



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS

MBA EM ESTUDOS ESTRATÉGICOS E RELAÇÕES INTERNACIONAIS



FILIPPE PEPE ALBERTINI

INTEGRAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E FORÇAS ARMADAS:
IMPACTOS NA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA (2000-2024)

NITERÓI-RJ

2024

FILIPPE PEPE ALBERTINI

INTEGRAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADES E FORÇAS ARMADAS:
IMPACTOS NA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA (2000-2024)

Trabalho de conclusão de curso de MBA apresentado ao Instituto de Estudos Estratégicos da Universidade Federal Fluminense com parceria ao Centro de Instrução Sylvio de Camargo (Marinha do Brasil) como requisito parcial para a obtenção do título de MBA em Relações Internacionais.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel dos Santos Missagia

Niterói

2024

**Folha de Aprovação de Trabalho de Conclusão de Curso em Estudos Estratégicos e
Relações Internacionais (Monografia)**

Título do Trabalho: Integração entre Universidades e Forças Armadas: Impactos na Base
Industrial de Defesa (2000-2024)

Aluno: Filipe Pepe Albertini

Avaliadores

Avaliador 01: Profa. Dra. Raquel dos Santos Missagia (orientadora)

Avaliador 02: Prof. Dr. Tadeu Morato Maciel (leitor)

Notas dos Avaliadores	
Nota 1	
Nota 2	

À minha família, por todo apoio até aqui, especialmente à minha esposa, Jéssica Dias Martins Albertini, principal razão de todo meu esforço e empenho, e à minha professora, Raquel dos Santos Missagia, quem me orientou e tornou a conclusão desse trabalho possível.

“Nenhum Estado pode ser pacífico sem ser forte.”

– José Maria da Silva Paranhos Júnior,
Barão do Rio Branco

RESUMO

Esta monografia examina a integração entre universidades e as Forças Armadas no período de 2000 a 2024, analisando seu impacto na Base Industrial de Defesa (BID) do país e em suas capacidades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Fundamentada pela teoria da Hélice Tríplice, que destaca a interação entre universidades, indústria e governo para fomentar a inovação, a pesquisa busca compreender como essa integração fortalece a BID e expande a autonomia tecnológica do Brasil em setores estratégicos, como as tecnologias nuclear, cibernética e aeroespacial, em consonância com os objetivos da Estratégia Nacional de Defesa (END), da Política Nacional de Defesa (PNB) e da Política Nacional da Base Industrial de Defesa (PNBID). Utilizando uma abordagem qualitativa baseada em estudos de caso e análise documental, o trabalho identifica que a colaboração entre universidades e Forças Armadas tem sido crucial para o desenvolvimento de programas estratégicos de defesa, promovendo avanços tecnológicos e fortalecendo a soberania nacional. Exemplos dessa integração incluem parcerias em projetos como o Programa Nuclear da Marinha, o Programa Espacial Brasileiro e o desenvolvimento de aeronaves militares, que ilustram como a aplicação da Hélice Tríplice potencializa a inovação e a capacidade produtiva da BID. Além dos avanços, o estudo conduzido também identifica desafios significativos para a BID, incluindo limitações orçamentárias, burocracia excessiva e a necessidade de reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras. Conclui-se que a integração entre universidade e Forças Armadas contribui significativamente para o fortalecimento da BID, aumentando a capacidade de inovação e reduzindo a dependência de tecnologias estrangeiras. Conclui-se também que essa sinergia corrobora para o desenvolvimento de tecnologias de uso dual, forma recursos humanos mais bem qualificados e alinhados com as demandas da BID e as necessidades das Forças Armadas, impulsionando o avanço científico e tecnológico nacional e imprimindo uma maior projeção do país no cenário internacional. O estudo destaca a necessidade de alinhar ainda mais as agendas de pesquisa acadêmica com as demandas do setor de defesa e a importância de uma análise crítica das aplicações práticas das políticas e estratégicas em torno do setor, visando maximizar os benefícios dessa cooperação e assegurar a autonomia estratégica do Brasil no cenário internacional.

Palavras-Chave: Base Industrial de Defesa, Hélice Tríplice, Integração, Universidades, Forças Armadas, Defesa, Estudos Estratégicos, Políticas Públicas, Estratégia Nacional de Defesa.

ABSTRACT

This dissertation examines the integration between Brazilian universities and the Armed Forces from 2000 to 2024, analyzing its impact on the country's Defense Industrial Base (DIB) and its research and development (R&D) capabilities. Grounded in the Triple Helix theory, which highlights the interaction between universities, industry, and government to foster innovation, the research seeks to understand how this integration strengthens the DIB and expands Brazil's technological autonomy in strategic sectors such as nuclear, cyber, and aerospace technologies, in alignment with the objectives of the National Defense Strategy, the National Defense Policy, and the National Defense Industrial Base Policy. Utilizing a qualitative approach based on case studies and documental analysis, the work identifies that collaboration between universities and the Armed Forces has been crucial for the development of strategic defense programs, promoting technological advancements and strengthening national sovereignty. Examples of this integration include partnerships in projects such as the Navy Nuclear Program, the Brazilian Space Program, and the development of military aircraft, which illustrate how the application of the Triple Helix enhances innovation and the productive capacity of the DIB. In addition to these advancements, the conducted study also identifies significant challenges for the DIB, including budgetary limitations, excessive bureaucracy, and the need to reduce dependence on foreign technologies. It is concluded that the integration between universities and the Armed Forces significantly contributes to the strengthening of the DIB, increasing the capacity for innovation and reducing dependence on foreign technologies. This synergy corroborates the development of dual-use technologies, forms more highly qualified human resources aligned with the demands of the DIB and the needs of the Armed Forces, driving national scientific and technological advancement and enhancing the country's projection in the international arena. The study highlights the need to further align academic research agendas with the demands of the defense sector and the importance of a critical analysis of the practical applications of policies and strategies surrounding the sector, aiming to maximize the benefits of this cooperation and ensure Brazil's strategic autonomy in the international context.

Keywords: Defense Industrial Base, Triple Helix, Integration, University, Armed Forces, Defense, Strategic Studies, Public Policies, National Defense Strategy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Iceberg</i> científico-tecnológico militar ou BID	17
Figura 2	SisGAAz	35
Figura 3	SISFRON	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução das Exportações Brasileiras	27
Gráfico 2	Investimento em porcentagem do PIB em Defesa. Comparação: Brasil – Blocos Estratégicos	68
Gráfico 3	Investimento em porcentagem do PIB em Defesa. Comparação: Brasil – Blocos Estratégicos (Sem a Rússia)	68

LISTA DE ABREVIATURAS

A2/AD	Anti-Access/Area Denial
ABStartups	Associação Brasileira de Startups
AEB	Agência Espacial Brasileira
ABDAN	Associação Brasileira para o Desenvolvimento das Atividades Nucleares
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
Avibras	Avibras Indústria Aeroespacial S.A.
BID	Base Industrial de Defesa
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CASNAV	Centro de Análises de Sistemas Navais
CBC	Companhia Brasileira de Cartuchos
CDCiber	Centro de Defesa Cibernética
CENSIPAM	Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
CGV	Cadeias Globais de Valor
CINA	Centro Industrial Nuclear de Aramar
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara
CMID	Comissão Militar da Indústria de Defesa
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Cofins	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
ComDCiber	Comando de Defesa Cibernética
COPAC	Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de Combate
COPPE/UFRJ	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CTA	Centro Técnico de Aeronáutica
CTEx	Centro Tecnológico do Exército
CTMSP	Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DCNS	Direção das Construções Navais da França
DCTA	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
DCT	Departamento de Ciência e Tecnologia
DGA	Direction Générale de l'Armement
DGDNTM	Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DIB	Defense Industrial Base
DIPA	Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas
EB	Exército Brasileiro
Eceme	Escola do Comando Maior do Exército
ED	Empresa de Defesa
EED	Empresa Estratégica de Defesa
EMBRAE	Empresa Brasileira de Aeronáutica
END	Estratégia Nacional de Defesa
Engesa	Engenheiros Especializados S.A.
ESD	Escola Superior de Defesa
ESG	Escola Superior de Guerra

EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FAZCOMEX	Portal de Comércio Exterior
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
F-X2	Programa de Aquisição de Aeronaves de Combate
GDDN	Centro de Projetos e Desenvolvimento do Gripen
GEO	Órbita Geoestacionária
GLO	Garantia da Lei e da Ordem
GPS	Global Positioning System
GTO	Órbita de Transferência Geoestacionária
II	Imposto de Importação
IMBEL	Indústria de Material Bélico do Brasil
IME	Instituto Militar de Engenharia
INB	Indústrias Nucleares do Brasil
IoT	Internet of Things
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
IRI	Instituto de Relações Internacionais
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LABGENE	Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica
LABMAT	Laboratório de Materiais Nucleares
LACAM	Laboratório de Análise de Caracterização de Materiais
LBDN	Livro Branco de Defesa Nacional
LEO	Órbita Baixa da Terra
Loop 150	Laboratório de Termo-Hidráulica
MB	Marinha do Brasil
MCom	Ministério das Comunicações
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MCTIC	Ministério da Defesa e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MD	Ministério da Defesa
MEO	Órbita Média da Terra
NBD	Novo Banco de Desenvolvimento
NDRC	National Defense Research Committee
NIH	National Institutes of Health
NSF	National Science Foundation
ONG	Organização Não Governamental
OTAN	Organização do Tratado do Atlântico Norte
OTHR	Over-the-horizon radar
PAED	Plano de Articulação e Equipamento de Defesa
PDN	Política de Defesa Nacional
PEB	Programa Espacial Brasileiro
PEC	Proposta de Emenda à Constituição
PESE	Programa Estratégico de Sistemas Espaciais
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto

PIS	Programa de Integração Social
PNAE	Programa Nacional de Atividades Espaciais
PNBID	Política Nacional da Base Industrial de Defesa
PND	Política Nacional de Defesa
PNDAE	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais
PNID	Política Nacional da Indústria de Defesa
PNBL	Programa Nacional de Banda Larga
PNM	Programa Nuclear da Marinha
POC-MD	Processo de Obtenção Conjunta do Ministério da Defesa
PPIF	Programa de Proteção Integrada de Fronteiras
Prg EE Def Ciber	Programa Estratégico do Exército de Defesa Cibernética
Pró-Defesa	Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional
PRODE	Produto de Defesa
PROSUB	Programa de Desenvolvimento de Submarinos
PUC-Campinas	Pontifícia Universidade Católica de Campinas
R&D	Research and Development
RETID	Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa
RMB	Reator Multipropósito Brasileiro
ROC-MD	Requisitos Operacionais Conjuntos do Ministério da Defesa
S-40	Submarino Riachuelo
S-41	Submarino Humaitá
S-42	Submarino Tonelero
S-43	Submarino Angostura
Saab	Svenska Aeroplan Aktiebolaget
SAR	Search and Rescue
SARA	Satélite de Reentrada Atmosférica
SBIR	Small Business Innovation Research
SBIR	Pesquisa Inovadora em Pequenas Empresas (nos EUA)
SBR	Submarino Brasileiro (convencional)
SN-BR	Submarino Nuclear Brasileiro
SD	Sistema de Defesa
SEPROD	Secretaria de Produtos de Defesa
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas
SIMOC	Simulador de Operações Cibernéticas
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SIPRI	Stockholm International Peace Research Institute
SISDABRA	Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro
SISFRON	Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras
SisGAAz	Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul
SISMC ²	Sistema Militar de Comando e Controle
SISTRAM	Sistema de Informações Sobre o Tráfego Marítimo
SIVAM	Sistema de Vigilância da Amazônia
SN-BR	Submarino de Propulsão Nuclear Almirante Álvaro Alberto
SNBR	Submarino Nuclear Brasileiro
SSO	Órbita Sol-Síncrona
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics
Telebras	Telecomunicações Brasileiras S.A.

UFABC	Universidade Federal do ABC
UFEM	Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UnB	Universidade de Brasília
UniCamp	Universidade de Campinas
USEXA	Unidade Piloto de Produção de Hexafluoreto de Urânio
USP	Universidade de São Paulo
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados
VLBI	Interferometria de Linha de Base Muito Longa
VSNT	Veículo de Superfície Não Tripulado
VSNT-E	Veículo de Superfície Não Tripulado – Experimental
ZEE	Zona Econômica Exclusiva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1. A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA	17
1.1. PANORAMA HISTÓRICO DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA	18
1.2. A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA A PARTIR DOS ANOS 2000	23
1.3. BASES LEGAIS EM TORNO DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA	28
1.4. PRINCIPAIS PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DE DEFESA DO BRASIL	32
2. HÉLICE TRÍPLICE	43
2.1. MODELOS DA HÉLICE TRÍPLICE	45
2.2. A HÉLICE TRÍPLICE E AS FORÇAS ARMADAS	55
3. DESAFIOS PARA A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA.....	62
4. CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS	74

INTRODUÇÃO

A integração entre universidades e Forças Armadas no Brasil, emoldurada pelo conceito da Hélice Tríplice de Etzkowitz e Leydesdorff (1995), representa uma aliança estratégica fundamental para o fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID), bem como para o desenvolvimento de capacidades tecnológicas e científicas do Brasil. Historicamente, as universidades têm sido centros de inovação e pesquisa, enquanto as Forças Armadas necessitam de avanços tecnológicos contínuos para assegurar a defesa e a segurança nacional (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

A colaboração entre essas instituições permite que o conhecimento acadêmico seja aplicado diretamente às necessidades práticas das Forças Armadas, culminando em inovações que reforçam a BID e atendem às demandas militares, além de potencializarem o desenvolvimento de tecnologias civis, por meio do uso dual do conhecimento produzido, promovendo benefícios sociais em um espectro mais amplo (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

Outro aspecto relevante é a autonomia tecnológica. Fomentar um ecossistema de defesa, através da sinergia entre universidades, indústria e governo, contribui para a redução da dependência de importações e fortalece a soberania nacional, especialmente em tempos de crise, quando o acesso a tecnologias estrangeiras pode ser limitado (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

As inovações tecnológicas geradas a partir da colaboração podem ser comercializadas, criando oportunidades de negócios e empregos. Empresas que trabalham em estreita colaboração com universidades e Forças Armadas podem desfrutar de um ambiente de inovação contínua para desenvolver produtos inovadores e tecnologias disruptivas, fortalecendo a BID e transformando desafios globais em oportunidades de desenvolvimento, impulsionando a economia nacional e aumentando a competitividade do Brasil no mercado global de defesa (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

Além disso, a integração facilita a formação de recursos humanos altamente qualificados. Estudantes e pesquisadores envolvidos em projetos conjuntos adquirem experiências práticas e conhecimentos específicos alinhados com as demandas do setor de defesa, melhorando a qualidade da educação e garantindo que as Forças Armadas tenham acesso a um grupo seleto de talentos preparados para enfrentar os desafios tecnológicos complexos da atualidade (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

Por fim, quando associada à cooperação internacional, a integração entre universidades e Forças Armadas fortalece as relações diplomáticas e estratégicas do Brasil. Parcerias internacionais em projetos de defesa promovem a confiança mútua e a colaboração em questões

de segurança global. Essas relações são essenciais para a estabilidade e a segurança internacional, permitindo que o Brasil desempenhe um papel ativo na comunidade global de defesa. A sinergia entre academia e defesa, portanto, é um fator chave para o desenvolvimento sustentável e a prosperidade econômica do país (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995).

