e continuidade de financiamento público. A partir dessas diferenças, torna-se possível investigar não apenas fatores que favorecem o sucesso de políticas espaciais, mas também os limites da replicação automática de modelos como o da inovação frugal indiana.

A replicabilidade do modelo de inovação frugal depende da existência de pré-condições institucionais e estruturais específicas, sem as quais seus efeitos podem ser distorcidos ou mesmo contraproducentes. Entre os fatores críticos estão a continuidade orçamentária voltada à ciência e tecnologia, a formação de um corpo técnico qualificado e a articulação de longo prazo entre Estado, academia e setor produtivo (GEHL SAMPATH, 2020; RADJOU; PRABHU, 2015). Na ausência desses elementos, a adoção de estratégias de contenção de custos tende a reforçar desigualdades tecnológicas, comprometendo a capacidade de inovação autônoma e aprofundando padrões históricos de dependência tecnológica (ALBUQUERQUE, 2019; PETERS et al., 2020). Portanto, a frugalidade só se revela inovadora quando ancorada em ecossistemas institucionais resilientes, capazes de transformar limitações em oportunidade de aprendizagem tecnológica.

6.6.3 Estudos sobre a Economia Downstream e Dados Orbitais

Dada a crescente relevância da economia downstream — isto é, os serviços baseados em dados orbitais —, tornam-se necessárias pesquisas que investiguem como tais dados vêm sendo utilizados por setores econômicos nacionais, como agricultura, mineração, logística e planejamento urbano. Linhas de pesquisa podem explorar os efeitos da abertura de dados geoespaciais para pequenos negócios, os entraves regulatórios à comercialização de imagens e sensores, e os impactos sociais da conectividade via satélite em regiões com infraestrutura digital limitada. Tais estudos dialogam com as agendas de inclusão tecnológica, transformação digital e desenvolvimento regional sustentável.

6.6.4 Investigações sobre Governança e Regulação Espacial

A governança internacional do espaço representa um campo crítico e ainda pouco explorado sob a perspectiva dos países em desenvolvimento. Estudos futuros poderiam abordar as tensões entre regimes multilaterais — como os Artemis Accords e as posições defendidas por países do Sul Global —, além de mapear o papel da Índia como ator normativo emergente em fóruns como a UNOOSA e o COPUOS. Questões como assimetrias no acesso a órbitas, frequências e recursos lunares também merecem investigação, com base em abordagens interdisciplinares que integrem economia política internacional, direito espacial e diplomacia científica.

A missão Chandrayaan-3 mostrou-se um objeto de análise especialmente rico, com impactos interligados que abrangem inovação tecnológica, investimento, inserção internacional

e transformação institucional. Contudo, a presente dissertação não busca esgotar o debate — ao contrário, pretende inaugurá-lo no campo ainda incipiente da economia espacial aplicada ao contexto do Sul Global.

As sugestões aqui apresentadas visam fomentar uma agenda latino-americana de pesquisa sobre espaço e desenvolvimento, voltada à construção de soberania tecnológica, uso estratégico do conhecimento científico e inserção internacional baseada na cooperação solidária. Ao reconhecer o espaço como dimensão geopolítica, econômica e simbólica do desenvolvimento, este trabalho convida à construção de um campo analítico mais robusto, plural e comprometido com a justiça científica global.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos impactos econômicos da missão Chandrayaan-3, conduzida pela Indian Space Research Organisation (ISRO), insere-se em um debate de crescente relevância para os estudos sobre inovação, desenvolvimento e inserção internacional dos países do Sul Global. Em um cenário marcado por assimetrias tecnológicas, disputas por ativos orbitais e reconfiguração das cadeias globais de valor intensivas em conhecimento, compreender como missões espaciais mobilizam capacidades internas e geram externalidades positivas torna-se uma tarefa estratégica. A escolha da Chandrayaan-3 como objeto empírico refletiu não apenas seu êxito técnico — com o pouso inédito no polo sul lunar —, mas sobretudo seu papel como vetor de articulação entre ciência, soberania e geoeconomia.

A economia espacial, embora ainda emergente no campo da economia aplicada, já se mostra capaz de redefinir os paradigmas tradicionais da política industrial e da diplomacia tecnológica. Missões espaciais vêm se consolidando como instrumentos de desenvolvimento produtivo, geração de empregos qualificados, estímulo à inovação e projeção internacional. Nesse contexto, a Chandrayaan-3 oferece uma oportunidade singular para examinar como uma potência tecnológica em ascensão estrutura uma política espacial baseada em eficiência, autonomia relativa e cooperação estratégica.

A originalidade da presente pesquisa reside justamente em sua abordagem interseccional, ao integrar os campos da economia da inovação, das políticas públicas e da economia política internacional. Ao focar nos desdobramentos econômicos de uma missão específica, e não em avaliações genéricas do setor espacial, esta dissertação contribui para preencher uma lacuna relevante na literatura voltada à atuação de países não hegemônicos na governança espacial. A economia do espaço, como se demonstrou, reflete disputas por poder, acesso e visibilidade — e, nesse sentido, seu estudo é ao mesmo tempo técnico, político e epistemológico.

A missão Chandrayaan-3 é compreendida aqui como um catalisador de transformações institucionais, tecnológicas e diplomáticas. A partir dessa lente, a dissertação responde a uma indagação central: em que medida a missão produziu efeitos econômicos relevantes entre 2019 e 2025? Embora amplamente reconhecida por seu êxito técnico, a Chandrayaan-3 carecia de uma análise aprofundada de seus desdobramentos econômicos — lacuna que esta pesquisa buscou enfrentar por meio de uma abordagem empírica robusta e conceitualmente fundamentada.

A construção do problema de pesquisa exigiu o entrelaçamento de referenciais distintos. A economia da inovação embasou a análise dos impactos tecnológicos e industriais; os estudos sobre políticas públicas permitiram explorar os arranjos institucionais e mecanismos de financiamento; e a economia política internacional forneceu suporte à investigação do reposicionamento geopolítico indiano. Essa combinação resultou em uma abordagem multiescalar, capaz de compreender os efeitos diretos, estruturais e internacionais da missão.

Metodologicamente, a escolha por um estudo de caso único, com abordagem qualitativa e caráter exploratório, mostrou-se adequada à complexidade do objeto. O levantamento documental e bibliográfico, aliado à análise de dados secundários e à realização de entrevistas com especialistas, forneceu base empírica consistente. A análise de conteúdo temática, inspirada em Bardin (2011), possibilitou organizar os achados de forma sistemática e alinhada aos objetivos propostos.

Ao longo da investigação, foi possível mapear com clareza as principais transformações impulsionadas pela missão: a expansão do financiamento híbrido, o fortalecimento do ecossistema de startups espaciais, a reestruturação institucional conduzida pela IN-SPACE e a ampliação do *soft power* indiano em fóruns multilaterais. Ainda assim, reconhecem-se limitações importantes, como os desafios metodológicos, a restrição no acesso a dados sensíveis e a impossibilidade de generalização inerente ao modelo adotado.

Esta dissertação propõe, portanto, um avanço relevante para dois campos de investigação ainda incipientes em países em desenvolvimento: a economia espacial e a formulação de políticas de inovação em setores de alta complexidade. A análise da missão Chandrayaan-3 oferece uma base empírica concreta e categorias analíticas aplicáveis a outros contextos do Sul Global.

Do ponto de vista empírico, a sistematização de dados sobre orçamento público, investimento privado, inovação tecnológica e inserção internacional oferece uma linha de base para estudos futuros. Do ponto de vista analítico, o modelo proposto — estruturado em três dimensões interdependentes (impactos diretos, estruturais e internacionais) — permite compreender a missão como vetor de transformação econômica e geopolítica.

A noção de "inovação frugal orientada por missão", central nesta pesquisa, contribui para o debate sobre como países com restrições orçamentárias podem alcançar avanços tecnológicos significativos por meio de pragmatismo institucional e articulação público-privada. Ao mesmo tempo, fornece insumos concretos para políticas públicas centradas em soberania tecnológica e cooperação solidária.

As evidências apresentadas permitem, ainda, apontar caminhos para futuras agendas de pesquisa. Em primeiro lugar, estudos longitudinais e quantitativos poderão aprofundar a medição dos efeitos econômicos de missões espaciais. Em segundo lugar, análises comparadas entre países emergentes permitirão identificar fatores críticos de sucesso e construir indicadores de maturidade espacial. Por fim, o fortalecimento de investigações sobre a governança internacional do espaço e a economia *downstream* se mostra essencial para consolidar um campo de estudos voltado à justiça científica global.

