



Universidade de Brasília

**Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia e
Gestão de Políticas Públicas**

**Publicações Científicas como Indicadores
Estratégicos no Setor Espacial: Uma Análise de
Engenharia, Exploração e Gestão Espacial**

Gabriel Frazão Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL

Brasília

2025

Universidade de Brasília
Faculdade de Administração, Contabilidade,
Economia e Gestão de Políticas Públicas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Publicações Científicas como Indicadores
Estratégicos no Setor Espacial: Uma Análise de
Engenharia, Exploração e Gestão Espacial

Gabriel Frazão Silva

Tese de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Michele Cristina Silva Melo

Brasília
2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Frazão Silva, Gabriel.

Publicações Científicas como Indicadores Estratégicos no Setor Espacial: Uma Análise de Engenharia, Exploração e Gestão Espacial / Gabriel Frazão Silva; orientadora Michele Cristina Silva Melo. -- Brasília, 2025.

87 p.

Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Economia

Mestrado Profissional) -- Universidade de Brasília, 2025.

1. Publicações Científicas. 2. Análise Bibliométrica. 3. Setor Espacial. 4. Indicadores de Impacto. 5. SCImago Journal Rank (SJR). I. Melo, Michele Cristina Silva, orient. II. Título.

Universidade de Brasília
Faculdade de Administração, Contabilidade, Economia e Gestão de
Políticas Públicas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Publicações Científicas como Indicadores Estratégicos no Setor Espacial: Uma Análise de Engenharia, Exploração e Gestão Espacial

Gabriel Frazão Silva

Tese de Mestrado submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Economia da Universidade
de Brasília como parte dos requisitos necessá-
rios para obtenção do grau de Mestre.

Trabalho aprovado. Brasília, 30 de junho de 2025:

Profa. Dra. Michele Cristina Silva Melo,
UNB/ECO/FACE
Orientadora

Profa. Dra. Andrea Felipe Cabello
UnB/ECO/FACE
Examinador interno

Dr. Danilo Sakay
Agência Espacial Brasileira
Examinador externo

*Dedicado aos que sempre olham para os céus,
e sonham,
sem limites.*

Agradecimentos

Gostaria primeiramente de agradecer à Agência Espacial Brasileira e ao Ministério da Defesa que proporcionaram a oportunidade do programa de mestrado em Economia Espacial e Defesa, como esforço para estudar e produzir conhecimento acadêmico sobre o setor espacial brasileiro. Agradeço a confiança em poder participar do que julgo ser o marco de virada na percepção da sociedade sobre os principais problemas da área espacial.

Gostaria de também agradecer à minha família e amigos pelo apoio e a todos os amigos que fiz durante essa jornada. Agradeço à incrível Dra. Michele Melo, uma das maiores especialistas e pesquisadoras de economia espacial no Brasil, que tenho o prazer de chamar de amiga, e também às colegas de mestrado, Alexandra Borges e Mel Ygaiára, que foram essenciais para me trazer foco e incentivos para concluir esse trabalho.

Por fim, agradeço a todos os professores e especialistas que contribuíram para que esse trabalho fosse possível. Aos professores participantes do programa de pós-graduação que, mesmo cansados, se dedicavam ao máximo para transmitir seus conhecimentos durante longas noites a fio, sem esses profissionais nada disso seria possível.

Espero que esse trabalho honre seus esforços.

*“Em algum lugar,
algo incrível está esperando para ser descoberto.”
Carl Sagan*

Resumo

Esta dissertação apresenta uma análise bibliométrica de periódicos científicos internacionais voltados ao setor espacial, com o objetivo de identificar padrões de publicação e impacto que possam orientar decisões estratégicas de investimento em ciência, tecnologia e inovação. Utilizando o indicador SCImago Journal Rank (SJR) como métrica principal, foram selecionadas e categorizadas revistas científicas em três grandes áreas: Engenharia e Tecnologia Espacial; Exploração e Ciências Planetárias; e Política e Gestão Espacial. A partir dessa classificação, investigam-se as dinâmicas de produção acadêmica e a distribuição temática das publicações, que estão alinhadas ao contexto de investimentos no setor espacial. A análise revelou o protagonismo de Estados Unidos, União Europeia e China como eixos centrais de produção científica, ao passo que países emergentes, como Índia, Japão e Brasil, vêm construindo trajetórias específicas de inserção, ainda que de forma desigual. Concluiu-se que o investimento estratégico em ciência e tecnologia espacial está diretamente relacionado à relevância da produção acadêmica como instrumento de soberania, cooperação e competitividade no ecossistema espacial global.

Palavras-chave: Publicações Científicas; Análise Bibliométrica; Setor Espacial; Indicadores de Impacto; SCImago Journal Rank (SJR).

Abstract

This dissertation presents a bibliometric analysis of international scientific journals focused on the space sector, with the objective of identifying publication and impact patterns that may inform strategic decisions in science, technology, and innovation investment. Using the SCImago Journal Rank (SJR) indicator as the main metric, scientific journals were selected and categorized into three major areas: Space Engineering and Technology; Space Exploration and Planetary Sciences; and Space Policy and Management. Based on this classification, the study investigates the dynamics of academic production and the thematic distribution of publications, aligned with investment trends in the space sector. The analysis revealed the leading roles of the United States, the European Union, and China as central axes of scientific production, while emerging countries such as India, Japan, and Brazil have been building specific — though uneven — trajectories of integration. It is concluded that strategic investment in space science and technology is directly related to the relevance of academic production as a tool of sovereignty, cooperation, and competitiveness within the global space ecosystem.

Keywords: Scientific Publications; Bibliometric Analysis; Space Sector; Impact Indicators; SCImago Journal Rank (SJR).

Lista de figuras

Figura 2.1	Os países que lideram o mundo em publicações científicas.	17
Figura 2.2	Despesas internas do governo dos Estados Unidos e da China em P&D de 2019 a 2023	18
Figura 2.3	Artigos de Ciência e Engenharia em todas as áreas, como as 15 maiores produções por região, países e economias.	21
Figura 2.4	Número de artigos indexados pelo SCI: Estados Unidos versus China. .	26
Figura 3.1	Exemplo de Registro	35
Figura 3.2	Registro do banco de dados.	37
Figura 3.3	Perfil do banco de dados	37
Figura 3.4	Quantidade de publicações por revista.	38
Figura 3.5	Quantidade média de publicações por revista anual.	39
Figura 3.6	Publicações de Ciências Planetárias.	40
Figura 3.7	Publicações de Engenharia e Tecnologia Espacial.	40
Figura 3.8	Publicações de Política e Gestão Espacial.	41
Figura 4.1	Análise de ocorrência por nacionalidade do autor principal.	42
Figura 4.2	Análise de ocorrência por país.	43
Figura 4.3	Ocorrências por anos - Engenharia e Tecnologia espacial	44
Figura 4.4	Ocorrências por anos - Exploração e Ciências planetárias	44
Figura 4.5	Ocorrências por anos - Política e Gestão Espacial	45
Figura 4.6	Média anual de ocorrência na área de Engenharia e Tecnologia.	45
Figura 4.7	Média anual de ocorrência na área de Exploração e Ciências Planetárias.	46
Figura 4.8	Média anual de ocorrência na área de Política e Gestão Espacial.	46
Figura 4.9	Ponderação de ocorrências por país.	50
Figura 4.10	Ocorrência de publicações na Austrália, Japão e Canadá.	51
Figura 4.11	Contagem ponderada pelas citações, publicações na Austrália, Japão e Canadá.	51
Figura 4.12	Dados de 2015 de publicações de Engenharia e Tecnologia espacial na Austrália.	51
Figura 4.13	Ocorrência de publicações no Brasil.	52
Figura 4.14	Participação global.	53
Figura 4.15	Participação global dos principais países.	54
Figura 4.16	Participação dos principais países em Engenharia Espacial.	55
Figura 4.17	Participação dos principais países em exploração e ciências planetárias.	55
Figura 4.18	Participação dos principais países em política espacial.	56
Figura 4.19	Nuvem de palavras - Engenharia e Tecnologia Espacial	58

Figura 4.20	Nuvem de palavras - Exploração e Ciências plantárias	60
Figura 4.21	Nuvem de palavras - Política e Gestão Espacial	61
Figura 4.22	Índice HHI	63
Figura 4.23	Índice HHI para Engenharia e Tecnologia Espacial	64
Figura 4.24	Índice HHI para Exploração e Ciências Planetárias	64
Figura 4.25	Índice HHI para Política e Gestão Espacial	64
Figura 4.26	Participação dos países secundários em Política e Gestão Espacial	65
Figura 4.27	Participação em política e gestão espacial desconsiderando a saída do Reino Unido.	66

Lista de tabelas

Tabela 3.1	Engenharia e Tecnologia Espacial.	32
Tabela 3.2	Exploração e Ciências Planetárias.	33
Tabela 3.3	Política e Gestão Espacial.	33
Tabela 3.4	Revistas selecionadas.	34
Tabela 3.5	Relação de erros.	36
Tabela 4.1	Média anual de ocorrências por país	49
Tabela 4.2	Frequência de palavras por categoria	57

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Organização do trabalho.	14
1.1.1	Motivação	14
1.1.2	Hipótese de pesquisa	15
1.1.3	Objetivos	15
2	Revisão da Literatura	17
2.1	Desenvolvimento científico chinês.	17
2.1.1	Política governamental	18
2.1.2	Mobilidade acadêmica e colaboração internacional.	21
2.1.3	Desenvolvimento chinês na área espacial	23
2.2	Produção Acadêmica como Indicador de Desenvolvimento Científico.	25
2.2.1	Análise de participações no mercado de produções científicas.	27
3	Métodos e técnicas.	29
3.1	Base de dados.	29
3.1.1	Segmentação amostral.	29
3.2	Seleção da amostra.	31
3.2.1	Coleta das publicações.	35
3.3	Banco de dados	36
3.3.1	Perfil das Revistas	37
4	Análise de Resultados e Discussões.	42
4.1	Análise quantitativa das publicações.	44
4.1.1	Participação da Austrália	50
4.1.2	Participação do Brasil	51
4.1.3	Análise de participação geral.	52
4.2	Análise qualitativa das principais publicações.	57
4.2.1	Análise do conteúdo	58
4.3	Análise da concentração de publicações	62
4.4	Discussões	66
4.4.1	Países secundários.	70
5	Conclusões	72
	Referências	74
	Anexos	83
	Anexo A Código de coleta de publicações	84

1 Introdução

A crescente importância do setor espacial como vetor de desenvolvimento científico, tecnológico e estratégico tem ampliado a necessidade de compreensão sobre as dinâmicas de mercados e sua influência em diversas áreas. O espaço deixou de ser um domínio restrito à exploração científica ou à corrida tecnológica entre grandes potências para se tornar um campo multidimensional com impactos diretos sobre comunicação, defesa, meio ambiente, desenvolvimento econômico, educação e cooperação internacional. Ligado a esse contexto, reside a batalha das forças políticas dominantes que trabalham em prol da manutenção dos fluxos dos mercados e de suas cadeias produtivas.

No entanto, a natureza altamente tecnológica e o grande interesse protecionista sobre esses mercados (industrial e de defesa) estabelecem um véu de incertezas e dificultam a coleta de informações por razão da importância estratégica que esses mercados apresentam. Destacam-se assim as barreiras de entrada de mercado, os níveis mínimos de maturidade industrial, os altos níveis de investimento e a preservação do conhecimento tecnológico.

Diante desse cenário complexo, faz-se necessária a construção de uma abordagem mais sofisticada para compreender as relações do conhecimento produzido em diferentes dimensões do setor espacial.

Nesse trabalho, abordaremos uma análise baseada no número de publicações acadêmicas, tecnológicas e políticas, sobre o setor espacial para entender as tendências de investimentos e como as principais economias que investem no mercado espacial aplicam seus recursos. Esse estudo pode nos dar dicas de como estão orientadas as políticas públicas e os investimentos em ciência e tecnologia na formulação de estratégias nacionais de desenvolvimento, assim possibilitando estudar decisões estratégicas em áreas de ciência, tecnologia e inovação.

A partir da análise do volume e da distribuição de artigos científicos, é possível inferir tendências de investimentos em determinadas áreas do conhecimento, identificar temas emergentes e até prever tendências futuras de pesquisa.

Para além de quantificar a produção acadêmica, a coleta de dados estatísticos possibilita inferências e análises de metadados, como de palavras-chave, periódicos, publicação e autorias. Esses elementos, quando bem estruturados, permitem mapear redes de cooperação científica, guiando à compreensão dos mercados, fluxo de conhecimentos e grupos líderes.

No entanto, é importante destacar que existem armadilhas nesse percurso, pois a esse tipo de inferência há grandes limitações. O número de publicações, por si só, não necessariamente reflete a qualidade da produção científica, nem mesmo o contrário, sendo assim, são necessárias outras estratégias corretivas e ponderações. Para mitigar tais distorções,

utilizaremos uma combinação de indicadores, como o fator de impacto das revistas e o número de citações.

1.1 Organização do trabalho.

A partir dessa exposição inicial, o presente trabalho busca o estudo sobre os dados obtidos dos bancos de dados de periódicos, em que são publicados artigos acadêmicos com a temática voltada ao setor espacial, a qual se propõe análises e discussões sobre os resultados.

Para isso, esse trabalho foi estruturado em cinco capítulos sequenciais que conduzem o leitor ao entendimento que se propõe.

No primeiro capítulo, é apresentada uma introdução do tema de estudo, motivação, na qual é exposta uma breve discussão do setor espacial moderno e as estratégias adotadas pelos países dominantes e seu trato com o desenvolvimento do setor espacial.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura sobre trabalhos similares, analisando suas técnicas, ferramentas e principais problemas enfrentados para que seja possível estabelecer um método confiável e coerente para a análise dos dados.

No terceiro capítulo, é realizada a apresentação de métodos e técnicas utilizadas, tal como as justificativas e considerações para as análises realizadas e apresentação da estrutura utilizada no banco de dados.

No quarto capítulo, serão apresentados os resultados dos estudos e suas análises, onde serão apresentados os gráficos, erros e ponderações importantes para as conclusões posteriores.

No último capítulo, será realizada a compilação das conclusões acerca das análises obtidas, as quais serão esmiuçadas em busca de entendimentos e causalidade, as que serão confrontadas pelo entendimento de outros trabalhos para uma conclusão mais confiável.

1.1.1 Motivação

O setor espacial é reconhecidamente intensivo em conhecimento, altamente dependente de pesquisa e desenvolvimento (P&D), e fortemente influenciado por decisões de políticas públicas e investimentos governamentais. Nesse contexto, publicações científicas refletem não apenas o avanço técnico em universidades e institutos acadêmicos, mas também os direcionamentos estratégicos adotados por cada país e suas linhas de pesquisa e investimentos.

O tema de estudo proposto baseia-se no interesse de identificar a existência de relação entre as publicações acadêmicas coletadas em repositórios acadêmicos tradicionais do setor espacial, com o objetivo de analisar tendências no grau de investimentos realizados por diferentes países. A escolha desse objeto de investigação decorre da percepção de que a

produção científica pode funcionar como um importante indicativo das prioridades nacionais em ciência, tecnologia e inovação, especialmente em setores estratégicos como o espacial.

Assim, propõe-se a construção de um banco de dados, baseado em publicações acadêmicas como insumos para mapear e interpretar áreas de investimentos no campo espacial a partir de uma abordagem estruturada e temática. A motivação central do trabalho reside em estudar a produção científica e institucional no setor espacial e oferecer uma base empírica e analítica sólida para orientar decisões estratégicas em um campo que reúne ciência de ponta, inovação tecnológica e interesses geopolíticos.

Além disso, a comparação entre diferentes países oferece uma oportunidade de mapear como as nações estão se posicionando frente aos desafios e oportunidades do cenário espacial global. Em um contexto de crescente competição internacional e fortalecimento de programas espaciais nacionais, compreender as prioridades científicas e os investimentos relacionados torna-se fundamental para identificar lacunas, pontos fortes e oportunidades de cooperação ou desenvolvimento interno.

Assim, espera-se que os resultados possam não apenas contribuir para o avanço da literatura sobre governança e desenvolvimento espacial, mas também orientar decisões futuras no campo da ciência, tecnologia e inovação com ênfase no domínio aeroespacial.

1.1.2 Hipótese de pesquisa

Hipótese: A participação da China na produção acadêmica relacionada ao setor espacial tem crescido de forma acelerada ao longo dos anos, refletindo uma tendência de concentração no cenário científico internacional.

1.1.3 Objetivos

Ao investigar a presença e a frequência de categorias específicas nas bases de dados acadêmicas, permite-se a inferência sobre áreas do setor espacial que estão recebendo maior atenção e, possivelmente, mais recursos financeiros e humanos. Espera-se, dessa forma, realizar uma análise que vá além do simples mapeamento temático, buscando relações quantitativas e qualitativas entre a produção acadêmica e os investimentos observáveis no setor.

Objetivo principal: Analisar a correlação entre a produção acadêmica presente em repositórios relevantes do setor espacial e os investimentos realizados por diferentes países, com o intuito de identificar tendências temáticas e áreas estratégicas prioritárias no desenvolvimento espacial internacional.

Objetivos específicos.

1. Identificar padrões das publicações dos países mais relevantes em tamanhos de mercado.
2. Identificar se as áreas mais pesquisadas coincidem com aquelas que recebem mais investimentos.
3. Investigar se as publicações são bons instrumentos para medições de tendências de investimentos.

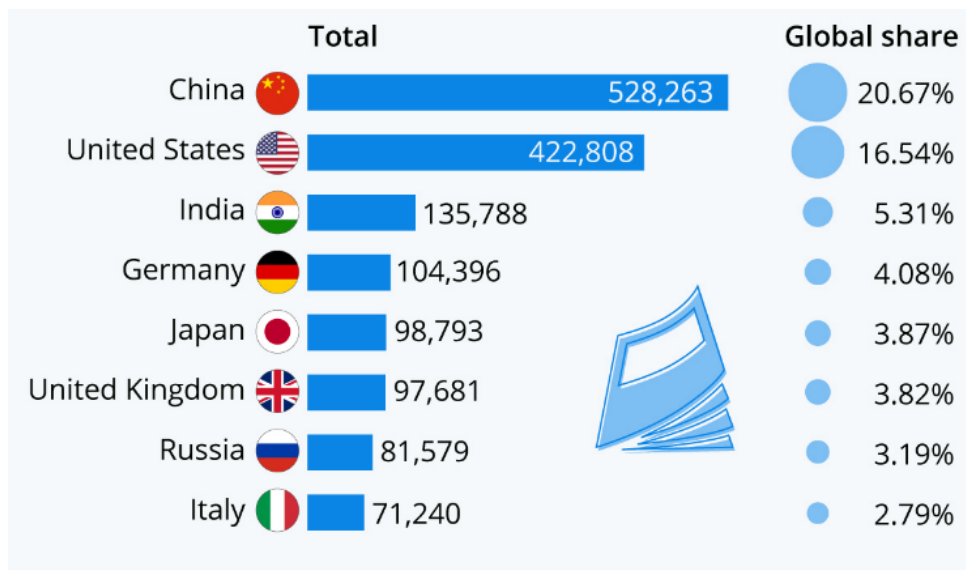
2 Revisão da Literatura

2.1 Desenvolvimento científico chinês.

A relevância da produção científica para a promoção do desenvolvimento socioeconômico é amplamente reconhecida, sendo apontada como fundamental para a inovação tecnológica, geração de empregos qualificados e competitividade global (ABC, 2022). Diante disso, diversos estudos vêm destacando o papel crescente da China no cenário da produção científica global e o seu desenvolvimento econômico.

Nos últimos anos, a China e os Estados Unidos têm se consolidado como os maiores participantes do avanço do conhecimento científico, aparecendo entre as nações com maior número de publicações em periódicos internacionais, como mostra a Figura 2.1.

Figura 2.1 – Os países que lideram o mundo em publicações científicas.



Fonte: Adaptado de (McCarthy, 2019)

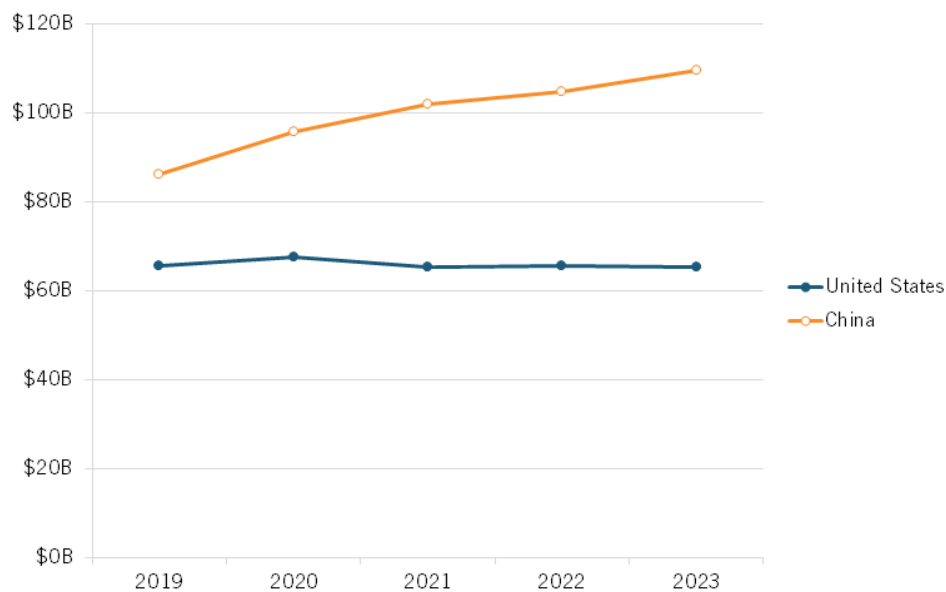
Essa ascensão não ocorreu de forma espontânea, mas sim relacionada ao aumento expressivo dos investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O governo chinês tem direcionado esforços significativos para o fortalecimento da infraestrutura educacional, científica e tecnológica, reconhecendo a importância da ciência como vetor de desenvolvimento econômico e estratégico. De acordo com os dados da Statista, a China foi, em 2018, o país com maior número de artigos publicados em periódicos de ciência e engenharia, ficando à frente dos Estados Unidos — um marco importante na análise do panorama global da produção científica (McCarthy, 2019; The Guardian, 2025).

No cenário internacional, o caso chinês tem sido frequentemente citado como um

exemplo emblemático da correlação entre financiamento em P&D e crescimento da produção científica. A experiência da China ilustra como políticas públicas robustas e investimentos consistentes podem transformar o panorama científico de um país em relativamente pouco tempo (Xie; Zhang; Lai, 2014).

A China tem consolidado sua posição como um dos principais atores desse processo, elevando sua produção científica a níveis comparáveis aos dos países tradicionalmente líderes em ciência e tecnologia e, de acordo com o relatório da National Science Foundation (NSF), a China aumentou significativamente seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento, acompanhando a evolução da produção científica global, e se tornando um ator chave nas áreas de ciência e engenharia (FAPESP, 2023; Xie; Zhang; Lai, 2014). O estudo do Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), ressalta que a China já alcançou ou ultrapassou os Estados Unidos em diversos indicadores de inovação, como gastos totais em P&D e número de patentes registradas, destacando seu crescimento acelerado no cenário global, como visto na Figura 2.2, (NSF, 2024; ITIF, 2025).

Figura 2.2 – Despesas internas do governo dos Estados Unidos e da China em P&D de 2019 a 2023



Fonte: (ITIF, 2025)

2.1.1 Política governamental

As mudanças implementadas na política educacional chinesa nas últimas décadas provocaram transformações profundas e estruturais no cenário científico do país. Elas contribuíram para o reposicionamento da China como uma potência emergente na produção de conhecimento. Observa-se um processo gradativo, porém consistente, do deslocamento do polo científico global do Ocidente para o Oriente, no qual a China ocupa papel central. Tal

reposicionamento não é fruto do acaso, mas sim de uma estratégia estatal, apoiada em diretrizes governamentais que priorizam o investimento em educação, ciência e tecnologia como fundamentos para o desenvolvimento nacional (Xie; Zhang; Lai, 2014; Zhou; Leydesdorff, 2006).

O Estado chinês adotou políticas públicas ambiciosas e de longo prazo voltadas à expansão e qualificação do sistema educacional, com especial ênfase na educação superior e na formação de recursos humanos altamente capacitados. Como enfatiza (Zhou; Leydesdorff, 2006), o desempenho crescente da China no campo científico está diretamente vinculado à implementação de uma política pública que apostou na criação de novas universidades, na reestruturação das instituições já existentes e no aumento substancial dos investimentos no setor educacional.

Essas medidas resultaram em uma expansão massiva da educação superior no país, criando as bases para o desenvolvimento de uma força de trabalho mais qualificada e voltada à inovação. Esses estudos reforçam os resultados obtidos pelo relatório *The Emergence of China as a Leading Nation in Science*, que evidencia o aumento substancial dos recursos destinados à pesquisa, principal fator que impulsionou o crescimento exponencial das publicações científicas no país (Zhou; Leydesdorff, 2006).

Dentre as iniciativas implementadas pelo governo chinês, destacam-se o Project 211 e o Project 985, dois programas estratégicos que direcionaram bilhões de dólares durante décadas para o fortalecimento de universidades e centros de pesquisa de excelência. O Project 211, iniciado em 1995, teve como objetivo elevar cerca de 100 universidades a um nível de padrão internacional no século XXI. Já o Project 985, lançado em 1998, visava o estabelecimento de universidades de classe mundial e centros de pesquisa de ponta. Ambos os programas contribuíram decisivamente para a elevação dos padrões acadêmicos, permitindo que instituições chinesas ingressassem nos rankings internacionais de ensino superior. (Xie; Zhang; Lai, 2014).

No início dos anos 2000, foram adotadas políticas como o *Medium and Long-Term Plan for the Development of Science and Technology (2006–2020)* e, posteriormente, e o programa *Made in China 2025*, (estratégia do governo chinês lançada para transformar o país em líder global em tecnologia e inovação industrial) no qual estabeleceram metas claras para a substituição de importações, fortalecimento da base industrial nacional e ascensão em setores estratégicos de alta tecnologia, como aeroespacial, inteligência artificial e robótica (Wübbeke et al., 2016a).