O problema de pesquisa desta monografia é estudar como uma integração mais estreita entre universidades e Forças Armadas tem impactado a BID e as capacidades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no Brasil. A relevância desse problema se apoia na tentativa de minorar o elevado grau de dependência em relação a produtos de defesa estrangeiros, conforme disposto na Estratégia Nacional de Defesa (END) (2022b) e em consonância com os objetivos elencados no Art. 4º da Política Nacional da Base Industrial de Defesa (PNBID) (2022a), a fim de impulsionar a competitividade e a autonomia da BID em tecnologias estratégicas e indispensáveis à defesa nacional.

Art. 4º São objetivos da PNBID:

I - estimular a produção de conhecimento e a geração de propriedade intelectual por instituições com atuação em pesquisa, desenvolvimento e inovação em matéria de bens e serviços de defesa;

II - incentivar a integração das ações referentes à ciência, à tecnologia e à inovação como fator indutor do desenvolvimento produtivo da BID;

III - incentivar a formação continuada de recursos humanos para a BID;

IV - reduzir a dependência externa de bens e serviços de defesa;

V - aprimorar a qualidade tecnológica dos bens e dos serviços de defesa produzidos e desenvolvidos no País; e

VI - aumentar a competitividade da BID para expandir as exportações de bens e serviços de defesa produzidos e desenvolvidos no País (Brasil, 2022a).

Paralelamente, outro aspecto importante do problema de pesquisa é identificar os desafios e obstáculos que impedem essa integração mais efetiva entre essas instituições.

O período analisado é de 2000 a 2024, o qual proporciona à análise o recorte temporal apropriado para compreender a atual conjuntura da BID, além de refletir o momento em que o arcabouço legal em seu entorno tem experimentado uma revitalização. Esse período também mostra como o Brasil tem percebido importância do setor de defesa e segurança após a crise da BID na década de 1990.

O objetivo geral desta monografia é fornecer uma compreensão abrangente da relação de integração entre universidades e Forças Armadas e o fortalecimento da BID e expandido as capacidades de P&D do Brasil. Assim, busco estudar como o estreitamento entre universidades e Forças Armadas tem impactado a BID e as capacidades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no Brasil. Para isso foram traçados os objetivos específicos a seguir.

O primeiro objetivo específico é descrever o que é a BID, elencando quais elementos a compõe, proporcionando um panorama abrangente sobre este objeto. O segundo objetivo específico é identificar momentos em que as universidades, juntamente com as Forças Armadas, desempenharam um papel importante para o desenvolvimento da BID. O terceiro objetivo específico é explorar as barreiras e desafios que possam interferir para uma integração mais efetiva entre essas duas instituições.

A pesquisa justifica-se pela Política Nacional de Defesa (PND) (2022b) e a END (2022b) destacarem a necessidade de fortalecer a defesa nacional por meio de uma força de trabalho qualificada e da integração entre pesquisa acadêmica e desenvolvimento tecnológico. Ambos os documentos enfatizam a importância de reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras e promover o desenvolvimento de tecnologias autóctones, ao mesmo tempo que valorizam a formação de capital humano.

O Livro Branco de Defesa Nacional (LBND) (2020a) também sublinha a relevância da interação entre as Forças Armadas e o setor acadêmico, visando a criação de polos de alta tecnologia e a contribuição para a autonomia tecnológica do país. Essa cooperação entre civis e militares é vista como fundamental para a inovação e o desenvolvimento tecnológico.

A metodologia deste estudo adota uma abordagem mista, conforme recomendado por Marconi e Lakatos (2010), integrando métodos comparativos e qualitativos. Esses métodos proporcionam uma análise rigorosa e permitem uma interpretação crítica das interações envolvidas no tema proposto.

Primeiramente, a coleta de dados será realizada através de análise documental. Esta técnica revisará documentos-chave como o LBND e relatórios do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), além de legislação relevante. Paralelamente, a análise de conteúdo será aplicada a pronunciamentos oficiais e entrevistas disponíveis publicamente. Adicionalmente, a pesquisa será fundamentada na teoria da Hélice Tríplice de Etzkowitz e Leydesdorff (1995), que destaca a interação entre universidades, indústria e governo para fomentar inovação. Cada um desses componentes metodológicos contribuirá para uma compreensão holística do tema, garantindo que a pesquisa descreva os fenômenos observados e, também, ofereça interpretações que possam direcionar políticas públicas eficazes.

A monografia está estruturada da seguinte forma: o Capítulo 1, “A Base Industrial de Defesa”, apresenta um panorama histórico e atual do setor de defesa no Brasil, destacando sua estrutura, desafios e relevância econômica, além de detalhar os principais programas estratégicos em andamento. O Capítulo 2, “Hélice Tríplice”, explora os principais conceitos do modelo de inovação, com ênfase na integração entre universidades, Forças Armadas e indústria,

e sua aplicação no fortalecimento da BID. O Capítulo 3, “Desafios para a Base Industrial de Defesa”, analisa os obstáculos enfrentados pela BID no contexto atual. Na Conclusão, são avaliados os impactos dessa integração e os desafios futuros para a BID e a segurança nacional.

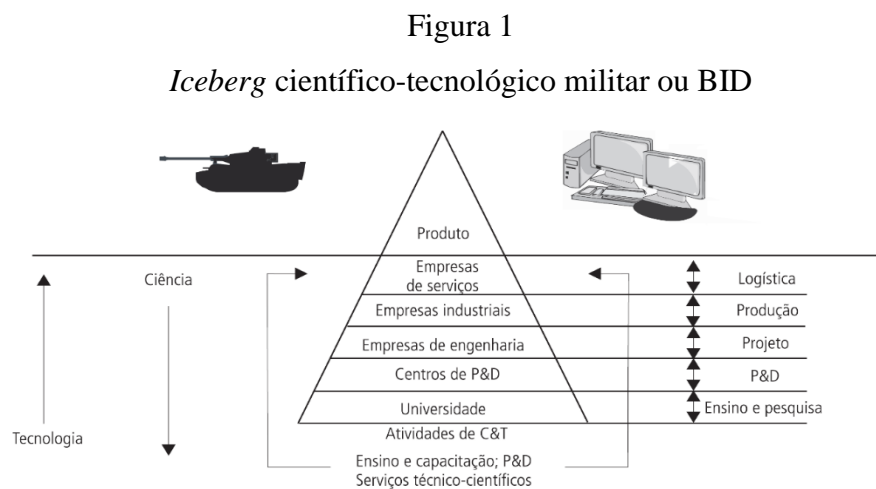
1. A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA

A BID é um conceito amplo e estratégico, que vai além da simples concepção de indústrias e fábricas produtoras de materiais de defesa. Ela representa uma peça fundamental na estrutura de segurança e defesa nacional. O Artigo 2º da PNBID reflete essa complexidade e multidimensionalidade:

Base Industrial de Defesa – BID – conjunto de órgãos e entidades, públicas e privadas, civis e militares, regidas pelo ordenamento jurídico brasileiro, que realizem ou conduzam pesquisas, projetos, desenvolvimento, industrialização, produção, reparo, conservação, revisão, conversão, modernização, manutenção, integração, desativação ou término de bens e serviços de defesa (Brasil, 2022a).

Assim, a BID representa um ecossistema complexo que integra diversos elementos colaborativos para atingir os objetivos estratégicos de defesa do Brasil. Segundo Amarante (2012, p. 7), a BID está “estruturada em torno de cinco pilares fundamentais: o científico, o tecnológico, o infraestrutural, o industrial e o logístico”. A integração desses pilares constitui a espinha dorsal da capacidade tecnológica militar, inserida em um cenário onde a guerra torna-se cada vez mais complexa e tecnológica.

Amarante (2012) apresenta a concepção do “*iceberg científico-tecnológico*”, onde a parte visível do *iceberg* representa os produtos e serviços que cooperam para a defesa nacional, enquanto a BID é a parte submersa, abaixo da “linha d’água”¹, integrada por instituição de diversas naturezas e dividida em cinco níveis, conforme observado na figura 1.



Fonte: Amarante 2012 p.12

¹ O âmbito náutico, a **linha de água**, linha d’água ou linha de flutuação consiste na linha que separa a parte imersa do casco de um navio (obras vivas) da sua parte emersa (obras mortas).

De baixo para cima, na base do *iceberg*, encontram-se as universidades, principais fontes de geração, manutenção e disseminação do conhecimento. Acima delas estão os centros de pesquisa e desenvolvimento, voltados especificamente para fins militares e para o desenvolvimento experimental de novas tecnologias. No nível seguinte, onde se veem “Empresas de engenharia”, Amarante (2012, p. 15) destaca-se a infraestrutura e os órgãos que cooperam para o desenvolvimento de um ambiente favorável ao desenvolvimento tecnológico capaz de sustentar o próximo nível do *iceberg*: a indústria de defesa propriamente dita. Nesse patamar, são produzidos os sistemas e produtos de defesa, sendo fundamental a participação conjunta da iniciativa privada e de instituições públicas para assegurar uma oferta adequada, em termos quantitativos e qualitativos, às necessidades das Forças Armadas (Amarante, 2012, p. 16). No último nível abaixo da “linha d’água” estão as empresas de serviços, responsáveis pela distribuição, estocagem, suprimento, recebimento e manutenção dos produtos.

A partir da interpretação de Amarante (2012), conclui-se que a BID possui forte ligação com as instituições voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico. Embora a transferência de tecnologia suprima parte da cadeia tecnológica da BID, isso não garante que as Forças Armadas sejam municiadas com os equipamentos mais avançados necessários para o cumprimento de suas responsabilidades constitucionais. Portanto, é essencial que haja uma articulação eficaz entre pesquisas, básicas e aplicadas, e produção industrial orientadas para alcançar a independência tecnológica e o desenvolvimento de uma BID robusta.

1.1. Panorama histórico da Base Industrial de Defesa

A BID, ao longo de sua história, passou por diferentes momentos, cada um marcado por características e desafios específicos. Desde o final do século XIX, com a Proclamação da República, até o início dos anos 2000, a BID evoluiu em resposta às necessidades estratégicas do país e às mudanças no cenário internacional. Sua trajetória pode ser dividida em quatro fases principais, conforme categorizado por Amarante (2004 apud Andrade, 2016).

A primeira fase, denominada como Ciclo das Fábricas Militares, teve início com a Proclamação da República em 1889 e se estendeu até os anos 1940, período marcado por instabilidades políticas internas e influências externas significativas (Andrade, 2016, p. 13). Nos primeiros anos da República, o governo brasileiro priorizou a importação de equipamentos de defesa e a implementação de atividades de montagem e manutenção nos arsenais nacionais. Com esse objetivo, foram estabelecidas a Fábrica de Realengo em 1898 e a Fábrica do Piquete em 1909, visando respectivamente a produção de munição de baixo calibre e pólvora, reduzindo

a dependência de importações estrangeiras (Dellagnezze, 2008, p. 14 apud Andrade, 2016, p. 13). Além das fábricas estatais, surgiram empresas privadas como Boito, Rossi e a Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC), que fortaleceram o setor de armamentos e munições no país (Pim, 2007, p. 325 apud Andrade, 2016, p. 13).

O interesse inicial na modernização do Exército sofreu uma redução devido à instabilidade política que prevaleceu nas décadas seguintes, resultando no congelamento do reequipamento militar ao final da Primeira Guerra Mundial (Amarante, 2004 apud Andrade, 2016, p. 13). Esse cenário mudou com a Revolução de 1930 e a ascensão de Getúlio Vargas, que promoveu a expansão e modernização do parque industrial militar, caracterizando o “primeiro ciclo industrial militar” (Amarante, 2004 apud Andrade, 2016, p.13).

Apesar dos avanços, o parque industrial dependia majoritariamente de tecnologias estrangeiras e enfrentava limitações na produção de equipamentos militares pesados. Essa situação só foi superada com a criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1945, que permitiu a produção nacional de aço de alta qualidade, essencial para a fabricação de armamentos e veículos militares (Amarante, 2004 apud Andrade, 2016, p.13).

A evolução da BID durante o Ciclo das Fábricas Militares também refletiu a resposta estratégica do Brasil a eventos globais significativos, como a Primeira Guerra Mundial, que evidenciou a fragilidade da dependência de importações estrangeiras para equipamentos de defesa, e a Crise Econômica de 1929, que agravou a necessidade de autossuficiência industrial, já que a economia brasileira sofreu severamente com a queda das exportações de café, principal produto de exportação do país na época. Esse contexto econômico pressionou o governo a diversificar a base industrial, incluindo o setor de defesa, como forma de mitigar os impactos das flutuações do mercado internacional e fortalecer a segurança nacional.

Entre os anos 1940 e 1964, durante a Fase do Conhecimento, o Brasil intensificou seus esforços para fortalecer suas capacidades tecnológicas e científicas, investindo significativamente em desenvolvimento tecnológico e na formação de profissionais especializados.

O contexto da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e o início da Guerra Fria ressaltaram a relevância da tecnologia militar para a segurança nacional. Segundo Amarante (2004 apud Andrade, 2016, p. 14), embora a guerra tenha intensificado a importação de equipamentos a custos reduzidos e promovido a cooperação internacional, desencorajando temporariamente a produção nacional, também impulsionou o desenvolvimento de tecnologia militar como prioridade estratégica para as Forças Armadas.

Assim, a relevância atribuída pelos militares ao desenvolvimento tecnológico resultou na decisão de fomentar atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no âmbito das Forças Armadas (Amarante, 2004 apud Andrade, 2016, p. 14). A criação de instituições especializadas como o Centro Tecnológico do Exército (CTEx) em 1946, o Centro Técnico de Aeronáutica (CTA) em 1953, o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) em 1959, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em 1950 e o Instituto Militar de Engenharia (IME) em 1959, fomentou a capacidade tecnológica interna e promoveu o desenvolvimento industrial do país (Keller, 1991 apud Andrade, 2016, p. 14).

Com o avanço para a década de 1960, os investimentos começaram a mostrar resultados concretos. Conforme Matos (2016, p. 513), o lançamento do foguete Sonda I em 1965 exemplificou o sucesso da estratégia de P&D, simbolizando um avanço significativo na capacidade aeroespacial brasileira. Este feito demonstrou a viabilidade do Brasil em conduzir projetos complexos como a família de foguetes de sondagem Sonda II, III, e IV, VS-30 e VS-40, os quais viriam a ser desenvolvidos nos anos seguintes.