Ao final deste percurso, reafirma-se que o espaço não é apenas uma fronteira científica, mas também uma dimensão geopolítica, econômica e simbólica do desenvolvimento. A missão Chandrayaan-3 demonstrou que é possível, a partir de um projeto estratégico e tecnicamente sólido, transformar limitações em oportunidades. Cabe à pesquisa acadêmica reconhecer, analisar e potencializar essas possibilidades.

REFERÊNCIAS

- AHANI, S.; DADASHPOOR, H. Explaining the process of formation, expansion, and spatial relations of Tehran's peri-urban areas: a grounded theory. *Urban Economics and Planning*, 2025. Disponível em: https://www.juep.net/article_211723.html?lang=en. Acesso em: 24 abr. 2025.
- AHMED, R. Q.; SHOAIB, M.; ASHRAF, R. India's space pursuit and the changing matrix of South Asian security. *Space Policy*, [S. l.], v. 65, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964623000267>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- AL-EKABI, C. European space activities in the global context. In: AL-EKABI, C. et al. (org.). **Yearbook on space policy 2012/2013: space in a changing world**. Vienna: Springer, 2015. p. 1–11. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-1827-6_1. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ALIBERTI, M. India's path in space: a brief history of an evolving endeavour. In: ALIBERTI, M. **India in space: between utility and geopolitics**. Cham: Springer, 2018. p. 19–38. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-71652-7_2. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ALMEIDA, M. M. de. **O retorno da Lua como meta espacial das nações: a dinâmica da exploração espacial no século XXI**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/41859>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- AMITABH, K. S.; PRASHAR, A.; ABDULLAH, S.; IYER, K. V. Comparative study of Chandrayaan-3 prime landing sites with heritage landing sites. In: **International Planetary Science Conference (IPSC), 2023**, Ahmedabad. Anais... Ahmedabad: Physical Research Laboratory, 2023. Disponível em: https://www.prl.res.in/ipsc2023/volume_of_abstract.pdf#page=39. Acesso em: 19 abr. 2025.
- ASIAN DEVELOPMENT BANK. **Innovation and infrastructure development projects in India: annual review 2024**. Manila: ADB, 2024.
- BACHHAWAT, A.; CAVE, D.; KANG, J. **Critical technologies and the Indo-Pacific**. New Delhi: Observer Research Foundation, 2020. Disponível em: <https://www.orfonline.org/public/uploads/posts/pdf/20230918143543.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- BAJWA, C. G. S. **Second space age and securing the national space architecture**. Nova Deli: Centre for Land Warfare Studies (CLAWS), 2025. Disponível em: https://claws.co.in/wp-content/uploads/2025/01/IB-318_Second-Space-Age-and-Securing-the-National-Space-Architecture-1-1.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.
- BANERJEE, A. **India's role in leveraging space IT parks to promote space-based CSR**. Nova Deli: Centre for Joint Warfare Studies, 2024. Disponível em: <https://cenjows.in/wp-content/uploads/2024/05/12.-Indias-role-in-leveraging-Space-IT-Parks-to-promote-Space-based-CSR-by-Ms-Anamitra-Banerjee.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BOUSEDRA, K. **Change in commercial sectors exploiting space infrastructure: analysis and economic indicators**. 2023. Tese (Doutorado em Economia Espacial) – Université de

Strasbourg, Estrasburgo, 2023. Disponível em: <https://theses.hal.science/tel-04508091/document>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BOUSEDRA, K. **Downstream space activities in the new space era: paradigm shift and evaluation challenges**. Estrasburgo: Université de Strasbourg, 2021. Disponível em: <https://beta.u-strasbg.fr/WP/2021/2021-53.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2025.

BOYD, J.; HUSAYNI, O.; JARKA-SELLERS, P.; MAHESH, A. The future of US-India private sector space collaboration. *Indian Public Policy Review*, v. 3, n. 1, 2024. Disponível em: <https://www.ippr.in/index.php/ippr/article/view/300>. Acesso em: 24 abr. 2025.

BUKLEY, A.; STOVER, C. **Moonstruck! International aspirations in cislunar space**. El Segundo: The Aerospace Corporation Center for Space Policy and Strategy, 2024. Disponível em: https://csps.aerospace.org/sites/default/files/2024-10/06d_Moonstruck_Bukley-Stover_20241022_0.pdf. Acesso em: 26 abr. 2025.

BUSINESS STANDARD. How Chandrayaan-3 helped India's private space sector to take off. *Business Standard*, 28 set. 2024. Disponível em: https://www.business-standard.com/technology/tech-news/how-chandrayaan-3-boosted-india-private-space-sector-124092800178_1.html. Acesso em: 26 abr. 2025.

BUSINESS STANDARD. Space diplomacy: How India is setting new global rules post-Chandrayaan-3. *Business Standard*, 3 set. 2024. Disponível em: https://www.business-standard.com/technology/news/space-diplomacy-india-setting-global-rules-124090300168_1.html. Acesso em: 26 abr. 2025.

CENTER FOR STRATEGIC AND INTERNATIONAL STUDIES (CSIS). **Another leap forward: India's historic moon landing and the space competition underway**. Washington, D.C.: CSIS Aerospace Security Project, 2024. Disponível em: <https://aerospace.csis.org/another-leap-forward-indias-historic-moon-landing-and-the-space-competition-underway/>. Acesso em: 26 abr. 2025.

CHAKRABORTY, M.; GANGOPADHYAY, A.; DORAIRAJ, A. J. Confluence of ISRO and Indian space industry for enhancing capacity building. *University News*, Association of Indian Universities, v. 58, n. 30, p. 25–32, jul./ago. 2020. Disponível em: <https://eg4.nic.in/gfgckar/DFILES/EBOOKS/IR/UNIVERSITYNEWSVOL58NO30JULY27AUGUST022020.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.

CHANDANA, P. K. Success of Chandrayaan-3 boosts India's private space sector. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/sun-moon-and-the-starts-indias-space-startups-ready-for-2025/articleshow/117359782.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

CIMOLI, M. National system of innovation: a note on technological asymmetries and catching-up perspectives. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 18, n. 3, p. 421–438, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rec/a/G6657ZSgsr4YtjgbrWKb7JQ>. Acesso em: 19 abr. 2025.

CONTROLLER GENERAL OF PATENTS, DESIGNS AND TRADE MARKS. **Annual report 2023–24: technological innovations and patent trends in India**. Nova Deli: Government of India, 2024. Disponível em: https://ipindia.gov.in/writereaddata/Portal/Images/pdf/Annual_Report_2023-24.pdf. Acesso em: 26 abr. 2025.