Como observado por (Xie; Zhang; Lai, 2014), em poucas décadas a proporção da população com formação em nível superior saltou de 0,4% para 3,1%, em uma década, um crescimento notável que ilustra o impacto direto dessas políticas na formação da população. Esse avanço quantitativo foi acompanhado por medidas de qualificação das instituições de ensino, garantindo não apenas o acesso, mas também a excelência acadêmica e científica. E,

guiado pelo objetivo de fortalecer suas capacidades técnicas e alcançar maior autonomia científica, a China passou a adotar, a partir dos anos 2000, uma série de políticas voltadas à atração e repatriação de talentos formados no exterior. Entre elas, destaca-se o *Thousand Talents Program*, voltado ao retorno de cientistas e pesquisadores chineses qualificados em universidades estrangeiras — muitos dos quais haviam migrado nas décadas de 1970 e 1980 em busca de melhores condições de formação e trabalho (Jonkers; Tijssen, 2008).

A criação de incentivos como financiamento adequado, infraestrutura de pesquisa moderna e valorização da carreira científica promoveu a reintegração desses profissionais ao sistema nacional de ciência e tecnologia, refletida, inclusive, na queda da renda relativa desses cientistas no exterior ao longo dos anos 2000 (Xie; Zhang; Lai, 2014).

Essas políticas de mobilidade científica e fortalecimento do capital humano favoreceram a articulação entre universidades, centros de pesquisa e indústria, permitindo à China não apenas alcançar autossuficiência em tecnologias críticas, mas também consolidar-se como exportadora de soluções espaciais, com crescente protagonismo em missões científicas, lançamentos comerciais e infraestrutura orbital. Intensificando o processo, a crise financeira internacional de 2008, iniciada nos Estados Unidos, atuou como catalisadora desse movimento. O ambiente de instabilidade econômica nos países desenvolvidos levou muitos pesquisadores a reconsiderarem suas opções de permanência no exterior. A China, por sua vez, aproveitou essa oportunidade para lançar mão de políticas públicas de incentivo ao retorno, oferecendo salários competitivos, laboratórios bem equipados e instalações acadêmicas para continuidade de suas pesquisas (Xie; Zhang; Lai, 2014).

Esse conjunto de investimentos resultou não apenas na modernização da infraestrutura acadêmica e laboratorial, mas também na ampliação significativa da capacidade de produção científica em múltiplas áreas do conhecimento. Como consequência, a China ascendeu a um novo patamar de desenvolvimento tecnológico e científico, evidenciado pelo expressivo crescimento no número de publicações em periódicos internacionais de prestígio.

Esse avanço refletiu o aumento da quantidade de pesquisas realizadas, mas, sobretudo, a inserção efetiva da China nos circuitos globais de produção, circulação e difusão científica (Xie; Zhang; Lai, 2014). Hoje, as publicações chinesas são muito mais frequentes nas bases de dados internacionais, o que pode ser notado por essa transformação, como mostra a Figura 2.3.

Os dados evidenciam uma transformação quantitativa agressiva. Em 2018, a China ultrapassou os Estados Unidos em número total de artigos científicos e de engenharia publicados (528.263 vs. 422.808), correspondendo a cerca de 20,7% da produção mundial, contra 16,5% dos EUA (Delaere, 2020). Esse avanço expressivo é fruto de uma trajetória de crescimento quase duas vezes superior à média global em produção científica nos últimos dez anos, especialmente em áreas como engenharia e tecnologia (Delaere, 2020). Embora ainda haja desafios em termos de impacto por artigo os Estados Unidos e a Europa continuam

Figura 2.3 – Artigos de Ciência e Engenharia em todas as áreas, como as 15 maiores produções por região, países e economias.

Rank	Region, country, or economy	2008	2018	Average annual growth rate 2008–18 (%)	2018 world total (%)	2018 cumulative total (%)
-	World	1,755,850	2,555,959	3.83	-	-
1	China	249,049	528,263	7.81	20.67	20.67
2	United States	393,979	422,808	0.71	16.54	37.21
3	India	48,998	135,788	10.73	5.31	42.52
4	Germany	91,904	104,396	1.28	4.08	46.61
5	Japan	108,241	98,793	-0.91	3.87	50.47
6	United Kingdom	91,358	97,681	0.67	3.82	54.29
7	Russia	31,798	81,579	9.88	3.19	57.49
8	Italy	56,157	71,240	2.41	2.79	60.27
9	South Korea	44,094	66,376	4.17	2.60	62.87
10	France	66,460	66,352	-0.02	2.60	65.47
11	Brazil	35,490	60,148	5.42	2.35	67.82
12	Canada	53,296	59,968	1.19	2.35	70.17
13	Spain	44,191	54,537	2.13	2.13	72.30
14	Australia	37,174	53,610	3.73	2.10	74.40
15	Iran	17,034	48,306	10.99	1.89	76.29
-	EU	528,938	622,125	1.64	24.34	-

Fonte: (Delaere, 2020)

com liderança em citações médias, a China demonstrou capacidade emergente de gerar publicações de alto impacto, reduzindo o gap qualitativo no cenário global (Delaere, 2020; Nature Index, 2025).

Em um cenário que antes era amplamente dominado por publicações de países ocidentais, como Estados Unidos e membros da União Europeia, hoje a China ocupa posições de destaque e com publicações mais relevantes (Delaere, 2020). Como demonstram os dados da National Science Foundation: em 2022, a China publicou 880 mil artigos em ciência e engenharia, ultrapassando com folga os Estados Unidos (com 523 mil) (NSF, 2024). Além disso, entre os 20 principais periódicos das editoras *Nature* e *Science*, a China já supera os EUA em número de publicações desde 2022, com 26,8% de participação contra 21,1%, consolidando sua liderança global em pesquisa de ponta (The Guardian, 2025). Segundo a ITIF (ITIF, 2025), a China pode já ter superado os EUA também em gastos totais com P&D, dependendo da métrica adotada.

2.1.2 Mobilidade acadêmica e colaboração internacional.

A mobilidade acadêmica internacional tem se consolidado como um fator essencial para o fortalecimento da produção científica em escala global. E, por sua vez, está diretamente correlacionada com a intensificação da colaboração internacional entre pesquisadores, universidades e centros de pesquisa (Zhou; Leydesdorff, 2006).

Um dos fenômenos mais debatidos nesse contexto é o chamado brain drain/brain gain, expressão utilizada para descrever a perda ou ganho de capital humano altamente qualificado por determinados países. De acordo com (Zhou; Leydesdorff, 2006), o brain

drain refere-se à migração de profissionais talentosos para países mais desenvolvidos, onde encontram melhores condições de pesquisa, remuneração e infraestrutura. Por outro lado, o brain gain ocorre quando esses profissionais retornam ao país de origem ou quando os países receptores conseguem absorvê-los de forma produtiva, integrando-os aos seus sistemas científicos (Jonkers; Tijssen, 2008).

Segundo dados apresentados por (Zhou; Leydesdorff, 2006), o fenômeno do brain drain afeta de forma diferente os países. Em estudos conduzidos com China, Índia e os tigres asiáticos, foi observado que cerca de 86% dos estudantes chineses e 96% dos indianos que realizaram sua graduação ou pós-graduação no exterior acabaram permanecendo nos países de destino. Essa absorção não estava necessariamente vinculada à preferência pessoal, mas à limitada capacidade de absorção de capital humano por parte dos países em desenvolvimento, devido à falta de vagas em universidades, infraestrutura adequada para pesquisa, financiamento e programas de inserção profissional compatíveis com as expectativas desses pesquisadores qualificados (Jonkers; Tijssen, 2008).

Em estudo realizado por (Jonkers; Tijssen, 2008), observou-se que os países que conseguiram articular linhas de pesquisa alinhadas aos interesses dos pesquisadores no exterior tiveram maior probabilidade de promover o retorno desses profissionais. O alinhamento institucional e temático das pesquisas foi identificado como fator decisivo para a reversão do brain drain, sinalizando que a reintegração dos talentos exige não apenas incentivos financeiros, mas também coerência científica e planejamento estratégico (Jonkers; Tijssen, 2008).

Conforme estudos recentes (FAPESP, 2023; ABC, 2022; NSF, 2024; ITIF, 2025), a intensificação dessas redes globais de colaboração tem sido crucial para a consolidação da China como uma potência científica, permitindo não apenas crescimento quantitativo, mas uma maior qualidade, inovação e impacto científico internacional.

Assim, a trajetória chinesa demonstra que o fortalecimento da ciência passa pela integração de políticas governamentais articuladas, mobilidade acadêmica planejada e colaboração internacional estruturada, alavancando a inovação e o desenvolvimento sustentável (Xie; Zhang; Lai, 2014; Jonkers; Tijssen, 2008).

No entanto, o cenário internacional recente tem sido marcado por um processo crescente de desacoplamento nas cadeias científicas globais, com implicações profundas para países como a China. Esse *desacoplamento* (*decoupling*) refere-se à redução deliberada das interdependências entre os sistemas científicos e tecnológicos de grandes potências, notadamente entre China e Estados Unidos, em nome da segurança nacional, da soberania tecnológica e da concorrência estratégica. Na prática, esse fenômeno se manifesta por meio de restrições ao intercâmbio acadêmico, barreiras ao compartilhamento de dados sensíveis, controles à exportação de tecnologias críticas e desestímulo à cooperação institucional entre universidades e centros de pesquisa (Zenglein; Holzmann, 2021; Cao, 2024).

Para a China, esse processo impõe desafios significativos, especialmente porque sua ascensão científica nas últimas décadas foi fortemente apoiada por mecanismos de globalização acadêmica, e a reversão desse ambiente cooperativo afeta diretamente a capacidade do país de manter o ritmo de crescimento científico e tecnológico, pressionando-o a acelerar estratégias internas de substituição de importações, fortalecimento de centros de excelência e inovação.

2.1.3 Desenvolvimento chinês na área espacial

O avanço do programa espacial chinês não pode ser compreendido isoladamente, mas sim como parte integrante de uma estratégia nacional mais ampla de fortalecimento da base científica, tecnológica e industrial do país. Desde o final do século XX, a China tem consolidado um modelo de desenvolvimento orientado pelo Estado, no qual ciência e tecnologia ocupam posição central para a promoção do crescimento econômico. A política espacial, nesse contexto, tornou-se um vetor privilegiado dessa transformação, articulando investimentos em pesquisa, inovação e formação de capital humano com objetivos geopolíticos de longo prazo (Jonkers; Tijssen, 2008).

Como afirma Xie (Xie; Zhang; Lai, 2014) o governo chinês passa a conceber o conhecimento científico como um bem público e adota essa perspectiva como fundamento para justificar os elevados investimentos em ciência e tecnologia. Esses aportes passaram a ser entendidos não como simples despesas estatais, mas como parte de uma estratégia de desenvolvimento nacional com alto potencial de retorno social, político e econômico. A consolidação da ciência e da tecnologia como pilares do desenvolvimento permitiu ao país traçar metas de longo prazo para sua transformação em uma potência global no campo da inovação.

Esse esforço coordenado entre políticas educacionais, programas de incentivo, reformas institucionais e crescimento econômico se refletiu no fortalecimento sistêmico da ciência chinesa. Com isso, a China passou a figurar entre os grandes protagonistas internacionais no campo tecnológico, fortalecendo sua base industrial e ampliando sua competitividade nos mercados globais (Zhou; Leydesdorff, 2006; OECD, 2022). Essa transformação institucional e cultural não ocorreu de forma isolada: esteve atrelada a uma abordagem moderna e estratégica de inovação, baseada na articulação entre o Estado, as universidades, o setor produtivo e os centros de pesquisa. Essa estrutura permitiu dinamizar a iniciativa privada, atrair investimentos e impulsionar a geração de conhecimento em áreas estratégicas. As diretrizes normativas foram orientadas à construção de uma infraestrutura científica robusta, valorizando o capital humano e promovendo a internacionalização da ciência como eixos estruturantes do desenvolvimento nacional (Zhou; Leydesdorff, 2006; Jonkers; Tijssen, 2008; Zenglein; Holzmann, 2021).

No setor espacial, essas diretrizes ganharam forma e institucionalização por meio da

adoção de regulações modernas e de incentivos estratégicos que fomentaram a criação de um ecossistema industrial e comercial robusto. A China ingressou, assim, em um seleto grupo de países com capacidade autônoma de lançamento, operação e manufatura de satélites (Zhou; Leydesdorff, 2006; Lin-Greenberg; Fravel; Panda, 2021). Empresas estatais como a CASC (China Aerospace Science and Technology Corporation) e a CASIC (China Aerospace Science and Industry Corporation) foram consolidadas como braços industriais estratégicos, responsáveis por executar a política espacial nacional. Além disso, estudos recentes indicam que o país tem expandido sua rede de centros de pesquisa e inovação, voltados não apenas ao mercado interno, mas também à competição internacional. Investimentos robustos em P&D corporativo e na cadeia de suprimentos tecnológica têm ampliado a capacidade de inovação e a autonomia tecnológica da China no setor espacial (ITIF, 2025; NSF, 2024).

Nos últimos anos, a China tem promovido uma expansão agressiva de seu setor espacial comercial, impulsionada por políticas estatais voltadas à inovação em lançadores reutilizáveis, fábricas inteligentes e constelações de satélites. Contudo, o ritmo real de desenvolvimento permanece aquém das expectativas. Apesar de avanços como os sistemas Guowang e Qianfan, que preveem milhares de satélites em órbita, a taxa de falhas dos lançamentos comerciais chineses ainda é significativamente superior aos padrões internacionais, aproximadamente 14% contra menos de 0,5% no caso da constelação Starlink (Markets; Research, 2023).

Apesar do crescimento acelerado do setor espacial chinês, impulsionado por mais de 200 empresas comerciais e forte presença estatal, análises recentes apontam para uma série de limitações estruturais e contradições estratégicas que afetam seu desempenho (Markets; Research, 2023). Por um lado, há forte apoio governamental, subsídios locais e infraestrutura industrial de grande escala; por outro, observa-se um ambiente extremamente competitivo, com margens de lucro estreitas, políticas protecionistas e regulamentações ambíguas. O modelo chinês combina centralização institucional com estímulo à inovação nacional, criando obstáculos significativos para a entrada de empresas estrangeiras. Além disso, a cultura regulatória tende a privilegiar a submissão à autoridade estatal, limitando a iniciativa das empresas privadas (Markets; Research, 2023).

A estratégia chinesa, baseada em um modelo híbrido que combina grandes estatais com startups privadas subsidiadas por governos regionais, gerou um setor dinâmico, mas fragmentado. Obstáculos técnicos e logísticos nos lançamentos e a ausência de sistemas plenamente reutilizáveis (Markets; Research, 2023; Zenglein; Holzmann, 2021). Além disso, a estrutura centralizada de comando e a burocracia estatal limitam a flexibilidade operacional necessária para competir com ecossistemas empresariais como o dos Estados Unidos, centrado na SpaceX. Apesar dessas limitações, a China segue investindo pesadamente na consolidação de sua indústria espacial, tanto para atender ao mercado interno quanto para competir no cenário internacional.

Esses movimentos econômicos refletem a atual disputa entre Estados Unidos e China pelo protagonismo espacial, a “nova corrida espacial” não se reflete apenas nas ambições científicas, mas nos interesses estratégicos de longo prazo (Lin-Greenberg; Fravel; Panda, 2021; Cao, 2024). Diante disso, a colaboração internacional tem sido fragilizada em meio ao crescente protecionismo tecnológico. Fato que levou a China a buscar sua própria estação espacial, como alternativa à Estação Espacial Internacional (ISS), da qual foi excluída desde 2011 pelos Estados Unidos. Esse afastamento levou a China a buscar sua própria autonomia espacial, com a *Tiangong*, estação espacial chinesa, que resultou no fortalecimento de objetivos civis, científicos e militares (Lin-Greenberg; Fravel; Panda, 2021).

Enquanto os EUA lideram iniciativas como o programa Artemis, de ações multilaterais com objetivos de alcançar a exploração da Lua, a China tem acelerado suas próprias missões de exploração e o plano de construção de uma base lunar internacional em parceria com a Rússia (NASA, 2023; Harrison, 2024). E, mesmo diante de tantos obstáculos, a China segue seu desenvolvimento tecnológico, buscando desenvolver veículos reutilizáveis até 2030, reduzir falhas e expandir infraestrutura orbital, o que indica que o país está comprometido com a construção de uma base comercial (Markets; Research, 2023).

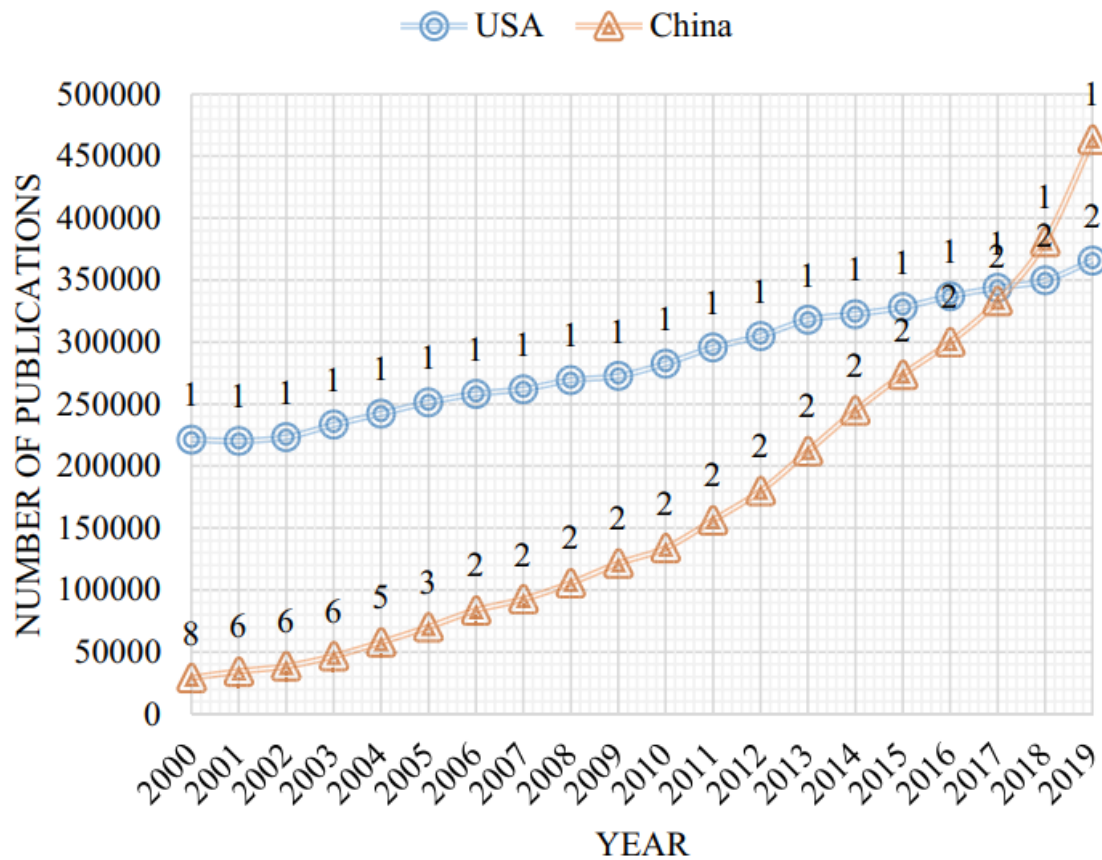
O espaço exterior é cada vez mais compreendido por Pequim como um domínio estratégico, essencial para comunicações seguras, navegação global (como no sistema *Beidou*) e vantagem tecnológica em possíveis cenários de conflito (Jonsson, 2023). Nesse contexto, a rivalidade sino-americana transcende a exploração científica, envolvendo a configuração de normas, alianças e cadeias de suprimento globais no ecossistema espacial.

2.2 Produção Acadêmica como Indicador de Desenvolvimento Científico.

A literatura recente tem dado atenção crescente à análise comparativa entre os Estados Unidos e a China no que diz respeito à produção científica, revelando dinâmicas importantes na geopolítica do conhecimento (Wu; Esposito; Evans, 2024). Em particular, estudos recentes indicam que a China vem absorvendo terreno significativo em relação aos Estados Unidos. Zhu e Liu demonstram que, desde 2018, a China passou a ser a principal publicadora de artigos originais indexados no SCI, ainda que o país mantenha menor expressão em revisões científicas, conforme a Figura 2.4, (Zhu; Liu, 2020).

Os dados apresentados na Figura 2.4 indicam que os Estados Unidos continuam ocupando posição de destaque em termos de citações e publicações de alto impacto, refletindo a força consolidada de seu sistema acadêmico e de sua infraestrutura de pesquisa. No entanto, o crescimento acelerado da produção científica chinesa (em volume, visibilidade e presença internacional) tem redefinido o cenário global da ciência.

Figura 2.4 – Número de artigos indexados pelo SCI: Estados Unidos versus China.



Nota: Apenas artigos de pesquisa originais são considerados.

Fonte: (Zhu; Liu, 2020)

Conforme demonstrado nos estudos de (Jonkers; Tijssen, 2008) e (Xie; Zhang; Lai, 2014), diversas investigações recentes têm adotado metodologias baseadas na análise de bases de dados como o Social Sciences Citation Index (SSCI), utilizando informações extraídas de periódicos científicos para traçar o panorama das dinâmicas de produção acadêmica e seus desdobramentos regionais e temáticos.

Dentro dessa perspectiva, destaca-se o trabalho de (Liu; Hu; Gu, 2015), que conduz um abrangente estudo bibliométrico sobre a performance das publicações chinesas no campo das ciências sociais no período de 1978 a 2013. Esse estudo utiliza como fonte o banco de dados Web of Science, no qual o autor realiza uma análise quantitativa e qualitativa da produção científica chinesa, categorizando as publicações segundo áreas temáticas de cultura, economia e política, para então investigar o volume de citações recebidas por cada grupo. Além disso, o estudo examina as fontes de financiamento relacionadas a essas publicações, mapeando como a política de fomento à pesquisa tem influenciado determinadas linhas de investigação no contexto chinês. Um dos méritos centrais do trabalho está na comparação entre o desempenho da China continental e o de regiões adjacentes com tradição acadêmica

consolidada, como Macau, Singapura e Hong Kong, revelando tanto as assimetrias regionais quanto os pontos de convergência na dinâmica científica do leste asiático (Liu; Hu; Gu, 2015).

No campo das metodologias de análise bibliométricas comparativas entre países, destacam-se os estudos de Leydesdorff, nos quais se utiliza de técnicas de matriz multi-dimensional para avaliar as relações entre publicações e revistas científicas, especialmente nos setores de biotecnologia e nanotecnologia. Em sua investigação de 2007, o autor propõe um modelo de análise baseado em indicadores como o tamanho, o impacto e a centralidade das revistas no sistema de publicações internacionais, e a partir desses parâmetros, Leydesdorff constrói diagramas que evidenciam as interconexões entre diferentes periódicos e suas respectivas áreas de atuação, permitindo visualizar a estrutura da rede global de comunicação científica e sua evolução ao longo do tempo (Leydesdorff, 2007).

Em continuação à sua pesquisa, Leydesdorff volta-se para o cenário macro da ciência global, com especial atenção à posição dos Estados Unidos em meio ao crescimento de outras nações emergentes. Utilizando as mesmas técnicas bibliométricas aplicadas anteriormente, o autor realiza uma análise comparativa da produção científica mundial, considerando tanto o número absoluto de publicações quanto a contabilização ponderada das citações recebidas. Ao confrontar os dados com a proporção da população mundial, ele observa uma tendência clara de que os Estados Unidos apresentam sinais de estabilização em sua participação relativa na produção científica global, enquanto a China exibe um crescimento exponencial, apontando para uma reconfiguração do equilíbrio geopolítico da ciência (Liu; Hu; Gu, 2015).

Diante dos estudos revisados, observa-se que o uso de ferramentas bibliométricas e bases de dados consolidadas, como o Social Sciences Citation Index (SSCI) e o Web of Science, é viável para estabelecer conclusões acerca das dinâmicas de produção científica internacional. As análises de autores como (Liu; Hu; Gu, 2015) e (Leydesdorff; Wagner, 2009) evidenciam também como métodos quantitativos de avaliação, apoiados em indicadores de volume de publicações, citações, impacto e centralidade de periódicos, possibilitam a construção de diagnósticos sobre o desempenho de determinados países, áreas temáticas e instituições de pesquisa. Além disso, tais ferramentas permitem ainda observar as transformações no sistema global de ciência e tecnologia, como o avanço da China e a reconfiguração da hegemonia científica tradicionalmente ocupada pelos Estados Unidos e Europa Ocidental.

2.2.1 Análise de participações no mercado de produções científicas.

Com base nos estudos analisados, observa-se que a adoção de diferentes estratégias metodológicas voltadas à análise da produção científica pode ser usada por meio de recortes temáticos. No trabalho de (Liu; Hu; Gu, 2015), destaca-se o uso de uma abordagem categorial que permite agrupar as publicações conforme áreas temáticas, como cultura, economia e política, possibilitando, a partir disso, identificar as fontes de financiamento vinculadas a

cada categoria.

Essa metodologia permite compreender como determinados investimentos influenciam diretamente as linhas de pesquisa desenvolvidas no país. (Liu; Hu; Gu, 2015). Em outra vertente, o estudo de (Gu, 2022), focado no setor espacial, propõe uma tipologia das produções tecnológicas chinesas em categorias como space life science/human research, microgravity physics, space astronomy and Earth sciences e new space technology. Tal classificação busca relacionar os tipos de desenvolvimento científico e tecnológico com os fluxos de investimento nesse setor estratégico, evidenciando a prioridade atribuída a cada área no contexto do mercado espacial (Gu, 2022).

Já (Leydesdorff; Wagner, 2009) opta por adotar uma estratégia centrada na análise da autoria e coautoria científica, utilizando um sistema de pontuação que contabiliza a participação proporcional dos autores em cada publicação. Esse método permite mensurar não apenas o volume de publicações, mas também a concentração da produção científica em determinados países. Os dados revelam que os altos índices de publicações se concentram majoritariamente em nações líderes como Estados Unidos, países europeus e, mais recentemente, China. Além disso, o autor evidencia uma tendência clara de transição para um cenário de multipolaridade científica, em que o protagonismo global se redistribui entre novos centros emergentes. (Leydesdorff; Wagner, 2009)

Nota-se que as diferentes metodologias de análise da participação no mercado de produções científicas, como a categorização temática, a identificação de financiamentos e a contagem de autoria, permitem mapear a dinâmica da produção global. Elas evidenciam concentrações de liderança e apontam o avanço de países emergentes, em que são úteis para avaliar qualidade, impacto e orientar políticas de ciência e tecnologia com base em dados objetivos.