Paralelamente, as alianças internacionais e as pressões externas exerceram uma influência considerável nas decisões estratégicas do Brasil. A aproximação com os Estados Unidos durante a Guerra Fria levou à concessão de bases militares no Nordeste, uma decisão negociada que, embora tenha fortalecido a segurança regional, submeteu o Brasil a pressões para colaborar com os interesses militares norte-americanos, que viam a região como um ponto essencial para a segurança no Atlântico Sul. Em contrapartida, o Brasil obteve apoio dos EUA para a criação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1941, um marco para a indústria brasileira que permitiu a produção autônoma de aço.

No contexto do Acordo Nuclear Brasil-Estados Unidos de 1945, o Brasil forneceu toneladas de areias monazíticas², ricas em elementos radioativos, aos EUA, ato que foi criticado por setores autonomistas do governo brasileiro, que temiam uma crescente dependência tecnológica (Kuramoto e Appoloni, 2002 apud Leite; Assis; Corrêa, 2016, p. 260). Tais ações fomentaram uma postura nacionalista, culminando na criação do Conselho Nacional de

² **Areias monazíticas** são recursos minerais de grande valor estratégico e econômico, especialmente devido à sua riqueza em terras raras e elementos radioativos. As **areias monazíticas** são depósitos minerais compostos principalmente pelo mineral monazita, que contém terras raras como cério, tório e lantânio. Além de sua importância na fabricação de produtos tecnológicos como ímãs permanentes e baterias recarregáveis, as areias monazíticas são valiosas para a indústria nuclear devido ao teor de tório. No Brasil, essas areias são encontradas principalmente nas regiões do Ceará e Piauí e desempenharam um papel crucial no Acordo Nuclear Brasil-Estados Unidos de 1945, fornecendo elementos radioativos que geraram debates sobre a dependência tecnológica e a soberania científica do país.

Pesquisas (CNPq)³ em 1951, com o objetivo de fortalecer a pesquisa nuclear independente (Jesus, 2011 apud Leite; Assis; Corrêa, 2016, p. 261).

Essas parcerias internacionais despertaram nos setores nacionalistas e autonomistas do governo importantes debates sobre a necessidade de maior independência tecnológica e de defesa. Como resultado, foram criadas instituições voltadas para reduzir a dependência externa, como o próprio CNPq (Kuramoto e Appoloni, 2002 apud Leite; Assis; Corrêa, 2016, p. 260).

Entre 1964 e o início dos anos 1990, durante o regime militar, a BID entrou em uma nova fase de expansão intensa. A visão tecnicista, marcante do regime, enfatizou a importância da técnica e da eficiência na gestão pública e no desenvolvimento econômico, alinhada com a filosofia da Escola Superior de Guerra (ESG), que promovia o binômio segurança-desenvolvimento, enfatizando que o fortalecimento militar do Brasil era inseparável do seu progresso tecnológico e industrial. Nesse contexto, essa visão se traduziu na busca por modernização tecnológica e industrial como forma de promover o crescimento econômico do país (Andrade, 2016, p. 14-15).

Nesse período o Estado assumiu um papel central no desenvolvimento da BID, impulsionando a criação de empresas estatais como a Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (Embraer), a Avibras Indústria Aeroespacial S.A. e a Engenheiros Especializados S.A. (Engesa) (Andrade, 2016, p. 15). Essa intervenção estatal se manifestou através de investimentos diretos, políticas de proteção à indústria nacional (como a substituição de importações), garantindo um mercado para a produção militar (Dreyfus *et al.*, 2010 apud Leske, 2016, p. 39).

Paralelamente, o governo buscou ativamente transferências de tecnologia através de parcerias internacionais, como evidenciado pelo acordo nuclear com a Alemanha, que, apesar de seus desafios e resultados mistos, simbolizou um esforço para reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras (Leite; Côrrea; Assis, 2016, p. 707-708).

No entanto, a partir do final dos anos 80, o cenário começou a mudar drasticamente. A crise econômica global, o fim da Guerra Fria e a subsequente redução dos gastos militares mundiais começaram a afetar negativamente a indústria de defesa. A dependência de tecnologia estrangeira, que não havia sido completamente erradicada durante os anos de expansão, tornou a BID menos competitiva internacionalmente. A falta de políticas de longo prazo para sustentar o setor durante e após a transição democrática deixou o setor vulnerável às flutuações do

³ O Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) passou a ser denominado Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em 1974, mantendo a mesma sigla. A mudança de nome reflete a ampliação de suas atribuições, que passaram a abranger não apenas a promoção de pesquisas, mas também o desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

mercado internacional, culminando na crise da BID que se desencadeou na década seguinte (Andrade, 2016, p. 15).

Esses eventos marcaram o início de um período crítico que se aprofundaria na década de 1990, um momento de declínio acentuado para a BID, caracterizado não apenas pela falência de importantes empresas, mas também por uma série de desafios estruturais que expuseram as fragilidades do setor frente à nova conjuntura global. O fim abrupto do crescimento, que havia sido experimentado na década anterior devido à impulsão da demanda internacional de armamentos, foi substituído por uma retração significativa com impactos que perduraram até o início dos anos 2000.

A Engesa, especializada na produção de veículos blindados como o EE-9 Cascavel e o EE-11 Urutu, era a maior exportadora de produtos militares do Brasil nos anos 80. Seu sucesso se deveu, em parte, à forte demanda por veículos blindados durante a Guerra Irã-Iraque (Andrade; Leite; Migon, 2016, p. 341-343). Com o fim do conflito, mudanças políticas no cenário internacional e subsequente queda nas vendas culminaram na falência da Engesa em 1993 (Dagnino, 2010, p. 69 apud Andrade; Leite; Migon, 2016, p. 343). A falência da Engesa representou uma perda significativa para a BID, evidenciando a vulnerabilidade do setor à dependência de um único mercado e à falta de políticas públicas de longo prazo.

Além da Engesa, a Avibras também enfrentou sérias dificuldades financeiras. A empresa produtora de mísseis e foguetes era a terceira maior exportadora antes da crise, que, com a retração do mercado internacional de armas, não foi capaz de realizar nenhuma venda entre os anos de 1993 e 1999 (Andrade, 2016, p. 15).

Em contraste com a Engesa e a Avibras, a Embraer conseguiu manter-se com relativo sucesso, graças ao processo de privatização, que permitiu à Embraer implementar uma gestão administrativa e financeira eficiente (Ferreira, 2016, p. 426). A empresa, que já possuía um portfólio amplo de produtos, também se beneficiou de sua estratégia de diversificação, focando no mercado de aeronaves comerciais (Ferreira, 2009 apud Ferreira, 2016, p. 401).

Ao longo das décadas, a BID brasileira buscou acompanhar as inovações tecnológicas globais, mas sua dependência significativa de transferência de tecnologia estrangeira impediu um desenvolvimento sustentável e competitivo no cenário internacional. Esse cenário foi exacerbado por políticas governamentais inconsistentes e pela falta de incentivos de longo prazo, que limitaram a capacidade de inovação da indústria nacional e a deixaram vulnerável às flutuações do mercado global. A ausência de uma estratégia clara de autossuficiência tecnológica tornou-se um fator determinante para a perda de competitividade frente a países com maior domínio de tecnologias sensíveis e de ponta. Além disso, a vulnerabilidade das

empresas da BID, exemplificada pela falência da Engesa e as dificuldades da Avibras, destacou a necessidade de políticas mais robustas e sustentáveis. Dessa forma, o Brasil enfrentou desafios para consolidar a BID no cenário internacional, especialmente nos setores de alta tecnologia, o que evidencia a necessidade de uma reestruturação estratégica voltada para a autonomia tecnológica e o fortalecimento da capacidade produtiva nacional, sobretudo em tecnologias de uso dual

1.2. A Base Industrial de Defesa a partir dos anos 2000

No início do século XXI, a BID iniciou um processo de revitalização estratégica, marcado por políticas governamentais destinadas a expandir a capacidade produtiva e tecnológica nacional na área de defesa. Esse movimento buscava reverter a crise enfrentada na década anterior e posicionar o Brasil como um ator relevante no cenário internacional de defesa.

Os primeiros anos da década de 2000 representaram um período de transição para as indústrias de defesa no Brasil. Segundo Moraes (2012), após a crise dos anos 1990, surgiram os primeiros sinais de recuperação, impulsionados por fatores internos e externos, bem como por novas iniciativas governamentais.

No âmbito externo, os gastos militares globais voltaram a crescer, impulsionando a demanda por equipamentos de defesa. Nesse período, houve uma mudança significativa no comércio exterior do Brasil, com a principal região de destino dos produtos de defesa migrando do Oriente Médio e Norte da África para a América Latina e Caribe (Moraes, 2012, p. 44). A Embraer foi a maior beneficiada nesse processo, sendo responsável por 84,5% das exportações brasileiras de defesa entre os anos de 1993 e 2010 (Moraes, 2012, p. 45).

Internamente, o Ministério da Defesa (MD), criado em 1999, e a Comissão Militar da Indústria de Defesa (CMID), criada em 2005, estabeleceram canais eficazes de comunicação entre o governo e a indústria de defesa, coordenando atividades de pesquisa e capacitação de recursos humanos. Paralelamente, a Política Nacional da Indústria de Defesa (PNID), aprovada em 2005, estruturou diretrizes e objetivos voltados ao fortalecimento da BID, promovendo a autonomia tecnológica e a redução progressiva da dependência externa (Brasil, 2005).

O apoio governamental também se manifestou através de incentivos financeiros e fiscais. A Embraer recebeu cerca de US\$ 7 bilhões em créditos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) acumulados entre os anos de 1995 e 2009, destinados principalmente ao financiamento de exportações (Montoro et al., 2009, p. 15 apud

Moraes, 2012, p. 54). Além disso, a Embraer foi beneficiada pelo mecanismo de *drawback*⁴, que isenta a cobrança de impostos sobre a importação de insumos utilizados na produção de bens para exportação, política de apoio mais utilizada nesse período (Moraes, 2012, p. 55; Negrete, 2016, p. 211).

A partir de 2010, a BID passou por um processo de consolidação marcado por aquisições e fusões entre empresas. Um exemplo emblemático desse movimento foi a aquisição da Mectron⁵ pela Odebrecht em 2011, inserindo-se em uma tendência de fortalecimento do setor, buscando maior competitividade internacional e diversificação das áreas de atuação (Moraes, 2012, p. 59). Essa reorganização foi motivada pela necessidade de aprimorar as capacidades financeira e tecnológica, além de ampliar a inserção no mercado internacional, facilitando o acesso a novos clientes e tecnologias.

A consolidação trouxe benefícios para empresas de diversos portes. Grandes corporações, como a Odebrecht, criaram *holdings*⁶ e adquiriram empresas especializadas, ampliando capacidades tecnológicas e possibilitando maiores investimentos em P&D, essenciais para soluções competitivas no mercado global. Para empresas menores, como a Mectron antes da aquisição, o processo ofereceu vantagens como acesso a crédito e conhecimentos de gestão, possibilitando crescimento acelerado e expansão de atividades (Ferreira, 2016, p. 429; Vianello, 2016, p. 698; Moraes, 2012, p. 59). Essas aquisições ampliaram as oportunidades de inserção em mercados internacionais ao aproveitar a estrutura já estabelecida pelas empresas controladoras, diversificando seus segmentos de atuação por meio das empresas controladas, as quais expandiram o portfólio de produtos e serviços das controladoras.

⁴ O mecanismo de **drawback** consiste em um regime aduaneiro especial que isenta empresas exportadoras do pagamento de tributos, como o Imposto de Importação (II), Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e Programa de Integração Social (PIS)/Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (Cofins), sobre insumos importados utilizados na fabricação de bens destinados à exportação. A partir de 2008, esse regime foi ampliado para incluir insumos adquiridos no mercado interno, permitindo a isenção de tributos sobre esses materiais também. Isso fortalece a cadeia produtiva nacional e reduz o custo de produção para empresas como a Embraer, aumentando sua competitividade no mercado internacional.

⁵ A **Mectron**, fundada em 1991, foi uma empresa brasileira especializada em sistemas de alta tecnologia para defesa, destacando-se na produção de mísseis, como o MAA-1 Piranha e o MAR-1, além de sistemas eletrônicos de comunicação. Em 2011, foi adquirida pela Odebrecht Defesa e Tecnologia (ODT) com o objetivo de fortalecer a indústria de defesa nacional. No entanto, a empresa enfrentou dificuldades financeiras e problemas de gestão, levando ao encerramento de suas operações em 2017, em meio à crise da Odebrecht e à redução de investimentos no setor de defesa.

⁶ **Holding** é uma empresa cuja principal função é deter e administrar a propriedade de ações ou quotas de outras empresas. Existem dois tipos principais de *holdings*: a *holding* pura, que se dedica exclusivamente à administração de participações, e a *holding* mista, que além da administração, realiza atividades operacionais próprias. Essas estruturas são utilizadas para concentrar o controle e a gestão de diversas empresas em um único grupo, facilitando a administração estratégica e financeira.

Além disso, a diversificação de produtos e serviços no setor de defesa reduziu a vulnerabilidade das empresas que dependiam de contratos volumosos com governos estrangeiros ou de uma carteira de clientes limitada, o que tornava suas receitas instáveis e sujeitas a flutuações sazonais de demanda (Moraes, 2012, p. 41). Um exemplo claro dessa estratégia de diversificação, como já citado, foi a criação da Odebrecht Defesa e Tecnologia em 2011 (Vianello, 2016, p. 108). Ao adquirir a Mectron, a Odebrecht ampliou suas atividades para além da construção civil, focando em tecnologias avançadas para o setor de defesa, o que aumentou sua resiliência financeira e permitiu que a empresa atuasse em diferentes mercados.

Essas políticas traduziram-se também em outras ações concretas, como a expansão das instalações da Helibras para a produção de helicópteros EC-725 Cougar e a criação da Embraer Defesa e Segurança, que adquiriu participação em empresas de tecnologia como a Atech⁷ e a Orbisat⁸ (Moraes, 2012, p. 59). De igual modo, essas iniciativas permitiram à Embraer ampliar sua gama de produtos e serviços, fortalecendo sua posição no mercado internacional.

Nesse período, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) desempenhou papel crucial no desenvolvimento da BID, especialmente no apoio à inovação tecnológica. A partir de 2006, passou a incluir o setor de defesa em seus eixos temáticos de subvenção econômica, concedendo recursos não reembolsáveis para projetos de inovação no setor (Leske, 2016, p. 60). A atuação da FINEP foi ampliada através do diálogo com o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) do MD e a Secretaria Executiva do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), resultando na inclusão de áreas de defesa nos fundos setoriais e no lançamento de chamadas públicas voltadas para a cadeia produtiva aeroespacial (Leske, 2013, p. 142-143).