- DAVIES, J. I. Membership of i4is: India's role in new space governance models. *Principium*, v. 48, 2025. Disponível em: <https://i4is.org/wp-content/uploads/2025/02/Principium48-2502231724comp.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- DEL CANTO VITERALE, F. Global power dynamics in the contemporary space system. *Systems*, v. 13, n. 4, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/4/276>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- DEL CANTO VITERALE, F. Transitioning to a new space age in the 21st century: a systemic-level approach. *Systems*, v. 11, n. 5, p. 232, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-8954/11/5/232>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- DELGADO, T. G. **Espaço exterior: geopolítica, Astropolitik e poder espacial**. 2024. Dissertação (Mestrado em Estudos Estratégicos Internacionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/276669>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- DELOITTE INDIA. **The next orbit: building India's space economy**. Nova Deli: Deloitte India, 2023. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/in/en/pages/public-sector/articles/space-economy.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- DENZIN, N. K. **The research act: a theoretical introduction to sociological methods**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1978.
- DESHPANDE, D.; PALIT, S.; HAZRA, S. Propelling Indian economy through space exploration and applications. *Current Science*, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/382104474_Propelling_Indian_economy_through_space_exploration_and_applications. Acesso em: 19 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. Chandrayaan-3 boost: how India's space sector is reshaping agriculture, logistics and IoT. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/chandrayaan-3-boost-how-india-space-sector-is-reshaping-agriculture-logistics-iot/articleshow/104327583.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. Chandrayaan-3: catalyst for India's private space ecosystem. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/chandrayaan-3-catalyst-for-india-private-space-ecosystem/articleshow/104311801.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. Chandrayaan-3: how India's success changes future Moon missions. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/news/science/chandrayaan-3-impact-moon-mining/articleshow/104324212.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. Chandrayaan-3's ripple effect: how India's NewSpace sector is redefining innovation. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/chandrayaan-3-india-space-innovation/articleshow/104316572.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. Chandrayaan-3's success drives innovation boom in India's space tech sector. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/chandrayaan-3-success-innovation-boom-india-space/articleshow/104327983.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. Hyderabad's rise as India's private space hub. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/hyderabad-s-rise-as-indias-private-space-hub/articleshow/104328951.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's NewSpace sector finds strongholds in regional innovation hubs. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/indias-newspace-sector-innovation-hubs/articleshow/104326789.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's NewSpace sector sees record private investments post-Chandrayaan-3. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/indias-newspace-sector-investments-2024/articleshow/104320184.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's private space startups ride Chandrayaan-3 wave into global markets. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/india-space-startups-global-market/articleshow/104324451.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's private space startups soar post-Chandrayaan-3. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/indias-private-space-startups-post-chandrayaan3/articleshow/104311892.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's space economy set to grow post-Chandrayaan-3: policy perspectives. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/space/india-space-economy-chandrayaan3/articleshow/104221932.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's space startups see surge in VC funding after Chandrayaan-3. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/industry/indl-goods/svs/space/space-startups-surge-vc-funding-chandrayaan3/articleshow/104091721.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. India's space-tech startups tackle regulatory hurdles. *The Economic Times*, 2023. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/space-tech-startups-india/articleshow/102039586.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. Indian space sector pre-2020 heavily reliant on public funding. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/indian-space-sector-pre-2020-reliance-public-funding/articleshow/104285930.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. Indian space tech startups secured \$126 million funding in 2023. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://m.economictimes.com/tech/funding/indian-space-tech-startups-secured-126-million-funding-in-2023-up-7-from-2022-report/articleshow/112139208.cms>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. Innovations from Chandrayaan-3 to impact multiple sectors. *The Economic Times*, 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/chandrayaan-3-innovations-impact-multiple-sectors/articleshow/104328215.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.

ECONOMIC TIMES. ISRO to partner startups, universities for next-gen space projects. *The Economic Times*, 2024. Disponível em:

- <https://economictimes.indiatimes.com/tech/startups/isro-to-partner-startups-universities-for-next-gen-space-projects/articleshow/104316189.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- ECONOMIC TIMES. World congratulates India as Chandrayaan-3 lands on Moon's south pole. *The Economic Times*, 2023. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/news/science/world-congratulates-india-chandrayaan-3/articleshow/103038567.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- EDGELL, R. Sociotechnical pathways: from satellites and stations to envisioning commercial lunar gateways and beyond. In: **AIAA SCITECH 2025 Forum**, 2025. Disponível em: <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2025-0612>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- EDUCATION TIMES. India's space economy boom is transforming education and jobs. *The Education Times*, 2024. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/education/indias-space-economy-boom-transforming-education-jobs/articleshow/112669321.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- EDUCATION TIMES. Space sector courses mushroom across institutions in India. *The Education Times*, 2024. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/space-sector-courses-mushroom-across-institutions-in-india/articleshow/112666537.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- EUROCONSULT. **India's competitive edge in global launch services and satellite integration**. Paris: Euroconsult, 2024. Disponível em: <https://www.euroconsult-ec.com/>.
- EY INDIA; FICCI. **Indian space economy 2024: destination for space investment**. Ernst & Young (EY) e Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry (FICCI), 2024. Disponível em: <https://economictimes.indiatimes.com/news/science/indian-space-economy-to-reach-44-bn-by-2033-ficci-ey-report/articleshow/118942520.cms>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- EY INDIA. **Unlocking India's space potential**. Ernst & Young India, 2023. Disponível em: https://www.ey.com/en_in/aerospace-defense/unlocking-indias-space-potential. Acesso em: 24 abr. 2025.
- EY. **India's space economy: 2024 outlook**. Nova Délhi: EY–NASSCOM, 2024.
- FAO. **Satellite data for agricultural resilience in South Asia: partner countries report**. Roma: FAO, 2024.
- FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FLORIO, M.; MORRETTA, V.; LANDONI, M. Earth observation and economic studies: a cross-fertilization perspective. *Space Policy*, v. 55, p. 101408, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964621000217>. Acesso em: 23 abr. 2025.
- FLYVBJERG, B. Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative Inquiry*, v. 12, n. 2, p. 219–245, 2006. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1077800405284363>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- GEORGE, K. W. The economic impacts of the commercial space industry. *Space Policy*, v. 47, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964618300651>. Acesso em: 19 abr. 2025.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIRI, C. India's catalytic reforms for Space 2.0 era. *Journal of Indo-Pacific Affairs*, U.S. Department of Defense, 2021. Disponível em:

<https://media.defense.gov/2021/Mar/07/2002595035/-1/-1/1/GIRI.PDF>. Acesso em: 19 abr. 2025.

GIRI, C. **Potential role of academia-industry interface for space economy: emerging policy options before India**. Nova Deli: RIS, 2023. Disponível em: https://www.ris.org.in/sites/default/files/Publication/DP-275_Chaitanya-Giri.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

GIRI, C. Protecting innovation in the age of space commercialization in India: the curious case of missing elements of the Indian space policy 2023. *Revista Española de Derecho Aeronáutico y Espacial*, n. 4, 2024. Disponível em: https://aedae-aeroespacial.org/wp-content/uploads/2024/12/REDAE_DIGITAL_N4_dic_2024.pdf#page=208. Acesso em: 24 abr. 2025.

GOVERNMENT OF INDIA. **Indian Space Policy 2023**. New Delhi: Department of Space, 2023.

GOVINDU, V.; KUMAR, G. S. **Government policies and strategies for space: Indian perspective**. 2023. Disponível em: https://www.academia.edu/download/98780276/GOVERNMENT_POLICIES_AND_STRATEGIES_FOR_SPACE_INDIAN_PERSPECTIVE.1.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

GUPTA, A.; SHARMA, N.; MAENDER, C. India's launch into New Space: leveraging the constellation of information technology, pharma, and biotech. *New Space*, Mary Ann Liebert, 2022. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/space.2021.0039>. Acesso em: 19 abr. 2025.

HARDING, R. **Space policy in developing countries: the search for security and development on the final frontier**. Londres: Routledge, 2012. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=CAuCEAAQBAJ>. Acesso em: 24 abr. 2025.

HIGHFILL, T. C.; MACDONALD, A. C. Estimating the United States space economy using input-output frameworks. *Space Policy*, v. 59, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964621000667>. Acesso em: 23 abr. 2025.

HOF, B.; KOOPMANS, C.; LIESHOUT, R.; WOKKE, F. **Design of a methodology to evaluate the direct and indirect economic and social benefits of public investments in space**. Amsterdam: SEO Economic Research, 2012. Disponível em: https://www.seo.nl/wp-content/uploads/2020/04/2012-42_Public_Investment_in_Space.pdf. Acesso em: 19 abr. 2025.

HUDSON INSTITUTE. **US-India economic ties: to the next level and beyond**. Washington, D.C.: Hudson Institute, 2024. Disponível em: http://media.hudson.org.s3.amazonaws.com/US-India+Economic+Ties_+To+the+Next+Level+and+Beyond+-+Oct+2024.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

HUSSAIN, A.; SHAHZAD, A. India's moon mission success boosts space ambitions. *Reuters*, 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/world/india/india-moon-landing-success-could-boost-space-ambitions-2023-08-23/>. Acesso em: 30 abr. 2025.

HUSSAIN, S.; SHAHZAD, K. India's quest for 'global space and influence' through the 'outer space' domain. *Journal of Space Safety Engineering*, v. 10, n. 4, p. 567–578, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468896723000605>. Acesso em: 19 abr. 2025.

IN-SPACe. **Annual Capacity and Scheduling Report 2023–2025**. Ahmedabad: Indian National Space Promotion and Authorization Center, 2023.

IN-SPACe. **Annual Startup Engagement Report**. Ahmedabad: Indian National Space Promotion and Authorization Center, 2024.

IN-SPACe. **Commercial Data Access Framework Report**. Ahmedabad: Indian National Space Promotion and Authorization Center, 2023.

IN-SPACe. **Indian Space Economy Report 2024**. Department of Space, Government of India, 2024. Disponível em: <https://www.inspace.gov.in/reports/indian-space-economy-report-2024>. Acesso em: 26 abr. 2025.