3 Métodos e técnicas.

3.1 Base de dados.

Para a montagem do estudo, primeiramente, foi levada em consideração a disponibilidade dos bancos de dados no Portal de Periódicos da CAPES (acesso disponibilizado pela UNB). De todos os bancos de dados disponíveis até a data de 10/04/2025, foi escolhido o banco de dados da Scopus, pois atualmente é a maior base de dados de resumos e citações de literatura científica revisada por pares, cobrindo uma ampla gama de áreas do conhecimento.((CAPES), 2025)

Seu conteúdo é composto por publicações selecionadas por especialistas independentes, amplamente reconhecidos em suas respectivas áreas de atuação, e abrange áreas como Ciência, Tecnologia, Medicina, Ciências Sociais, Artes e Humanidades, o que contribui para a qualidade e a confiabilidade das informações disponíveis. Além de reunir uma vasta quantidade de publicações, a Scopus oferece ferramentas bibliométricas que permitem acompanhar e analisar as produções científicas de maneira detalhada, classificadas e organizadas - o que facilita a avaliação do impacto e da relevância das pesquisas (Elsevier, 2025b).

Dessa forma, o banco de dados da Scopus mostrou-se adequado para o início das análises sobre a produção acadêmica. A partir dessa escolha, foi verificada uma metodologia para a extração de dados de forma rápida e organizada. Para isso, foi utilizada a SCOPUS Search API, Interface de Programação de Aplicações de pesquisa Scopus, que permite o acesso ao banco de dados de forma automatizada. (Elsevier, 2025c)

"SCOPUS Search API: This represents a search against the SCOPUS cluster, which contains SCOPUS abstracts. Scopus is the largest abstract and citation database of research literature and quality web sources. Updated daily, Scopus covers 50 million abstracts of over 20,500 peer-reviewed titles from more than 5,000 publishers. This search resource allows for the submission of Boolean queries into the Scopus index, retrieving relevant result metadata in a user-specific text formats."(Elsevier, 2025c)

3.1.1 Segmentação amostral.

Para ajudar na sistematização das pesquisas e orientar os processos de buscas conforme a literatura de (Gu, 2022), foi proposta uma segmentação e classificação das revistas em três grupos: Política e Gestão Espacial, Engenharia e Tecnologia Espacial, e Exploração e Ciências Planetárias. Sob essa divisão, propõe-se que ela nos ajude a compreender como a incidência de pesquisas em determinadas vertentes de conhecimento se reflete em ações estratégicas e operacionais, sob diferentes níveis tecnológicos.

Essa segmentação não apenas organizará os trabalhos, mas também norteará a pesquisa diante da pretensão de correlacionar os comportamentos de produção acadêmica a tipos de intenção ou capacidades sociais. A divisão proposta integra a premissa de que um comportamento expressivo de publicação em uma revista temática do setor espacial reflete um comportamento investigativo ou fomentado.(Gu, 2022) e (Leydesdorff; Wagner, 2009).

Para melhor compreensão das características dessa segmentação, foram definidas cada categoria na forma como se apresenta a seguir:

Política e Gestão Espacial.

Essa categoria reflete o interesse sobre decisões estratégicas e coordenação de esforços nacionais e internacionais. A categoria de Política e Gestão Espacial representa discussões e estudos a um nível institucional do setor espacial, no qual são definidas as diretrizes para o desenvolvimento nacional e internacional da atividade espacial. Um grande volume de publicações está ligado a um interesse na economia do mercado privado, resultados de investimentos, melhoria de processos do setor espacial, instrumentos de políticas públicas e recursos públicos, prioridades e ações de cooperação no setor. Reunir publicações com esse foco permite inferir tendências de um nível de desenvolvimento de disputa do espaço, como mercado, otimizar financiamento público e modelos de governança.

Revistas que contemplam: estudos sobre governança do setor espacial, formulação de políticas públicas para o setor espacial, economia do setor espacial, cooperação internacional no âmbito do setor espacial, regulação, qualidade e aspectos institucionais do setor espacial.

Engenharia e Tecnologia Espacial.

Essa categoria reflete o núcleo técnico-operacional do setor espacial, fundamental para a viabilidade de missões e serviços espaciais, desenvolvimento de sistemas e aplicações como satélites, veículos lançadores, sensores, telecomunicações, softwares embarcados e demais tecnologias associadas. Ela reflete o nível operacional e tecnológico do setor, no qual as intenções estratégicas se concretizam em capacidades técnicas. Essa dimensão evidencia o grau de maturidade e autonomia tecnológica e industrial de um país ou organização, sendo um dos principais vetores de inovação e competitividade no cenário espacial global. A identificação de temas recorrentes nessa categoria indicaria que há produção e financiamento de pesquisa de desenvolvimento tecnológico voltado ao setor de transformação.

Revistas que contemplam: estudos voltados ao desenvolvimento de sistemas e aplicações como satélites, foguetes, sensores remotos, telecomunicações, softwares embarcados e demais tecnologias espaciais.

Exploração e Ciências Planetárias.

Essa área representa o componente científico/acadêmico do setor espacial, voltado à geração

de conhecimento sobre o universo. Ela engloba pesquisas voltadas à exploração e compreensão do espaço e dos corpos celestes, incluindo estudos astronômicos, geociências planetárias, astrobiologia e missões científicas interplanetárias. Trata-se de uma dimensão científica e exploratória do setor espacial, centrada na geração de conhecimento sobre o universo e as possíveis condições de vida fora da Terra. Embora nem sempre esteja diretamente associada a aplicações práticas imediatas, essa área mobiliza tecnologias altamente sofisticadas. Sua natureza é predominantemente científica e cooperativa, com pouca vinculação a objetivos bélicos. Ainda assim, os avanços nela alcançados podem ser acessados por meio de parcerias diplomáticas e programas internacionais de cooperação científica.

Revistas que contemplam: pesquisas voltadas à exploração e compreensão do espaço e de corpos celestes, como estudos astronômicos, astrobiologia, geociências planetárias e missões científicas interplanetárias.

3.2 Seleção da amostra.

Para o banco de dados, foi realizada uma busca utilizando a ferramenta online de busca de revistas, Scopus Sources, ([Elsevier, 2025a](#)). Foram filtrados por área de assunto, utilizados os termos "Aerospace Engineering", retornou 189 revistas, e complementarmente dos termos "Economics" ou "Earth and Planetary Science", que retornou mais 5 revistas. Dessas 194 revistas, foi realizado um tratamento manual observando as categorias disponibilizadas pela própria Scopus.

O resultado dessa investigação evidenciou um universo muito restrito da categoria "Política e Gestão Espacial", e que posteriormente forçou uma segunda investigação buscando títulos de revistas representativas. Utilizou-se de IA para identificar outras revistas que se relacionam ao tema para complementar a lista final de revistas, conforme o texto entrada abaixo.

TEXTO DE ENTRADA - (CHAT GPT V 3.0)

"Você pode me fornecer uma lista com as 20 principais revistas acadêmicas internacionais, organizadas por relevância, que tratam especificamente de Política e Gestão Espacial, Exploração Espacial e Ciências Planetárias, Engenharia e Tecnologia Espacial, no contexto do setor espacial (ou espaço sideral), excluindo revistas de geografia ou espaço territorial?"

Com a lista de revistas construída, foi utilizado o indicador de impacto SCImago Journal Rank (SJR), indicador disponível na base de dados Scopus, para classificar páginas em resultados de busca e medir a visibilidade dos periódicos indexados na Scopus ([Elsevier, 2025b](#)). Para cada categoria, foram organizadas as revistas de maiores SJR. Foram selecionadas 10 revistas como um grupo representativo para as análises ([Leydesdorff, 2007](#)). Os

critérios para escolha de cada revista foram estabelecidos a partir da sua compatibilidade com a pesquisa para: disponibilidade de dados (dentro do período de 2014-2024), adequação temática e tipo de revista.

Dessa forma, tentou-se selecionar 10 de cada categoria de maior SJR encontrado, conforme tabelas, Tabela 3.3, Tabela 3.1 e Tabela 3.2. Estão destacadas em vermelho qual o critério que eliminou a revista da lista.

Tabela 3.1 – Engenharia e Tecnologia Espacial.

Fonte	Revista	Tipo	SJR 2024	Cobertura	
Busca	Progress in Aerospace Sciences	Journal	3,270	1994-2025	Selecionada
Busca	Satellite Navigation	Journal	2,658	2020-2025	Fora do período
Busca	Mechanical Systems and Signal Processing	Journal	2,636	1987-2025	Selecionada
Busca	International Journal of Mechanical Sciences	Journal	2,188	1960-2025	Selecionada
Busca	International Journal of Impact Engineering	Journal	1,749	1983-2025	Selecionada
Busca	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems	Journal	1,528	1965-2025	Selecionada
Busca	Chinese Journal of Aeronautics	Journal	1,440	1996-2025	Selecionada
Busca	Nonlinear Dynamics	Journal	1,201	1990-2025	Selecionada
Busca	Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations	Journal	1,065	2004-2025	Fora do tema
Busca	Navigation, Journal of the Institute of Navigation	Journal	0,982	1946-2025	Selecionada
Busca	Drones	Journal	0,962	2017-2025	Fora do período
Busca	IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine	Journal	0,884	1986-2025	Selecionada
Busca	AIAA Journal	Journal	0,883	1963-2025	Selecionada

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 3.2 – Exploração e Ciências Planetárias.

Fonte	Revista	Tipo	SJR 2024	Cobertura	
IA	Annual Review of Earth and Planetary Sciences	Book Series	5,885	1978-2024	Tipo diferente
IA	Astrophysical Journal Letters	Journal	3,713	2008-2025	Selecionada
IA	New Astronomy Reviews	Journal	3,697	1998-2025	Selecionada
IA	Journal of High Energy Astrophysics	Journal	2,320	2014-2025	Selecionada
IA	Space Science Reviews	Journal	2,289	1962-2025	Selecionada
IA	Earth and Planetary Science Letters	Journal	2,254	1966-2025	Selecionada
IA	Astronomical Journal	Journal	2,229	1989-2025	Selecionada
Busca	IEEE Transactions on Vehicular Technology	Journal	2,156	1967-2025	Fora do tema
IA	Astronomy and Astrophysics	Journal	1,968	1990-2025	Selecionada
Busca	Astrodynamics	Journal	1,598	2017-2024	Fora do período
IA	Planetary Science Journal	Journal	1,582	2020-2025	Fora do período
Busca	Space: Science and Technology (United States)	Journal	1,553	2021-2024	Fora do período
Busca	Acta Astronautica	Journal	1,277	1974-2025	Selecionada
Busca	Journal of Guidance, Control, and Dynamics	Journal	1,218	1978-2025	Fora do tema
Busca	International Journal of Robust and Nonlinear Control	Journal	1,090	1991-2025	Fora do tema
IA	Icarus	Journal	1,059	1962-2025	Selecionada
Busca	Probabilistic Engineering Mechanics	Journal	0,970	1986-2025	Fora do tema
IA	Progress in Earth and Planetary Science	Journal	0,872	2014-2025	Selecionada

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 3.3 – Política e Gestão Espacial.

Fonte	Revista	Tipo	SJR 2024	Cobertura	
Busca	Transportation Research Part A: Policy and Practice	Journal	2,124	1992-2025	Fora do tema
Busca	European Accounting Review	Journal	1,381	1992-2025	Fora do tema
IA	Space Policy	Journal	1,227	1985-2025	Selecionada
Busca	Transportation Engineering	Journal	0,956	2020-2025	Fora do período
Busca	International Journal of Industrial Organization	Journal	0,950	1983-2025	Fora do tema
Busca	Journal of Space Safety Engineering	Journal	0,621	2014-2025	Selecionada
Busca	New Space	Journal	0,515	2013-2025	Selecionada
Busca	Journal of Air Transportation	Journal	0,419	2016-2025	Fora do período
Busca	Scandinavian Economic History Review	Journal	0,308	1953-2025	Fora do tema
Busca	Pacific Economic Review	Journal	0,304	1996-2024	Fora do tema
IA	Air and Space Law	Journal	0,271	2018-2025	Fora do período
Busca	Economic Affairs	Journal	0,253	1980-2025	Fora do tema
Busca	International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering	Journal	0,250	1996-2025	Fora do tema
IA	International Journal of Public Law and Policy	Journal	0,204	2011-2024	Selecionada
IA	Studies in Space Law	Book Series	0,133	2006-2024	Tipo diferente
Busca	Fatigue of Aircraft Structures	Journal	0,132	2016-2023	Fora do período

Fonte: Elaborado pelo autor

Verifica-se que na categoria Política e Gestão Espacial foram eliminadas diversas revistas fora do tema, devido ao grande número de revistas que seccionam o tema espacial com outros temas. São raros os casos em que se encontra revista dedicada à área de política do setor espacial. Devido a essa peculiaridade, a categoria de Política e Gestão Espacial não alcançou o número desejado para a seleção.

Para a seleção de revistas da área de Exploração e Ciências Planetárias, evidencia-se que a busca realizada pela IA evidenciou melhor as revistas mais relevantes.

A amostra está organizada na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Revistas selecionadas.

SJR 2024	Revista	ISSN	País
Exploração e Ciências Planetárias			
5,885	Annual Review of Earth and Planetary Sciences	00846597	Estados Unidos
3,713	Astrophysical Journal Letters	20418205, 20418213	Reino Unido
3,697	New Astronomy Reviews	13876473	Países Baixos
2,320	Journal of High Energy Astrophysics	22144048	Países Baixos
2,289	Space Science Reviews	00386308, 15729672	Países Baixos
2,254	Earth and Planetary Science Letters	0012821X	Países Baixos
2,229	Astronomical Journal	00046256, 15383881	Reino Unido
1,968	Astronomy and Astrophysics	00046361, 14320746	França
1,277	Acta Astronautica	945765	Reino Unido
1,059	Icarus	00191035, 10902643	Estados Unidos
0,872	Progress in Earth and Planetary Science	15333876, 07484658	Reino Unido
Política e Gestão Espacial			
1,227	Space Policy	02659646, 1879338X	Reino Unido
0,621	Journal of Space Safety Engineering	24688975, 24688967	Reino Unido
0,515	New Space	21680264, 21680256	Estados Unidos
0,204	International Journal of Public Law and Policy	20447663, 20447671	Suíça
Engenharia e Tecnologia Espacial			
3,270	Progress in Aerospace Sciences	03760421	Reino Unido
2,636	Mechanical Systems and Signal Processing	08883270, 10961216	Estados Unidos
2,188	International Journal of Mechanical Sciences	207403	Reino Unido
1,749	International Journal of Impact Engineering	0734743X	Reino Unido
1,528	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems	189251	Estados Unidos
1,440	Chinese Journal of Aeronautics	10009361	China
1,201	Nonlinear Dynamics	0924090X, 1573269X	Países Baixos
0,982	Navigation, Journal of the Institute of Navigation	00281522, 21614296	Estados Unidos
0,884	IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine	8858985	Estados Unidos
0,883	AIAA Journal	1533385X, 00011452	Estados Unidos

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Coleta das publicações.

Para a coleta de dados, ou seja, publicação, foi criado um código em linguagem Javascript para extração dos dados das publicações, no qual foram extraídas as seguintes informações das publicações:

1. Autor Principal: O autor principal do artigo.
2. Autores: Lista de todos os autores.
3. Palavras-chave: Palavras-chave associadas ao artigo.
4. Citação de Referência: Número de vezes que o artigo foi citado.
5. Volume e Edição: Volume e edição do artigo.
6. Resumo (Abstract): Resumo do artigo.
7. Afiliação: Instituição do(s) autor(es).
8. País: Países da afiliação.

No processo, foram identificados alguns obstáculos na extração quanto aos limites de informações por requisição. A API limita a 5000 a quantidade de linhas por requisição feita. Para contornar o problema, foi necessário realizar a busca ano a ano, revista por revista, para que o número de publicações em cada revista em cada ano não exceda o limite da API.

Resultado do código, vide [anexo A](#).

A partir da execução do código, foram geradas uma sequência de arquivos de planilhas anuais de cada revista relativa ao período de 2014 a 2024. Geraram-se 110 arquivos para cada grupo segmentado, exceto para o grupo de Política e Gestão Espacial. Ao todo, contabilizou-se 264 arquivos com todas as publicações dos respectivos anos de investigação, contendo linhas de cada publicação.

Observando os dados coletados, foi possível notar que nem todos os dados estavam disponíveis para trabalho. Os campos de Autores, Palavras-chave e Resumo (Abstract) retornaram valores vazios. A Figura 3.3 mostra um exemplo de dado.

Figura 3.1 – Exemplo de Registro

Título					Autor Principal	Autores
Aeroacoustic prediction of a multi-element airfoil using wall-modeled large-eddy simulation					Zhang Y.	Autores não informados
Palavras-chave	Citação de Referência	Volume	Edição	Resumo (Abstract)	DOI	Data de Publicação
Palavras-chave não disponíveis	71	55	12	Resumo não disponível	10.2514/1.J055853	2017-01-01
Revista	Categoria	ISSN da Publicação		Afiliação		País
AIAA Journal	Engenharia e Tecnologia Espacial	00011452		College of Engineering, Tsinghua University		United States, China

Fonte: Elaborada pelo autor.

Destaca-se uma importante observação quanto aos dados coletados. Ao campo de País é retornado o valor do país da filiação a que vincula a publicação. No exemplo apresentado, é mostrada uma publicação conjunta entre a Universidade de Engenharia (EUA) e a Uni-

versidade de Tsinghua (China), de dupla filiação, na qual retorna-se uma lista dos países vinculados. Nota-se que os dados obtidos pela base da Scopus não oferece a nacionalidade do pesquisador que produziu a publicação, mas sim uma regionalização da produção acadêmica. Tal observação será relevante nas análises que faremos posteriormente.

3.3 Banco de dados

Para subsídio das análises, foi construído um banco de dados consolidado a partir da integração de planilhas em Power BI. O banco permitirá realizar análises quantitativas e qualitativas sobre a produção científica no setor espacial, bem como identificar tendências por categoria, ano, área geográfica e periódico.

A ele foram incluídas colunas adicionais para codificação de categoria temática e identificação de blocos de países, exemplo da União Europeia. Os dados foram tratados para eliminar duplicidades e contagens imprecisas, foram corrigidas inconsistências e foram uniformizados os formatos de nomes de periódicos e datas.

Dessa forma, constatou-se que, das 264 requisições feitas, 2 delas apresentavam erros. Segue abaixo a Tabela 3.5 com a relação das requisições falhas.

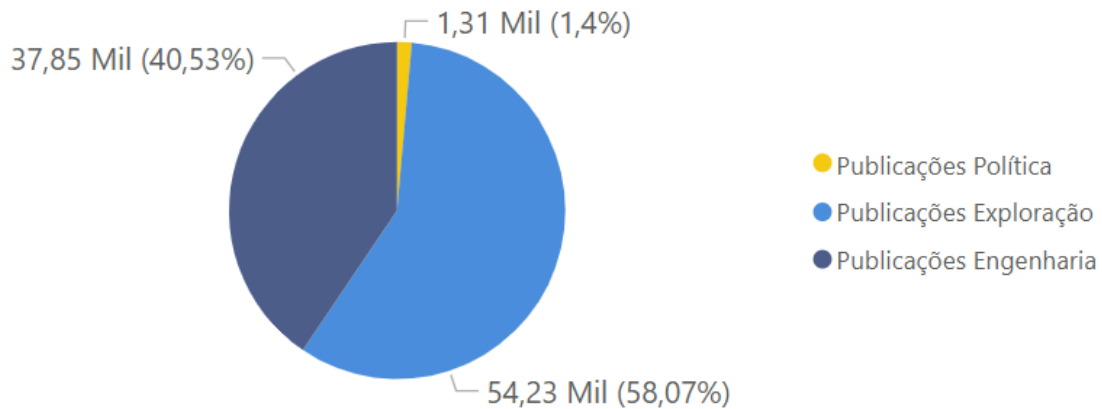
Tabela 3.5 – Relação de erros.

Coleta	Revista	
2019	Tierarztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere - Heimtiere	Estranha à pesquisa
2018	International Journal of Public Law and Policy	Falha na coleta. Busca vazia.

Fonte: Elaborada pelo autor.

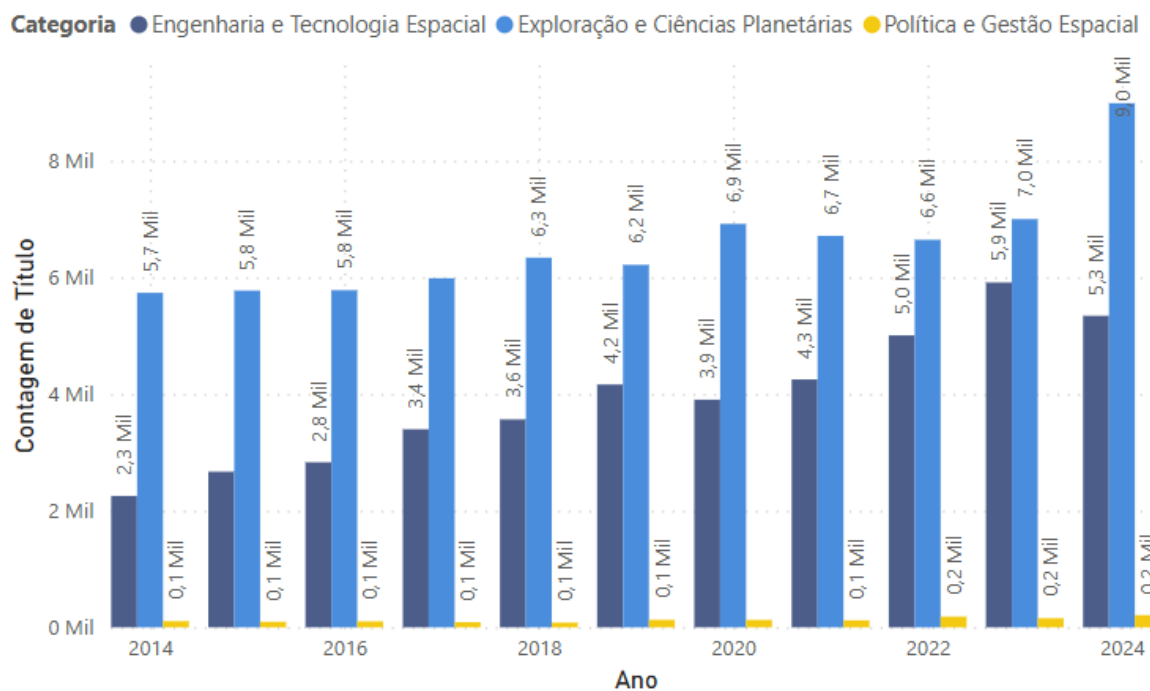
O banco de dados foi construído e é composto por 93.388 registros de publicações, distribuídos entre os três eixos temáticos: Política e Gestão Espacial 1.308 registros (1,40%), Engenharia e Tecnologia Espacial 37.847 registros (40,53%) e Exploração e Ciências Planetárias 54.233 registros (58,07%), conforme Figura 3.2 e Figura 3.3.

Figura 3.2 – Registro do banco de dados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 3.3 – Perfil do banco de dados.



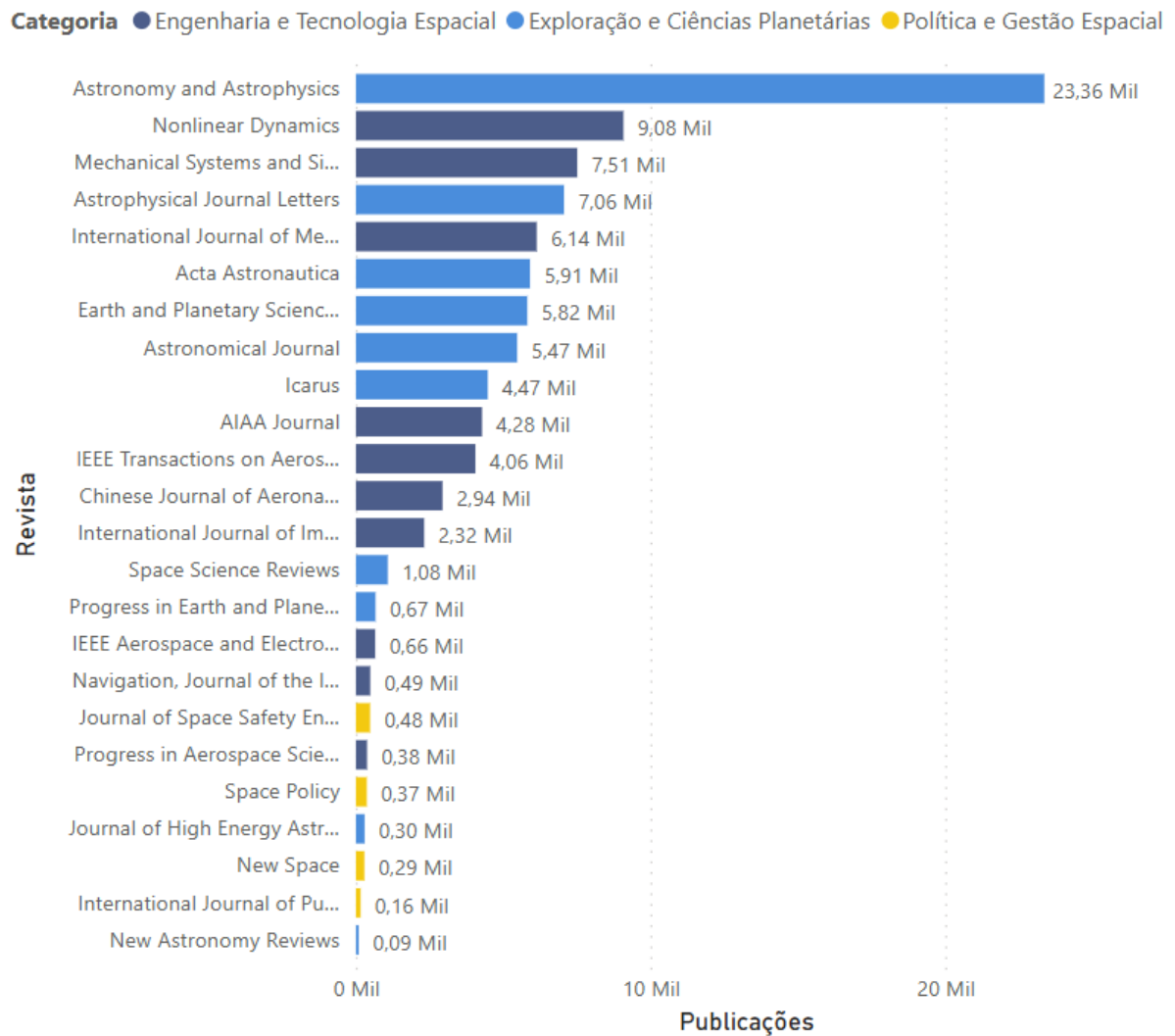
Fonte: Autoral

3.3.1 Perfil das Revistas

A seguir foram realizadas observações sobre a composição de cada categoria. Nas figuras 3.6 e 3.5, são mostradas as quantidades de publicações de cada revista e a média de publicação anual, ambas separadas por categoria. Esse levantamento quantitativo contribui para compreender os espaços editoriais mais representativos em cada uma das categorias temáticas definidas.