Adicionalmente, a criação do Departamento de Institutos de Pesquisa em Áreas Estratégicas (DIPA) em 2007 permitiu uma articulação mais eficaz das ações voltadas à defesa. Essa institucionalização levou ao lançamento de outros editais de subvenção nos anos subsequentes, promovendo o desenvolvimento de tecnologias estratégicas. Os projetos submetidos deveriam atender a temas diretamente ligados às metas da END, como o desenvolvimento de armas não letais, sistemas de informação e inteligência artificial, materiais

⁷ A **Atech**, fundada em 1997, é uma empresa brasileira especializada em soluções para defesa, controle de tráfego aéreo e sistemas de comando e controle (C2). Subsidiária da Embraer Defesa e Segurança desde 2011, a Atech é conhecida por sua participação em projetos estratégicos nacionais, como o Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM) e o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), contribuindo para o fortalecimento da autonomia tecnológica na Base Industrial de Defesa brasileira.

⁸ A **Orbisat**, criada nos anos 1980, destacou-se no desenvolvimento de radares e tecnologia SAR (Radar de Abertura Sintética), utilizados no mapeamento e monitoramento de áreas estratégicas, incluindo a Amazônia. Em 2010, a Orbisat foi adquirida pela Embraer e passou a operar sob a Bradar, reforçando a capacidade de sensoriamento remoto e vigilância da Base Industrial de Defesa do Brasil.

para blindagem e tecnologias de monitoramento e controle de comunicações, refletindo a prioridade dada ao avanço tecnológico e à inovação no setor de defesa (Acioli, 2011 apud Leske, 2013, p. 142-143).

Outro aspecto importante foi o apoio à formação de recursos humanos especializados, em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)⁹ e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), principalmente por meio de bolsas de estudo (Leske, 2013, p. 118-121). A qualificação de mão de obra foi essencial para garantir que as empresas da BID pudessem competir em pé de igualdade com suas contrapartes internacionais e promover a autonomia tecnológica planejada para o país.

Em resumo, os primeiros anos da década de 2000 representaram um período de recuperação gradual para a BID, após a crise enfrentada na década anterior. A retomada das exportações, impulsionada pela demanda na América Latina e pela mudança de postura governamental, indicou uma tendência de crescimento. O fortalecimento da BID a partir de 2010 refletiu o início de uma estratégia de longo prazo para aumentar a competitividade das empresas brasileiras no cenário internacional, por meio da consolidação de recursos humanos, financeiros e tecnológicos.

Com base nesse processo, a BID passou a desempenhar um papel estratégico ainda mais relevante no fortalecimento da soberania nacional, no desenvolvimento tecnológico e na projeção internacional do país. Atualmente, o Brasil busca consolidar sua BID não apenas para atender às necessidades internas das Forças Armadas, mas também como instrumento de inserção no comércio exterior e na política internacional.

Conforme dados recentes, as exportações brasileiras de produtos de defesa têm demonstrado uma tendência de crescimento expressivo. De acordo com o MD, as operações autorizadas até julho de 2024 somaram R\$ 8,4 bilhões (US\$ 1,47 bilhão) em vendas para o exterior, enquanto, em 2023, o valor alcançou US\$ 1,45 bilhão. O dado parcial de 2024 já representa o segundo melhor resultado na série histórica de 2013-2024 (Brasil, 2024b). Entre os principais produtos de defesa exportados destacam-se as aeronaves militares KC-390 Millennium e A-29 Super Tucano, ambas produzidas pela Embraer. Essa evolução positiva das exportações reflete o esforço contínuo de internacionalização da BID brasileira, evidenciando

⁹ O Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) passou a ser denominado Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em 1974, mantendo a mesma sigla. A mudança de nome reflete a ampliação de suas atribuições, que passaram a abranger não apenas a promoção de pesquisas, mas também o desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

um aumento significativo no comércio exterior e consolidando a presença do Brasil no mercado global de defesa.

Gráfico 1
Evolução das Exportações Brasileiras



Fonte: Brasil, 2024b

Em audiência pública na Câmara dos Deputados, o Ministro da Defesa, José Mucio Monteiro, destacou a relevância da BID para a economia nacional. Segundo o balanço apresentado, existem atualmente 237 Empresas de Defesa e Empresas Estratégicas de Defesa. Todo o parque industrial de defesa nacional representa 4,78% do PIB e gera 2,9 milhões de postos de trabalho diretos e indiretos (Brasil, 2024a). Esses números evidenciam a importância da BID além do contexto da segurança nacional, atuando também como motor econômico e social. Desse modo, a BID contribui significativamente para o desenvolvimento sustentável do país, atraindo investimentos externos e fomentando a cooperação e integração internacional.

No entanto, apesar desses avanços, o Brasil ainda ocupa a 24^a posição de maior exportador de defesa do mundo, sendo responsável por apenas 0,2% das exportações globais de armamentos, enquanto figura como o 27^o maior importador, correspondendo a 0,8% das importações globais – quatro vezes mais que suas exportações –, dados referentes a 2023 (SIPRI, 2024b). Essa discrepância ressalta a necessidade de fortalecer a BID para reduzir a dependência externa e aumentar a participação brasileira no mercado internacional de defesa.

A capacidade da BID de produzir e exportar produtos de alta tecnologia e valor agregado concentra-se, em grande medida, nas aeronaves KC-390 Millennium e A-29 Super Tucano. Essas aeronaves têm conquistado mercados importantes, com contratos firmados em 2023 e 2024 com países como Portugal, Hungria e Estados Unidos, totalizando aproximadamente US\$ 500 milhões (Brasil, 2024b). Paralelamente, empresas como Taurus, Companhia Brasileira de Cartuchos (CBC) e Indústria de Material Bélico do Brasil (IMBEL) têm se destacado na exportação de armas leves e munições para países como Arábia Saudita e Indonésia (FAZCOMEX, 2024).

Apesar dos avanços alcançados, a BID ainda enfrenta desafios significativos. A herança da crise dos anos 1990, marcada pela falência de importantes empresas de defesa, deixou lacunas que não foram plenamente superadas. A dependência tecnológica em produtos de média e alta complexidade permanece um obstáculo, limitando a capacidade do país de competir em segmentos mais avançados do mercado internacional de defesa. Somados a isso, severas restrições orçamentárias dificultam investimentos em P&D, essenciais para a inovação e a sustentabilidade do setor.

Portanto, é de fundamental importância que as políticas públicas já existentes em torno do setor sejam aplicadas de forma eficaz e que as parcerias entre governo, industrial e universidades trabalhem em consonância com os objetivos nacionais de defesa¹⁰.

1.3. Bases legais em torno da Base Industrial de Defesa

A criação do Ministério da Defesa em 1999 (Brasil, 1999) representou um avanço significativo na organização e coordenação das Forças Armadas. Até então, o Exército Brasileiro (EB), a Marinha do Brasil (MB) e a Força Aérea Brasileira (FAB) eram administrados de forma relativamente independente, o que dificultava a implementação de políticas de defesa integradas e a coordenação eficiente entre as diferentes forças militares. A centralização sob um único ministério permitiu uma gestão mais unificada e estratégica,

¹⁰ São **Objetivos Nacionais de Defesa**:

1. Garantir a soberania, o patrimônio nacional e a integridade territorial;
2. Assegurar a capacidade de defesa para o cumprimento das missões constitucionais das Forças Armadas;
3. Promover a autonomia tecnológica e produtiva na área de defesa;
4. Preservar a coesão e a unidade nacionais;
5. Salvaguardar as pessoas, os bens, os recursos e os interesses nacionais no exterior;
6. Ampliar o envolvimento da sociedade brasileira nos assuntos de defesa nacional;
7. Contribuir para a estabilidade regional e para a paz e a segurança internacionais;
8. Incrementar a projeção do Brasil no cenário internacional e sua inserção em processos decisórios globais (Brasil, 2022b, p.24-25).

facilitando a formulação de políticas públicas na área de defesa e fortalecendo a soberania nacional.

A partir dos anos 2000, tem-se observado um processo de revitalização e fortalecimento do arcabouço legal em torno do setor de defesa, adequando o Ministério da Defesa às novas demandas e desafios do cenário internacional. Em 2005, foi publicada a PND, atualização da então Política de Defesa Nacional (PDN) de 1996. A PND estabeleceu diretrizes estratégicas para a defesa nacional, definindo prioridades e objetivos estratégicos que alinharam as capacidades das Forças Armadas com os interesses e necessidades de segurança do país e serviu como base para a formulação de outras políticas e estratégias subsequentes, sendo considerada o documento de mais alto nível em questões de defesa, baseada nos princípios constitucionais¹¹ e alinhada aos Objetivos Nacionais Fundamentais¹².

Em 2008, o Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro, consolidou a END, organizada em três eixos estruturantes¹³, dentre os quais ressaltou a relevância inequívoca da reorganização da BID nacional (Brasil, 2008). Adicionalmente, a END destacou três setores tecnológicos essenciais para a defesa nacional: nuclear, cibernético e espacial, atribuindo responsabilidades específicas a cada Força. À Marinha coube o setor nuclear; ao Exército, o setor cibernético; e à Força Aérea, o setor espacial. A busca pelo domínio dessas tecnologias visa ao desenvolvimento de capacidades estratégicas, como o uso pacífico da energia nuclear, o aprimoramento da segurança da informação e da cibersegurança, e o domínio de tecnologias espaciais.

¹¹ Art. 4º A República Federativa do Brasil rege-se nas suas relações internacionais pelos seguintes princípios:

- I - independência nacional;
- II - prevalência dos direitos humanos;
- III - autodeterminação dos povos;
- IV - não-intervenção;
- V - igualdade entre os Estados;
- VI - defesa da paz;
- VII - solução pacífica dos conflitos;
- VIII - repúdio ao terrorismo e ao racismo;
- IX - cooperação entre os povos para o progresso da humanidade;
- X - concessão de asilo político (Brasil, 1988).

¹² Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil:

- I - construir uma sociedade livre, justa e solidária;
- II - garantir o desenvolvimento nacional;
- III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais;
- IV - promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação (Brasil, 1988).

¹³ A END foi organizada em torno de três eixos estruturantes. O primeiro eixo trata da organização e orientação das Forças Armadas para o exercício de suas funções constitucionais. O segundo eixo refere-se à reorganização da BID, visando assegurar que as necessidades de equipamento das Forças Armadas sejam atendidas com tecnologias sob domínio nacional. O terceiro eixo aborda a composição dos efetivos das Forças Armadas.

Em 2012, foi instituído o LBDN, elaborado com o intuito de permitir transparência e promover a confiança mútua entre os países, sendo uma peça integrante da Diplomacia de Defesa. Ele estabelece diretrizes estratégicas claras e abrangentes para a defesa do Brasil, fornece informações sobre as necessidades e prioridades estratégicas, recursos disponíveis e entorno estratégico brasileiro (Plum, 2020).

Reconhecendo a importância de alinhar as capacidades militares às crescentes demandas operacionais e à posição político-estratégica do país no cenário internacional, o LBDN introduziu o conceito de transformação da defesa, o qual se refere a um processo abrangente e contínuo de modernização das capacidades das Forças Armadas, focado na adequação às necessidades operacionais complexas e à estatura político-estratégica do país (Brasil, 2020a).

Para apoiar essa transformação, foi implementado o Plano de Articulação e Equipamento de Defesa (PAED), destinado a consolidar e viabilizar projetos fundamentais ao cumprimento das responsabilidades constitucionais das Forças Armadas (Brasil, 2020a). A continuidade desse processo é fortemente sustentada pelo desenvolvimento em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), onde a integração de esforços entre instituições de pesquisa civis e militares, universidades e a indústria de defesa é crucial para promover o avanço tecnológico necessário (Brasil, 2020a).

Ainda em 2012, a Lei de Fomento à Base Industrial de Defesa, Lei nº 12.598/2012, representou um marco regulatório importante para o setor de defesa brasileiro. Ela forneceu uma base legal para a identificação e o suporte a empresas vitais para a estratégia de defesa nacional e instituiu o Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (RETID), diminuindo os custos de produção e estabelecendo incentivos ao desenvolvimento de tecnologias indispensáveis ao Brasil (Brasil, 2012a).

Nesse contexto, a Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD), estabelecida por meio do Decreto nº 7.364/2010, desempenha um papel importante, coordenando e fortalecendo a BID, preconizando a sua reorganização para atender às necessidades de equipamentos e meios das Forças Armadas para o cumprimento de suas responsabilidades constitucionais. Dessa forma, compete à SEPROD assessorar na formulação, atualização e implementação de políticas que promovam a inovação e a competitividade da indústria de defesa brasileira, além de supervisionar e regular a exportação e importação de produtos de defesa, garantindo que essas atividades estejam alinhadas com os interesses estratégicos nacionais (Brasil, s.d.h).

Em 10 de agosto de 2022, o Decreto nº 11.169 instituiu a Política Nacional da Base Industrial de Defesa (PNBID), a qual reforçou as medidas para garantir que a BID tenha competitividade e autonomia em tecnologias estratégicas essenciais à defesa nacional,

promovendo uma melhor integração entre o setor público e privado e incentivando parcerias estratégicas que potencializem o desenvolvimento tecnológico e a capacidade produtiva do país (Brasil, 2022a).

Somados a isso, diversas outras portarias, decretos e protocolos complementam esse arcabouço legal, estabelecendo procedimentos administrativos e regulamentando aspectos específicos do setor como: os Decretos nº 7.970/2013 e nº 9.857/2019, que regulamentam dispositivos da Lei nº 12.598/2012; o Decreto nº 8.122/2013 e as Instruções Normativas RFB nº 1.454/2014, nº 1.501/2014 e nº 1644/2016, que regulamentam e dispõem sobre a aplicação do RETID; as Portarias Normativas GM-MD nº 86/2018, nº 4.070/2021 e nº 6.173/2022, que estabelecem procedimentos para o credenciamento de Empresas de Defesa (ED) e Empresas Estratégicas de Defesa (EED) e a classificação e obtenção de seus serviços como Produtos de Defesa (PRODE) e Sistemas de Defesa (SD); o Decreto nº 9.607/2018, que instituiu a Política Nacional de Exportação e Importação de Produtos de Defesa; e os Protocolos de Intenções Ministério da Defesa nº 001/SEPROD/2022-MD e nº 003/SEPROD/2022-MD, que promovem e formalizam as colaborações entre o MD e as indústrias de defesa e segurança (Brasil, s.d.a).

Paralelamente, a criação de comitês, como o Comitê de Ratificação dos Requisitos Operacionais Conjuntos do Ministério da Defesa (ROC-MD) e o Comitê de Ratificação do Processo de Obtenção Conjunta de Ministério da Defesa (POC-MD), garante que as decisões relacionadas à aquisição e desenvolvimento de produtos de defesa estejam alinhadas com os interesses estratégicos nacionais (Brasil, s.d.a).

Em resumo, a BID está alicerçada em um conjunto robusto de bases legais que visam estruturar, regulamentar e incentivar o desenvolvimento do setor de defesa no país assegurando a transparência e buscando uma governança eficaz no setor. A evolução dessas normas reflete o compromisso e o esforço contínuo do governo com a autonomia tecnológica, a capacitação industrial e a competitividade internacional da indústria de defesa.