IN-SPACe. **Strategic Cooperation Initiatives 2024–2025: fostering South-South collaboration**. Ahmedabad: IN-SPACe, 2025. Disponível em: <https://www.inspace.gov.in/initiatives/space-diplomacy-south-south>. Acesso em: 26 abr. 2025.

INDIA. Department of Space. **Annual Report 2019–20**. Government of India, 2020. Disponível em: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/AnnualReports/AnnualReport2019-20.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Department of Space. **Annual Report 2022–23**. Government of India, 2023. Disponível em: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/AnnualReports/AnnualReport2022-23.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Department of Space. **Annual Reports 2019–2023**. Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/AnnualReports.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Department of Space. **Indian Space Policy 2023**. Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/IndianSpacePolicy2023.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Department of Space. **Spacecom Policy 2020 and Remote Sensing Data Policy 2020**. Government of India, 2020. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/Policies.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. IN-SPACe. **Facilitating private sector participation in India's space programme**. Government of India, 2024. Disponível em: <https://www.inspace.gov.in/Participation.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Indian Institute of Remote Sensing (IIRS). **Moon, moon missions and India's moon exploration programme**. Government of India, 2023. Disponível em: https://jigyasa.iirs.gov.in/Upload_Record/pdf/The_Lunar_Saga_edition2.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Indian National Space Promotion and Authorization Center (IN-SPACe). **Facilitating private sector participation in India's space programmes**. Government of India, 2024. Disponível em: <https://www.inspace.gov.in/Participation.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INDIA. Indian Patent Office. **Application No. IN202341051792: thermoelectric systems for space missions**. Government of India, 2023.

INDIA. Indian Space Research Organisation (ISRO). **Chandrayaan-3 science results**. Government of India, 2024. Disponível em: https://www.isro.gov.in/Ch3_ScienceResults.html. Acesso em: 26 abr. 2025.

INDIA. Indian Space Research Organisation. **Chairman's address after Chandrayaan-3 success**. Government of India, 23 ago. 2023. Disponível em: https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3_Success_Speech.html. Acesso em: 24 abr. 2025.

- INDIA. Indian Space Research Organisation. **Chandrayaan-3 details**. 2023. Disponível em: https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3_Details.html. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **Commercial partnerships and global expansion post-Chandrayaan-3**. Government of India, 2024. Disponível em: https://www.isro.gov.in/Chandrayaan3_CommercialPartnerships.html. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **International cooperation in space: status report 2019**. Government of India, 2019. Disponível em: https://www.isro.gov.in/International_Cooperation_Report2019.html. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **Launch vehicles**. 2023. Disponível em: https://www.isro.gov.in/Launch_Vehicles.html. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **Payloads, data and science handbook: Chandrayaan missions**. Government of India, 2023. Disponível em: https://www.issdc.gov.in/docs/ch2/hand_book_-_payloads_data_and_science.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **Space Technology Incubation Centre Initiative**. Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/STIC.html>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Indian Space Research Organisation. **The modern era of Indian space programme: achievements in 9 years**. Government of India, 2024. Disponível em: https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/9Years_Space_Achievement_Feb2024.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Ministry of Electronics and Information Technology. **Digital India Programme overview**. Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.meity.gov.in/digital-india>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. Ministry of Finance. **Demand for grants 2021–22: Department of Space**. Government of India, 2021. Disponível em: <https://www.indiabudget.gov.in/doc/eb/sbe93.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. NITI Aayog. **Annual Report 2024–25**. Government of India, 2025. Disponível em: https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2025-02/Annual%20Report%202024-25%20English_FINAL_LOW%20RES_0.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.
- INDIA. NITI Aayog. **Fostering innovation through SIDBI credit lines**. Government of India, 2021. Disponível em: <https://niti.gov.in/InnovationInitiatives>. Acesso em: 22 jan. 2025.
- INDIA. NITI Aayog. **Guidelines for data-driven governance and public policy evaluation**. Government of India, 2021. Disponível em: <https://niti.gov.in/sites/default/files/2021-05/DataDrivenGovernance-Guidelines.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2025.
- INDIA. NITI Aayog. **Harnessing space technology for national development**. Government of India, 2021. Disponível em: <https://niti.gov.in/harnessing-space-technology>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- INDIA. NITI Aayog. **India's space economy 2022: size and scope**. Government of India, 2022. Disponível em: <https://niti.gov.in/whats-new/indias-space-economy-2022-size-and-scope>. Acesso em: 26 fev. 2025.

INDIA. NITI Aayog. **NITI Aayog and ISRO collaborate to enhance India's space innovation ecosystem.** Press Release, Government of India, 2023. Disponível em: <https://niti.gov.in/whats-new/niti-aayog-isro-collaborate-enhance-indias-space-innovation-ecosystem>. Acesso em: 07 dez. 2024.

INDIA. NITI Aayog. **Space as a catalyst for economic development: policy brief.** Government of India, 2020. Disponível em: https://niti.gov.in/sites/default/files/2020-09/SpaceSector_PolicyBrief.pdf. Acesso em: 28 dez. 2024.

INDIA. NITI Aayog. **Space sector reforms and economic impact analysis.** Government of India, 2020. Disponível em: https://niti.gov.in/sites/default/files/2020-08/SpaceSectorReforms_EconomicImpact.pdf. Acesso em: 09 mar. 2025.

INDIA. NITI Aayog. **Space sector reforms: unlocking India's potential.** Government of India, 2020. Disponível em: <https://niti.gov.in/sites/default/files/2020-07/SpaceSectorReforms.pdf>. Acesso em: 30 out. 2024.

INDIA. NITI Aayog. **Strategy for New India @75.** Government of India, 2018. Disponível em: https://niti.gov.in/writereaddata/files/Strategy_for_New_India.pdf. Acesso em: 04 out. 2024.

INDIA. NITI Aayog. **Three-Year Action Agenda 2017–2020.** Government of India, 2017. Disponível em: <https://niti.gov.in/writereaddata/files/coop/ActionAgenda.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2025.

INDIA. Press Information Bureau. **AatmaNirbhar Bharat Abhiyaan – progress so far.** Government of India, 2020. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1645103>. Acesso em: 17 nov. 2024.

INDIA. Press Information Bureau. **Cabinet approves creation of IN-SPACe to boost private sector participation in space activities.** Government of India, 2020. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1634009>. Acesso em: 10 jan. 2025.

INDIA. Press Information Bureau. **Chandrayaan-3 and the new era of Indian space sector liberalization.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1943087>. Acesso em: 04 dez. 2024.

INDIA. Press Information Bureau. **Chandrayaan-3 as a symbol of India's space aspirations under India@75 vision.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1940284>. Acesso em: 16 nov. 2024.

INDIA. Press Information Bureau. **Chandrayaan-3: beyond science – measuring economic and strategic externalities.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1941372>. Acesso em: 21 fev. 2025.

INDIA. Press Information Bureau. **Chandrayaan-3: catalysing India's space economy and innovation ecosystem.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1940285>. Acesso em: 05 out. 2024.

INDIA. Press Information Bureau. **Government focus on space sector budget and Chandrayaan-3 post-pandemic.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1923041>. Acesso em: 16 mar. 2025.