A seguir, nas figuras 3.6, 3.7 e 3.8 são mostrados os resultados segmentados por categoria.

Figura 3.4 – Quantidade de publicações por revista.



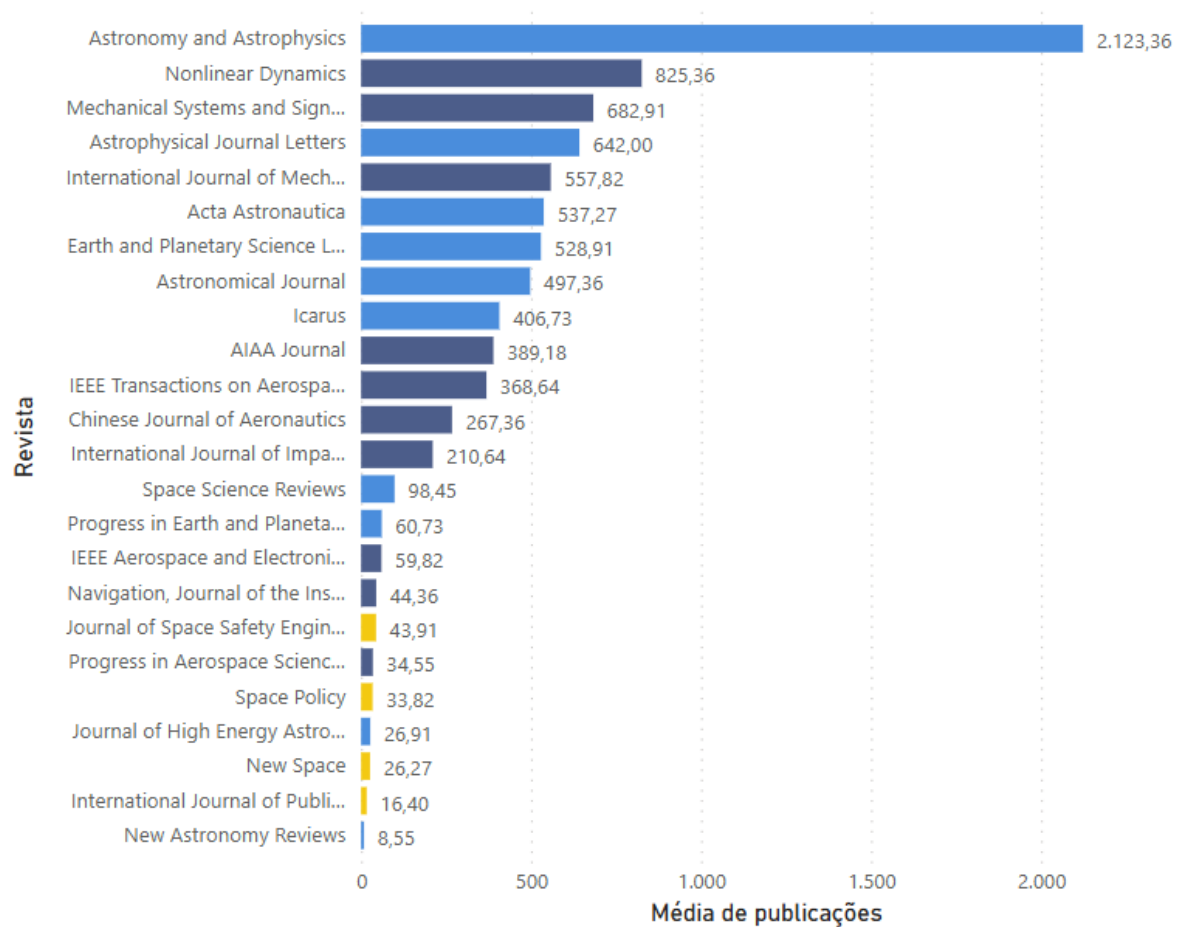
Fonte: Autoral

A esses resultados são identificadas cada revista que contribuiu com o banco de dados em análise.

Figura 3.5 – Quantidade média de publicações por revista anual.

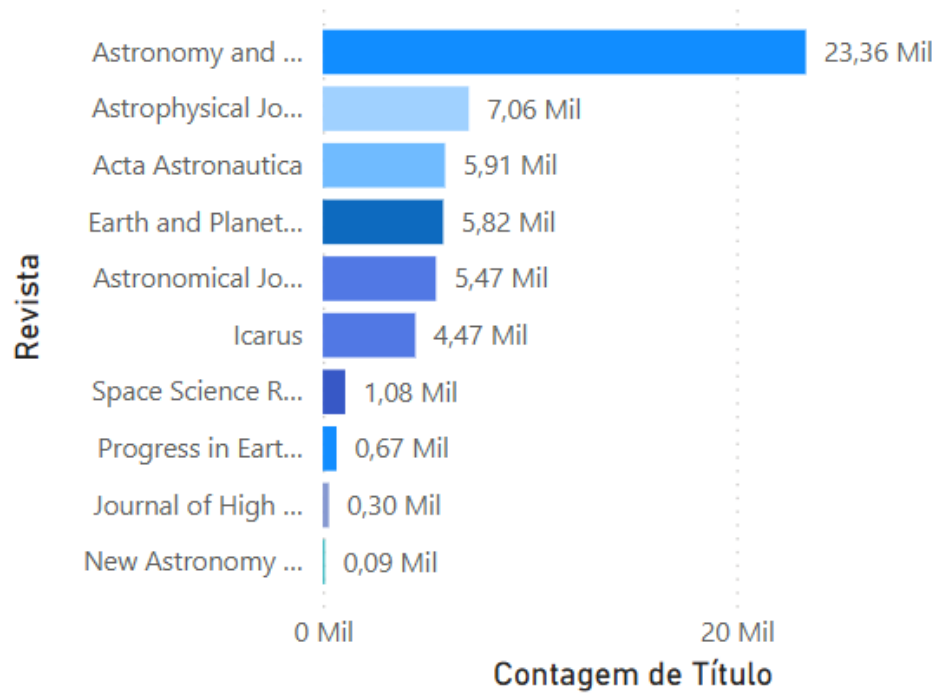
Média de publicações por Revista e Categoria

Categoria ● Engenharia e Tecnologia Espacial ● Exploração e Ciências Planetárias ● Política e Gestão Espacial



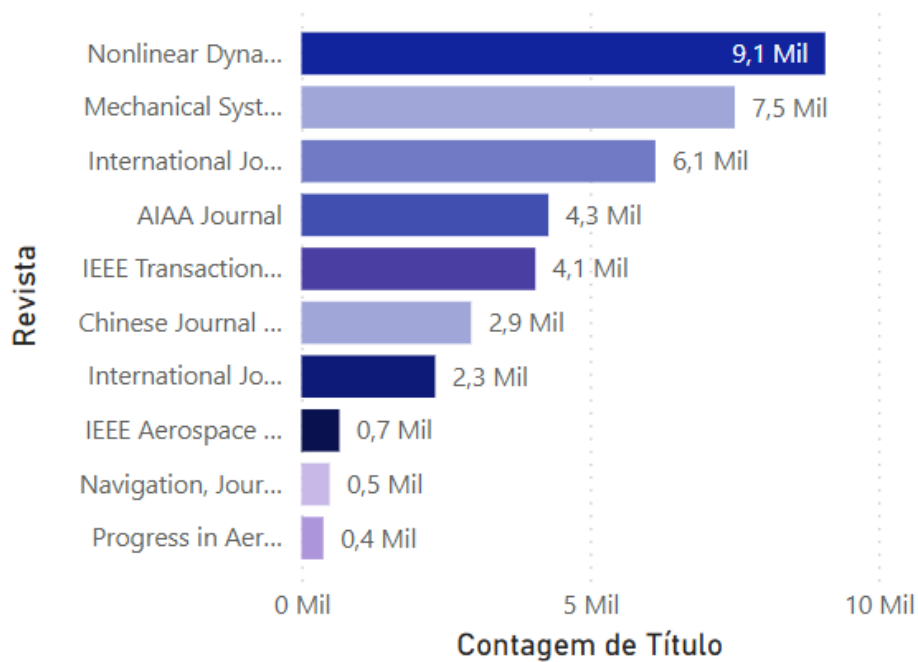
Fonte: Autoral

Figura 3.6 – Publicações de Ciências Planetárias.



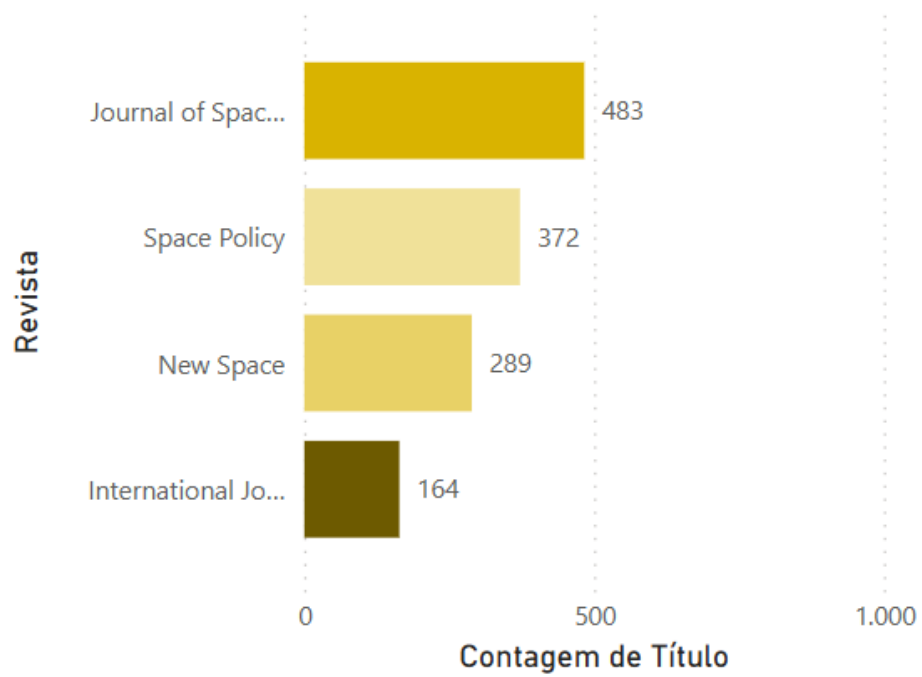
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.7 – Publicações de Engenharia e Tecnologia Espacial.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3.8 – Publicações de Política e Gestão Espacial.



Fonte: Elaborado pelo autor

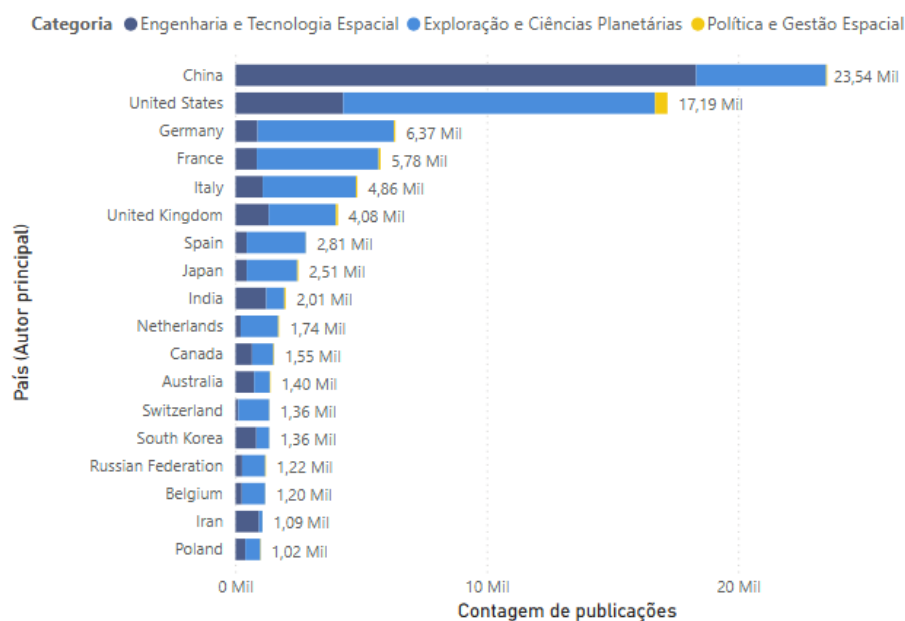
4 Análise de Resultados e Discussões.

Com base nos dados coletados, foi possível realizar análise e investigações sobre as questões de interesse desse trabalho.

Seguindo metodologias já utilizadas na literatura descrita para esse tipo de análise, foi realizada a contabilização da quantidade de publicações com base na sua ocorrência. No presente trabalho, adota-se o conceito de ocorrência como a identificação única da participação de um país em uma publicação científica. Cada vez que um país está vinculado a uma publicação, por meio da afiliação de ao menos um autor, contabiliza-se uma ocorrência. Para ilustrar o conceito de ocorrência adotado neste trabalho, considere uma publicação científica que possui oito autores, cujas afiliações estão distribuídas entre três países: Brasil, Estados Unidos e Alemanha. Nesta publicação, o Brasil e a Alemanha aparecem com dois autores cada, enquanto os Estados Unidos aparecem apenas uma vez. Apesar da repetição de filiações vinculadas a alguns países, a contagem de ocorrências considera apenas uma ocorrência por país por publicação.

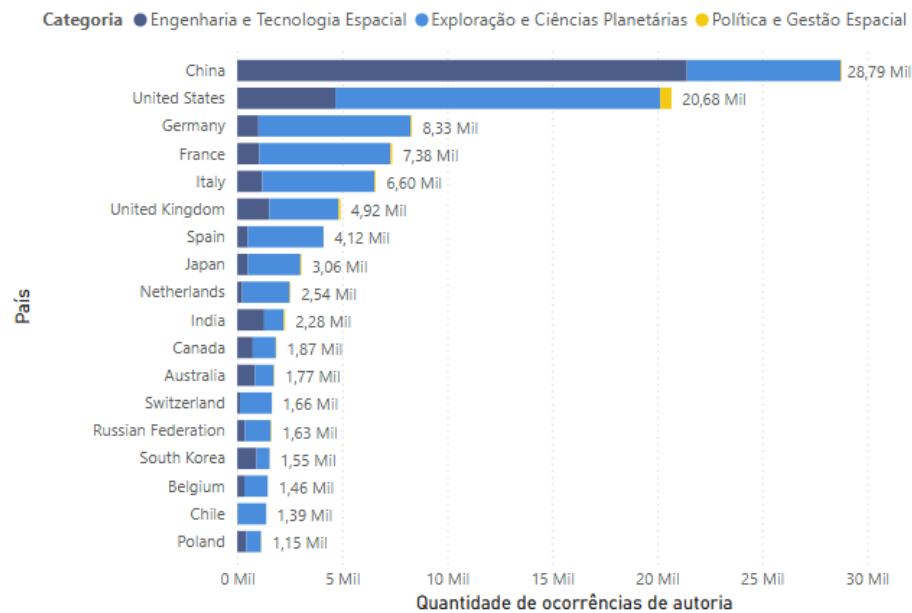
Dessa forma, foi realizada uma investigação sobre o modo de contabilização das publicações, onde se comparou a contagem com base na nacionalidade principal, ou seja, da primeira filiação, versus a contagem com base na nacionalidade considerando todas as outras filiações. As duas metodologias foram aplicadas e o resultado apresentado nas figuras, Figura 4.1 e Figura 4.2.

Figura 4.1 – Análise de ocorrência por nacionalidade do autor principal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.2 – Análise de ocorrência por país.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em comparação, o resultado encontrado indicou uma variação proporcional em todos os países, todas as contabilizações variaram positivamente entre 20% a 30% no aumento das contabilizações.

Orientado pela necessidade de identificação do comportamento geopolítico das ocorrências de participações em pesquisa na área espacial, a segunda metodologia mantém maior permeabilidade às contribuições acadêmicas conjuntas e estabelece maior entendimento sobre a participação de filiações diversas nas pesquisas. Já a primeira abordagem, contabilizando apenas a filiação do autor principal, consegue estabelecer uma relação mais direta com a posse da pesquisa e sobre o desenvolvimento tecnológico atrelado a uma determinada região.

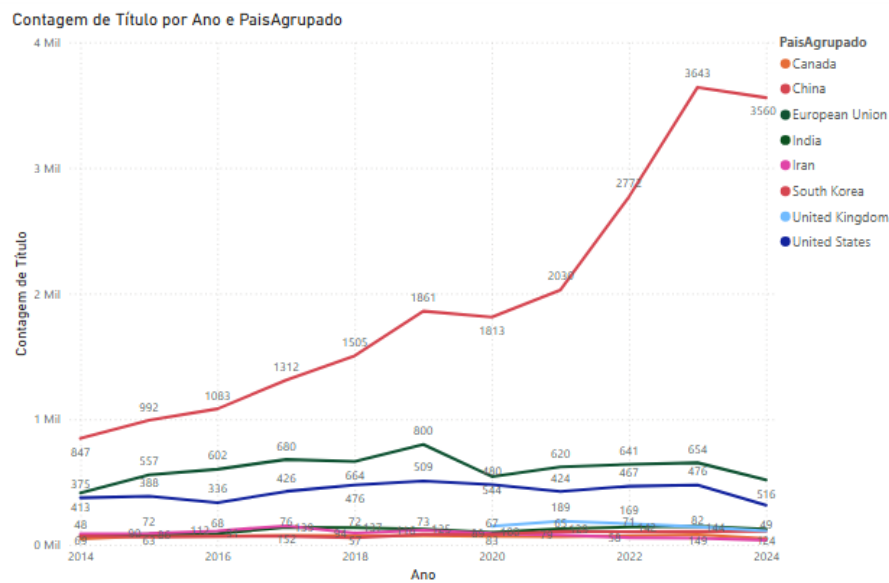
Dessa forma, buscando um recorte geopolítico das produções científicas, optou-se por considerar a nacionalidade de todos os autores para entender a dispersão e participação de todos os países. Ao analisar sob esse viés, considera-se que as respostas encontradas estarão orientadas na investigação da dispersão e contribuição de cada localidade a cada segmento do setor espacial.

Para essa forma de análise, foi realizado um tratamento para eliminação de aparições duplicadas devido a filiações de um mesmo país. Na forma como está estruturado, cada país citado retorna uma ocorrência a ser contabilizada, mas é preciso frisar que, uma vez que o país já está envolvido na pesquisa, ele não precisa ser contabilizado novamente. Esse tipo de tratamento vem na direção de evitar distorções quanto às publicações com participação de diversas instituições sob a mesma filiação.

4.1 Análise quantitativa das publicações.

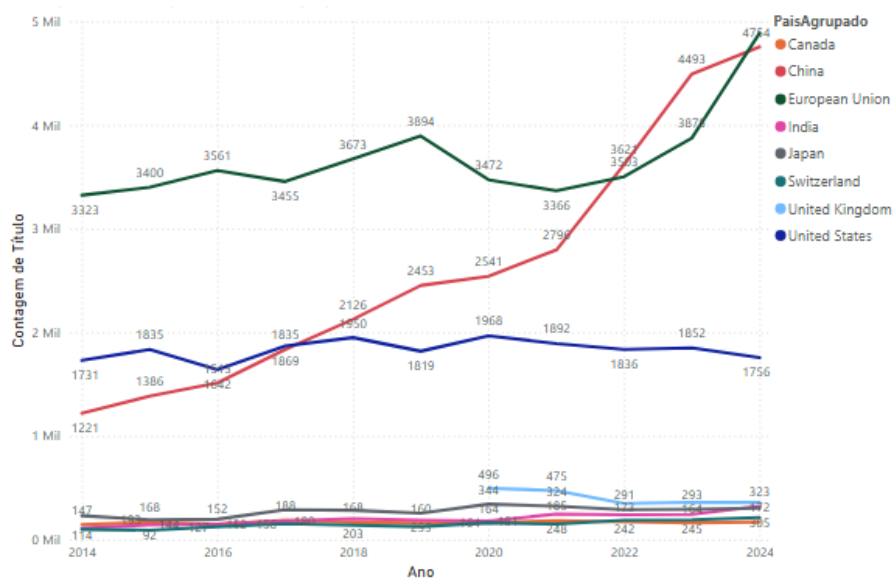
Em adição às investigações, foi estabelecido um banco de dados de ocorrências de publicações contabilizando as diferentes nacionalidades, cada ocorrência associada ao ano de publicação e à categoria de origem, a isso foram construídos os gráficos sobre as ocorrências em relação às três categorias. Para visualização, foram construídos os gráficos temporais de publicação para cada categoria, vistos nas figuras: Figura 4.3, Figura 4.4, e Figura 4.5

Figura 4.3 – Ocorrências por anos - Engenharia e Tecnologia espacial.



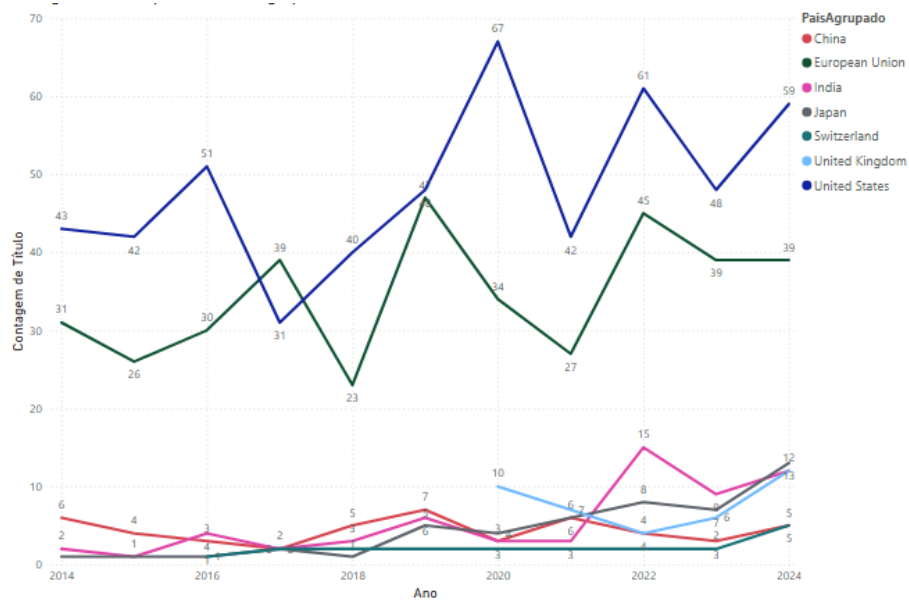
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.4 – Ocorrências por anos - Exploração e Ciências planetárias



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.5 – Ocorrências por anos - Política e Gestão Espacial

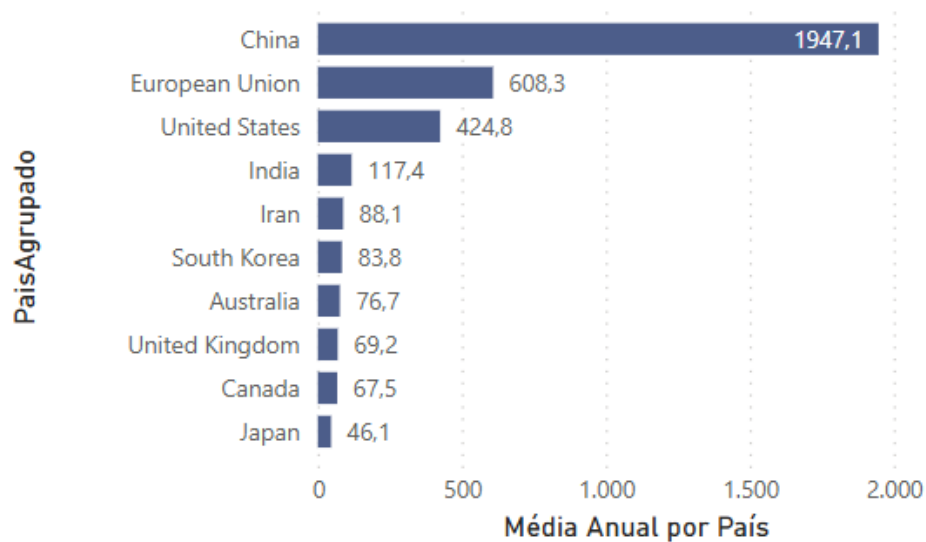


Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir desses dados, foram produzidas as médias para identificação dos países dominantes em cada categoria, vide Figuras 4.6, 4.7 e 4.8.

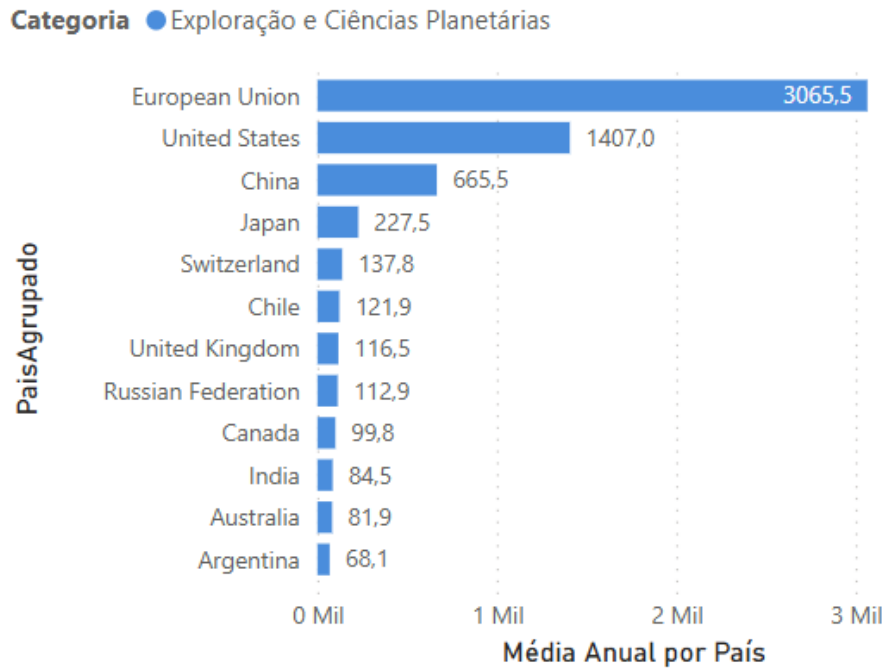
Figura 4.6 – Média anual de ocorrência na área de Engenharia e Tecnologia.