A existência simultânea do LBDN, da PND e da END reforçam a preocupação e a necessidade de estabelecer diferentes níveis e aspectos de planejamento, transparência e governança na área de defesa, onde cada documento possui objetivos, escopos e funções específicas que, juntos, formam uma estrutura abrangente e complementar para a defesa nacional. A coexistência desses três documentos orienta o Estado para o desenvolvimento de uma estrutura de defesa robusta, adaptável e eficiente.

Desde a criação do MD em 1999 até a instituição da PNBID em 2022, o arcabouço legal foi aprimorado para atender às necessidades estratégicas do país e promover o desenvolvimento sustentável do setor de defesa. Essas normas criam um ambiente propício para a inovação, a

competitividade internacional e a autonomia na produção de equipamentos e sistemas de defesa, alinhando-se com as necessidades estratégicas do país e impulsionando o crescimento sustentável da indústria de defesa nacional.

1.4. Principais programas estratégicos de defesa do Brasil

A END estabeleceu diretrizes fundamentais para fortalecer a capacidade defensiva do Brasil, permitindo o desenvolvimento de mecanismos eficientes para proteger sua soberania e interesses nacionais. Com base nessas diretrizes, o MD definiu projetos estratégicos essenciais para a modernização e aprimoramento das Forças Armadas. Esses projetos estão integrados no PAED, principal instrumento utilizado pelo Estado para garantir o fornecimento dos meios necessários às Forças Armadas e fortalecer a indústria nacional de defesa. O PAED organiza a demanda por equipamentos e serviços, fomenta a cadeia produtiva de bens industriais e serviços e promove a transparência na utilização dos recursos destinados à defesa.

O Programa Espacial Brasileiro (PEB) coordena as diversas iniciativas espaciais do país, assegurando a coerência e a complementaridade entre os projetos do Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE) e outras atividades no setor espacial. Dentro dessa estrutura, o Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) complementa o PNAE ao estabelecer diretrizes para a implantação de sistemas espaciais de uso dual, atendendo a fins civis e, principalmente, militares (Brasil, 2023d; Brasil, 2014; s.d.e).

O principal objetivo do PESE é prover infraestrutura espacial para ser utilizada estrategicamente em sistemas como o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz)¹⁴, Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON), Sistema de Defesa Aeroespacial Brasileiro (SISDABRA), Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) e outros sistemas afins.

No segmento civil, a infraestrutura do programa apoia a agricultura de precisão, a prevenção de desastres ambientais, a segurança pública e a expansão do Programa Nacional de Banda Larga (PNBL), garantindo conectividade mesmo nas comunidades mais afastadas (Brasil, 2023d; Brasil, 2014; s.d.e).

¹⁴ “A **Amazônia Azul** é a região que compreende a superfície do mar, águas sobrejacentes ao leito do mar, solo e subsolo marinhos contidos na extensão atlântica que se projeta a partir do litoral até o limite exterior da Plataforma Continental brasileira” (BRASIL, s.d.b), essa área marítima abrange, ainda, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e corresponde a cerca de 4,5 milhões de km². A **Amazônia Azul** representa uma zona estratégica para o Brasil devido à sua importância econômica, ambiental e de soberania, abrigando recursos minerais, energéticos e biológicos essenciais, além de ser rota de mais de 95% do comércio exterior brasileiro.

O Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)¹⁵, segundo Missagia (2023), “está situado em uma área de 620 km² próxima à linha do Equador, em frente ao Oceano Atlântico, em uma região de estabilidade geológica e climatológica”, o que confere vantagens significativas para operações espaciais ao facilitar lançamentos em órbitas equatoriais com economia de combustível e segurança operacional.

Como resultado do programa, o primeiro Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (SGDC)¹⁶ foi concebido para fornecer um meio seguro para as comunicações do governo brasileiro. Atualmente, o SGDC-1 é o único satélite geoestacionário capaz de prover internet ao interior do Brasil. O projeto resulta de uma parceria entre o MD e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)¹⁷, envolvendo investimentos de aproximadamente R\$ 2,7 bilhões. Esses recursos financiaram a construção do satélite em si, de todo o segmento terrestre associado e o acesso a tecnologias espaciais críticas por meio de programas de absorção e transferência de tecnologia (Brasil, 2020c, p. 10-11; s.d.i). O SGDC-1 possui uma carga útil de banda Ka¹⁸, controlada pela Telecomunicações Brasileiras S.A (Telebras) e destinada às comunicações estratégicas do governo e ao Programa Nacional de Banda Larga (PNBL), além de uma carga de banda X¹⁹, de uso exclusivo do MD, para atender às necessidades do Sistema Militar de Comando e Controle (SISMC²) (Brasil, 2020c, p. 10-11).

¹⁵ O **Centro de Lançamento de Alcântara (CLA)** está localizado a aproximadamente 2°18' ao sul da Linha do Equador, posição que reduz a quantidade de combustível necessária para colocar cargas em órbita, pois permite que os foguetes aproveitem a maior velocidade de rotação da Terra. Esse impulso adicional diminui os custos de lançamento, tornando o CLA altamente competitivo em termos de eficiência e custo. Com um azimute de lançamento de 107°, o CLA permite lançamentos para diversas órbitas: Órbita Baixa da Terra (LEO – *Low Earth Orbit*), ideal para observação e comunicação; Órbita Polar e Sol-Síncrona (SSO – *Sun-Synchronous Orbit*), essencial para monitoramento global; Órbita Média da Terra (MEO – *Medium Earth Orbit*) para sistemas de navegação; e Órbita de Transferência Geoestacionária (GTO – *Geostationary Transfer Orbit*), necessária para alcançar a Órbita Geoestacionária (GEO – *Geostationary Earth Orbit*) (Brasil, 2022).

¹⁶ O **SGDC-1** foi o “primeiro satélite brasileiro concebido exclusivamente para a transmissão de dados com alta velocidade e qualidade na banda Ka, cobrindo todo o Território Nacional e a Amazônia Azul” (Telebras, s.d.).

¹⁷ O **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)** foi criado em 29 de setembro de 2016, pela Lei nº 13.341, resultante da fusão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e do Ministério das Comunicações (MCom). Posteriormente, em 14 de outubro de 2020, a Lei nº 14.074 reverteu essa fusão, extinguindo o MCTIC e reintegrando suas atribuições ao MCTI e ao MCom.

¹⁸ A **banda Ka** é uma faixa de frequências do espectro eletromagnético, geralmente entre 26,5 e 40 GHz, utilizada principalmente em comunicações via satélite. Essa banda é capaz de suportar altas taxas de transmissão de dados, tornando-a ideal para serviços de Internet de alta velocidade, como é o caso do SGDC-1, que proporciona acesso à Internet em todo o território brasileiro e em suas águas jurisdicionais, promovendo a inclusão digital.

¹⁹ A **banda X** é uma faixa de frequências que varia de 7 a 8 GHz para a banda de *uplink* (envio) e de 8 a 12 GHz para a banda de *downlink* (recepção), amplamente utilizada em comunicações militares e civis, incluindo radar e telemetria. No contexto mencionado, o uso do satélite na banda X permite o aumento da efetividade das operações militares, abrangendo áreas estratégicas como regiões de fronteira e atividades de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), contribuindo para a segurança e a coordenação em missões militares conjuntas.

Na banda Ka, o SGDC-1 é o único satélite brasileiro capaz de prover acesso à Internet em 100% do território nacional e das águas jurisdicionais, promovendo a inclusão digital dos cidadãos. Já na banda X, o satélite contribui para o aumento da efetividade das operações militares conjuntas e interagências, abrangendo regiões de fronteira, missões de paz, atividades de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), operações de resgate em alto-mar e segurança do espaço aéreo, cobrindo todo o território brasileiro e seu entorno estratégico (Brasil, 2020c, p. 10-11). Atualmente, estão implantados dois Centros de Operações Espaciais, um em Brasília e outro no Rio de Janeiro, de onde o SGDC-1 é operado. As atividades de absorção e transferência de tecnologia realizadas no âmbito do projeto atenderam às metas do Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE), que prevê a construção de outros satélites com a participação da indústria nacional de defesa (Brasil, 2020c, p. 10-11).

Dentre os sistemas beneficiados pelo PESE, destaca-se o SisGAAz, projetado para se tornar o principal sistema de comando e controle da MB (Brasil, 2020a, p. 59). Seu objetivo é monitorar e controlar, de forma integrada, as Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB) e as áreas internacionais de responsabilidade para operações de Busca e Salvamento (SAR SAR – *Search and Rescue*) (Brasil, 2020d, p.84). O SisGAAz integra uma vasta gama de tecnologias, incluindo radares, câmeras de alta resolução e satélites, assim como dados de sistemas como o Sistema de Informações Sobre o Tráfego Marítimo (SISTRAM)²⁰ e o Sistema de Identificação e Rastreamento de Longo Alcance (LRIT – *Long Range Identification System*)²¹, formando um robusto sistema de monitoramento e controle marítimo (Brasil, 2020d, p.40; Andrade; Rocha; Franco, 2019).

Complementando o SisGAAz, estão outras fontes de dados, como radares além do horizonte (OTHR OTHR – *Over-the-horizon radar*)²², aeronaves de patrulha marítima e veículos aéreos não tripulados (VANT), que fornecem uma cobertura abrangente e permitem respostas rápidas e eficazes em emergências ou ameaça nas AJB (Manso, 2013, p. 68-69; Andrade; Rocha; Franco, 2019, p. 27).

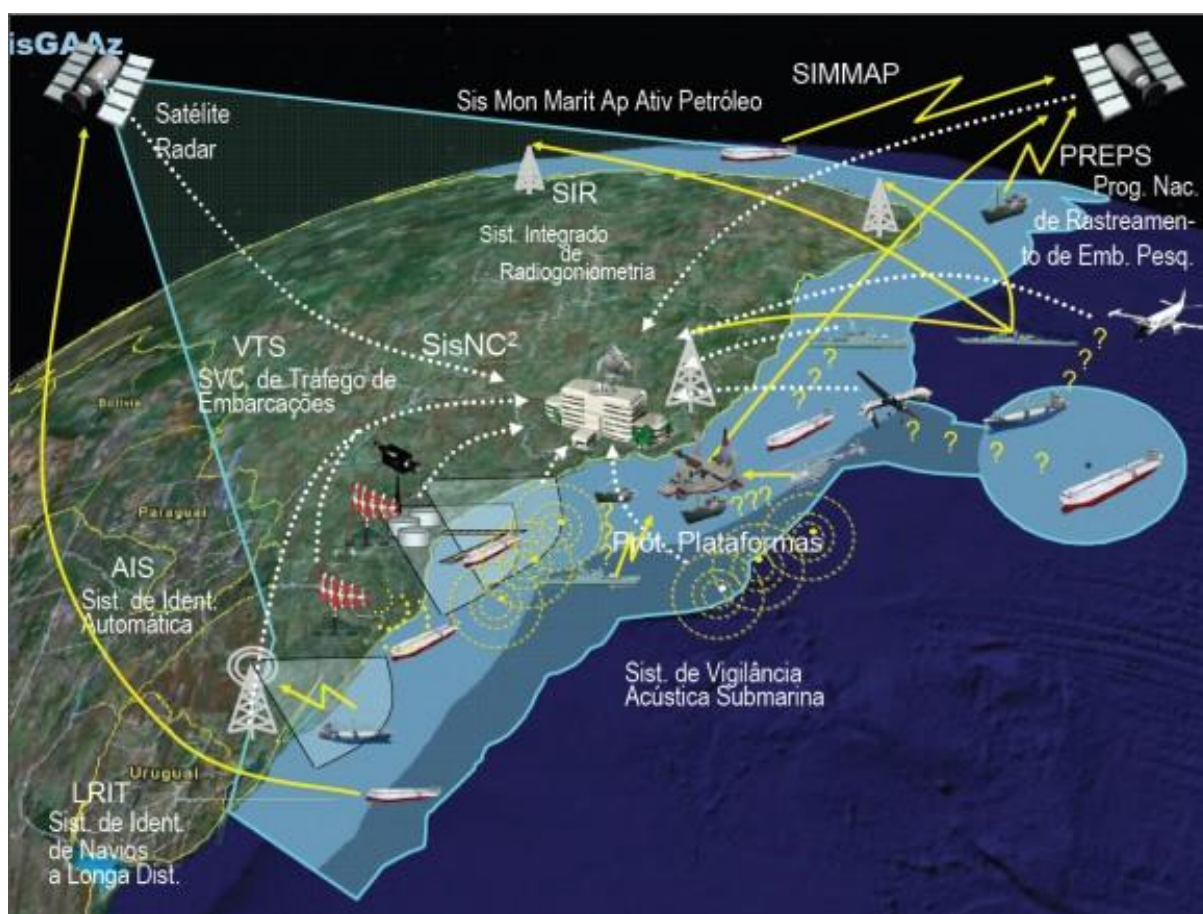
²⁰ O **SISTRAM** é uma plataforma desenvolvida para coletar, processar e disseminar informações sobre o tráfego de embarcações nas águas jurisdicionais brasileiras. Esse sistema é fundamental para a segurança da navegação, a gestão de recursos marítimos e a prevenção de incidentes, além de contribuir para a proteção do meio ambiente marinho.

²¹ O **LRIT** é um sistema internacional utilizado para o rastreamento e identificação de navios em longas distâncias, promovendo a segurança marítima e a proteção ambiental. Este sistema é parte das diretrizes da Organização Marítima Internacional (OMI) e busca aumentar a transparência nas operações marítimas, contribuindo para a gestão eficaz das rotas de navegação e para a prevenção de atividades ilícitas.

²² O **OTHR** é um tipo de radar que permite a detecção de alvos a grandes distâncias, além do horizonte, utilizando a reflexão de ondas de rádio na ionosfera. Essa tecnologia é crucial para a vigilância de áreas extensas, especialmente em operações de defesa e segurança nacional, permitindo o monitoramento de atividades aéreas e marítimas em tempo real.

Figura 2

SisGAAz



Fonte: Poder Naval, 2023.

Paralelamente, o SISFRON, criado pelo EB, reforça a presença do Estado na extensa faixa de fronteira²³ do país. Este sistema, alinhado ao Programa de Proteção Integrada de Fronteiras (PPIF), tem a dupla função de proteger o território contra ameaças externas e de combater delitos transfronteiriços, seja de maneira independente ou em coordenação com outras agências (Brasil, 2020c, p. 26). O SISFRON engloba a aquisição e integração de equipamentos de sensoriamento, comunicações táticas, redes de transmissão de dados seguras e outras ferramentas de apoio à decisão e à operação (Brasil, 2020c, p. 26-27). A decisão estratégica de priorizar produtos nacionais na composição do sistema confere ao projeto a característica de forte indutor da BID, com cerca de 70% dos meios adquiridos na primeira fase provenientes de empresas brasileiras (Brasil, 2020c, p. 26-27).

²³ A **faixa de fronteira do Brasil** é uma área de 150 km de largura ao longo dos 16.886km de extensão das fronteiras terrestres do país, definida pela Constituição Federal (artigo 20, § 2º) como uma área essencial para a defesa nacional. Essa faixa de fronteira cobre aproximadamente 27% do território brasileiro e abrange partes de 11 estados que fazem divisa com 10 países sul-americanos (Brasil, 1988).