- INDIA. Press Information Bureau. **India's emerging space economy: opportunities post-Chandrayaan-3**. Government of India, 2024. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1950423>. Acesso em: 21 dez. 2024.
- INDIA. Press Information Bureau. **India's expanding global space partnerships: achievements post Chandrayaan-3**. Government of India, 2024. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1948729>. Acesso em: 15 dez. 2024.
- INDIA. Press Information Bureau. **New India Samachar: 16–30 September 2023 edition**. Government of India, 2023. Disponível em: <https://newindiasamachar.pib.gov.in/WriteReadData/Magazine/2023/Sep/M202309161.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.
- INDIA. Press Information Bureau. **SEED Program to encourage space startups**. Government of India, 2022. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1808423>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- INDIA. Press Information Bureau. **Space sector reforms: unlocking India's potential**. Government of India, 2021. Disponível em: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1724086>. Acesso em: 07 nov. 2024.
- INDIAN SPACE ASSOCIATION. **Articles: rising private sector participation**. Indian Space Association, 2024. Disponível em: https://ispa.space/articles_4.html. Acesso em: 06 out. 2024.
- INDIAN SPACE ASSOCIATION. **Membership and industry overview**. Indian Space Association, 2024. Disponível em: <https://ispa.space/members>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION. **Space Technology Incubation Centre (S-TIC) overview**. ISRO, 2022. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/space-technology-incubation-centre.html>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- ISRO. **Annual Report 2022–2023**. Indian Space Research Organisation, 2023. Acesso em: 04 abr. 2025.
- ISRO. **S-TICs Program Expansion Report**. Department of Space, 2023. Acesso em: 28 mar. 2025.
- JIANLAN, S. China emphasizes international cooperation in future lunar and deep space exploration. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2019. Disponível em: http://www.bcas.cas.cn/issue/2019_02/201911/P020191104418903329719.pdf. Acesso em: 16 nov. 2024.
- JICA. **Annual report 2024: partnerships for innovation and technology in India**. Tokyo: Japan International Cooperation Agency (JICA), 2024. Disponível em: <https://www.jica.go.jp/english/publications/reports/annual/2024/>. Acesso em: 14 abr. 2025.
- JONES, K. L.; WEEDEN, B. **Rational exuberance: understanding value and performance in the space economy**. El Segundo, CA: The Aerospace Corporation – Center for Space Policy and Strategy, 2024. Disponível em: https://csps.aerospace.org/sites/default/files/2024-11/05e_RationalExuberance_Jones-Weeden_20241104.pdf. Acesso em: 22 dez. 2024.
- JUNG, D. W.; FÜHR, R. **Democratização do uso do espaço sideral**. [S. l.]: Academia.edu, 2020. Disponível em: https://www.academia.edu/download/67848380/Espaco_Sideral.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.
- KARO, E.; KATTEL, R. **How to organize for innovation: entrepreneurial state and organizational variety**. Tallinn: Technology Governance and Economic Dynamics, Tallinn

- University of Technology, 2016. Disponível em: <http://technologygovernance.eu/files/main/2016012808374242.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.
- KOMMEL, R. K.; PETER, A.; PUIG-HALL, M. **Exploring insights from emerging space agencies**. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies, 2020. Disponível em: http://aerospace.csis.org/wp-content/uploads/2020/10/2020_GWU_ExploringInsights_FINAL_2nd-Edits-101920-compressed.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.
- KOOPMANS, C.; CLARK, J.; HOF, B.; KNEE, P.; LIESHOUT, R. Assessing the full effects of public investment in space. *Space Policy*, v. 30, n. 4, p. 221–229, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964614000071>. Acesso em: 14 jan. 2025.
- KRISHNA, V. V. **The Indian science community: historical and sociological studies**. Springer, 2024. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=oyIfEQAAQBAJ>. Acesso em: 08 dez. 2024.
- KVALE, S.; BRINKMANN, S. **InterViews: learning the craft of qualitative research interviewing**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2009.
- LANIA, Gabriele. **An international comparison of space history, policy and industrial capability**. South Australian Space Industry Centre, 2020. Disponível em: https://sasic.sa.gov.au/wp-content/uploads/2020/10/gabriele_lania.pdf. Acesso em: 28 abr. 2025.
- LOGSDON, J. M. et al. Asia in space: the race to the final frontier. *Asia Policy*, The National Bureau of Asian Research, abr. 2020. Disponível em: https://www.nbr.org/wp-content/uploads/pdfs/publications/ap15-2_spacert_apr2020.pdf. Acesso em: 11 fev. 2025.
- LOGSDON, J. M. et al. **India's space program: success and challenges**. Washington, D.C.: Space Policy Institute, George Washington University, 2020. Disponível em: <https://spi.elliott.gwu.edu>. Acesso em: 08 out. 2024.
- LOGSDON, J. M.; MOLTZ, J. C. Asia in space: the race to the final frontier. *Asia Policy*, v. 15, n. 2, p. 5–44, 2020. Disponível em: https://www.nbr.org/wp-content/uploads/pdfs/publications/ap15-2_spacert_apr2020.pdf. Acesso em: 29 dez. 2024.
- LOGSDON, J. M.; MOLTZ, J. C.; POLLPETER, K. **Asia in space: the race to the final frontier**. Seattle: National Bureau of Asian Research, 2020. Disponível em: https://www.nbr.org/wp-content/uploads/pdfs/publications/ap15-2_spacert_apr2020.pdf. Acesso em: 14 jan. 2025.
- MACAULEY, M. K. Economics of space. In: PELTON, J. N.; JOHNSON, S. B. (Org.). **Space politics and policy: an evolutionary perspective**. Dordrecht: Springer, 2004. Disponível em: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/0-306-48413-7_10.pdf. Acesso em: 19 nov. 2024.
- MANE, S. Chandrayaan-2: India's lunar exploration mission to the Moon. *International Journal of All Research Education and Scientific Methods*, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372452213_Chandrayaan-2_India's_Lunar_Exploration_Mission_to_the_Moon. Acesso em: 30 jan. 2025.
- MANI, S.; DADHWAL, V. K.; SHAIJUMON, C. S. India's space economy, 2011–12 to 2020–21: its size and structure. *Space Policy*, Elsevier, 2023. Disponível em:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964622000509>. Acesso em: 03 abr. 2025.
- MARTINSUO, M.; HUEMANN, M. Reporting case studies for making an impact. *International Journal of Project Management*, v. 39, n. 7, p. 681–693, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786321001290>. Acesso em: 17 fev. 2025.
- MARTINSUO, M.; HUEMANN, M. Research on project stakeholder management: a comprehensive review and future research agenda. *International Journal of Project Management*, v. 39, n. 8, p. 849–865, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2021.09.002>. Acesso em: 09 nov. 2024.
- MATHUR, A. Space domain exploitation: strategic and doctrinal imperatives. *Air Power Journal*, v. 19, n. 1, p. 45–68, 2024. Disponível em: <https://journals.capsindia.org/index.php/apj/article/view/3>. Acesso em: 26 dez. 2024.
- MATOS, P. O. Space industry in Argentina, Brazil, and India: how are emerging countries joining New Space? *New Space*, v. 12, n. 1, 2024. Mary Ann Liebert Publishers. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/space.2023.0045>. Acesso em: 03 mar. 2025.
- MAZZUCATO, M. **Challenges and opportunities for inclusive and sustainable innovation-led growth in Brazil: a mission-oriented approach to public-private partnerships**. Londres: University College London, Institute for Innovation and Public Purpose, 2024. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10202864/>. Acesso em: 15 fev. 2025.
- MAZZUCATO, M. **Mission-oriented innovation policy: challenges and opportunities**. London: University College London – Institute for Innovation and Public Purpose, 2018. Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10195728/1/Mazzucato_moip-challenges-and-opportunities-working-paper-2017-1.pdf. Acesso em: 09 jan. 2025.
- MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state: debunking public vs. private sector myths**. London: Anthem Press, 2013.
- MAZZUCATO, M.; ROBINSON, D. K. R. Co-creating and directing innovation ecosystems? NASA's changing approach to public-private partnerships in low-earth orbit. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 136, p. 166–177, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162517304122>. Acesso em: 27 jan. 2025.
- MAZZUCATO, M.; WILLETTS, D. **A mission-oriented UK industrial strategy**. London: UCL Institute for Innovation and Public Purpose, 2019. Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10195888/1/Mazzucato_190515_iipp_report_moiis_final_artwork_digital_export.pdf. Acesso em: 20 abr. 2025.
- MAZZUCATO, Mariana. **Mission-oriented innovation policy: challenges and opportunities**. University College London – Institute for Innovation and Public Purpose, 2018. Disponível em: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/public-purpose/publications/2018/dec/mission-oriented-innovation-policy-challenges-and-opportunities>. Acesso em: 08 out. 2024.
- MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 10. ed. São Paulo: Hucitec, 2007.
- MINISTRY OF EXTERNAL AFFAIRS (INDIA). **India's global south engagement in space technology**. Government of India, 2024. Disponível em: <https://www.mea.gov.in/press-releases.htm?dtl/37032/Global-South-Cooperation-in-Space>. Acesso em: 08 dez. 2024.