Categoria ● Engenharia e Tecnologia Espacial



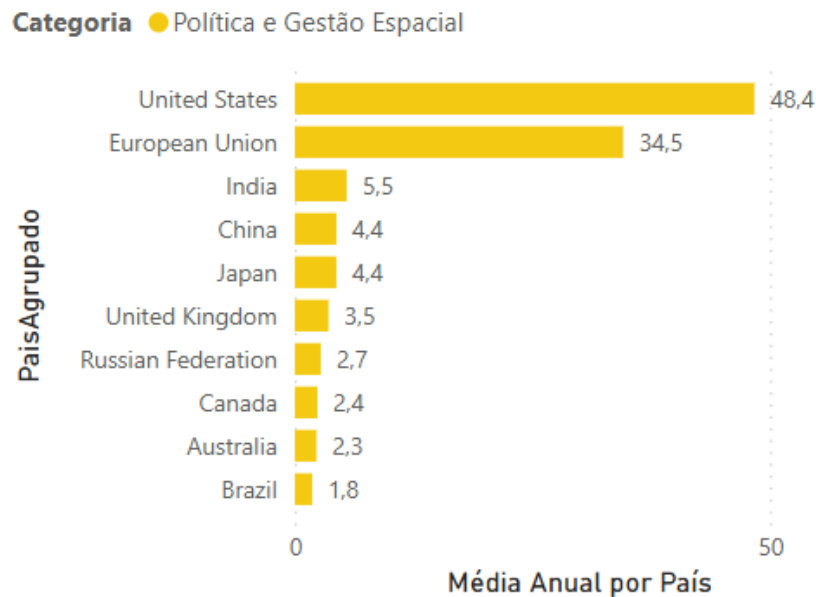
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.7 – Média anual de ocorrência na área de Exploração e Ciências Planetárias.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.8 – Média anual de ocorrência na área de Política e Gestão Espacial.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Sob cada categoria, observa-se que há uma alternância entre os principais líderes de publicações. Para a área de engenharia e tecnologia, observa-se que o gigante chinês segue disparado com uma média de ocorrência de 1947,1, mais que a soma dos principais produtores acadêmicos. Em seguida estão a União Europeia e Estados Unidos, com média de 608,3 e 424,8 ocorrências, respectivamente.

Os resultados expressivos da China decorrem dos altos investimentos na indústria e no setor espacial. Desde 2014, o país intensificou seus investimentos em engenharia e tecnologia espacial, visando autonomia e liderança global. A criação da ExPace (2016), a consolidação da CASC e CASIC, e o avanço da série de foguetes evidenciam progresso em lançamentos e sistemas orbitais. O Made in China 2025 e o 13º Plano Quinquenal (2016–2020) priorizaram tecnologias estratégicas, viabilizando a estação espacial Tiangong e missões como a Chang'e 5. Esse esforço resultou em aumento significativo de publicações em modelagem, controle dinâmico e sistemas embarcados, essenciais para o domínio tecnológico do setor espacial (Embaixada da China no Brasil, 2016; Space Insider, 2025; Center for Security and Emerging Technology (CSET), 2020).

Não muito distante, começam a aparecer outros atores importantes no mercado de produção de bens espaciais. A Índia, Irã, Coreia do Sul e Japão seguem tímidos na amostragem, mas ainda relevantes nas áreas de engenharia. A Índia mantém seus investimentos em propulsão e para diminuir sua dependência externa em tecnologia de foguetes e consolidar sua própria indústria espacial (Instituto Indiano de Ciência e Tecnologia Espacial (IIST), 2025). Já o Irã foca no desenvolvimento de sistemas de propulsão e sensoriamento remoto como forma de garantir segurança nacional e avançar em capacidades tecnológicas (Aerospace Research Institute (IRI), 2025). A Coreia do Sul, aparece como um novo *player*, que busca se posicionar entre os líderes em tecnologia avançada e diversificar sua economia (KAIST Satellite Technology Research Center, 2025; Roh, 2024). Enquanto isso, o Japão mantém seu investimento em tecnologias de precisão, propulsão e inovação de satélites para competitividade global (Parker, 2025).

Nas áreas de Exploração e Ciências planetárias, ocorre uma inversão no pódio, onde a União Europeia assume a liderança, seguida dos Estados Unidos e da China. Tal cenário de produções acadêmicas condiz muito com a dimensão colaborativista do programa espacial europeu, que tem diversas ações tecnológicas tanto para exploração de corpos celestes quanto na manutenção e experimentos na estação espacial internacional.

A queda dos Estados Unidos relaciona-se com a recente redução no orçamento da NASA, com cortes significativos em programas científicos e de exploração, que têm limitado a capacidade da agência de manter sua produção acadêmica em ritmo acelerado. (Torbet, 2024; Magazine, 2024). Além disso, uma brusca mudança estratégica e a transferência das atividades de desenvolvimento para o setor privado, que é naturalmente protecionista, são fatores que reduziram o volume de produção acadêmica no curto prazo, permitindo que a União Europeia assumisse a liderança.

"NASA's approach has shifted from building and operating spacecraft themselves to contracting private companies like SpaceX and Boeing to provide transportation and other services to low Earth orbit. This transition aims to reduce costs and stimulate the growth of a commercial space economy"(NASA, 2023a).

O Japão destaca-se como um dos países com grande capacidade em exploração exopla-

netária, resultado de investimentos contínuos em tecnologias avançadas e participação em missões espaciais internacionais focadas na busca e estudo de exoplanetas, como a missão Hisaki e a colaboração em telescópios espaciais. A Suíça, embora menor em tamanho, figura como um importante investidor em pesquisas espaciais devido ao seu forte financiamento em astrofísica e exploração espacial, além de sua participação ativa em projetos europeus, como o Observatório Europeu do Sul (ESO) e a ESA ([Parker, 2025](#); [Swiss Space Office, 2023](#)).

De forma notável, o Chile aparece com a sexta maior média de ocorrências, um destaque incomum para a América do Sul. Isso se deve à presença estratégica de grandes radiotelescópios nas altitudes elevadas da Cordilheira dos Andes, como o ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), que possibilitam pesquisas de ponta em exploração de astros e espaço profundo, fortalecendo a produção científica chilena nessa área ([Atacama Large Millimeter/submillimeter Array \(ALMA\), 2024](#); [Valdés, 2023](#)).

Na área de política e gestão espacial, temos os Estados Unidos e a União Europeia assumindo o protagonismo na produção acadêmica. O isolamento desses dois parceiros se dá devido à conjuntura histórica na qual, com o fim da Guerra Fria, esses dois polos se tornaram os principais vanguardistas de inovações tecnológicas espaciais em que se iniciavam as primeiras discussões sobre negócios e exploração econômica das atividades espaciais. ([McDougall, 2020](#); [Cao, 2024](#); [Reynolds; Johnson, 2019](#))

Já o programa espacial chinês, por ser fortemente liderado e controlado pelo Estado, não gera as mesmas dinâmicas de debate sobre política e regulação espacial encontradas em contextos mais descentralizados, o que limita sua participação acadêmica e reflete um resultado baixo.

Índia, China, Japão, Rússia, Canadá, Austrália e Brasil seguem como iniciantes na área de produção acadêmica no setor espacial, com uma participação tímida comparada aos grandes países produtores. Na outra ponta, destaca-se o Reino Unido, que até então fazia parte da União Europeia, e mesmo sua curta participação solo de 2020 a 2024, mantém grande fatia na influência global no setor espacial ([Selvaraj; Rajan, 2021](#); [Kobayashi, 2020](#); [Frazão, 2023](#); [Miller, 2022](#); [Bergin, 2023](#); [Gill; Hitchens, 2022](#))

Contudo, há de se questionar o fato de por que esses gigantes tecnológicos se mostram tão tímidos comparados a outros países. A exemplo do Japão, Índia e China, levanta-se a hipótese de que a amostragem apresentada, ou seja, as revistas selecionadas, não seja tão representativa para esse grupo de países, devendo haver outros locais de publicação devido a barreiras linguísticas. Para exemplificar, destacamos o International Astronautical Congress (IAC) que é um dos principais congressos internacionais da área espacial, que não se encontra disponível na base de dados de análise.

Em análise geral, observou-se a média de ocorrência dos vinte países que mais pontuaram, vide Tabela 4.1.

O resultado conseguido foi que o bloco da União Europeia segue hegemônico na

Tabela 4.1 – Média anual de ocorrências por país

País	Média de ocorrências
European Union	3.708,27
China	2.617,00
United States	1.880,18
Japan	278,00
India	207,36
United Kingdom	189,18
Canada	169,73
Australia	160,91
Switzerland	151,00
Russian Federation	148,45
South Korea	141,18
Chile	126,00
Iran	102,27
Brazil	88,27
Argentina	73,18
Israel	53,55
Hong Kong	48,91
Taiwan	45,55

Fonte: Elaborada pelo autor.

produção espacial com ocorrência média de 3708,27, guiado pela pesquisa de exploração espacial. Em seguida, a China destaca-se como o segundo maior produtor com média de ocorrência de 2617, e na sequência os Estados Unidos com 1880,18.

Japão, Índia, Reino Unido, Canadá, Austrália, Suíça, Rússia, Coreia do Sul, Chile e Irã seguem com médias de ocorrências moderadas, entre 300 a 100 ocorrências, mas ainda alcançando patamares relevantes.

Abaixo de 100 ocorrências médias, apontam-se Brasil, Argentina, Israel, Hong Kong e Taiwan como países de baixa ocorrência acadêmica.

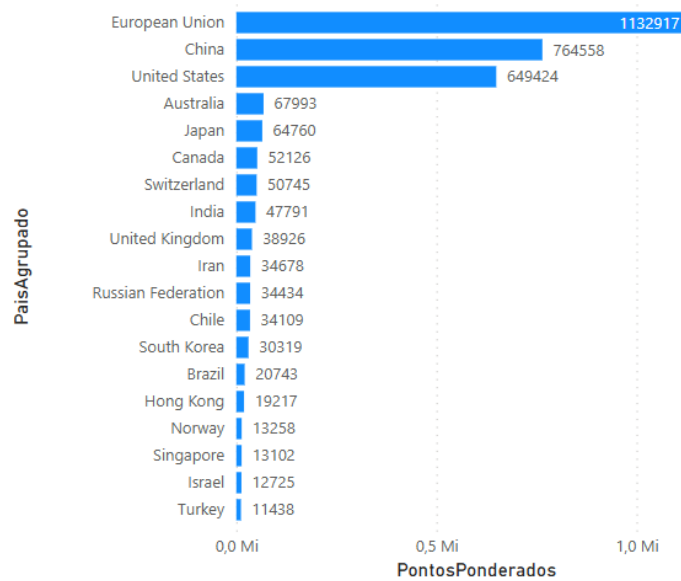
Complementando a análise, também foi construído o mesmo gráfico de participação de cada país considerando as citações vinculadas a cada publicação. Fez-se uma análise ponderada, considerando um ponto a mais para cada citação. Caso uma publicação tenha 3 citações, o peso da publicação é multiplicado por 3.

O resultado final pode ser encontrado na Figura 4.9 que estabelece as pontuações para cada país. Esse resultado contabiliza a relevância das publicações e seu peso no meio acadêmico.

De mesmo modo em que a maior participação na ocorrência é da União Europeia, há uma convergência quanto à influência acadêmica ou qualidade acadêmica revelada pelas citações. Para maiores valores pontuados, indica-se maior relevância no setor espacial.

União Europeia, China e Estados Unidos lideram os vanguardistas em relevância. Em um caso peculiar, destaca-se a Austrália como um grande pontuador, um pouco maior do que o gigante Japão. O resultado apresentado pela Austrália é incomum, considerando sua baixa participação em todas as categorias: engenharia, exploração e política. Em número

Figura 4.9 – Ponderação de ocorrências por país.



Fonte: Elaborada pelo autor.

absoluto de ocorrências, a Austrália demonstra uma média de 160,91, no entanto, sua alta pontuação só poderia ser explicada pela grande qualidade/relevância de suas publicações no meio acadêmico.

4.1.1 Participação da Austrália

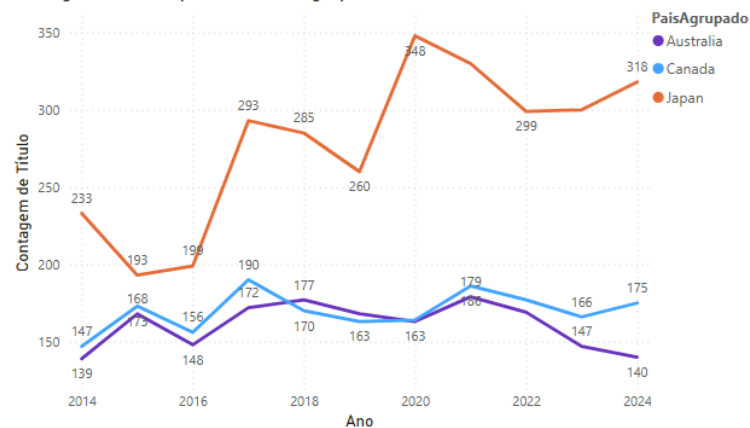
A partir dos resultados obtidos, observa-se um comportamento peculiar na produção acadêmica australiana. Embora apresente um número absoluto de publicações inferior ao de países como Japão e Canadá, sua média ponderada por citações é significativamente superior, conforme figura 4.10 Essa disparidade levanta a hipótese sobre o número elevado de citações de publicações da Austrália.

Para entender o que de fato olharemos para o comportamento da contagem ponderada no tempo, como mostra a Figura 4.11.

Observando os dados de publicação de 2015, vide Figura 4.12, dados das publicações da categoria Engenharia e Tecnologia Espacial de 2015, vemos que existe uma publicação altamente citada que enviesou os resultados daquele ano. A publicação possui mais que o dobro de qualquer outra da amostra, o que pode significar uma publicação de alto valor científico.

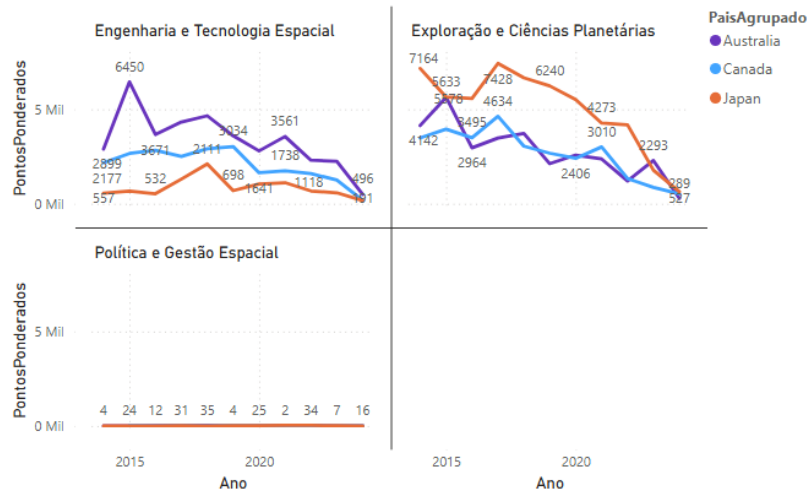
Pelo fato de o resultado da Austrália ser muito pontual, nota-se que não houve em si um movimento da economia e nem de investimentos, mas uma produção acadêmica de alto valor que elevou a posição da Austrália como grande publicador do setor espacial.

Figura 4.10 – Ocorrência de publicações na Austrália, Japão e Canadá.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.11 – Contagem ponderada pelas citações, publicações na Austrália, Japão e Canadá.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.12 – Dados de 2015 de publicações de Engenharia e Tecnologia espacial na Austrália

Categoria	Ano	Título	Citacões	Revist	Afiliaçã	País do Autor
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	Rolling element bearing diagnostics using the Case Western Reserve	2018	Mechanics	UNSW Sydn	Australia
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	A review on prognostic techniques for non-stationary and non-linear	352	Mechanics	Queensland	Australia
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	Marginal multi-bernoulli filters: RFS derivation of MHT, JIPDA, and as	297	IEEE Trans	The Universi	Australia, Australia
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	Analysis of bearing stiffness variations, contact forces and vibrations	214	Mechanics	The Universi	Australia
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	Dynamic crashing behavior of new extrudable multi-cell tubes with a	208	Internatio	Faculty of Et	Australia, China
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	A nonlinear dynamic vibration model of defective bearings - The imp	195	Mechanics	The Universi	Australia
Engenharia e Tecnologia Espacial	2015	The effect of target thickness on the ballistic performance of ultra hi	192	Internatio	DMTC Limiti	Australia, Australia

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.2 Participação do Brasil

O Brasil, como demonstrado, detém uma média de ocorrência baixa no grupo amostral, 88,27 ocorrências, que o coloca entre um grupo de países em desenvolvimento no setor espacial.

Em observação dos resultados de médias por categoria, notou-se que o Brasil apareceu

em apenas uma categoria, em Política e Gestão Espacial. Na décima posição e com o resultado muito baixo, sua média de ocorrência foi de 1,8, fato que motivou a verificação desse resultado. Para tal investigação, foi construído um gráfico temporal de contribuições do Brasil para essa área, vide Figura 4.13.

Figura 4.13 – Ocorrência de publicações no Brasil.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Constata-se que o resultado observado é devido à baixa ocorrência de publicações do Brasil em anos anteriores a 2024. Esse efeito puxa a média geral para baixo, revelando assim uma participação tímida do Brasil nessa área. Esse resultado ainda revela que a participação do Brasil parece ter se iniciado recentemente, no ano de 2024, na área de política espacial, conforme demonstrado com um pico de 11 publicações nessa categoria.

Em adição aos resultados obtidos, observa-se que há uma coincidência do pico dessas publicações com a criação do núcleo de pesquisa na Universidade de Brasília (UnB) na área de economia espacial e investimentos públicos realizados na produção acadêmica em pesquisa na área espacial. Ao analisarmos tais publicações, é possível verificar contribuições diversas tanto da Agência Espacial Brasileira (AEB), do Departamento de Ciências Aeroespaciais e Tecnologia (DCTA) quanto da UnB. Destaca-se resultados são frutos dos esforços da AEB incentivar publicações na área de política e economia, na qual levou ao lançamento de uma edição especial da revista *New Space* para o Brasil em 2023.

4.1.3 Análise de participação geral.

Como podemos perceber, os resultados obtidos das observações de ocorrência nos dão noção sobre o panorama da participação desses países na produção acadêmica espacial.

Para demonstrar as participações de cada país, foram calculadas as porcentagens dos 20 países mais relevantes. Na figura 4.14 são apresentadas três colunas, uma para cada categoria,

e em cada uma delas é mostrada individualmente a proporção de participação de cada país daquela categoria.

Figura 4.14 – Participação global (%).

PaisAgrupado	Engenharia e Tecnologia Espacial	Exploração e Ciências Planetárias	Política e Gestão Espacial	Total
European Union	15,45	46,77	27,01	34,92
China	49,46	10,15	3,41	24,64
United States	10,79	21,47	37,81	17,71
Japan	1,17	3,47	3,41	2,62
India	2,98	1,29	4,26	1,95
United Kingdom	1,76	1,78	2,77	1,78
Canada	1,72	1,52	1,85	1,60
Australia	1,95	1,25	1,78	1,52
Switzerland	0,31	2,10	0,71	1,42
Russian Federation	0,83	1,72	2,13	1,40
South Korea	2,13	0,86	0,64	1,33
Chile	0,10	1,86	0,21	1,19
Iran	2,24	0,21	0,21	0,96
Brazil	1,00	0,72	1,42	0,83
Argentina	0,13	1,04	0,07	0,69
Israel	0,65	0,42	0,21	0,50
Hong Kong	1,00	0,13	0,43	0,46
Taiwan	0,42	0,44	0,07	0,43
Norway	0,27	0,48	0,21	0,40
Turkey	0,73	0,12	0,43	0,35

Fonte: Elaborada pelo autor.

Relativo a esse recorte amostral, nota-se que os mesmos resultados obtidos das médias são encontrados quando utilizamos a participação. De maneira mais objetiva, a participação é uma medida direta da fatia de mercado de publicações acadêmicas.

A liderança nessa década da União Europeia, que deteve 1/3 de toda a produção acadêmica do setor espacial, se reflete pela sua participação na exploração espacial e ciências planetárias. Não só isso, sua grande participação nas áreas de negócios e exploração de recursos espaciais contribui e muito para colocar esse bloco como o mais importante hoje na produção de tecnologias espaciais.

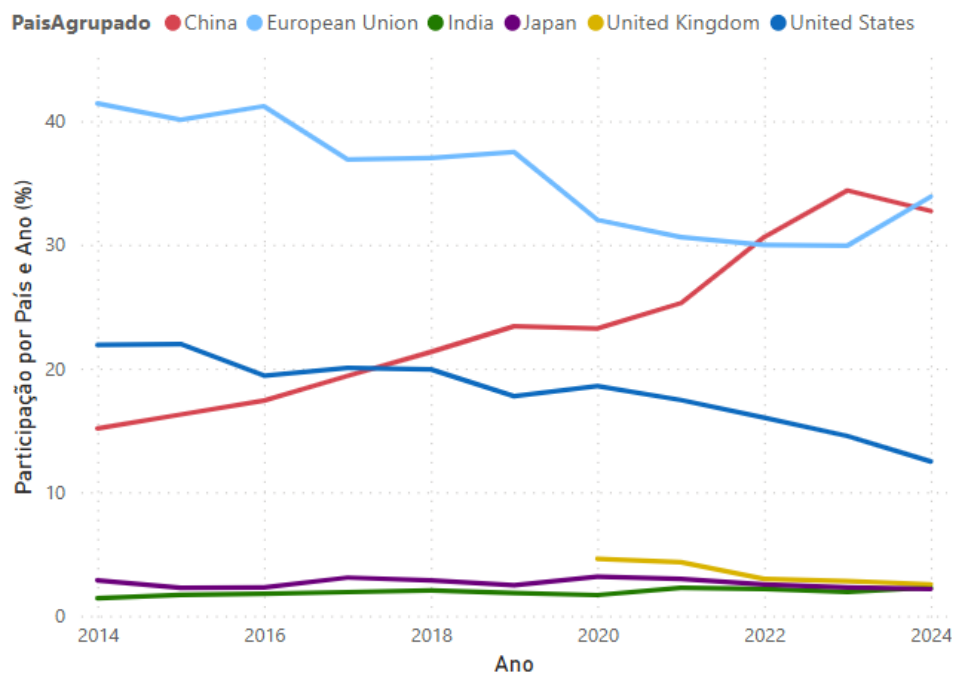
Como o segundo mais importante, a China, que detém cerca de metade de toda a produção acadêmica na área de engenharia, não parece estar muito interessada em produzir pesquisas acadêmicas nas áreas de negócios, o que se mostra na média comparada a outros países.

Os Estados Unidos, em terceira posição, se encontram mais relevantes nas áreas de política e gestão espacial junto à União Europeia. Esse resultado reflete esforços em desenvolver normativos e padrões de desenvolvimento comercial das atividades de exploração espacial.

Japão e Índia, em quarta e quinta posição, detêm as últimas maiores fatias do mercado acadêmico de produção espacial, em média 3% cada. Os outros países restantes podem ser considerados anões do setor espacial, tentando se inserir e desenvolver tecnologias críticas iniciais.

Em uma análise mais dinâmica, foi também realizada a construção da participação no tempo, mostrando os seis primeiros países e a evolução das suas porcentagens. A Figura 4.15 mostra o resultado.

Figura 4.15 – Participação global dos principais países.



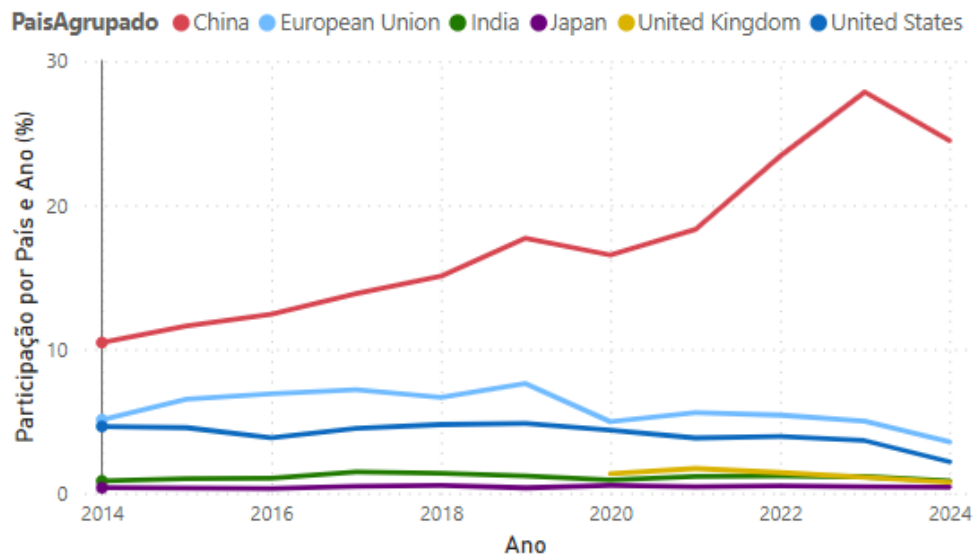
Fonte: Elaborada pelo autor.

O gráfico mostra o comportamento da porcentagem a cada ano e sua evolução. Nota-se que há uma ascensão da participação chinesa nas publicações espaciais e um declínio tanto na fatia dos Estados Unidos quanto da União Europeia. Enquanto isso, os outros países mantiveram seus patamares, indicando um aumento proporcional à média das publicações do setor espacial.

Em aprofundamento da análise comportamental das participações de cada país, foi lançada uma segmentação da contribuição percentual para cada categoria, como mostram as figuras, Figura 4.16, Figura 4.17 e Figura 4.18.

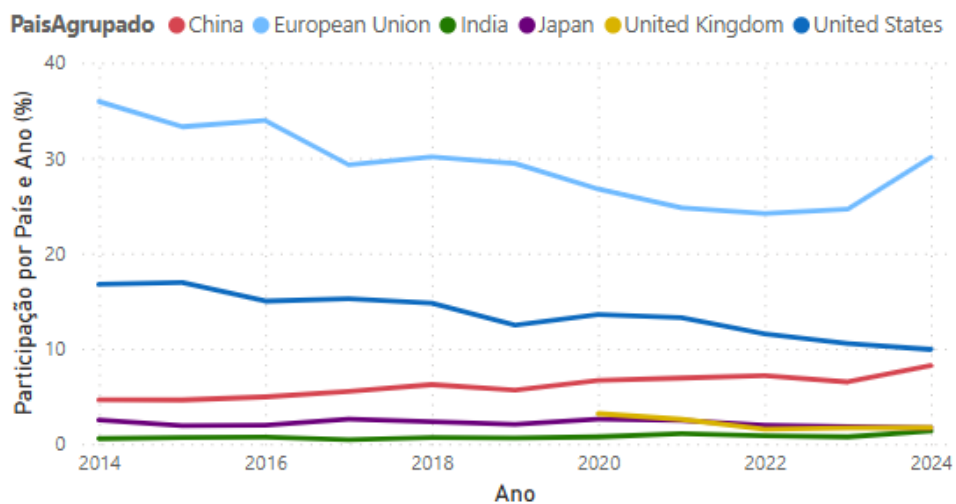
Esses resultados permitem a análise sobre o desenvolvimento em cada categoria e os

Figura 4.16 – Participação dos principais países em Engenharia Espacial.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4.17 – Participação dos principais países em exploração e ciências planetárias.