Figura 3
SISFRON



Fonte: Brasil, 2017.

Outros sistemas estratégicos, como o SISDABRA, voltado à proteção do espaço aéreo, e o SIPAM, que promove a proteção da Amazônia por meio de monitoramento ambiental, complementam e se beneficiam da estrutura do PESE. (Brasil, 2020a, p.50; p.136).

Criado em 2010, o Centro de Defesa Cibernética (CDCiber) exerce governança colaborativa no campo cibernético e permite o desenvolvimento de tecnologias e capacitação no combate a ameaças digitais. Em 2016, o Comando de Defesa Cibernética (ComDCiber) foi instituído para ampliar as capacidades de defesa cibernética nacional (Brasil, 2020c, p. 28-29).

No setor cibernético, o Programa Estratégico do Exército de Defesa Cibernética (Prg EE Def Ciber) foi estabelecido para assegurar que informações estratégicas fluam de maneira rápida e segura em um mundo cada vez mais conectado e digitalmente vulnerável. Esse programa inseriu o Brasil no grupo de nações com capacidade para desenvolver medidas de proteção de seus sistemas informatizados.

Criado em 2010 para exercer a governança colaborativa no campo cibernético, o Centro de Defesa Cibernética (CDCiber) abrigou as estruturas para o desenvolvimento da defesa cibernética no Brasil e possibilitou o desenvolvimento do Simulador de Operações Cibernéticas (SIMOC) utilizado para o aperfeiçoamento da doutrina, a capacitação de pessoal especializado e aprimoramento de técnicas e ferramentas para prevenir, detectar e mitigar

ataques em redes de dados, identificar vulnerabilidades e criar mecanismos de proteção de dados (Brasil, 2020c, p. 28-29; Silva et al., 2024).

Em 2016, foi instituído o Comando de Defesa Cibernética (ComDCiber), formado por membros das três Forças Armadas e coordenado pelo Exército Brasileiro, com o intuito de expandir a capacidade militar de defesa cibernética. Em continuidade aos avanços, a Portaria EME/C Ex nº 1.270 de 5 de março de 2024 estabeleceu diretrizes para a implementação do Sistema de Defesa Cibernética, reforçando a segurança nacional e a integração tecnológica no setor cibernético (Brasil, 2024d).

Iniciado em 1979, o Programa Nuclear da Marinha (PNM) abrange dois grandes projetos: o domínio do ciclo do combustível nuclear e o desenvolvimento de uma planta nuclear embarcada para submarinos, incluindo a construção prévia de um protótipo em terra, o Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (Labgene). A MB alcançou o domínio do processo de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação em 1988, tecnologia de alto valor agregado. Desde 2000, a Marinha colabora com as Indústrias Nucleares do Brasil (INB), fornecendo ultracentrífugas para a planta industrial em Resende, Rio de Janeiro, onde é produzido o combustível nuclear para as Usinas Nucleares Angra-1 e Angra-2 (BRASIL, s.d.c; Brasil, 2020c, p. 20-21).

Além disso, o PNM proporcionou à sociedade o lançamento da Pedra Fundamental²⁴ do Reator Multipropósito Brasileiro (RMB) em junho de 2018, marcando o início da construção da instalação. Esse reator é fundamental para consolidar a autossuficiência do Brasil na produção de radioisótopos, insumos essenciais para a fabricação de radiofármacos utilizados no tratamento de doenças em diversas áreas da medicina, como cardiologia, oncologia, hematologia e neurologia, além de outras aplicações em pesquisa nuclear (Brasil, 2020c, p. 20-21). Nessa mesma ocasião, o PNM atingiu outro marco tecnológico significativo, alcançado por poucos países, ao iniciar os testes de integração dos turbogeradores do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (Labgene), primeira instalação de energia nucleoeletrica, projetada integralmente no país (Brasil, 2020c, p. 20-21).

Paralelamente, para fortalecer a defesa e a soberania sobre as AJB, a MB envida esforços no Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB). Criado em 2008, o PROSUB

²⁴ A **pedra fundamental** de um reator nuclear é um ato simbólico que marca o **início** da construção da instalação. Este evento é semelhante a outras cerimônias de inauguração, como o corte de fita ou o batismo de um navio com uma garrafa de champanhe. A colocação da pedra fundamental não possui uma função prática no funcionamento do reator, mas representa um marco significativo na trajetória do projeto, simbolizando o compromisso e as esperanças das partes envolvidas em relação ao sucesso e à operação futura da instalação. Além disso, este ritual busca engajar a comunidade e destacar a importância do projeto no contexto da infraestrutura energética nacional.

visa ampliar a capacidade operacional da Marinha para proteger e preservar a Amazônia Azul (Brasil, 2020c, p. 18).

Realizado em parceria com a França e por intermédio da DCNS²⁵ (atual Naval Group), o PROSUB representa o maior acordo de defesa internacional do país, tanto em custos quanto em complexidade, e posicionará o Brasil como sexto país do mundo a deter um submarino com propulsão nuclear (Rosendo; Lima, 2018, p. 17-20). O programa contempla a construção de infraestrutura industrial de apoio à operação e manutenção dos submarinos, a edificação de quatro submarinos convencionais e o projeto e construção do primeiro submarino convencional brasileiro com propulsão nuclear (Brasil, 2020c, p. 18-19).

O PROSUB se apoia em três pilares: transferência de tecnologia, nacionalização de equipamentos e capacitação de pessoal. Com esses fundamentos, foi estabelecido o Complexo Naval de Itaguaí, uma instalação de 750 mil metros quadrados que inclui a Unidade de Fabricação de Estruturas Metálicas (UFEM), dois estaleiros para construção e manutenção de submarinos, uma base naval, um complexo de manutenção especializada, docas secas, oficinas, áreas administrativas, e um sistema de *shiplift*²⁶ com capacidade para até 8 mil toneladas. Esse complexo inclui ainda um Centro de Instrução para o treinamento das tripulações (Brasil, 2020c, p. 18-19).

O programa já lançou ao mar o Submarino Riachuelo (S-40) em 2018, seguido pelo Humaitá (S-41) em 2020, e pelo Tonelero (S-42) em 2024; o Angostura (S-43) tem previsão de lançamento para 2025. O principal objetivo do PROSUB é a construção de um submarino de propulsão nuclear (SN-BR)²⁷, com previsão de lançamento em 2029. O PROSUB amplia e

²⁵ A DCNS, atualmente conhecida como **Naval Group**, é uma empresa francesa de ponta especializada na construção naval militar e na engenharia de sistemas de defesa marítima. Parcialmente controlada pelo governo francês, a Naval Group mantém parcerias estratégicas com diversas marinhas ao redor do mundo, incluindo a Marinha do Brasil.

²⁶ *Shiplift* é uma infraestrutura utilizada para elevar e deslocar navios e embarcações de um nível de água para um nível seco, geralmente para manutenção, reparo ou construção. Essa tecnologia permite que embarcações pesadas, como submarinos e navios de guerra, sejam movimentadas de forma eficiente em um estaleiro. No contexto do Complexo Naval de Itaguaí, o *shiplift* tem capacidade para suportar até 8 mil toneladas, possibilitando a realização de serviços de manutenção e construção de submarinos com propulsão nuclear, reforçando a capacidade da indústria naval brasileira.

²⁷ A sigla **SN-BR** refere-se a **Submarino Nuclear Brasileiro**, que indica submarinos projetados para operar com propulsão nuclear. Essa classe de submarinos possui a capacidade de operar em longos períodos sem a necessidade de reabastecimento, aumentando significativamente sua autonomia e potencial operacional. O submarino nuclear será batizado de “Álvaro Alberto” em homenagem ao Almirante de Esquadra Álvaro Alberto Mendes da Silva, pioneiro no uso da tecnologia nuclear no país. A sigla **SBR** refere-se a **Submarino Brasileiro (Convencional)**, que designa os submarinos que operam com propulsão convencional, geralmente propulsionados a motores diesel-elétricos.

reforça as capacidades de Anti-Access/Area Denial (A2/AD)²⁸ da Marinha do Brasil e fortalece a indústria naval brasileira (Brasil, 2020c, p. 18-19)

Além dos setores estratégicos – nuclear, cibernético e espacial –, diversos outros projetos e programas têm colaborado significativamente para a defesa da pátria. Como parte do Programa Estratégico “Construção do Núcleo do Poder Naval” e em resposta à necessidade urgente de renovação dos meios navais da Esquadra, a MB desenvolve o Projeto de Obtenção por Construção das Fragatas Classe “Tamandaré”²⁹. Esse projeto prevê a construção de quatro fragatas dotadas de elevado poder de combate e versatilidade, que serão empregadas em missões de busca e salvamento e patrulha das AJB, com ênfase na fiscalização e proteção das atividades econômicas (Brasil, 2020c, p. 16; Brasil, s.d.f).

A modernização e reestruturação das Forças Armadas incluem também o Programa Guarani, iniciado em 2012 em parceria com a empresa italiana Iveco. Esse programa visa substituir os antigos veículos blindados EE-11 Urutu, fabricados pela Engesa, e reequipar o EB com veículos blindados sobre rodas, de alta capacidade operacional. As novas viaturas blindadas integram proteção blindada, sistemas modernos de armas com capacidade de letalidade seletiva e um sistema de comando e controle flexível, permitindo sua atuação em operações de amplo espectro (Brasil, 2014c, p. 24-25; Brasil, s.d.d).

As viaturas blindadas Guarani possuem diferentes configurações, que incluem as versões: socorro, ambulância, reconhecimento, transporte de pessoal, morteiro, posto de comando, central de tiro e oficina, anticarro, reconhecimento, morteiro leve, radar, posto de comando e observação avançada (Brasil, 2020c, p. 24-25).

O KC-390 Millennium, a maior aeronave militar já produzida no Brasil, é resultado de uma combinação eficiente entre a definição clara de requisitos e a implementação de pacotes de *offset*³⁰. Desenvolvido pela Embraer, que liderou sua integração conforme as diretrizes operacionais da FAB e sob a supervisão da Comissão Coordenadora do Programa Aeronave de

²⁸ **Anti-Access/Area Denial (A2/AD)** refere-se a uma estratégia militar que visa impedir que um adversário acesse uma determinada área geográfica e limita suas operações dentro dela. O conceito envolve o uso de tecnologias e sistemas de defesa avançados, como mísseis, submarinos, aeronaves e capacidades cibernéticas, para criar um ambiente onde a movimentação e as operações das forças inimigas sejam dificultadas ou inviabilizadas.

²⁹ As **classes de navios** na Marinha do Brasil referem-se à categorização dos navios com base em suas funções, capacidades e características técnicas. Cada classe representa um tipo específico de embarcação, projetada para desempenhar um conjunto particular de missões no contexto das operações navais. As classes de navios são organizadas de acordo com o seu tamanho, armamento, sistema de propulsão e funções operacionais. Particularmente, as **Fragatas** são navios de guerra de médio porte, projetados para realizar missões de escolta, patrulha, vigilância e defesa de áreas marítimas contra ameaças submarinas, aéreas e de superfície. As **Fragatas da classe “Tamandaré”**, em construção, serão a próxima geração de fragatas da Marinha do Brasil.

³⁰ **Offsets** são mecanismos de contrapartida em contratos de aquisição de defesa, nos quais empresas estrangeiras se comprometem a investir ou transferir tecnologia ao país comprador, visando o fortalecimento de sua Base Industrial de Defesa e a promoção de capacidades tecnológicas e industriais.

Combate (COPAC), o projeto impulsionou diversos setores da indústria de defesa³¹, envolvendo mais de 50 empresas brasileiras e estabelecendo parcerias internacionais com Argentina, Portugal e República Tcheca (Brasil, 2020c, p. 32-33; Assis, 2016, p. 27-29).

A aeronave, dotada de grande versatilidade e baixo custo operacional, é capaz de realizar missões de evacuação aeromédica, lançamento de paraquedistas, combate a incêndios, reabastecimento em voo e transporte de tropas e carga (com capacidade de até 26 toneladas) (Brasil, 2020c; Embraer, s.d.). O projeto KC-390 prevê a aquisição de 28 aeronaves em substituição aos antigos C-130 Hércules e trouxe avanços significativos em eficiência em capacidades técnicas e operacionais (Brasil, 2020c; Assis, 2016, p. 39-40). Atualmente, o KC-390 se destaca como um dos principais produtos de exportação da defesa brasileira, com contratos que somam US\$ 500 milhões (Brasil, 2024b).

Para complementar a modernização, o Projeto F-X2 surgiu da necessidade de reequipar a FAB com aviões de caça modernos. O contrato assinado em 2014 com a empresa sueca *Svenska Aeroplan Aktiebolaget* (Saab) prevê a aquisição de 36 aviões de caça Gripen, sendo 28 unidades *monoplaces*³² e oito *biplaces*³³, o apoio logístico e a aquisição do armamento inicial a ser equipado nas aeronaves Gripen E/F (Brasil, 2020c, p. 34-36).

A Saab em parceria com a Embraer, através do programa de transferência de tecnologia, são responsáveis pelo desenvolvimento do caça supersônico multiemprego F-39 Gripen, que será empregado pela FAB em ações de defesa aérea, ataque e reconhecimento (Brasil, 2020c, p. 34-36; Saab, s.d.).

O pacote de compensações negociado pela COPAC com a Saab prevê a transferência de tecnologia de cerca de 60 projetos-chave conduzidos no Centro de Projetos e Desenvolvimento do Gripen (GDDN – *Gripen Design and Development Network*)³⁴, localizado na Embraer em Gavião Peixoto, São Paulo (Brasil, 2020c, p. 34-36; Saab, s.d.). Para a

³¹ Entre os parceiros nacionais, destacam-se a ELEB Equipamentos Ltda., subsidiária da Embraer responsável pelo sistema de trem de pouso, e a Akaer Engenharia S.A., especializada em engenharia estrutural. Além disso, Aerotron Brasil Ltda. e LH Collus Aeronáutica Ltda. forneceram componentes essenciais. Internacionalmente, a AEL Sistemas (parte do grupo israelense Elbit) e as espanholas Aernnova e Alestis fortaleceram o projeto por meio da transferência de tecnologia, contribuindo para o crescimento da BID (Assis, 2016).

³² **Monoplace**: Refere-se a aeronaves projetadas para transportar um único piloto. Essa configuração é comumente utilizada em caças e aviões de combate, onde a eficiência e a agilidade são prioritárias.

³³ **Biplance**: Refere-se a aeronaves projetadas para transportar duas pessoas, geralmente um piloto e um copiloto ou instrutor. Essa configuração é utilizada em treinamentos, missões de apoio e operações que requerem uma segunda pessoa a bordo para funções específicas.

³⁴ **GDDN – Gripen Design and Development Centre** – é o polo de transferência de tecnologia do Programa Gripen, localizada em Gavião Peixoto, São Paulo.

consecução desse projeto, mais de 350 profissionais brasileiros já participaram de cursos e treinamentos “*on-the-job*”³⁵ na Suécia (Brasil, 2020c, p. 34-36).