- MODENINI, A.; RIPANI, B. A tutorial on the tracking, telemetry, and command (TT&C) for space missions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10155300>. Acesso em: 08 mar. 2025.
- MOHANTY, S. NewSpace India and Indian National Space Promotion and Authorization Centre: a fledgling and critical partnership. *New Space*, v. 10, n. 2, 2022. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/space.2021.0068>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- MOLINARI, B. **The foundations of the economics of the outer space: a premier overview**. *Space Economics Working Paper*, 2024. Disponível em: <https://spaceeconomics.org/wp-content/uploads/2024/07/SEWP-01-2024.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.
- MOLTZ, J. C. The changing dynamics of twenty-first-century space power. *Journal of Strategic Security*, v. 12, n. 1, p. 15–42, 2019. Disponível em: https://calhoun.nps.edu/bitstream/handle/10945/61507/Moltz_Changing_Dynamics.pdf?sequence=1. Acesso em: 29 abr. 2025.
- MOLTZ, J. C.; LOGSDON, J. M.; POLLPETER, K.; PEKKANEN, S. M. **Asia in space: the race to the final frontier**. Seattle: National Bureau of Asian Research (NBR), 2020. Disponível em: https://www.nbr.org/wp-content/uploads/pdfs/publications/ap15-2_spacert_apr2020.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.
- MORGAN STANLEY. **Space: investing in the final frontier**. Morgan Stanley, 2020. Disponível em: <https://www.morganstanley.com/articles/investing-in-space>. Acesso em: 20 out. 2024.
- MUKHERJEE, S.; JAIN, R. Significant contribution of private investment in the hybrid nature of the booming global space economy (2011–2021 Q1). In: **72nd International Astronautical Congress**, 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/356474635>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- MUND, P. 'Tomorrow is today' for the Indian space saga: delineating the legal framework for space activities in India. *Air and Space Law*, v. 46, n. 1, p. 61–85, 2021. Disponível em: <https://kluwerlawonline.com/journalarticle/Air+and+Space+Law/46.1/AILA2021006>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- MURTHI, K. R. S.; GOPALAKRISHNAN, V. Transformational trends in India's space programme. In: SINGH, R. et al. (Org.). **India to space: critical perspectives from new frontiers**. Singapore: Springer, 2024. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-0714-0_8. Acesso em: 17 dez. 2024.
- NAIR, K. K. **Joining the space club: the impact of India's ASAT on the country's relations with the Big Three**. 2020. Tese (Doutorado em Direito Espacial) – McGill University, Montreal. Disponível em: <https://escholarship.mcgill.ca/downloads/9s1618425>. Acesso em: 16 out. 2024.
- NASA. **NASA and ISRO strengthen Earth and lunar science collaboration**. NASA, 2024. Disponível em: <https://oig.nasa.gov/docs/IG-23-004.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED STUDIES. **Research overview: science, technology and international relations**. NIAS, 2024. Disponível em: <https://nias.res.in/research/science-technology-and-international-relations>. Acesso em: 23 nov. 2024.
- NEETHU, N. **The economic importance of space technology: an analysis**. [S. l.]: ResearchGate, 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Neethu-N->

2/publication/350524972_The_Economic_Importance_of_Space_Technology_An_Analysis/links/6064a14c92851c68df487d9d/The-Economic-Importance-of-Space-Technology-An-Analysis.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.

NITI AAYOG. **Science, technology and innovation vision 2047**. Government of India, 2022.

NOUWENS, M.; LEGARDA, H. **Emerging technology dominance: what China's pursuit of advanced dual-use technologies means for the future of Europe's economy and defence innovation**. London: European Institute for China Studies, 2018. Disponível em: <https://chartaminuta.com/wp-content/uploads/2021/05/DOCUMENTO-LEGARDA.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

OBSERVER RESEARCH FOUNDATION (ORF). **India's new role in global space governance: the Bangalore Declaration and beyond**. ORF Special Report, 2024. Disponível em: <https://www.orfonline.org/research/india-space-governance-2024/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

OBSERVER RESEARCH FOUNDATION (ORF). **Space diplomacy and India's leadership in the Global South**. ORF Special Report, 2024. Disponível em: <https://www.orfonline.org/research/space-diplomacy-india-global-south/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

OECD. **The space economy in figures: how space contributes to the global economy**. Paris: OECD Publishing, 2020. Disponível em: <https://www.oecd.org/innovation/inno/space-economy.htm>. Acesso em: 14 dez. 2024.

OH, M. R. **An exploration of the impact of the space industry in establishing institutional trust**. [S. l.]: ResearchGate, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mary-Rose->

[Oh/publication/388225198_An_Exploration_Of_The_Impact_Of_The_Space_Industry_In_Establishing_Institutional_Trust/links/67902f6982501639f5028923/An-Exploration-Of-The-Impact-Of-The-Space-Industry-In-Establishing-Institutional-Trust.pdf](https://www.researchgate.net/publication/388225198_An_Exploration_Of_The_Impact_Of_The_Space_Industry_In_Establishing_Institutional_Trust/links/67902f6982501639f5028923/An-Exploration-Of-The-Impact-Of-The-Space-Industry-In-Establishing-Institutional-Trust.pdf). Acesso em: 25 nov. 2024.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **The space economy at a glance 2014**. Paris: OECD Publishing, 2014. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/space/oecd-space-economy-at-a-glance-2014.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

OXFORD ANALYTICA. India eyes more foreign investment in space industry. *Emerald Expert Briefings*, 2023. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/OXAN-DB282587/full/html>. Acesso em: 25 jan. 2025.

PALIT, S.; HAZRA, S. Propelling Indian economy through space exploration and applications. *Current Science*, v. 126, n. 5, p. 652–660, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/382104474_Propelling_Indian_economy_through_space_exploration_and_applications. Acesso em: 05 dez. 2024.

PANDA, Jagannath; SWANSTRÖM, Niklas; DUGGAL, Mahima. **India-Nordic budding dynamics: Sweden, a vital gateway?** Policy Brief. Institute for Security and Development Policy (ISDP), 2025. Disponível em: <https://www.isdp.eu/wp-content/uploads/2025/03/Policy-Brief-India-Sweden-2-March-24.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

- PAPADOPOULOU, K. G. T. **Space technologies, applications and services (STAR): a comparative overview**. University of Athens, 2024. Disponível em: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/3450279/file.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.
- PARAVANO, A.; LOCATELLI, G.; TRUCCO, P. What is value in the New Space Economy? The end-users' perspective. In: **International Astronautical Congress**, 73., 2022, Paris. Anais [...]. [S. l.]: IAF, 2022. Disponível em: <https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/1257455/1/Preprint%20-%20IAC-22%2CE6%2C3%2Cx70011%20-%20Paravano.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2024.
- PIXEL. **Pixxel to provide hyperspectral imagery services to US and European customers**. Pixxel Press Release, 2024. Disponível em: <https://www.pixxel.space/newsroom>. Acesso em: 12 out. 2024.
- PIXXEL. **Geospatial innovation for emerging markets**. Company White Paper, 2023.
- POREL, T.; SINGH, T. K. Evolution of India's space industry from dependency to commercialization. *New Space*, 2025. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/space.2024.0040>. Acesso em: 04 fev. 2025.
- PRASAD, N. **Space 2.0 India: leapfrogging Indian space commerce**. New Delhi: Observer Research Foundation, 2017. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=iwtNDwAAQBAJ>. Acesso em: 22 dez. 2024.
- RAFEEK, M. **Precision agriculture: catalyst for India's economic growth to \$5 trillion**. Shanlax Publications, 2024. Disponível em: <https://shanlaxpublications.com/p/India-5TE-2024.pdf#page=230>. Acesso em: 20 out. 2024.
- RAJAGOPALAN, R. P. India's South-South strategy in outer space cooperation. *Observer Research Foundation Report*, 2023. Acesso em: 21 dez. 2024.
- RAJAGOPALAN, R. P. India's space program. In: JOHNSON-FREESE, J. (Org.). **The Oxford Handbook of Space Security**. Oxford: Oxford University Press, 2023. Disponível em: <https://books.google.com/books?id=uObvEAAAQBAJ>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- RAJAGOPALAN, R. P.; MOHAN, P.; KRISHNA, R. **India in the final frontier: strategy, policy and industry**. *ORF Special Report* nº 100. New Delhi: Observer Research Foundation, 2020. Disponível em: https://www.academia.edu/download/67652789/ORF_SpecialReport_100_Space.pdf. Acesso em: 27 dez. 2024.
- RAJAGOPALAN, R. P.; STROIKOS, D. The metamorphosis of India's space policy in a changing space order. In: JOHNSON-FREESE, J. (Org.). **Routledge Handbook of Space Policy**. Londres: Routledge, 2024. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003342380-43>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- RAJAGOPALAN, R. P.; STROIKOS, D. The transformation of India's space policy: from space for development to the pursuit of security and prestige. *Space Policy*, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964624000249>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- RAMANATHAN, A. **Understanding the lunar governance challenge**. Bangalore: Takshashila Institution, 2024. Disponível em: <https://takshashila.org.in/s/The-Lunar-Governance-Challenge-V10-24Jan2024.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2025.