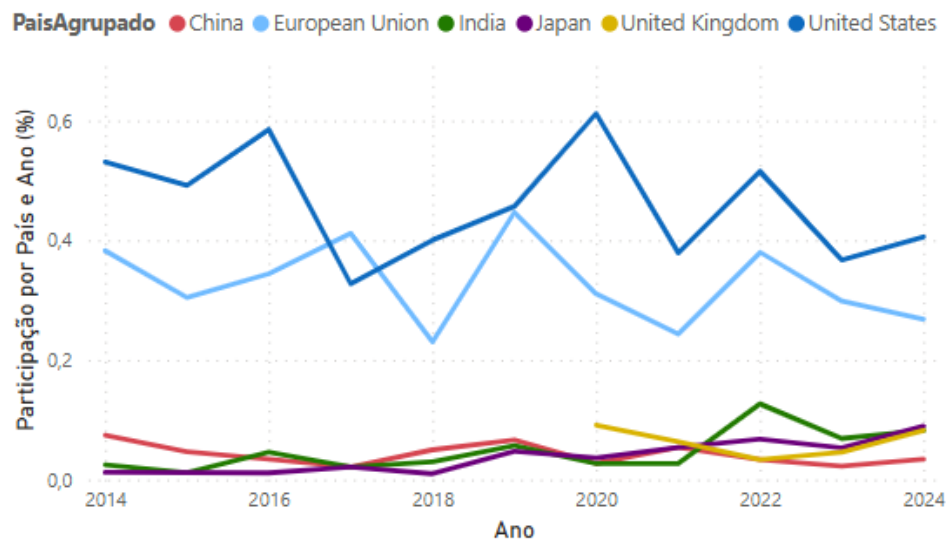


Fonte: Elaborada pelo autor.

movimentos de participação dos países na dinâmica global. A China, como já evidenciado nas análises globais, mostra-se como um grande produtor da categoria de Engenharia e que, durante sua série histórica, se mostra em ascensão. Já em outras áreas, sua participação, mesmo grande, não demonstra grandes variações. Em outras áreas, como a Exploração e Ciências Planetárias, há um domínio pela União Europeia que demonstra um pequeno declínio em contrariedade à ascendente participação chinesa. Destaca-se também o declínio da participação dos Estados Unidos na categoria de exploração, que é compatível com a recente redução dos investimentos na NASA e pesquisas espaciais.

Por último, na área de Política e Gestão espacial, a Figura 4.18 mostra um comportamento concorrente entre Estados Unidos e União Europeia, no qual variam ao longo do

Figura 4.18 – Participação dos principais países em política espacial.



Fonte: Elaborada pelo autor.

tempo quanto às suas participações mundiais em pesquisa relacionada a questões mercantis e econômicas.

4.2 Análise qualitativa das principais publicações.

Dos dados apresentados, podemos extrair diversas informações sobre o que se "fala" em cada categoria. Para isso, usaremos um método de contagem de frequência de palavras para compreender quais os temas são tratados em cada categoria de revista.

Aplicando o código de contagem de palavras sobre os títulos de cada publicação acadêmica, conseguimos construir uma tabela com as 30 palavras mais frequentemente usadas nos títulos das publicações, vide Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Frequência de palavras por categoria

Engenharia e Tecnologia		Exploração e Ciência		Política Espacial	
Palavra	Frequência	Palavra	Frequência	Palavra	Frequência
nonlinear	3948	stars	3077	space	773
control	3703	solar	2856	safety	113
model	3057	observations	2450	commercial	91
method	2689	star	2338	debris	78
systems	2525	galaxies	2210	policy	72
dynamic	2360	formation	2170	international	71
vibration	1991	stellar	2097	risk	58
modeling	1528	survey	2059	human	53
experimental	1479	galaxy	2027	management	51
design	1447	evolution	1751	case	50
impact	1332	magnetic	1703	lunar	49
adaptive	1313	emission	1650	exploration	47
energy	1268	mass	1546	legal	46
approach	1180	data	1518	future	45
flow	1163	space	1510	global	41
optimization	1113	xray	1425	spaceflight	41
estimation	1112	properties	1382	satellite	41
numerical	1070	cluster	1369	approach	40
response	1065	radio	1338	activities	40
detection	1046	mars	1304	mars	40
structures	1033	gas	1269	challenges	39
effect	1019	binary	1268	systems	39
performance	1019	dust	1252	earth	39
novel	977	evidence	1244	assessment	38
effects	872	field	1223	framework	38
tracking	855	disk	1215	law	38
equation	854	model	1206	outer	38
radar	842	NGC	1178	launch	37
simulation	788	detection	1143	sector	35
fault	767	planet	1101	public	34

Fonte: Elaborada pelo autor.

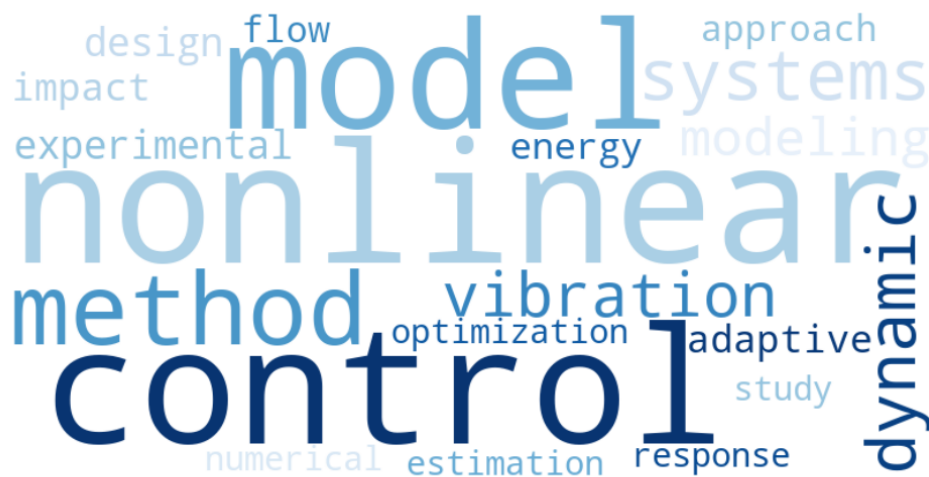
4.2.1 Análise do conteúdo

A partir das frequências construídas, conseguimos transformar esses resultados graficamente em nuvens de palavras em que, quanto maior o tamanho das palavras, maior sua frequência nos títulos das publicações. Dessa forma, foram construídas as figuras: Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21.

4.2.1.1 Engenharia e Tecnologia espacial

A análise das palavras mais frequentes nos títulos de publicações relacionadas à engenharia e tecnologia espacial revela a natureza profundamente técnica, aplicada e baseada em fundamentos matemáticos e físicos desse campo. Somado a isso, a presença dominante de termos como “nonlinear”, “control”, “model”, “systems”, “dynamic” e “vibration” aponta para uma ênfase em problemas complexos de engenharia que envolvem o comportamento de sistemas espaciais sob condições extremas, onde o controle de atitude, a estabilidade e o desempenho estrutural são temas centrais. Essa ênfase está diretamente ligada às demandas práticas de missões espaciais para controlar a orientação de satélites, garantir a integridade de estruturas lançadas, otimizar o consumo de energia em ambientes hostis e desenvolver mecanismos adaptativos que respondam a incertezas ambientais ou falhas mecânicas.

Figura 4.19 – Nuvem de palavras - Engenharia e Tecnologia Espacial



Fonte: Elaborada pelo autor.

O uso de termos como “modeling”, “numerical”, “equation” e “simulation” reflete o uso de métodos computacionais avançados para prever comportamentos, e palavras como “optimization”, “estimation”, “identification”, “tracking” e “detection” sugerem que grande parte da produção científica nesse domínio está voltada para algoritmos e técnicas aplicadas

à navegação, monitoramento, rastreamento orbital e sensoriamento remoto.

Correlacionando esse resultado com os principais países dessa categoria, China Estados Unidos, União Europeia, Índia, Coreia do Sul, Irã, Japão e Austrália demonstram uma indústria aeroespacial interna, desenvolvendo tecnologias e estabelecendo centros nacionais de engenharia que privilegiam a autossuficiência de fabricação. É possível notar que isso indica um aumento nos estudos técnicos em países como a Índia, Austrália e Coreia do Sul, que vêm promovendo a entrada de empresas privadas e startups, focadas em lançadores, cubesats e sensores, design, performance, estruturas experimentais e novos métodos.

O conteúdo revela a forma como o conhecimento está sendo produzido e estruturado nesse campo: altamente técnico, com forte base em simulações, prototipagem, validação experimental e otimização. Isso confere às publicações um papel importante na consolidação da base industrial e tecnológica dos países envolvidos, reforçando sua capacidade de projetar, testar e operar sistemas espaciais com crescente independência.

4.2.1.2 Exploração e Ciências planetárias

Em relação à análise das palavras mais frequentes nos títulos de publicações relacionadas à exploração espacial e às ciências planetárias, destacam-se Japão, Suíça, Chile e Rússia, que têm tradição em pesquisas espaciais, mas não são os dominantes em produções acadêmicas. Analisando essa categoria, vemos que os termos de maior frequência são: “stars”, “galaxies”, “stellar”, “evolution”, “formation”, “xray”, “magnetic”, “cluster” e “binary” que indicam um interesse majoritário na astrofísica observacional, voltada à compreensão da origem, estrutura e evolução do universo. Esses tópicos são típicos de missões espaciais com instrumentos altamente sensíveis (como espectrômetros, detectores de raios X, e telescópios ópticos e infravermelhos) e estão fortemente associados a pesquisas de ponta em física fundamental e cosmologia.

Estados Unidos e União Europeia lideram a produção acadêmica em exploração e ciências planetárias, impulsionados por sua participação estratégica em missões como o Programa Artemis. A colaboração entre a NASA e a ESA gera oportunidades científicas com alto volume e impacto de publicações. A cooperação internacional e o investimento contínuo em missões de grande porte explicam a posição de destaque dessas regiões na área.

Países como o Japão e a Suíça têm investido de forma significativa em missões científicas de alto impacto, notadamente na área de astrofísica observacional. O Japão lidera a missão *XRISM* (X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission), em colaboração com a NASA e a ESA, com o objetivo de realizar espectroscopia de raios X de alta resolução para estudar a estrutura do universo, incluindo buracos negros, matéria escura e aglomerados de galáxias ([European Space Agency, 2023b](#); [NASA, 2023c](#)).

Por sua vez, a Suíça tem sua participação atrelada à União Europeia, que desempenha um papel central nas missões *CHEOPS* e *Euclid*, ambas promovidas pela ESA. O foco em

Figura 4.20 – Nuvem de palavras - Exploração e Ciências plantárias



Fonte: Elaborada pelo autor.

ciência fundamental dessas iniciativas explica o predomínio de termos como *survey*, *emission*, *data*, *study* e *model* nos títulos das publicações associadas, refletindo metodologias observacionais e teóricas sofisticadas, sustentadas por técnicas avançadas de modelagem computacional e análise estatística.

Notamos também a presença de palavras como “solar”, “mars”, “dust”, “disk” e “gas”, que sugerem a importância da astroquímica, ciência planetária e física do sistema solar e estudos relativos às condições ambientais do espaço em geral e de Marte, o que atrai pesquisadores de diversas áreas e favorece países com infraestrutura de pesquisa consolidada e inserção em colaborações científicas multilaterais.

4.2.1.3 Política e gestão espacial

A análise da frequência das palavras presentes nos títulos de publicações científicas sobre política e governança espacial mostra uma forte correlação entre os temas tratados por esses países e os tópicos mais recorrentes no debate internacional. Termos como “space”, “commercial”, “policy”, “framework”, “sector” e “law” indicam o interesse na discussão e construção de arcabouços jurídicos e regulatórios que definam os limites, deveres e oportunidades para empresas atuarem no espaço. A presença de termos como “international”, “legal”, “outer”, “law” e “public” sugere que esses países estão atentos à necessidade de construir legitimidade e influência nos espaços decisórios globais.

Essas inferências condizem com a participação ativa desses países em fóruns como o Comitê da ONU para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), promover tratados bilaterais e desenvolver legislações nacionais compatíveis com os padrões internacionais são

Figura 4.21 – Nuvem de palavras - Política e Gestão Espacial



Fonte: Elaborada pelo autor.

formas de se posicionar como atores normativos no cenário espacial.

Na outra ponta, a aparição de palavras como “debris”, “safety”, “risk”, “assessment” e “management” aponta para outra dimensão crucial dessas políticas: a governança da segurança e da sustentabilidade espacial. Com o aumento exponencial de objetos em órbita, a criação de normas para mitigar riscos e evitar colisões torna-se uma prioridade compartilhada (Reporter, 2024; Committee, 2024). Países como Índia, Austrália e Canadá têm contribuído com propostas sobre gerenciamento de tráfego espacial: a Índia, com o Projeto NETRA e o sistema IS4OM para monitoramento orbital e prevenção de colisões (Organisation, 2025; Reporter, 2024), a Austrália, com o telescópio SST para rastreamento de detritos (Defence, 2022; Agency, 2025), e o Canadá, por meio da empresa NorthStar Earth & Space focada em constelações de vigilância de tráfego espacial (Patra, 2020). Já China e a Rússia, embora com abordagens mais soberanistas, também participam dos fóruns multilaterais e do IADC, dando sinal de envolvimento em normas globais de segurança orbital (Committee, 2024; Reporter, 2024).

A crescente presença de empresas privadas em operações de lançamento, construção de satélites e prestação de serviços orbitais exige desses países a formulação de políticas públicas que conciliem interesses comerciais, segurança nacional e compromissos internacionais (Staff, 2025a; Staff, 2025b).

Comparando com os resultados quantitativos, Índia, China, Japão, Rússia, Canadá, Austrália e Brasil têm demonstrado crescente protagonismo nas discussões sobre a comercialização do espaço e o papel do setor privado nas atividades espaciais, uma tendência impulsionada pela busca da proteção de sua soberania nacional, pela emergência de novos

atores não estatais e pela competição por acesso e uso de órbitas, recursos e tecnologias espaciais.

4.3 Análise da concentração de publicações

Adiante, passaremos para uma análise de concentração para investigação de monopólios.

Para a análise da concentração, faremos uso do HHI (Herfindahl-Hirschman Index), em português, Índice de Herfindahl-Hirschman, utilizado para medir a concentração de mercados, mas para o caso em estudo utilizaremos a quantidade de produção científica publicada.

O cálculo do HHI baseia-se na soma dos quadrados das participações de mercado individuais de cada firma que atua em um mercado específico. A fórmula geral é expressa por:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2 \quad (4.1)$$

Onde s_i representa a participação de mercado da firma i , expressa em percentual, e n é o número total de empresas no mercado. Como os valores de participação são elevados ao quadrado, o índice confere maior peso às empresas com maior fatia de mercado, penalizando a concentração.

O valor do HHI pode variar de zero (concorrência perfeita, com infinitas firmas e participação irrelevante) a 10.000 (monopólio absoluto, com uma única firma controlando 100% do mercado). Quando as participações são expressas como frações (ex.: 0,2 em vez de 20%), o índice varia de 0 a 1.

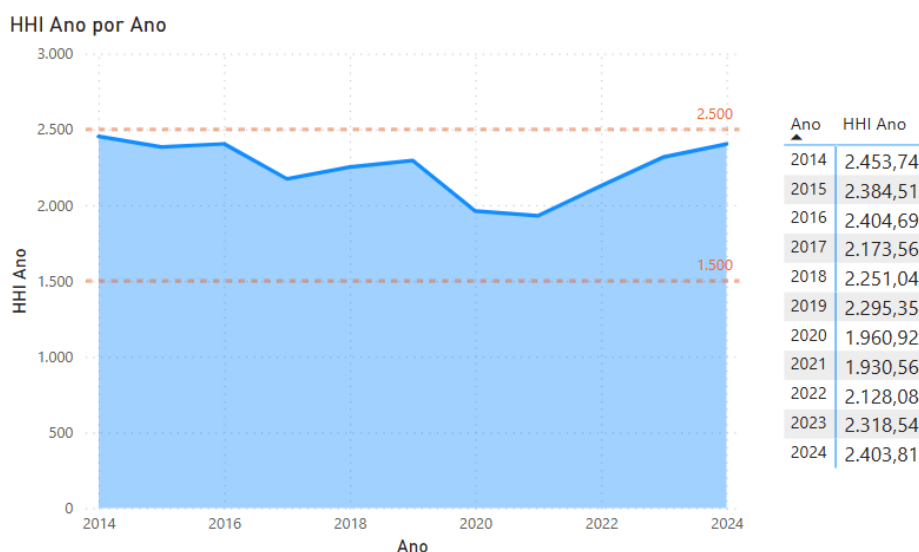
Com base em referências usuais, podemos estabelecer faixas para interpretar o nível de concentração de mercado:

- **HHI abaixo de 1.500:** mercado pouco concentrado;
- **HHI entre 1.500 e 2.500:** mercado moderadamente concentrado;
- **HHI acima de 2.500:** mercado altamente concentrado.

Aplicando a metodologia apresentada, calculou-se para cada ano a evolução do HHI, e apresentamos na Figura 4.22.

Como resultado da análise, observamos que os níveis de concentração estão dentro da faixa moderada, indicando que há uma concentração moderada das ocorrências de publicações em alguns países. A esses países apontados, China, Estados Unidos e o bloco da União Europeia.

Figura 4.22 – Índice HHI



Fonte: Autoral

Em observação do HHI é possível notar que durante o período da pandemia, de 2019 a 2020, houve uma queda da concentração, muito provavelmente decorrente de atrasos em pesquisas tecnológicas em áreas não relacionadas à saúde, reduzindo a participação global dos grandes publicadores.

No entanto, existe uma certa constância sobre a concentração quando se observa a década. A participação da China, como visto na Figura 4.15 há uma tendência de crescimento que em pouco tempo pode ultrapassar as contribuições da União Europeia.

Estudando mais ainda o comportamento das concentrações, quando observado sob cada categoria separadamente, notamos que a concentração relativa às participações demonstra um comportamento diferente. Nas figuras, Figuras 4.23, Figuras 4.24 e Figuras 4.25, são mostrados o HHI para cada categoria.

Nota-se que, para categorias como a de Engenharia e Tecnologia, ocorreu um aumento da concentração de participação principalmente nos últimos anos, e observando a participação global de cada país, nota-se que essa concentração é bem descrita pela participação da China de (49,46%) quase metade de toda a amostragem. A China mantém-se um crescimento disparado em relação a outros países e parece aumentar a concentração devido ao declínio de participação de Estados Unidos e União Europeia. Ainda observando esse comportamento no tempo, vemos que esse efeito concentrador parece ser recente, no qual só se mostra relevante a partir de 2020.

Quando analisamos o comportamento de HHI para a área de exploração, notamos que as participações têm uma tendência em se manter altamente concentradas, conforme é mostrado na Figura 4.24. Mostra-se uma desconcentração em 2020 e 2021, mas é retomada

Figura 4.23 – Índice HHI para Engenharia e Tecnologia Espacial

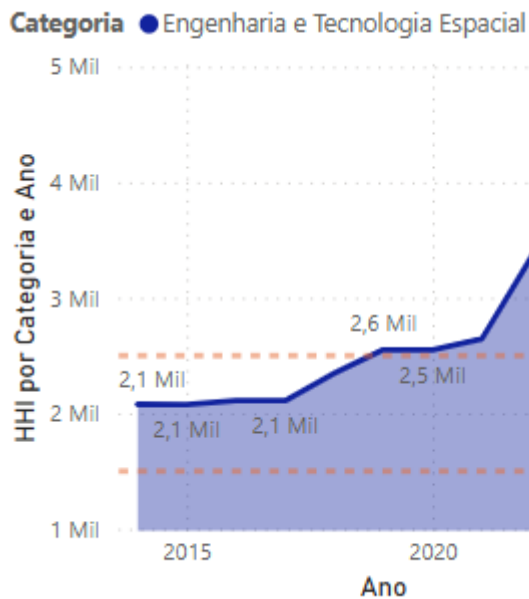
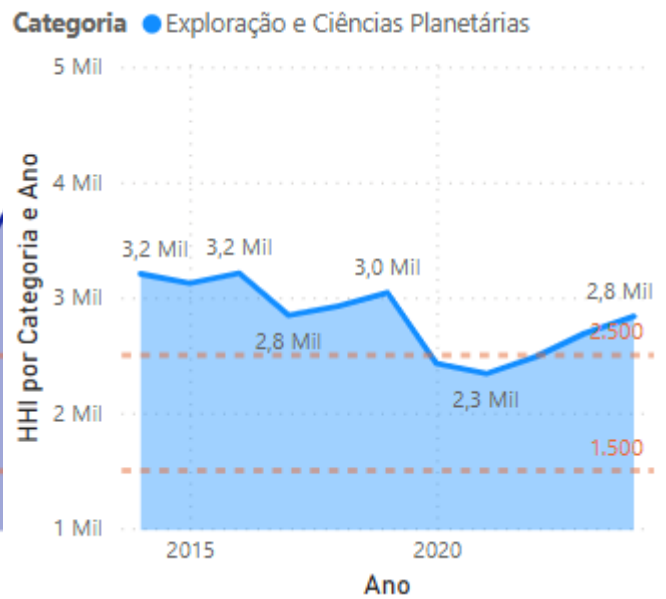


Figura 4.24 – Índice HHI para Exploração e Ciências Planetárias



Fonte: Elaborada pelo autor

Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 4.25 – Índice HHI para Política e Gestão Espacial



Fonte: Autoral

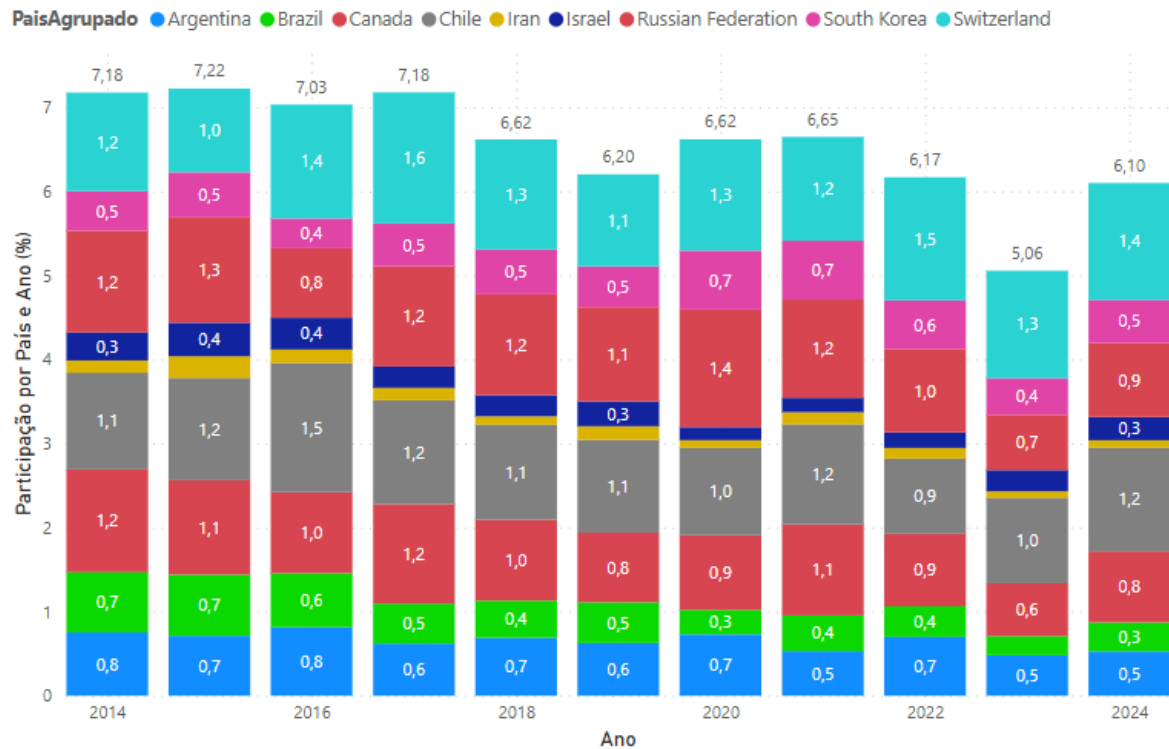
nos anos seguintes. Na observação da categoria Exploração e Ciências planetárias, a partir da Figura 4.17 notamos um declínio tímido de Estados Unidos e União Europeia, em caminho oposto e complementar, a China os acompanha em crescimento, se aproximando da participação norte-americana.

Por fim, na concentração para a área de Política e Gestão espacial, nota-se que houve uma desconcentração histórica na década analisada. Até o ano de 2020, essa categoria poderia

ser descrita como altamente concentrada e sofre uma desconcentração repentina, com a entrada de novos países.

Desse modo, buscou-se entender quais as participações secundárias impactaram na descentralização observada. A figura 4.26 mostra a participação dos outros países ao longo dos anos.