Outro destaque é o Projeto H-XBR, concebido para capacitar a indústria aeroespacial brasileira no desenvolvimento e produção de helicópteros de médio porte. Este projeto prevê a fabricação de 52 helicópteros H-225M, destinados ao uso das Forças Armadas e da Presidência da República. Para a realização desse empreendimento, foi formado um consórcio entre Airbus Helicopters e Helibras, sediada em Itajubá, Minas Gerais. O contrato garante a transferência e absorção de tecnologia, permitindo ao Brasil produzir helicópteros dessa categoria de forma independente. Das 52 aeronaves, 16 serão destinadas à MB, 16 ao EB, 18 à FAB e 2 para a Presidência da República (Brasil, 2020c, p. 12-13).

Os helicópteros H-225M foram projetados para realizar missões de transporte de tropas e cargas, reabastecimento em voo, busca e salvamento (em combate, inclusive), esclarecimento e proteção de superfície marítima. Tais equipamentos também são considerados fundamentais para o suporte em situações de calamidade pública, resgate e transporte logístico, com um alcance de mais de 280 milhas, ampliando significativamente a capacidade de resposta das Forças Armadas (Brasil, 2020c, p. 12-13).

O Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional (Pró-Defesa) desempenha um papel fundamental na defesa nacional, promovendo a colaboração entre instituições civis e militares para desenvolver inovações e soluções frente aos desafios contemporâneos. Estabelecido através de uma parceria entre o MD e a CAPES, o programa visa estimular a realização de projetos conjuntos de pesquisa que abrangem ensino, produção científica e tecnológica, além da formação de recursos humanos qualificados em nível de pós-graduação *stricto sensu* (Brasil, 2024e).

Ao longo de seus 18 anos de existência, o Pró-Defesa concedeu 224 bolsas e investiu mais de R\$ 24 milhões, fortalecendo redes de pesquisa que envolvem universidades, institutos de pesquisa, instituições militares e empresas da BID (Brasil, 2024f). Além disso, o programa realiza seminários periódicos para promover a interação entre pesquisadores e demandas do setor de defesa, divulgando os resultados e produtos obtidos (Brasil, 2020e, p. 64-65). Com seus esforços, o Pró-Defesa contribui para a construção e consolidação das capacidades técnico-científicas da Defesa Nacional e impulsiona a participação da sociedade em setores estratégicos, fomentando a inovação tecnológica e promovendo a cooperação interinstitucional que sustenta o avanço tecnológico e a qualificação profissional no setor de defesa brasileiro.

³⁵ O termo “*on-the-job*” refere-se a um tipo de treinamento prático realizado no ambiente de trabalho, onde os profissionais aprendem e desenvolvem habilidades enquanto desempenham suas funções.

A implementação e desenvolvimento dos principais programas estratégicos de defesa, mesmo diante de restrições orçamentárias, evidenciam o compromisso sólido do Brasil em fortalecer sua BID para proteger seus interesses nacionais. Esses programas resultaram em avanços significativos na nacionalização de processos e equipamentos industriais, impulsionando inovações por meio de parcerias com universidades e institutos de pesquisa. Além disso, contribuem para a criação de empregos diretos e indiretos, consolidando uma BID robusta, moderna e capaz de atender às necessidades operacionais das Forças Armadas.

Esses programas são fundamentais para que o Brasil alcance a independência em tecnologias sensíveis e avance no desenvolvimento de sua indústria de defesa. A capacidade de projetar, desenvolver e operar sistemas nucleares, cibernéticos e espaciais reforça a autonomia tecnológica brasileira e fortalece a BID. Além dos avanços tecnológicos e operacionais, esses programas estratégicos geram impactos socioeconômicos significativos, impulsionando a criação de empregos, estimulando a inovação e promovendo o desenvolvimento regional e nacional.

A integração entre diferentes projetos, como o PNM, o Prg EE Def Ciber, o PESE e o Pró-Defesa, reforça a capacidade do Brasil de operar de maneira autônoma nos setores estratégicos, ampliando sua presença e influência no cenário internacional. O fortalecimento da BID, aliado à modernização das Forças Armadas, demonstra que os investimentos em defesa resultam em crescimento sustentável para o país, promovendo a segurança nacional, o desenvolvimento tecnológico autóctone e um impacto econômico positivo.

2. HÉLICE TRÍPLICE

A proposta da Hélice Tríplice, formulada por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), apresenta uma abordagem analítica essencial para compreender o papel das universidades, da indústria e do governo na promoção de processos de inovação em economias cada vez mais baseadas no conhecimento. O modelo rompe com a separação tradicional entre esses três atores, defendendo que eles devem atuar de forma integrada e interdependente para gerar inovação. Assim, cada uma dessas esferas desempenha funções específicas e interage de maneira constante e complementar. Essa interação resulta na redefinição de seus papéis institucionais tradicionais e, frequentemente, na assunção de tarefas que antes eram exclusivas das outras esferas.

No âmbito das universidades, o modelo da Hélice Tríplice destaca a transformação de seu papel tradicional, centrado na educação e na pesquisa científica, para incluir também o desenvolvimento econômico e social por meio da capitalização do conhecimento, onde passam a participar ativamente da transformação desse conhecimento em inovação tecnológica e econômica. Essa visão abre espaço para uma universidade empreendedora que educa, pesquisa e fomenta a criação de *startups*³⁶, patentes e parcerias com a indústria, contribuindo para o crescimento de novos setores econômicos (Etzkowitz, 2008, p. 29).

A indústria, por sua vez, não se limita à produção de bens e serviços. Ela participa ativamente na geração de conhecimento e na sua aplicação em produtos e processos inovadores. Tradicionalmente vista como o principal agente de inovação ao transformar pesquisas em mercadorias comercializáveis, a indústria agora coopera diretamente com universidades e governos para acelerar o desenvolvimento de tecnologias avançadas. Esse processo é facilitado pela criação de *spin-offs*³⁷ e startups, frequentemente resultantes de parcerias entre academia e indústria, fortalecendo a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de novos produtos (Etzkowitz, 2008, p. 27-42). Adicionalmente, a indústria contribui para a formação de recursos humanos ao oferecer oportunidades de estágio e desenvolvimento profissional em colaboração com as universidades.

³⁶ **Start-ups** são empresas emergentes com foco em inovações tecnológicas, que geralmente operam em condições de grande incerteza e buscam explorar um modelo de negócios escalável. Diferentemente de *spin-offs*, que podem derivar de instituições preexistentes, as startups muitas vezes são fundadas por empreendedores independentes que identificam novas oportunidades de mercado.

³⁷ **Spini-offs** são empresas ou produtos originados a partir de pesquisas acadêmicas ou de grandes corporações, criados para explorar comercialmente inovações tecnológicas desenvolvidas em um contexto institucional ou corporativo. Em universidades, os *spin-offs* surgem frequentemente como resultado de pesquisas com potencial de mercado, sendo promovidos por escritórios de transferência de tecnologia.

O governo desempenha um papel essencial como facilitador e fomentador da inovação. Diferentemente de economias planificadas ou de forte intervenção estatal, na Hélice Tríplice, o governo não é um agente controlador, mas um catalisador que cria o ambiente regulatório e as condições institucionais para que a colaboração entre universidade e indústria se concretize. Em vez de comandar diretamente o processo de inovação, o governo implementa políticas públicas, oferece incentivos fiscais e financia pesquisas, estimulando parcerias e iniciativas conjuntas. Um exemplo é o capital de risco público³⁸, onde o Estado investe em projetos de alta incerteza e risco para promover a inovação, como ocorre nos Estados Unidos com o programa *Small Business Innovation Research (SBIR)*³⁹, que apoia financeiramente pequenas empresas com grande potencial de inovação. O governo, ainda, promove a criação de infraestruturas de apoio, como parques tecnológicos e incubadoras, facilitando a interação entre as três esferas (Etzkowitz, 2008, p. 68-69; 125-126).

A interação entre universidade, indústria e governo transcende a mera troca de recursos ou cooperação técnica. Trata-se de um processo dinâmico e interativo, no qual as fronteiras institucionais se tornam mais fluidas e os atores assumem papéis híbridos. Por exemplo, universidades podem criar empresas e fundos de investimento; empresas podem participar de pesquisas acadêmicas; e governos podem atuar como empreendedores, estabelecendo políticas que incentivam a inovação e a colaboração (Etzkowitz, 2008, p. 138).

Essa dinâmica gera resultados significativos em termos de aceleração da inovação, crescimento econômico e desenvolvimento social. Países que adotam os pressupostos da Hélice Tríplice, como Estados Unidos e Suécia, têm testemunhado o surgimento de clusters de inovação que promovem a criação de novos mercados, tecnologias e empregos qualificados. O Vale do Silício, nos Estados Unidos, é um exemplo emblemático, onde a intensa interação entre universidades como Stanford, empresas de tecnologia e apoio governamental resultou em um ecossistema de inovação robusto e sustentável (Etzkowitz, 2008, p. 75). De forma similar, na Suécia, a cidade de Linköping tornou-se um centro de inovação graças à colaboração estratégica

³⁸ O **capital de risco público** refere-se aos investimentos realizados por entidades governamentais ou instituições públicas em empresas inovadoras, frequentemente em setores estratégicos ou com alto potencial de crescimento, mas que apresentam um nível elevado de incerteza. Esse tipo de capital busca fomentar a inovação e o desenvolvimento econômico, atuando em áreas onde o setor privado muitas vezes hesita em investir devido aos riscos envolvidos.

³⁹ *Small Business Innovation Research (SBIR)* (Pesquisa de Inovação para Pequenas Empresas) é um programa do governo dos Estados Unidos criado em 1982, com o objetivo de apoiar a inovação e o empreendedorismo por meio de financiamento a pequenas empresas que desenvolvem projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com alto potencial de comercialização. O SBIR incentiva a pesquisa tecnológica de alto risco em empresas emergentes, muitas vezes em colaboração com universidades e outras instituições, contribuindo para a criação de novas tecnologias e o fortalecimento da economia.

entre a universidade local, empresas e governo, promovendo o desenvolvimento de setores como tecnologia da informação e comunicações (Etzkowitz, 2008, p. 75).

Em síntese, o modelo da Hélice Tríplice oferece uma estrutura analítica para compreender como a inovação ocorre nas economias baseadas no conhecimento, reconhecendo que a interação entre universidades, governo e indústria é fundamental para a geração de novos conhecimentos e sua aplicação apresenta benefícios para a sociedade como um todo.

2.1. Modelos da Hélice Tríplice

A Hélice Tríplice é uma estrutura teórica que explora as interações entre universidade, indústria e governo no processo de inovação. A inovação emerge da colaboração entre esses três setores, cada um contribuindo com suas funções específicas: a universidade gera conhecimento, a indústria aplica esse conhecimento para produzir bens e serviços, e o governo atua como regulador e facilitador das interações. Contudo, essas interações variam conforme as particularidades institucionais, políticas e econômicas de cada país, assumindo diferentes configurações (Etzkowitz, 2008). A Hélice Tríplice é, portanto, um arranjo dinâmico que se adapta aos diferentes contextos nacionais e regionais. A ênfase em cada um dos três atores pode variar conforme as necessidades e prioridades locais.

Etzkowitz e Leydesdorff (2000) propõem três configurações principais da Hélice Tríplice: Hélice Tríplice I, estruturada no modelo Estatista (*Statist*)⁴⁰, caracterizado por uma economia centralizada, em que o Estado tem um papel controlador e orientador na inovação, coordenando a relação entre universidade e indústria; Hélice Tríplice 2, estruturada no modelo de Livre Mercado (*Laissez-Faire*)⁴¹, no qual a indústria lidera o processo de inovação, com mínima intervenção estatal e as universidades desempenhando uma participação secundária; e Hélice Tríplice III⁴², aplicado a um modelo de governança híbrida, onde há uma interação

⁴⁰ *Statist* refere-se a um modelo onde o Estado desempenha um papel central ou dominante na economia, controlando ou regulando diretamente o desenvolvimento econômico, especialmente em setores estratégicos como defesa, infraestrutura ou energia.

⁴¹ *Laissez-faire* é uma expressão francesa que significa “deixar fazer” ou “deixar acontecer”. No contexto econômico, refere-se a uma abordagem de não intervenção do governo nos mercados, permitindo que as forças de oferta e demanda regulem a economia sem interferência estatal. Nesse modelo, a intervenção estatal é mínima, limitando-se a criar um ambiente macroeconômico estável e favorável ao empreendedorismo

⁴² O modelo **Hélice Tríplice III** representa o conceito central da Hélice Tríplice, conforme delineado por Etzkowitz e Leydesdorff (2000). Diferentemente dos modelos estatista e laissez-faire, a Hélice Tríplice propriamente dita se caracteriza pela interação colaborativa e equilibrada entre universidade, indústria e governo, sem a supremacia de qualquer um desses atores. Neste arranjo, há uma sobreposição de papéis, onde cada ator assume funções não tradicionais e contribui de forma integrada para o ecossistema de inovação. Esse modelo híbrido permite que cada esfera complemente e fortaleça as demais, gerando um ambiente de inovação adaptativo, reflexivo e orientado pela sinergia de interesses coletivos e sociais.

equilibrada e colaborativa entre universidade, indústria e governo, sem predomínio de um ator sobre os demais.

Cada uma dessas variações reflete as condições específicas de diferentes países e momentos históricos. Etzkowitz e Leydesdorff (2000) ressaltam que, embora possa haver uma predominância de um dos atores em determinados contextos, a interação equilibrada entre universidade, indústria e governo, característica da Hélice Tríplice III, é a configuração que melhor promove a inovação sustentável e o desenvolvimento socioeconômico.

Além dos três atores tradicionais, Etzkowitz (2008) reconhece a importância da sociedade civil como um quarto ator em potencial no modelo da Hélice Tríplice III, ampliando assim o conceito original. A inclusão da sociedade civil como participante ativa no processo de inovação é especialmente relevante quando as inovações buscam responder a demandas sociais e promover o desenvolvimento sustentável. Embora não seja formalmente integrada como um quarto ator no modelo original, a participação da sociedade civil pode enriquecer o ecossistema de inovação, tornando-o mais inclusivo e responsivo às necessidades da sociedade (Etzkowitz, 2008, p. 110-114).

Esse *framework* flexível⁴³ permite que a Hélice Tríplice se ajuste a diferentes realidades econômicas e culturais, destacando-se como uma estrutura teórica capaz de descrever tanto países com forte intervenção estatal quanto aqueles em que o mercado é o principal motor da inovação. O equilíbrio entre os três atores é fundamental para promover a inovação de maneira eficiente, mas a configuração específica da Hélice Tríplice em cada país depende de fatores como história, cultura política, grau de desenvolvimento econômico e capacidade institucional.