- RAUSSER, G. C.; CHOI, E.; BAYEN, A. **Space exploration: the role for public-private research and development partnerships**. Berkeley: University of California, eScholarship, 2023. Disponível em: <https://escholarship.org/content/qt5bf3441q/qt5bf3441q.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2024.
- REUTERS. Space industry funding in India falls 55% in 2024, data show. *Reuters*, 2025. Disponível em: <https://www.reuters.com/technology/space/space-industry-funding-india-falls-55-2024-data-show-2025-01-06/>. Acesso em: 16 out. 2024.
- SACHDEVA, G. S. **The philosophy of space policy: with a case study of India**. 1. ed. [S.l.]: [s.n.], 2025. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=en&id=Z3E2EQAAQBAJ>. Acesso em: 01 jan. 2025.
- SAMIKSHA, S. **Space policy developments in India pre-2020**. *Ministry of Finance Briefings*, Government of India, 2023. Disponível em: <https://cdn.guidely.in/pdf/169639559679.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2025.
- SARKAR, B.; MANI, P. K. Chandrayaan-2: a memorable mission conducted by ISRO. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 2020. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/94319386/58423.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- SAXENA, A. India's space policy and counter-space capabilities. *Strategic Analysis*, Taylor & Francis, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09700161.2023.2191238>. Acesso em: 27 out. 2024.
- SCERRI, M.; LASTRES, H. M. M. The role of the state: BRICS national systems of innovation. In: **Brics and development alternatives**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020. Disponível em: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/50905>. Acesso em: 20 dez. 2024.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **Handbook for new space actors: 2024 revision**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em: https://swfound.org/media/207988/handbook-for-new-space-actors_2024-revision.pdf. Acesso em: 07 mar. 2025.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **Space applications for disaster management and climate resilience: 2024 progress report**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em: <https://swfound.org/publications/space-disaster-management-2024/>. Acesso em: 02 dez. 2024.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **Space governance and the rise of inclusive initiatives: India's proposal at COPUOS 2024**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em: <https://swfound.org/publications/india-inclusive-lunar-initiative-2024/>. Acesso em: 10 fev. 2025.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **Space sustainability index initiative: India, Japan, and Sweden collaboration**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em: <https://swfound.org/publications/space-sustainability-index-initiative-2024/>. Acesso em: 04 mar. 2025.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **The Space Report 2024: global trends in space cooperation**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em: <https://swfound.org/publications/space-cooperation-2024/>. Acesso em: 26 fev. 2025.
- SECURE WORLD FOUNDATION. **The Space Report 2024: special edition on lunar development**. Secure World Foundation, 2024. Disponível em:

<https://swfound.org/media/207248/the-space-report-special-edition-features-on-lunar-development.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SHARMIN, F. China's increasing space power and India-China orbital competitions: implications in the Indo-Pacific with a focus on South Asia. *Journal of Indo-Pacific Affairs*, v. 6, n. 3, p. 45–67, 2023. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=173881115>. Acesso em: 10 jan. 2025.

SINGH, B.; TIWARI, S.; PAUL, S.; RAJ, A. Launching to landing: does market value space technology innovation? *SSRN*, 2024. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4561965. Acesso em: 06 jan. 2025.

SKILL INDIA. **Skilling India for the NewSpace Economy: workforce readiness report**. Ministry of Skill Development and Entrepreneurship, 2023. Acesso em: 09 abr. 2025.

SOMANATH, S. Indian Space Research Organisation. *Bharatpedia*, 2024. Disponível em: <https://en.bharatpedia.org/wiki/ISRO>. Acesso em: 07 fev. 2025.

SONAWANE, A. B.; AHUJA, V. K. **Economic reasoning and public policy: case studies from India**. Nova Delhi: Research and Information System for Developing Countries (RIS), 2023. Disponível em: <https://www.ris.org.in/sites/default/files/Opinions-Comments/E-book%20-%20Economic%20Reasoning%20and%20Public%20Policy%20Case%20Studies%20from%20India.pdf>. Acesso em: 07 dez. 2024.

SPACE NEWS. India intensifies space partnerships post Chandrayaan-3. *SpaceNews*, 2024. Disponível em: <https://spacenews.com/india-space-partnerships-chandrayaan3/>. Acesso em: 28 abr. 2025.

SPACENEWS. How India, Japan, and UAE are reshaping civil space cooperation post-Chandrayaan-3. *SpaceNews*, 2024. Disponível em: <https://spacenews.com/india-japan-uae-civil-space-cooperation/>. Acesso em: 15 fev. 2025.

SPACENEWS. India's Chandrayaan-3 success reshapes global space governance discussions. *SpaceNews*, 2024. Disponível em: <https://spacenews.com/india-space-governance-chandrayaan-3/>. Acesso em: 29 dez. 2024.

SPACETECH ANALYTICS. **India's NewSpace economy: 2023 market outlook**. London: Deep Knowledge Group, 2023.

SPACETECH ANALYTICS. **India's space sector analysis 2024: post-Chandrayaan growth and opportunities**. SpaceTech Analytics, 2024. Disponível em: <https://spacetechnology.global/india-space-sector-report-2024/>. Acesso em: 09 mar. 2025.

SPACETECH ANALYTICS. **SpaceTech industry landscape overview 2024**. SpaceTech Analytics, 2024. Disponível em: <https://spacetechnology.global/space-tech-industry-2024-q1-overview/>. Acesso em: 21 dez. 2024.

SUNDARARAJAN, A. Space sector economics: comparative analysis of emerging and mature space powers. *Space Policy*, v. 66, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265964623000310>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SZOLUCHA, A.; RASHMI, M. Cultural imaginaries of contemporary space exploration missions in India, United States, New Zealand and Antarctica: a comparative analysis. *OSF*, 2025. Disponível em: <https://osf.io/a498p/download>. Acesso em: 13 nov. 2024.

- TAN, C.; EMES, M.; ALHAMMAD, M.; RAPER, I. **Examining the space value chain through the lens of the circular economy**. Londres: University College London, 2022. Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10158955/1/SECESA_FinalPaper.pdf. Acesso em: 17 abr. 2025.
- TERZI, A.; NICOLI, F. **Space possibilities for our grandchildren: current and future economic uses of space**. Cambridge: University of Cambridge Repository, 2024. Disponível em: <https://www.repository.cam.ac.uk/bitstreams/1a274b3f-a1b0-4a97-8073-2ab02aa1e899/download>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- THE HINDU BUSINESS LINE. Dhruva Space eyes overseas expansion in Asia, Africa, Latin America. *The Hindu Business Line*, 2024. Disponível em: <https://www.thehindubusinessline.com/news/dhruva-space-expansion-global/article66984234.ece>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- THOMAS, V.; ANTONY, R.; RAJA, A.; RALTE, J. India's Chandrayaan-3 success: implications, obstacles and future path. *Astropolitics*, [S. l.], v. 22, n. 1, 2024. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14777622.2024.2370361>. Acesso em: 07 jan. 2025.
- TIMES OF INDIA. India's private space sector takes off after Chandrayaan-3. *The Times of India*, 2024. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/private-space-sector-india-chandrayaan3/articleshow/104032971.cms>. Acesso em: 08 dez. 2024.
- TIMES OF INDIA. ISRO's Chandrayaan-3 triggers space tech boom: how Indian universities and startups are collaborating. *The Times of India*, 2024. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/isro-chandrayaan-3-universities-startups-collaboration/articleshow/104291385.cms>. Acesso em: 05 dez. 2024.
- UNDSETH, M.; JOLLY, C. **A new landscape for space applications**. Paris: OECD, 2022. Disponível em: https://read.oecd-ilibrary.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/11/a-new-landscape-for-space-applications_e2209f9a/866856be-en.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS (UNOOSA). **Emerging practices in space ethics and governance**. UNOOSA Report, 2024. Disponível em: <https://unoosa.org/documents/space-ethics-2024.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2025.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS (UNOOSA). **Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: 2024 Session**. United Nations, 2024. Disponível em: <https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/2024/>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- UNOOSA. **Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: report of the Subcommittee on Scientific and Technical Issues, 2024**. United Nations Office for Outer Space Affairs, 2024. Disponível em: <https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2024/>. Acesso em: 12 nov. 2024.
- UNOOSA. UNOOSA congratulates India and promotes inclusive lunar governance. *UNOOSA*, 2023. Disponível em: <https://unoosa.org>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- UWAOMA, P. U.; EBOIGBE, E. O.; EYO-UDO, N. L. Space commerce and its economic implications for the US: a review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/388175718>. Acesso em: 12 jan. 2025.