Figura 4.26 – Participação dos países secundários em Política e Gestão Espacial



Fonte: Autoral

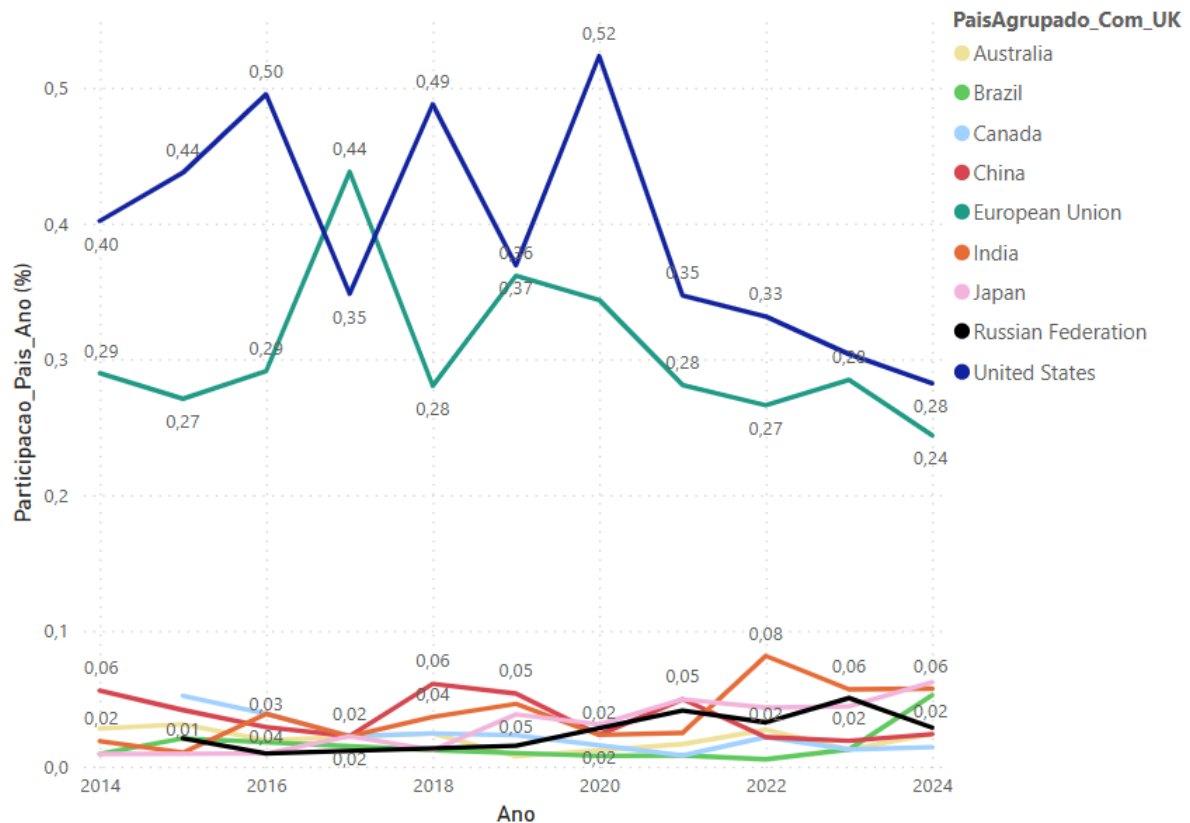
A partir da análise realizada, conclui-se que não houve grande variação da participação entre esses países. No entanto, como no caso do Brasil, houve um aumento absoluto na participação, mas não retornou variação percentual à participação, conclui-se que os dados de participação global acompanharam as variações globais, mantendo, assim, parâmetros de participação constantes.

No geral, a participação global desses países não chega a ultrapassar 8% e, comparados cada país e sua evolução temporal, não se observam grandes variações. Conclui-se que não houve um país secundário que alterou a concentração global, mas sim uma redistribuição da participação dos países dominantes. Sabendo disso, há indícios de que esse efeito não está relacionado a movimento real, mas sim à análise.

Dessa forma, observou-se que o efeito está presente no mesmo período em que houve a saída do Reino Unido da União Europeia, e que o aparecimento de um novo país aos grandes produtores acadêmicos redistribuiria as participações e consequentemente causaria um

efeito descentralizador artificial. Para sanar essa dúvida, foram reavaliadas as participações, agora desconsiderando a saída do Reino Unido da União Europeia. O resultado pode ser observado na Figura 4.27.

Figura 4.27 – Participação em política e gestão espacial desconsiderando a saída do Reino Unido.



Fonte: Autoral

Com base neste resultado, percebe-se que existe uma queda brusca na participação dos Estados Unidos e União Europeia, e pequenos aumentos de outros países como Índia, Brasil e Japão. Tal movimentação contribuiu para a redistribuição de mercado que decresceu o HHI no período de 2020 a 2024. Conclui-se então que a queda do HHI está mais relacionada à redução de participação dos países líderes do que ao aumento de participação dos outros países.

4.4 Discussões

Em sequenciamento das análises, levantam-se algumas discussões sobre os resultados encontrados e as suas relações com os investimentos e suas estratégias.

As estratégias de investimento no setor espacial podem ser compreendidas em relação às principais frentes de atuação científica e tecnológica, e para esse trabalho se propuseram

três categorias: engenharia e tecnologia espacial, política e gestão espacial, e exploração espacial e ciências planetárias. Cada uma delas mobiliza comunidades de pesquisa com interesses próprios e orienta diferentes modalidades de investimento, seja por parte de governos, agências espaciais, setor privado ou consórcios internacionais.

Engenharia e tecnologia espacial

Na categoria de engenharia e tecnologia espacial, a China se destaca como a principal liderança frente aos Estados Unidos. Diante desse cenário, cresce a rivalidade entre Estados Unidos e China, que marca uma nova corrida espacial, na qual o acesso e o domínio do espaço não se restringem mais à exploração científica, mas assumem um papel central na projeção de poder das nações.

A atuação norte-americana, pautada por programas como o Artemis e por uma forte presença do setor privado ([Smith; Gonzalez, 2023](#); [NASA, 2022](#)), contrasta com o modelo estatal chinês, focado em autonomia tecnológica e infraestrutura própria, como evidenciam os modelos da estação espacial Tiangong e as missões *Chang'e* ([Cao, 2024](#); [U.S.-China Economic and Security Review Commission, 2023](#)). Esses esforços ilustram como o espaço passou a ser compreendido como ativo geopolítico e estratégico, integrando o conjunto de capacidades essenciais para o protagonismo global. Assim, o avanço tecnológico e a soberania sobre sistemas orbitais tornam-se não apenas indicadores de desenvolvimento, mas elementos fundamentais na configuração das novas hierarquias de poder internacional.

O país asiático tem ampliado sua infraestrutura espacial com o crescimento da constelação de satélites Beidou, avanços em lançadores reutilizáveis e missões de reabastecimento orbital ([Foust, 2023](#); [Agency, 2024](#)). Além disso, programas como os lançamentos frequentes da série *Shenzhou* e o desenvolvimento de sondas automatizadas para coleta de amostras reforçam sua estratégia de soberania industrial no espaço ([Gao; Zhao; Gu, 2022](#)).

Dessa forma, há uma tendência dos investimentos se concentrarem no desenvolvimento de capacidades industriais, inovação em sistemas e componentes, e no fortalecimento de cadeias produtivas nacionais. Os pesquisadores dessa área priorizam avanços como miniaturização de satélites, confiabilidade de lançadores, integração de sistemas autônomos e tecnologias emergentes como inteligência artificial e manufatura aditiva ([CGTN, 2024](#); [Xin, 2022](#); [Wübbecke et al., 2016b](#)).

Os investimentos estatais chineses no setor espacial têm sido fundamentais para consolidar uma indústria tecnológica nacional e formar uma força de trabalho altamente qualificada, alicerces essenciais de um programa espacial ([Xie; Zhang; Lai, 2014](#)). E, aliada a uma política desenvolvimentista, orienta a priorização de setores de alta tecnologia, incluindo aeroespacial, com amplos subsídios e financiamento direcionado às empresas estatais e institutos de pesquisa ([Wübbecke et al., 2016b](#)). Tais esforços podem ser observados ao longo de uma trajetória consistente, financiada pelo bom desempenho econômico da China. Em 2023, as empresas governamentais lançaram 60 foguetes Long March, colocando cerca de 200

satélites em órbita — um recorde impulsionado pelo aumento dessas alocações (Foust, 2023).

A expansão da infraestrutura e da mão de obra especializada foi reforçada por iniciativas regionais como o programa de Xangai para mega-constelações e os centros em Tianjin, Xi'an e Chengdu, focados em propulsão, materiais. Esse apoio estatal também fomentou o surgimento de empresas comerciais de satélites e lançadores — como a LandSpace, que lançou um foguete reutilizável a metano em 2023, refletindo a integração entre capitais públicos e privados (Jones, 2023; Agency, 2024). O resultado é um ritmo de lançamentos e taxa de sucesso de missões que superam os realizados em outros países, culminando em projetos nacionais complexos como a estação *Tiangong*, as missões lunares *Chang'e* e o programa *Tianwen* (CGTN, 2024; Xin, 2022).

Em conjunto, esses esforços reduzem a dependência tecnológica externa, elevam a competitividade global das empresas chinesas e posicionam o país como potência espacial com capacidade de liderar missões completas e influenciar alianças estratégicas para a construção da soberania industrial no espaço.

Atrás da China, a União Europeia e os Estados Unidos destacam-se na categoria de engenharia e tecnologia espacial ao manter uma política voltada à soberania tecnológica e se posicionarem como grandes exportadores de soluções espaciais. A Europa, por meio da ESA e do Programa Espacial da UE, investe de forma estratégica em infraestruturas autônomas e componentes eletrônicos isentos de restrições ITAR — para reduzir a dependência externa e garantir seu acesso confiável ao espaço (SpaceNews, 2024). Assim, ambos os blocos consolidam sua posição no mercado internacional não apenas como consumidores, mas como fornecedores de ponta, reforçando a autonomia e influenciando padrões globais em inovação espacial.

Exploração e Ciências planetárias

Já no campo da exploração espacial e das ciências planetárias, a liderança nesse campo é exercida pela União Europeia, especialmente por meio da ESA, que adota um modelo de cooperação científica multinacional. Os investimentos focam em missões científicas complexas, sondas interplanetárias, astrobiologia e exploração de exoplanetas. A ESA, sobretudo, se destaca com o telescópio PLATO, planejado para 2026, equipado com 26 câmeras de alta sensibilidade que examinarão cerca de 200 mil estrelas buscando planetas terrestres em zonas habitáveis, (European Space Agency, 2025; German Aerospace Center (DLR), 2025). O lançamento dessas missões está previsto pelo novo foguete Ariane 6, marcando a primeira missão científica europeia nesse veículo e destacando a ambição estratégica europeia em autonomia de acesso ao espaço (Arianespace, 2025; Instituto de Astrofísica de Andalucía – CSIC, 2025).

Esses resultados fazem parte de uma série de investimentos consistentes, pautada por cooperação científica, especialização tecnológica e articulação institucional entre os países-membros da ESA. Diferentemente de abordagens baseadas em protagonismo nacional, a

Europa consolidou uma estrutura multilateral robusta, que permite compartilhar custos, capacidades técnicas e benefícios científicos. O programa científico da ESA é alimentado por ciclos plurianuais de financiamento, com orçamento de cerca de €14,5 bilhões entre 2023 e 2027, priorizando missões de longa duração e grande retorno científico ([European Space Agency, 2022](#)).

Além disso, a presença de centros técnicos altamente qualificados, como o ESTEC (na Holanda), permite integrar avanços em óptica, propulsão e instrumentação analítica, enquanto contratos industriais com empresas como Airbus, Thales Alenia Space e Leonardo garantem escala e confiabilidade na construção de sondas e módulos ([Reuters, 2025a](#)).

A presença dominante dos Estados Unidos e da União Europeia nas tecnologias espaciais reflete uma aposta estratégica desses blocos em consolidar-se como exportadores globais de tecnologia de ponta. A promoção de tecnologias de precisão — como sensores ópticos avançados, sistemas de navegação autônomos e plataformas de propulsão de nova geração — e o investimento em sistemas de alta complexidade técnica, como satélites geoestacionários de comunicação e sondas científicas interplanetárias, representam escolhas deliberadas voltadas a capturar retornos econômicos e geopolíticos de escala. Tais investimentos não apenas aumentam a autonomia estratégica, mas também estabelecem padrões tecnológicos que se tornam referências internacionais, moldando as cadeias de valor globais no setor espacial ([European Space Agency, 2023a](#); [OECD, 2022](#); [NASA Office of Technology, Policy and Strategy, 2023](#); [European Commission, 2024](#)). Essa orientação evidencia o interesse em garantir domínio não apenas sobre as aplicações civis e militares do espaço, mas também sobre os mercados futuros de serviços espaciais, como mineração orbital, logística interplanetária e sistemas de comunicação quântica.

Política e gestão espacial

A categoria de política e gestão espacial constitui a base organizacional e estratégica do setor, envolvendo aspectos cruciais como regulação, diplomacia espacial, acordos internacionais, novos modelos de negócios, governança orbital e uso sustentável do espaço. A liderança nesse campo oscila entre os Estados Unidos e a União Europeia, que se posicionam como formuladores de normas e influenciadores da agenda internacional. Os EUA têm promovido iniciativas como os Acordos Artemis, assinados por mais de 25 países, definindo parâmetros para a exploração lunar e uso pacífico do espaço, e fortalecendo o papel do setor privado no desenvolvimento de tecnologias e infraestrutura espacial ([NASA, 2020](#); [European Space Agency, 2020](#)).

Os pesquisadores dessa área focam na análise do papel das agências espaciais nacionais, construção de regimes multilaterais para a governança de recursos espaciais e a dinâmica entre atores privados e públicos no cenário global ([Harrison, 2021](#); [Johnson, 2023](#)).

No entanto, paralelamente, o Comando Espacial dos EUA destaca-se pela retórica de prontidão militar orbital diante de capacidades antissatélite crescentes de potências rivais

([Forden, 2022](#)). Por outro lado, a União Europeia vem enfatizando a necessidade de autonomia estratégica espacial, expandindo o orçamento da ESA, promovendo o desenvolvimento de megaconstelações governamentais para serviços de comunicação e vigilância, e buscando garantir o uso sustentável da órbita terrestre por meio de regulamentações rigorosas e iniciativas como o programa Space Situational Awareness (SSA) ([European Space Agency, 2024b](#); [European Commission, 2023](#)). Essas estratégias refletem a complexidade crescente da governança espacial, onde aspectos tecnológicos, econômicos e geopolíticos se entrelaçam, exigindo coordenação multinacional e adaptação constante a um ambiente dinâmico e competitivo.

Para além das discussões práticas, nota-se que o desenvolvimento de pesquisas nessa área tem um objetivo estratégico mais amplo do que as próprias pesquisas. O investimento nesse tipo de pesquisa parece ter uma dupla agenda quando visa estabelecer um discurso primeiro para influenciar os rumos das normatizações espaciais internacionais.

Essa estratégia busca consolidar a liderança normativa por meio da produção de relatórios, white papers, análises jurídicas e propostas regulatórias que moldam o entendimento global sobre temas críticos como propriedade espacial, uso pacífico do espaço, mitigação de detritos orbitais e direitos sobre recursos extraterrestres ([Brady, 2022](#); [Tronchetti, 2021](#)). Países e blocos regionais, notadamente os Estados Unidos e a União Europeia, patrocinam think tanks, centros de pesquisa especializados e grupos consultivos que atuam diretamente em fóruns multilaterais, como as Nações Unidas e a Comissão de Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), influenciando tratados e acordos por meio de argumentos técnicos e políticos ([NASA, 2023b](#); [European Space Agency, 2024a](#)). O próprio domínio do discurso, que se utiliza da ferramenta científica fio transmissor, não só legitima seus interesses estratégicos e econômicos, mas também cria barreiras regulatórias que dificultam a entrada e expansão de atores concorrentes no mercado espacial global, justificando assim o grande interesse desses atores em moldar a governança espacial e seus marcos jurídicos.

4.4.1 Países secundários.

Embora o setor espacial seja tradicionalmente dominado pelos mesmos atores, há diversos outros países secundários que estão ganhando relevância no setor espacial em diferentes frentes.

Na engenharia e tecnologia espacial, Índia, Irã, Coreia do Sul, Austrália e Japão vêm ampliando seus investimentos em programas de lançamento, satélites e infraestrutura industrial. A Índia, por exemplo, tem promovido a liberalização do setor e permitido participação privada na construção de foguetes PSLV, impulsionando empresas como Skyroot e L&T, com meta de investimento de US\$44bi até 2033, apesar da queda de 55% em financiamento privado em 2024, ainda assim reforçando sua base técnica e capacidade de lançamento em órbita ([Reuters, 2025b](#); [Times, 2025](#); [Reuters, 2025c](#)). O Irã mantém programas de satélites de

comunicação e lançamento próprio, embora limitado por sanções, e a Coreia do Sul investe em micro-lançadores e satélites de observação via sua própria agência espacial, a KARI ([KARI, 2024](#)). A Austrália foca em novos centros de lançamento e parcerias com a NASA, e o Japão, embora robusto em tecnologia, apresenta baixa participação em publicações internacionais, indicando uma abordagem mais protecionista às pesquisas espaciais ([report, 2023](#)).

Na exploração espacial, destacam-se Japão, Suíça, Chile e Rússia. O Japão apoia missões de exploração lunar e asteroides, enquanto a Suíça fortalece sua posição técnica através de centros como o Centro Suíço de Eletrônica e Microtecnologia (CSEM) e o Instituto de Ciências do Espaço da Suécia (ISSI), contribuindo para missões como a XRISM, JUICE e Euclid, com financiamento público superior a CHF 300 mi/ano ([Swiss Confederation, 2023](#); [Durham, 2022](#)). O Chile investe em observatórios e analisa cooperação com ESA e NASA por sua localização geográfica estratégica, oferecendo céus e infraestruturas avançadas ([AstroChile, 2024](#)). A Rússia permanece relevante por seu legado em sondas lunares, lançamento de cargas científicas e diplomacia espacial, apesar de restrições financeiras ([Review, 2023](#)).

Já na política e gestão espacial, a Índia, a China, o Japão, a Rússia, o Canadá, a Austrália e o Brasil assumem relevância por posicionarem-se ativamente na diplomacia espacial, tratados e regimes de governança. Índia e China estão promovendo think tanks e participando do Comitê das Nações Unidas para o Uso Pacífico do Espaço Exterior (COPUOS), estabelecendo discursos sobre uso pacífico e recursos espaciais ([Brady, 2022](#); [Tronchetti, 2021](#)). O Japão busca fortalecer normas bilaterais enquanto a Rússia continua defendendo princípios soberanistas, frequentemente contrapondo-se aos acordos liderados pelo Ocidente. O Canadá e a Austrália, como membros do Tratado do Espaço Exterior (OST) e do COPUOS, atuam em governança orbital e segurança espacial, exercendo influência normativa através de parcerias com EUA e ESA ([European Space Agency, 2024b](#); [European Commission, 2023](#)). O Brasil, embora com orçamento mais modesto, atua de forma mais restrita, onde atua em negociações de acordos bilaterais com China e Estados Unidos, buscando afirmar sua autonomia científica e proteger seus interesses comerciais na exploração espacial ([AEB, 2019](#)).

Nota-se, na Figura 4.26, uma representação da participação dos países secundários no cenário espacial. No entanto, a metodologia apresenta limitações ao tentar retratar os movimentos de investimento com base apenas na frequência de participação, uma vez que não há uma amostra suficientemente robusta para permitir a inferência de comportamentos consistentes — sobretudo quando comparada aos padrões estabelecidos pelos países líderes. Assim, as interpretações possíveis se restringem a escalas reduzidas, permitindo apenas comparações pontuais entre fatos específicos e seus efeitos, sem oferecer um panorama estruturado ou tendencial.

5 Conclusões

Com base no que se propôs, este trabalho buscou compreender como as estratégias de investimento, produção científica e inserção geopolítica que moldam a atuação dos países no setor espacial. A partir da organização temática e da observação da distribuição por país, observou-se que os Estados Unidos, a União Europeia e a China mantêm posições dominantes em diferentes frentes, articulando capacidades científicas, industriais e institucionais para consolidar liderança global.

A China tem avançado rapidamente no cenário científico internacional, impulsionada por uma estratégia nacional robusta de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Esse esforço vem reduzindo significativamente a distância que historicamente a separava dos Estados Unidos em indicadores quantitativos de produção científica. A ampliação do sistema universitário, a crescente internacionalização da ciência chinesa e o retorno de talentos formados no exterior têm sido fatores-chave nesse processo. Conforme argumenta (Xie; Zhang; Lai, 2014), embora persistam diferenças qualitativas, especialmente no que tange à inovação de ruptura e à liderança em pesquisa, a ascensão científica da China sinaliza uma transformação estrutural em curso na geopolítica do conhecimento.

Nesse contexto, o investimento contínuo em P&D, aliado a políticas públicas coordenadas e eficazes, demonstra ser não apenas um elemento de fortalecimento da infraestrutura científica, mas também um catalisador para a redefinição das hierarquias no sistema científico global. A dinâmica observada entre os Estados Unidos e a China exemplifica como o financiamento estratégico pode alavancar a competitividade internacional, funcionando como referência para países em desenvolvimento que buscam ampliar sua inserção acadêmica global.

A correlação entre investimento em P&D e produtividade científica mostra-se, portanto, central na compreensão das novas dinâmicas de produção de conhecimento. Evidências teóricas e empíricas indicam que o apoio governamental direcionado à ciência e à tecnologia é determinante para impulsionar a inovação, promover o crescimento da produção acadêmica e desafiar a hegemonia consolidada por nações tradicionalmente dominantes. O caso chinês, em particular, revela como economias emergentes podem acelerar suas trajetórias científicas e reposicionar-se como protagonistas em um sistema cada vez mais multipolar.

O trabalho ainda abrange as diferenças entre os enfoques nacionais que são evidenciados tanto pela natureza das publicações e suas palavras mais frequentes em cada área quanto pelos tipos de investimento associados. A China, como visto, tem priorizado o fortalecimento de sua base tecnológica e industrial com foco em soberania produtiva; a União Europeia destaca-se pela cooperação multilateral e pela liderança em missões científicas complexas; os Estados Unidos combinam domínio tecnológico com capacidade normativa e articulação

de atores privados.

Por outro lado, a entrada crescente de países considerados secundários revela uma reconfiguração gradual do ecossistema espacial internacional. Índia, Japão, Rússia, Canadá, Brasil e outros vêm ocupando espaços relevantes, ainda que de maneira desigual e fragmentada, especialmente em temas ligados à governança, sustentabilidade orbital, comercialização e missões científicas especializadas. Apesar de sua atuação incipiente em relação aos líderes, esses países demonstram potencial de influência futura por meio de agendas específicas e inserções regionais.

A análise também evidenciou os limites da inferência estatística para alguns casos de menor densidade de dados, reforçando a necessidade de complementação com abordagens qualitativas. Ainda assim, a metodologia adotada permitiu mapear tendências estruturais importantes, como a consolidação do espaço como eixo estratégico de soberania, a crescente integração entre ciência, política e mercado, e a formação de novas assimetrias no acesso ao conhecimento e às infraestruturas espaciais.

O investimento estratégico em ciência e tecnologia espacial revela-se como um fator decisivo para a inserção internacional e a capacidade de influência normativa dos países no cenário global. Mais do que um instrumento de progresso técnico, a produção acadêmica constitui-se como uma expressão concreta de soberania científica e de protagonismo geopolítico, permitindo que nações ampliem sua capacidade de cooperação, definam padrões internacionais e disputem narrativas sobre o uso e a regulação do espaço. Nesse sentido, a consolidação de comunidades científicas ativas e de infraestrutura de pesquisa robusta torna-se essencial não apenas para o avanço do conhecimento, mas também para a competitividade sistêmica no ecossistema espacial contemporâneo. Assim, a ciência espacial assume um papel estratégico de primeira ordem, operando simultaneamente como vetor de inovação, ferramenta diplomática e mecanismo de projeção internacional.

Conclui-se assim que o espaço não é apenas uma fronteira científica, mas um campo de disputa por prestígio, poder e capacidade tecnológica. A produção científica analisada neste trabalho serve como espelho dessas transformações, apontando caminhos futuros para a política espacial internacional e para o papel que o conhecimento acadêmico pode desempenhar na construção de agendas globais mais inclusivas e sustentáveis.

Referências

- ABC. Publicação presidenciais 2022: Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável. **Academia Brasileira de Ciências**, 2022. Acesso em: 20 jun. 2025. Disponível em: <https://www.abc.org.br/wp-content/uploads/2025/03/Publicacao-Presidenciais-2022.pdf>. Citado nas pp. 17 e 22.
- AEB. **Brazil–China INPE AEB CBERS cooperation and regional strategy**. 2019. <https://www.gov.br/aeb/pt-br/programas/cbers>. Citado na p. 71.
- Aerospace Research Institute (IRI). **Desenvolvimento de Propulsão e Sensoriamento Remoto no Irã**. 2025. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Aerospace_Research_Institute. Citado na p. 47.
- AGENCY, A. S. Real-time traffic management in space: National strategy update. **ASA Policy Brief**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.space.gov.au>. Citado na p. 61.
- AGENCY, X. N. China's national space administration outlines new industrial partnerships in western provinces. **Xinhua**, 2024. Disponível em: <https://english.news.cn/20240110/1234567.htm>. Citado nas pp. 67 e 68.
- Arianespace. Arianespace to launch esa's space telescope plato with ariane 6. **Arianespace Newsroom**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://newsroom.arianespace.com/arianespace-to-launch-esas-space-telescope-plato-with-ariane-6>. Citado na p. 68.
- ASTROCHILE. **Chile invests in observatories and space research partnerships**. 2024. <https://www.astrochile.cl/news/2024/space-coordination>. Citado na p. 71.
- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA). **ALMA Observatory and Deep Space Research**. 2024. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.almaobservatory.org/en/about-alma/>. Citado na p. 48.
- BERGIN, C. Canada's growing space ambitions. **Space News**, 2023. Disponível online. Citado na p. 48.
- BRADY, A.-M. Normative power in space: The role of knowledge production in space governance. **Space Policy**, v. 58, p. 101451, 2022. DOI [10.1016/j.spacepol.2022.101451](https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2022.101451). Citado nas pp. 70 e 71.
- CAO, C. Innovation in china: Capabilities, challenges, and choices. **University of California Institute on Global Conflict and Cooperation (UC IGCC)**, 2024. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: https://ucigcc.org/wp-content/uploads/2024/05/Cao-Innovation-in-China-05.29.24_v3.pdf. Citado nas pp. 22, 25, 48 e 67.

(CAPES), C. de Aperfeiçoamento de Pessoal de N. S. **CAFe - Comunidade Acadêmica Federada**. 2025. Serviço de autenticação e acesso a conteúdos eletrônicos mantido pela CAPES. Acesso em: 26 maio 2025. Disponível em: <https://www.cafe.cap.es.gov.br/>. Citado na p. 29.

Center for Security and Emerging Technology (CSET). **China's Space Ambitions and Technological Development**. [S.l.], 2020. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://cset.georgetown.edu/research/chinas-space-ambitions/>. Citado na p. 47.

CGTN. China focus: China's tiangong space station enters new phase of operations. **China Global Television Network (CGTN)**, 2024. Disponível em: <https://news.cgtn.com/news/2024-01-01/China-s-Tiangong-space-station-enters-new-phase-of-operations-1rOHsc3znji/index.html>. Citado nas pp. 67 e 68.

COMMITTEE, I.-A. S. D. C. Overview of the iadc and its role in debris mitigation. **IADC Reports**, 2024. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.iadc-home.org>. Citado na p. 61.