- VAJIRAM & RAVI. **Chandrayaan-3 and the lunar south pole: strategic importance.** *Current Affairs Review*, 2024. Disponível em: <https://vajiramandravi.com/upsc-daily-current-affairs/mains-articles/Chandrayaan-3-Water-Ice-Discovery/>. Acesso em: 08 out. 2024.
- VALLEJO, B.; WEHN, U. Capacity development evaluation: the challenge of the results agenda and measuring return on investment in the global south. *World Development*, v. 79, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X15002739>. Acesso em: 01 jan. 2025.
- VASANTHA, V. Global opportunities and challenges in the space economy. *Sri Lanka Journal of Economic Research*, v. 12, n. 1, p. 33–48, 2024. Disponível em: <https://sljer.sljol.info/articles/10.4038/sljer.v12i1.220>. Acesso em: 21 out. 2024.
- VITERALE, F. D. C. Global power dynamics in the contemporary space system. *Systems*, Basel, v. 13, n. 4, p. 276, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-8954/13/4/276>. Acesso em: 01 mar. 2025.
- VITERALE, F. D. C. Transitioning to a new space age in the 21st century: a systemic-level approach. *Systems*, v. 11, n. 5, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-8954/11/5/232>. Acesso em: 30 abr. 2025.
- WEINZIERL, M. Space, the final economic frontier. *Journal of Economic Perspectives*, Nashville, v. 32, n. 2, p. 173–192, 2018. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.32.2.173>. Acesso em: 07 out. 2024.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Porto Alegre: Bookman, 2005.
- YIN, R. K. **Qualitative research from start to finish.** 2. ed. New York: The Guilford Press, 2015.
- YOLUSEVER, A. The space economy: a new frontier for economic growth and innovation. *Journal of Economics and Administrative Sciences*, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 45–58, 2023. Disponível em: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/4675220>. Acesso em: 26 out. 2024.
- ZANCAN, V.; PARAVANO, A.; LOCATELLI, G.; TRUCCO, P. Evolving governance in the space sector: from legacy space to new space models. *Acta Astronautica*, v. 215, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576524005010>. Acesso em: 04 mar. 2025.
- DADOS, Nour; CONNELL, Raewyn. **The Global South.** *Contexts*, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 12–13, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1536504212436479>. Acesso em: 17 maio 2025.
- MAWDSLEY, Emma. **The Changing Geographies of Foreign Aid and Development Cooperation: Contributions from Gift Theory.** *Transactions of the Institute of British Geographers*, [S.l.], v. 37, n. 2, p. 256–272, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2011.00467.x>. Acesso em: 17 maio 2025.
- DANERMARK, Berth; EKSTRÖM, Mats; JAKOBSEN, Liselotte; KARLSSON, Jan Ch. **Explaining Society: Critical Realism in the Social Sciences.** London: Routledge, 2002.
- SAYER, Andrew. **Realism and Social Science.** London: SAGE Publications, 2000.
- HALL, Peter A. **Policy Paradigms, Social Learning and the State: The Case of Economic Policymaking in Britain.** *Comparative Politics*, v. 25, n. 3, p. 275–296, 1993.
- MARSH, David; SMITH, Martin. **Understanding Policy Networks: Towards a Dialectical Approach.** *Political Studies*, v. 48, n. 1, p. 4–21, 2000.

WEISS, Linda. **Global Governance, National Strategies: How Industrialized States Make Room to Move under the WTO.** *Review of International Political Economy*, v. 12, n. 5, p. 723–749, 2005.

SARABHAI, Vikram. **Collected Works of Vikram A. Sarabhai: Space Science and Applications.** New Delhi: Indian Space Research Organisation, 1974.

SIDDIQI, Asif A. **The Red Rockets' Glare: Spaceflight and the Soviet Imagination, 1857–1957.** Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

EY; NASSCOM. **India's Space Economy: Reaching for the Stars.** New Delhi: EY/NASSCOM, 2024. Disponível em: https://www.ey.com/en_in/aerospace-defense/indias-space-economy-2024. Acesso em: 21 maio 2025.

INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION (ISRO). **Annual Report 2023.** Bengaluru: Department of Space, Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/annualreport2023.html>. Acesso em: 22 maio 2025.

IN-SPACe. **Vision and Strategy Documents.** Government of India, 2023. Disponível em: <https://www.inspace.gov.in>. Acesso em: 22 maio 2025.

BANDYOPADHYAY, Aditya. **IN-SPACe: The Need for Clear Mandates to Boost India's Space Ecosystem.** *Observer Research Foundation*, 2023. Disponível em: <https://www.orfonline.org/expert-speak/inspace-need-for-clear-mandates-to-boost-indias-space-ecosystem/>. Acesso em: 22 maio 2025.

INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION (ISRO). **Launch Services.** Government of India, 2024. Disponível em: <https://www.isro.gov.in/launchservices.html>. Acesso em: 24 maio 2025.

THE HINDU. **ISRO Set for a Historic 100th Launch from Sriharikota.** *The Hindu*, 2024. Disponível em: <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/isros-historic-100th-launch-from-sriharikota/article69151015.ece>. Acesso em: 27 maio 2025.

INDIAN SPACE RESEARCH ORGANISATION (ISRO). **Bhuvan Geoportal.** 2024. Disponível em: <https://bhuvan.nrsc.gov.in>. Acesso em: 27 maio 2025.

ANALYTICS INDIA MAGAZINE. **Pixxel's Hyperspectral Leap: India's Answer to Western Data Monopolies.** 2024. Disponível em: <https://analyticsindiamag.com>. Acesso em: 27 maio 2025.

APÊNDICE – ROTEIRO DE ENTREVISTAS

Roteiro de Entrevista – Português

1. Apresentação Inicial

"Bom dia/boa tarde. Esta entrevista faz parte de uma pesquisa de dissertação de mestrado em Economia da Universidade de Brasília (UnB), cujo objetivo é analisar os impactos econômicos da missão Chandrayaan-3 no setor espacial indiano no período de 2019 a 2025.

Esta entrevista busca captar percepções externas à Índia, especialmente de especialistas e estudantes ligados à área espacial na América Latina.

As informações coletadas serão tratadas de forma confidencial e anônima, sendo utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

Com seu consentimento, a conversa será gravada apenas para garantir precisão na transcrição. Podemos prosseguir?"

2. Bloco 1 – Perfil do Entrevistado

1.1. Poderia informar sua formação acadêmica e área de atuação profissional ou acadêmica atual?

1.2. Tem ou já teve alguma ligação profissional, acadêmica ou institucional com programas espaciais (em seu país ou internacionalmente)?

1.3. Em que medida acompanha ou acompanha projetos espaciais de países emergentes, como Índia, Brasil ou outros?

3. Bloco 2 – Percepções sobre o Programa Espacial Indiano e a Missão Chandrayaan-3

2.1. Antes da missão Chandrayaan-3, qual era sua percepção sobre a posição da Índia no cenário espacial global?

2.2. Como avalia o impacto da missão Chandrayaan-3 na imagem internacional da Índia como ator relevante no campo da inovação e da tecnologia espacial?

2.3. Em sua visão, quais foram os principais diferenciais da missão Chandrayaan-3 em relação a outras missões espaciais contemporâneas (por exemplo, de EUA, China, Europa)?

2.4. Considera que a missão Chandrayaan-3 trouxe estímulos ou oportunidades de cooperação internacional para países do Sul Global? De que forma?

4. Bloco 3 – Inovação, Economia Espacial e Cooperação Internacional

3.1. De que maneira acredita que missões como a Chandrayaan-3 influenciam a inovação tecnológica e a economia espacial em países emergentes?

3.2. Em sua opinião, o sucesso da Índia pode servir de referência para outros programas espaciais latino-americanos? Que lições principais poderiam ser extraídas?

3.3. Quais áreas da cooperação espacial internacional deveriam ser fortalecidas entre Índia e América Latina nos próximos anos (ex.: lançamentos, satélites, pesquisa científica, formação de recursos humanos)?

5. Encerramento

4.1. Há mais algum ponto sobre a missão Chandrayaan-3, sobre o programa espacial indiano ou sobre o desenvolvimento da economia espacial em países emergentes que o(a) senhor(a) gostaria de destacar?

"Agradeço imensamente sua disponibilidade e contribuição para esta pesquisa. Seu depoimento é extremamente relevante."