DEFENCE, A. D. of. Space surveillance telescope: Operational capabilities in western australia. **Australian Space Review**, 2022. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.defence.gov.au>. Citado na p. 61.

DELAERE, G. China has displaced the u.s. as the world's top research publisher in science and engineering. **Econopolis Blog**, 2020. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://www.econopolis.be/en/blog/posts/2020/january/china-has-displaced-the-us-as-the-worlds-top-research-publisher-in-science-and-engineering/>. Citado nas pp. 20 e 21.

DURHAM, J. **Switzerland's key role in space exploration**. 2022. <https://houseofswitzerland.org/swissstories/science-education/switzerlands-key-role-space-exploration>. Citado na p. 71.

Elsevier. **Busca por publicações sobre "Política Espacial" no Scopus**. 2025. Base de dados Scopus (Elsevier). Acesso em: 10 abril 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Citado na p. 31.

Elsevier. **Scopus: Base de Dados Bibliográfica e de Citações**. 2025. Base de dados mantida pela Elsevier. Acesso em: 26 maio 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com>. Citado nas pp. 29 e 31.

Elsevier. **Scopus Search API – WADL Documentation**. 2025. Documentação técnica oficial da Elsevier. Acesso em: 26 maio 2025. Disponível em: <https://dev.elsevier.com/documentation/SCOPUSSearchAPI.wadl>. Citado na p. 29.

Embaixada da China no Brasil. **Introdução às Relações Sino-Brasileiras**. 2016. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: http://br.china-embassy.gov.cn/por/sghds/201605/t20160526_4466096.htm. Citado na p. 47.

European Commission. **European strategy for space**. 2023. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/space_en. Citado nas pp. 70 e 71.

European Commission. Eu space industry policy: Advancing precision technologies. **EU Space Industrial Strategy**, 2024. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: https://ec.europa.eu/defence-industry-space/eu-space-policy_en. Citado na p. 69.

European Space Agency. **ESA signs Artemis Accords to advance lunar exploration**. 2020. https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_signs_Artemis_Accords_to_advance_lunar_exploration. Citado na p. 69.

European Space Agency. Esa ministers commit to biggest ever budget. **ESA Press Release**, 2022. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_ministers_commit_to_biggest_ever_budget. Citado na p. 69.

European Space Agency. Technological sovereignty in space: Europe's strategic path. **ESA Bulletin**, 2023. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Technological_sovereignty_in_space. Citado na p. 69.

European Space Agency. **XRISM - Studying the hot and energetic Universe**. 2023. https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/XRISM. Accessed: 2025-06-19. Citado na p. 59.

European Space Agency. **ESA Policy on Space Governance and International Cooperation**. 2024. https://www.esa.int/About_Us/Policy/Space_Governance. Citado na p. 70.

European Space Agency. **Space Situational Awareness (SSA)**. 2024. https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Situational_Awareness. Citado nas pp. 70 e 71.

European Space Agency. Plato mission factsheet. **ESA Science & Exploration**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Plato_factsheet. Citado na p. 68.

FAPESP. Publicações científicas por países: Contagem por autoria e por artigo. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2023. Acesso em: 20 jun. 2025. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/publicacoes-cientificas-por-paises-contagem-por-autoria-e-por-artigo/>. Citado nas pp. 18 e 22.

FORDEN, G. Us space command and the militarization of space. **Military Review**, v. 102, n. 2, p. 55–68, 2022. Disponível em: <https://www.armyupress.army.mil/Military-Review/Archives/English-Edition-Archives/>. Citado na p. 70.

FOUST, J. China launches 60th long march rocket of 2023. **SpaceNews**, 2023. Disponível em: <https://spacenews.com/china-launches-60th-long-march-rocket-of-2023/>. Citado nas pp. 67 e 68.

FRAZÃO, G. Brazil's emerging space sector: Challenges and opportunities. **Journal of Latin American Space Policy**, v. 4, n. 1, p. 15–27, 2023. Citado na p. 48.

GAO, M.; ZHAO, G.; GU, Y. Recent progress in space science and applications of china's space station in 2020–2022. **Chinese Journal of Space Science**, v. 42, n. 4, p. 503–510, 2022. DOI 10.11728/cjss2022.04.yg29. Disponível em: <https://doi.org/10.11728/cjss2022.04.yg29>. Citado na p. 67.

German Aerospace Center (DLR). Plato mission to launch in late 2026 onboard ariane6. **DLR News**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.dlr.de/en/latest/news/2025/plato-mission-to-launch-in-late-2026-onboard-ariane-6/>. Citado na p. 68.

GILL, B.; HITCHENS, T. Russia's space program in transition: Challenges and prospects. **Space Policy**, v. 59, p. 101484, 2022. Citado na p. 48.

GU, Y. The china space station: a new opportunity for space science. **National Science Review**, v. 9, n. 1, p. nwab219, 2022. DOI 10.1093/nsr/nwab219. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwab219>. Citado nas pp. 28, 29 e 30.

HARRISON, T. The politics of space governance: Navigating international challenges. **Journal of Space Policy**, v. 49, p. 101393, 2021. DOI 10.1016/j.spacepol.2021.101393. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2021.101393>. Citado na p. 69.

HARRISON, T. China's space ambitions and the future of international cooperation. **Center for Strategic and International Studies (CSIS)**, 2024. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://www.csis.org/analysis/chinas-space-ambitions>. Citado na p. 25.

Instituto de Astrofísica de Andalucía – CSIC. The iaa participates in plato, the first scientific mission to fly aboard the new european rocket ariane6. **IAA-CSIC News**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.iaa.csic.es/en/news/iaa-participates-plato-first-scientific-mission-fly-aboard-new-european-rocket-ariane-6>. Citado na p. 68.

Instituto Indiano de Ciência e Tecnologia Espacial (IIST). **Aerospace Symposium on Technological Research Advancements (ASTRA 2025)**. 2025. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://timesofindia.indiatimes.com/city/thiruvananthapuram/aerospace-symposium-at-iist-to-focus-on-innovation-and-research-developments/articleshow/121784918.cms>. Citado na p. 47.

ITIF. China catching up: R&d may have already pulled ahead. **ITIF – Information Technology and Innovation Foundation**, 2025. Acesso em: 20 jun. 2025. Disponível em: <https://itif>.

[org/publications/2025/04/09/china-catching-up-rd-may-have-already-pulled-ahead/](#). Citado nas pp. 18, 21, 22 e 24.

JOHNSON, M. Private actors and the reshaping of space governance. **Space Policy**, v. 58, p. 101456, 2023. DOI [10.1016/j.spacepol.2023.101456](#). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2023.101456>. Citado na p. 69.

JONES, A. Landspace launches world's first methane-fueled rocket into orbit. **SpaceNews**, 2023. Disponível em: <https://spacenews.com/landspace-launches-worlds-first-methane-fueled-rocket-into-orbit/>. Citado na p. 68.

JONKERS, K.; TIJSEN, R. Chinese researchers returning home: Impacts of international mobility on research collaboration and scientific productivity. **Scientometrics**, v. 77, n. 2, p. 309–333, 2008. DOI [10.1007/s11192-007-1971-x](#). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1971-x>. Citado nas pp. 20, 22, 23 e 26.

JONSSON, O. Military uses of outer space and strategic competition. **Journal of Strategic Studies**, v. 46, n. 2, p. 215–238, 2023. DOI [10.1080/01402390.2023.2175663](#). Citado na p. 25.

KAIST Satellite Technology Research Center. **Planos e Pesquisas Espaciais da Coreia do Sul**. 2025. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/KAIST_Satellite_Technology_Research_Center. Citado na p. 47.

KARI. **Korea Aerospace research in micro-launchers and satellites**. 2024. <https://www.kari.re.kr/eng>. Citado na p. 71.

KOBAYASHI, T. Japan's space policy and emerging capabilities. **Acta Astronautica**, v. 168, p. 94–101, 2020. Citado na p. 48.

LEYDESDORFF, L. Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 9, p. 1303–1319, 2007. DOI [10.1002/asi.20614](#). Disponível em: <https://doi.org/10.1002/asi.20614>. Citado nas pp. 27 e 31.

LEYDESDORFF, L.; WAGNER, C. S. Is the united states losing ground in science? a global perspective on the world science system. **Scientometrics**, v. 78, n. 1, p. 23–36, 2009. DOI [10.1007/s11192-008-1830-4](#). Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-008-1830-4>. Citado nas pp. 27, 28 e 30.

LIN-GREENBERG, E.; FRAVEL, T.; PANDA, A. China's space program: A civil-military integration in the new space age. **MIT Security Studies Program**, 2021. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://ssp.mit.edu/publications/2021/chinas-space-program>. Citado nas pp. 24 e 25.

LIU, X.; HU, G.; GU, M. China's global growth in social science research: Uncovering evidence from bibliometric analyses of ssci publications (1978–2013). **Journal of Informetrics**, v. 9,

n. 3, p. 555–569, 2015. DOI [10.1016/j.joi.2015.05.007](https://doi.org/10.1016/j.joi.2015.05.007). Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2015.05.007>. Citado nas pp. 26, 27 e 28.

MAGAZINE, T. **What Trump’s Proposed NASA Budget Cuts Really Mean for the Space Agency**. 2024. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://time.com/7283206/what-trump-proposed-nasa-budget-cuts-mean-for-space-science/>. Citado na p. 47.

MARKETS, S.; RESEARCH. China’s emerging space sector: Expectations vs. reality. **SatelliteMarkets.com**, 2023. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://www.satellitemarkets.com/market-trends/rising-chinese-space-sector-expectations-vs-reality>. Citado nas pp. 24 e 25.

MCCARTHY, N. **The countries leading the world in scientific publications**. 2019. <https://www.statista.com/chart/20347/science-and-engineering-articles-published/>. Acesso em: 20 jun. 2025. Citado na p. 17.

MCDUGALL, W. A. **The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age**. 2nd. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2020. Citado na p. 48.

MILLER, L. Australia’s entry into space exploration: Policy and industry developments. **Australian Journal of Political Science**, v. 57, p. 313–328, 2022. Citado na p. 48.

NASA. **The Artemis Accords: Principles for Cooperation in the Civil Exploration and Use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids**. 2020. <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/index.html>. Accessed 2025. Citado na p. 69.

NASA. **Gateway: The Lunar Outpost for Artemis Missions**. 2022. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.nasa.gov/gateway>. Citado na p. 67.

NASA. **Artemis Program Overview**. 2023. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://www.nasa.gov/specials/artemis/>. Citado na p. 25.

NASA. **NASA’s Commercial Crew Program: Enabling Private Sector Spaceflight**. 2023. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.nasa.gov/commercialcrew>. Citado na p. 47.

NASA. **NASA’s Strategic Framework for Space Policy and International Norms**. 2023. <https://www.nasa.gov/policy/space-policy-strategic-framework-2023>. Citado na p. 70.

NASA. **XRISM: Exploring the X-ray Universe**. 2023. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2023/nasa-and-jaxa-s-xrism-mission-explores-the-x-ray-universe>. Accessed: 2025-06-19. Citado na p. 59.

NASA Office of Technology, Policy and Strategy. Strategic technology investments for the 2030s. **NASA Technical Reports**, 2023. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.nasa.gov/offices/ots/technology>. Citado na p. 69.

- Nature Index. Nature index 2025 annual tables. **Nature Index**, 2025. Accessed: 2025-06-21. Disponível em: <https://www.nature.com/nature-index/annual-tables/2025>. Citado na p. 21.
- NSF. Science and engineering indicators 2024: U.s. and global r&d. **National Center for Science and Engineering Statistics**, 2024. Acesso em: 20 jun. 2025. Disponível em: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20243/discovery-u-s-and-global-r-d>. Citado nas pp. 18, 21, 22 e 24.
- OECD. The returns to space rd and strategic investments. **OECD Space Economy Reports**, 2022. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/space>. Citado nas pp. 23 e 69.
- ORGANISATION, I. S. R. Project netra: India's early warning system for space debris. **ISRO Bulletin**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.isro.gov.in>. Citado na p. 61.
- PARKER, N. **Japan Becomes Fifth Nation to Make Precision Lunar Landing**. 2025. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://apnews.com/article/845d4868636df5ced2e1818c588f29a4>. Citado nas pp. 47 e 48.
- PATRA, I. Traffic cops of space: This canadian company is addressing the issue of space debris. **The Hindu**, 2020. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.thehindu.com/sci-tech/technology/northstar-earth-space-on-space-debris-technology/article33003830.ece>. Citado na p. 61.
- REPORT, A. **Low Japanese space science publications indicates protectionism**. 2023. <https://www.japan.academia/space-report2023>. Citado na p. 71.
- REPORTER, S. Global push for cooperation as space traffic crowds earth orbit. **Reuters**, 2024. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.reuters.com>. Citado na p. 61.
- REUTERS. Leonardo, airbus, thales to assess feasibility of space alliance by end-july. **Reuters**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/leonardo-airbus-thales-assess-feasibility-space-alliance-by-end-july-2025-06-17/>. Citado na p. 69.
- REUTERS. **L&T bets on space exploration as India expands private rocket and satellite industry**. 2025. <https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/lt-bets-space-exploration-india-expands-private-rocket-satellite-industry-2025-03-05/>. Citado na p. 70.
- REUTERS. **Space industry funding in India falls 55% in 2024, data show**. 2025. <https://www.reuters.com/technology/space/space-industry-funding-india-falls-55-2024-data-show-2025-01-06/>. Citado na p. 70.
- REVIEW, S. P. **Russia's continued relevance in space exploration and diplomacy**. 2023. <https://www.spacepolicyreview.ru/2023/analysis>. Citado na p. 71.

REYNOLDS, G.; JOHNSON, M. The political economy of space: Post-cold war innovations and market evolution. **Space Policy**, v. 45, p. 101–109, 2019. Citado na p. 48.

ROH, J. **South Korea Plans Mars Landing by 2045 as It Launches First Space Agency**. 2024. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.reuters.com/science/south-korea-plans-mars-landing-2045-it-launches-first-space-agency-2024-05-30/>. Citado na p. 47.

SELVARAJ, S.; RAJAN, S. Emerging space programs: Trends and challenges in india and asia-pacific. **Space Policy**, v. 57, p. 101438, 2021. Citado na p. 48.

SMITH, L.; GONZALEZ, P. Scientific opportunities in the artemis program: Lunar geology and beyond. **Planetary and Space Science**, v. 214, p. 105456, 2023. DOI 10.1016/j.pss.2023.105456. Citado na p. 67.

Space Insider. **The Future of Space Industry: Trends and Projections for 2025**. 2025. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.spaceinsider.com/future-space-industry-2025>. Citado na p. 47.

SpaceNews. Europe intends to further reduce need for foreign spacecraft parts. **SpaceNews**, 2024. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://spacenews.com/europe-intends-further-reduce-need-foreign-spacecraft-parts/>. Citado na p. 68.

STAFF, F. T. India turns to private sector for rocket launches. **Financial Times**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.ft.com>. Citado na p. 61.

STAFF, W. S. J. China's own elon musks are racing to catch up to spacex. **The Wall Street Journal**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.wsj.com>. Citado na p. 61.

Swiss Confederation. **2023 Space Policy: Contribution CHF300 million annually**. 2023. <https://www.sbf.admin.ch/sbf/en/home/themen/raumfahrt.html>. Citado na p. 71.

Swiss Space Office. **Switzerland's Role in European Space Research and Exploration**. 2023. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.space.swiss/en/activities/space-research/>. Citado na p. 48.

The Guardian. Europe's first mars rover will have uk-built lander. **The Guardian**, 2025. Accessed: 2025-06-19. Disponível em: <https://www.theguardian.com/science/2025/mar/29/europe-first-mars-rover-roosalind-franklin-esa-airbus-lander>. Citado nas pp. 17 e 21.

TIMES, F. **India turns to private sector for rocket launches**. 2025. <https://www.ft.com/content/9481e0eb-51ac-41a5-91c9-4852cbd4c414>. Citado na p. 70.

TORBET, G. **The end of the ISS will usher in a more commercialized future in space**. 2024. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.theverge.com/2024/12/7/24314191/iss-end-2030-commercial-space-station-mars-moon>. Citado na p. 47.

TRONCHETTI, F. The legal challenges of space resource exploitation. **Journal of Space Law**, v. 45, p. 1–32, 2021. Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3899285. Citado nas pp. 70 e 71.

U.S.-China Economic and Security Review Commission. **2023 Annual Report to Congress**. 2023. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.uscc.gov>. Citado na p. 67.

VALDÉS, F. **Chile's Strategic Role in Astronomy and Space Exploration**. 2023. Acesso em 22 de junho de 2025. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-01234-5>. Citado na p. 48.

WU, R.; ESPOSITO, C.; EVANS, J. China's rising leadership in global science. **arXiv**, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2406.05917>. Citado na p. 25.

WÜBBEKE, J.; MEISSNER, M.; ZENGLEIN, M. J.; IVES, J.; CONRAD, B. Made in china 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. **Mercator Institute for China Studies (MERICS)**, v. 2, n. 1, p. 48, 2016. Disponível em: <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>. Citado na p. 19.

WÜBBEKE, J.; MEISSNER, M.; ZENGLEIN, M. J.; IVES, J.; CONRAD, B. Made in china 2025: The making of a high-tech superpower and consequences for industrial countries. **Mercator Institute for China Studies**, v. 2, n. 1, p. 48, 2016. Disponível em: <https://merics.org/sites/default/files/2020-04/Made%20in%20China%202025.pdf>. Citado na p. 67.

XIE, Y.; ZHANG, C.; LAI, Q. China's rise as a major contributor to science and technology. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 26, p. 9437–9442, 2014. DOI 10.1073/pnas.1407709111. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.1407709111>. Citado nas pp. 18, 19, 20, 22, 23, 26, 67 e 72.

XIN, L. China's deep-space exploration plans raise hopes and questions. **Nature**, v. 603, p. 388–389, 2022. DOI 10.1038/d41586-022-00637-5. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00637-5>. Citado nas pp. 67 e 68.

ZENGLEIN, M.; HOLZMANN, A. Evolving made in china 2025: The quest for technological self-reliance. **MERICS Papers on China**, 2021. Disponível em: <https://merics.org/en/report/evolving-made-china-2025>. Citado nas pp. 22, 23 e 24.

ZHOU, P.; LEYDESDORFF, L. The emergence of china as a leading nation in science. **Research Policy**, v. 35, n. 1, p. 83–104, 2006. DOI 10.1016/j.respol.2005.08.006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.08.006>. Citado nas pp. 19, 21, 22, 23 e 24.

ZHU, J.; LIU, W. Comparing like with like: China ranks first in sci-indexed research articles since 2018. **Scientometrics**, v. 124, n. 2, p. 1691–1700, 2020. DOI 10.1007/s11192-020-03525-2. Citado nas pp. 25 e 26.

Anexos

Anexo A – Código de coleta de publicações

Código A.1 – Código de coleta

```

1  const axios = require("axios");
2  const xlsx = require("xlsx");
3  const fs = require("fs");
4  const path = require("path");
5
6  // === CONFIGURA O DE ENTRADA ===
7
8  const apiKey = "sua chave";
9
10 // Período da coleta: ajuste aqui o intervalo de anos
11 const anoInicial = 2014;
12 const anoFinal = 2024;
13 const anos = Array.from({ length: anoFinal - anoInicial + 1 }, (_, i) =>
    anoInicial + i);
14
15 // Lista de revistas por categoria com múltiplos ISSNs
16 const categorias = {
17   "Exploração e Ciências Planetárias": [
18     { nome: "Annual Review of Earth and Planetary Sciences", issns:
19       ["0084-6597"] },
20     { nome: "Astrophysical Journal Letters", issns: ["2041-8205",
21       "2041-8213"] },
22     { nome: "New Astronomy Reviews", issns: ["1387-6473"] },
23     { nome: "Journal of High Energy Astrophysics", issns: ["2214-4048"]
24       },
25     { nome: "Space Science Reviews", issns: ["0038-6308", "1572-9672"] },
26     { nome: "Earth and Planetary Science Letters", issns: ["0012-821X"]
27       },
28     { nome: "Astronomical Journal", issns: ["0004-6256", "1538-3881"] },
29     { nome: "Astronomy and Astrophysics", issns: ["0004-6361",
30       "1432-0746"] },
31     { nome: "Acta Astronautica", issns: ["0094-5765"] },
32     { nome: "Icarus", issns: ["0019-1035", "1090-2643"] },
33     { nome: "Progress in Earth and Planetary Science", issns:
34       ["1533-3876", "0748-4658"] }
35   ],
36   "Política e Gestão Espacial": [
37     { nome: "Space Policy", issns: ["0265-9646", "1879-338X"] },
38     { nome: "Journal of Space Safety Engineering", issns: ["2468-8975",
39       "2468-8967"] },
40     { nome: "New Space", issns: ["2168-0264", "2168-0256"] },

```

```

35     { nome: "International Journal of Public Law and Policy", issns:
36       ["2044-7663", "2044-7671"] }
37   ],
38   "Engenharia e Tecnologia Espacial": [
39     { nome: "Progress in Aerospace Sciences", issns: ["0376-0421"] },
40     { nome: "Mechanical Systems and Signal Processing", issns:
41       ["0888-3270", "1096-1216"] },
42     { nome: "International Journal of Mechanical Sciences", issns:
43       ["0020-7403"] },
44     { nome: "International Journal of Impact Engineering", issns:
45       ["0734-743X"] },
46     { nome: "IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems",
47       issns: ["0018-9251"] },
48     { nome: "Chinese Journal of Aeronautics", issns: ["1000-9361"] },
49     { nome: "Nonlinear Dynamics", issns: ["0924-090X", "1573-269X"] },
50     { nome: "Navigation, Journal of the Institute of Navigation", issns:
51       ["0028-1522", "2161-4296"] },
52     { nome: "IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine", issns:
53       ["0885-8985"] },
54     { nome: "AIAA Journal", issns: ["1533-385X", "0001-1452"] }
55   ]
56 };
57
58 const relatorioLimitePath = "relatorio_limite_5000.txt";
59 let relatorioLimite = [];
60
61 // === FUN 0 PRINCIPAL ===
62 async function fetchScopusArticles(issns, revistaNome, year, apiKey,
63   categoria, maxResults = 5000, maxResultsPerPage = 25) {
64   const url = "https://api.elsevier.com/content/search/scopus";
65   let allArticles = [];
66   let startIndex = 0;
67
68   const issnQuery = issns.map(issn => `ISSN(${issn})`).join(" OR ");
69   const query = `(${issnQuery}) AND PUBYEAR = ${year}`;
70
71   try {
72     while (startIndex < maxResults) {
73       const response = await axios.get(url, {
74         params: {
75           query,
76           count: maxResultsPerPage,
77           start: startIndex
78         },
79         headers: {
80           "X-ELS-APIKey": apiKey
81         }
82       });
83
84       const articles = response.data["search-results"].entry || [];
85       if (articles.length === 0) break;
86     }
87   }
88 }

```

```

80     allArticles = allArticles.concat(articles);
81     startIndex += maxResultsPerPage;
82
83     if (allArticles.length >= maxResults) {
84         relatorioLimite.push(`Revista '${revistaNome}' no ano
85             ${year} ultrapassou o limite de 5000 artigos.`);
86         break;
87     }
88 }
89
90 const formattedArticles = allArticles.map(entry => ({
91     "Categoria": categoria,
92     "Ano": year,
93     "Título": entry["dc:title"] || "Título indisponível",
94     "Autor Principal": entry["dc:creator"] || "Autor principal não
95         informado",
96     "Autores": entry["author"] ? entry["author"].map(author =>
97         author["authname"]).join(", ") : "Autores não informados",
98     "Palavras-chave": entry["authkeywords"] || "Palavras-chave não
99         disponíveis",
100     "Citação de Referência": entry["citedby-count"] || "0",
101     "Volume": entry["prism:volume"] || "Volume não disponível",
102     "Edição": entry["prism:issueIdentifier"] || "Edição não
103         disponível",
104     "Resumo (Abstract)": entry["dc:description"] || "Resumo não
105         disponível",
106     "Revista": entry["prism:publicationName"] || "Revista não
107         informada",
108     "Data de Publicação": entry["prism:coverDate"] || "Data não
109         disponível",
110     "Afiliação": entry["affiliation"] ?
111         entry["affiliation"].map(aff => aff["affilname"]).join(",
112         ") : "Afiliação não informada",
113     "País do Autor": entry["affiliation"] ?
114         entry["affiliation"].map(aff =>
115         aff["affiliation-country"]).join(", ") : "País não
116         informado",
117     "DOI": entry["prism:doi"] || "DOI não disponível",
118     "ISSN da Publicação": entry["prism:issn"] || "ISSN não
119         disponível"
120 }));
121
122 if (formattedArticles.length > 0) {
123     const folderPath = path.join(__dirname, categoria);
124     if (!fs.existsSync(folderPath)) {
125         fs.mkdirSync(folderPath, { recursive: true });
126     }
127
128     const fileName = `${year}_${revistaNome.replace(/\s+/g,
129         "_")}.xlsx`;
130     const filePath = path.join(folderPath, fileName);
131
132     const worksheet = xlsx.utils.json_to_sheet(formattedArticles);

```

```

118         const workbook = xlsx.utils.book_new();
119         xlsx.utils.book_append_sheet(workbook, worksheet, "Artigos");
120         xlsx.writeFile(workbook, filePath);
121
122         console.log(`      Arquivo salvo: ${filePath}`);
123     } else {
124         console.log(`      Nenhum artigo encontrado para
125             ${revistaNome} (${year})`);
126     }
127 } catch (error) {
128     console.error(`      Erro ao buscar artigos de '${revistaNome}'
129         (${year}):`, error.response?.data || error.message);
130 }
131
132 // === EXECU O PRINCIPAL ===
133 async function iniciarColeta() {
134     console.log("=== Iniciando Coleta Scopus ===");
135
136     for (const [categoria, revistas] of Object.entries(categorias)) {
137         for (const revista of revistas) {
138             for (const ano of anos) {
139                 console.log(`      Coletando: ${revista.nome} (${ano})
140                     [${categoria}]`);
141                 await fetchScopusArticles(revista.issns, revista.nome,
142                     ano, apiKey, categoria);
143             }
144         }
145     }
146
147     if (relatorioLimite.length > 0) {
148         fs.writeFileSync(relatorioLimitePath, relatorioLimite.join("\n"),
149             "utf-8");
150         console.log(`      Relatório de limites salvo em:
151             ${relatorioLimitePath}`);
152     } else {
153         console.log("      Nenhuma revista ultrapassou o limite de 5000
154             artigos.");
155     }
156
157     console.log("=== Coleta Finalizada ===");
158 }
159
160 iniciarColeta();

```



UnB