Na Hélice Tríplice I, o governo lidera e coordena os esforços de inovação, diferenciando-se significativamente dos modelos orientados pelo mercado. Nesse arranjo, o Estado não apenas fomenta o ambiente de inovação por meio de financiamentos, mas também desempenha um papel ativo na definição de diretrizes de pesquisa e desenvolvimento, estabelecendo metas claras e direcionando investimentos para universidades e empresas (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000, p. 12-15).

Esse modelo é caracterizado pela forte intervenção estatal, onde mecanismos de política industrial são empregados para canalizar os esforços de inovação em direção a setores

⁴³ O modelo da Hélice Tríplice é descrito como um “*framework flexível*”. Isso implica que ele não é uma fórmula rígida ou um conjunto prescritivo de regras. Em vez disso, é uma ferramenta adaptável que pode ser ajustada para se adequar às condições locais específicas, culturais, econômicas e políticas de diferentes regiões ou países. Isso permite que os usuários do modelo, como decisores políticos, acadêmicos e profissionais da indústria, apliquem os princípios do modelo de maneira que faça sentido no seu contexto particular, ajustando-o conforme as necessidades e os objetivos locais.

estratégicos, regulando e, por vezes, criando empresas estatais para tal fim. A coordenação dessas atividades tende a ser centralizada em agências governamentais que definem as prioridades nacionais e gerenciam a alocação de recursos, limitando, assim, a autonomia de universidades e empresas em suas próprias agendas de pesquisa e desenvolvimento (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000, p. 12-15).

Apesar dessas limitações, o modelo estatista apresenta vantagens consideráveis, como a capacidade de mobilizar rapidamente recursos substanciais para projetos de grande escala e longo prazo, tais como programas espaciais ou desenvolvimento de infraestrutura tecnológica avançada. Essa abordagem possibilita a implementação eficaz de iniciativas que exigem investimentos volumosos e coordenação meticulosa, frequentemente direcionadas a setores vitais para o desenvolvimento econômico e social, mas que podem não ser imediatamente lucrativos para o investimento privado. Entretanto, a forte presença do Estado pode conduzir a uma burocratização do processo de inovação, tornando-o menos ágil e responsivo às dinâmicas de mercado. Além disso, a ênfase em prioridades governamentais pode inibir a criatividade e limitar a exploração de novas áreas potencialmente inovadoras, favorecendo a inovação incremental⁴⁴ em detrimento de avanços mais disruptivos.

Etzkowitz e Leydesdorff (2000, p. 6-7) citam exemplos de países que adotaram o modelo estatista. A antiga União Soviética e alguns países da Europa Oriental, durante o período da Guerra Fria, representaram a versão mais robusta do modelo, com forte prevalência do Estado sob as demais esferas, centralizando e dirigindo seus esforços. Na América Latina, muitos países implementaram versões mais brandas da política estatista como resposta às necessidades de desenvolvimento econômico e industrialização tardia, especialmente durante o século XX. Até certo ponto, alguns países europeus também apresentaram uma versão mais equilibrada do modelo estatista, como a Noruega⁴⁵, que, embora não apresente um controle

⁴⁴ "Inovação incremental" refere-se a aperfeiçoamentos contínuos em produtos ou processos existentes, com menor potencial de ruptura do que inovações disruptivas, mas capazes de promover eficiência e otimização, especialmente em setores estratégicos sob forte regulação ou coordenação estatal.

⁴⁵ A Noruega é citada por Etzkowitz e Leydesdorff (2000) como um exemplo de país europeu que, até certo ponto, adotou o modelo estatista devido à sua forte intervenção estatal em setores estratégicos da economia, especialmente na indústria de petróleo e gás. O governo norueguês desempenha um papel central no planejamento e financiamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento, estabelecendo políticas claras e investindo substancialmente em infraestrutura tecnológica avançada. Além disso, a Noruega promove parcerias público-privadas e incentiva a colaboração entre universidades, indústrias e agências governamentais, facilitando a inovação através de mecanismos de cooperação integrada. No entanto, diferentemente de países como a antiga União Soviética, a Noruega mantém uma economia de mercado robusta, onde o setor privado também desempenha um papel significativo na condução da inovação e no desenvolvimento econômico. Essa combinação de forte intervenção estatal com uma abordagem de mercado permite que a Noruega exemplifique uma versão mais equilibrada e flexível do modelo estatista, refletindo a capacidade de adaptar o modelo tradicional da Hélice Tríplice às especificidades culturais, econômicas e institucionais do país.

estatal tão centralizado quanto os demais exemplos, apresenta uma tradição de forte intervenção governamental em setores estratégicos, como o petróleo e gás. É importante reconhecer que a classificação de um país como estritamente estatista é uma simplificação, visto que muitas nações utilizam uma combinação de elementos dos diversos modelos de Hélice Tríplice.

Na Hélice Tríplice II, a inovação é predominantemente promovida pelo setor privado, acompanhada de uma intervenção estatal menos intrusiva e de uma participação secundária das universidades. Neste modelo, a indústria lidera o desenvolvimento e a comercialização de novas tecnologias, respondendo diretamente às demandas do mercado. O governo adota uma postura de não intervenção, concentrando-se em estabelecer um ambiente favorável ao empreendedorismo por meio de políticas macroeconômicas estáveis, proteção eficaz dos direitos de propriedade intelectual e regulamentação mínima. Paralelamente, as universidades focam na formação de recursos humanos qualificados e na condução de pesquisas básicas, transferindo tecnologias para o mercado de maneira descentralizada (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000, p. 15-18).

Um exemplo frequentemente citado do modelo de economia liberal são os Estados Unidos, contudo é importante compreender que essa classificação não é absoluta. Conforme Etzkowitz (2008, p.15-18), nos EUA a dinâmica de mercado incentiva uma competição vigorosa entre empresas, o que impulsiona inovações orientadas para resultados comerciais imediatos. Este arranjo estimula o desenvolvimento de produtos e serviços alinhados às necessidades de mercado, promovendo a eficiência e a adaptação rápida às novas tendências e demandas. Contudo, há desvantagens significativas nesse modelo, como a possível negligência de pesquisas de longo prazo e de projetos de alto risco que, embora tenham potencial para gerar avanços científicos substanciais, são raramente conduzidos por não garantirem retorno imediato. Essa ênfase excessiva no lucro pode resultar em falhas de mercado⁴⁶, especialmente em setores que demandam altos investimentos sem garantia de retorno comercial rápido, como saúde e educação.

Embora o mercado seja o motor da inovação nos Estados Unidos, o governo também desempenha um papel importante, principalmente em áreas estratégicas, como defesa e saúde. Agências como a *National Science Foundation (NSF)*⁴⁷ e a *National Institutes of Health*

⁴⁶ **Falhas de mercado**, no contexto econômico, ocorrem quando o mercado livre não consegue alocar recursos de forma eficiente, resultando em desfechos subótimos do ponto de vista do bem-estar social.

⁴⁷ A *National Science Foundation (NSF)* (Fundação Nacional de Ciência) é uma agência governamental dos Estados Unidos criada em 1950, responsável por promover o progresso da ciência através do financiamento de pesquisas científicas em diversas áreas, como matemática, ciências físicas, biologia, engenharia e ciências sociais. A NSF desempenha um papel central no desenvolvimento de novas tecnologias e na formação de cientistas e

(NIH)⁴⁸ e programas como o *Small Business Innovation Research* (SBIR)⁴⁹ fornecem financiamento e suporte técnico a projetos de alto risco que o setor privado tende a evitar, assegurando o avanço contínuo em áreas essenciais e incentivando parcerias entre o setor público e privado. Outro exemplo marcante dessa intervenção é a Lei *Bayh-Dole*⁵⁰ de 1980, que permitiu que universidades patenteassem invenções oriundas de pesquisas financiadas pelo governo, demonstrando que o modelo americano de inovação é caracterizado por uma interação estratégica entre universidade, indústria e governo (Etzkowitz, 2008, p. 39-40).

Assim como a classificação de país como estritamente estatista é uma simplificação, nenhum país implementa um modelo de *laissez-faire* totalmente puro. O exemplo dos Estados Unidos demonstra que, embora a inovação seja predominantemente liderada pelo setor privado com uma intervenção governamental mínima, a atuação estratégica do Estado em áreas essenciais garante a continuidade e o avanço tecnológico em setores de alto risco. Esse modelo ressalta a importância de equilibrar a eficiência e a adaptabilidade do mercado com o suporte estatal necessário para fomentar inovações que atendam tanto às demandas imediatas quanto às necessidades sociais de longo prazo. Assim, a Hélice Tríplice II exemplifica como a colaboração entre indústria, governo e universidades pode criar um ecossistema de inovação robusto e sustentável, mesmo em contextos de economia liberal.

Na Hélice Tríplice III a colaboração entre universidade, indústria e governo é mais equilibrada e flexível, permitindo uma sinergia contínua e produtiva entre os três setores. Este modelo é caracterizado por uma interação dinâmica e integrada, onde cada ator expande suas funções tradicionais, assumindo papéis complementares para promover a inovação. Essa

engenheiros altamente qualificados, atuando como uma ponte entre pesquisa básica e inovação tecnológica aplicada.

⁴⁸ A *National Institutes of Health* (NIH) (Institutos Nacionais de Saúde) é a principal agência de pesquisa médica do governo dos Estados Unidos, vinculada ao Departamento de Saúde e Serviços Humanos. O NIH é responsável por conduzir e financiar pesquisas biomédicas e em saúde pública, promovendo o avanço científico em áreas como prevenção de doenças, terapias inovadoras e tratamentos médicos. Por meio de financiamento direto e de parcerias com universidades e centros de pesquisa, o NIH desempenha um papel crucial na inovação no setor de saúde e no desenvolvimento de novas tecnologias médicas.

⁴⁹ A *Small Business Innovation Research* (SBIR) (Pesquisa Inovadora em Pequenas Empresas) é um programa do governo dos Estados Unidos criado em 1982, com o objetivo de apoiar a inovação e o empreendedorismo por meio de financiamento a pequenas empresas que desenvolvem projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com alto potencial de comercialização. O SBIR incentiva a pesquisa tecnológica de alto risco em empresas emergentes, muitas vezes em colaboração com universidades e outras instituições, contribuindo para a criação de novas tecnologias e o fortalecimento da economia.

⁵⁰ A Lei *Bayh-Dole*, aprovada nos Estados Unidos em 1980, permite que universidades, pequenas empresas e outras instituições que recebem financiamento federal para pesquisa mantenham a titularidade das patentes resultantes desses projetos. Essa legislação busca estimular a transferência de tecnologia para o setor privado, incentivando a comercialização de inovações desenvolvidas com recursos públicos. Com isso, a Lei Bayh-Dole transformou o ambiente de pesquisa e inovação nos EUA, promovendo colaborações entre universidades e indústria e acelerando o desenvolvimento de produtos com potencial de impacto econômico e social.

sobreposição de funções resulta na criação de organizações híbridas nas interações entre os setores, facilitando a inovação de forma mais eficaz e sustentável

Nesse contexto, as universidades não se limitam apenas à geração de conhecimento, mas também se envolvem ativamente na comercialização de tecnologias e no desenvolvimento de *startups*. A indústria, por sua vez, não apenas aplica o conhecimento gerado pelas universidades, mas também colabora na definição das agendas de pesquisa e desenvolvimento, influenciando diretamente no direcionamento das inovações. O governo atua como facilitador, criando políticas que incentivam a colaboração entre os três atores, fornecendo financiamento para P&D e estabelecendo marcos regulatórios que favoreçam a inovação.

Um exemplo prático que se aproxima desse modelo pode ser observado no ecossistema de inovação na região de Linköping⁵¹, na Suécia, onde a interação entre universidade, indústria e governo resultou na criação de uma cultura empreendedora que atrai investimentos e gera novas oportunidades de negócios (Etzkowitz, 2008, p. 58). Outro exemplo é o modelo sueco de financiamento público de capital de risco, por meio do *Industrifonden*⁵², que destaca o papel do governo como facilitador, ao investir em empresas de base tecnológica e criar um ambiente de confiança para investidores privados (Etzkowitz, 2008, p. 132-133).

A sinergia entre os três atores permite a combinação eficiente de recursos, conhecimento e inovação, criando um ambiente dinâmico e favorável ao crescimento econômico. A colaboração equilibrada contribui para a criação de empregos qualificados e a promoção da competitividade econômica. Essa participação flexível possibilita que iniciativas de inovação sejam adaptáveis às necessidades sociais e econômicas, promovendo avanços tecnológicos e sociais.

Entretanto, desafios surgem na necessidade de equilibrar a participação dos diferentes atores, o que pode gerar conflitos de interesse e dificultar a gestão colaborativa. A criação e manutenção de organizações híbridas requer uma governança eficaz e mecanismos de coordenação que garantam que todos os atores contribuam de maneira equitativa e harmoniosa para o processo de inovação. Além disso, a interação equilibrada pode resultar em uma

⁵¹ **Linköping** é uma cidade sueca localizada na província de Östergötland, na Suécia, reconhecida por sua forte tradição em tecnologia e inovação. A cidade abriga uma das maiores universidades da Suécia, a Linköping University, e importantes indústrias, especialmente nos setores aeroespacial e de defesa, como a SAAB. A cidade é um centro de desenvolvimento tecnológico, com foco em engenharia e ciências.

⁵² A **Industrifonden** é uma fundação de investimento sueca, criada para apoiar o crescimento e o desenvolvimento de empresas inovadoras, especialmente em setores como tecnologia, ciências da vida e engenharia industrial. A organização atua financiando *startups* e pequenas empresas com alto potencial de crescimento, contribuindo para o desenvolvimento econômico e tecnológico da Suécia.

complexidade elevada na coordenação de iniciativas, exigindo mecanismos sofisticados de gestão e comunicação.

Em suma, a Hélice Tríplice III exemplifica como a colaboração equilibrada entre universidade, indústria e governo pode criar um ambiente propício à inovação sustentável e ao desenvolvimento socioeconômico. A flexibilidade do modelo permite sua adaptação a diferentes contextos culturais e econômicos, garantindo que as interações entre os atores sejam dinâmicas e responsivas às necessidades da sociedade. Apesar dos desafios inerentes à gestão colaborativa, os benefícios de um ecossistema de inovação integrado e equilibrado são substanciais, promovendo avanços tecnológicos e sociais que contribuem significativamente para o progresso econômico e o bem-estar da sociedade.

Além dos três atores tradicionais, Etzkowitz (2008) reconhece a importância da sociedade civil como um potencial quarto ator na Hélice Tríplice III, ampliando assim seu conceito original. A inclusão da sociedade civil como participante ativa no processo de inovação é especialmente relevante quando as inovações buscam responder a demandas sociais e promover o desenvolvimento sustentável. Embora não seja formalmente integrada como um quarto ator no modelo original, a participação da sociedade civil pode enriquecer o ecossistema de inovação, tornando-o mais inclusivo e responsivo às necessidades da sociedade.

A sociedade civil, composta por organizações não governamentais (ONGs), associações comunitárias, movimentos sociais e cidadãos engajados, desempenha um papel crucial na identificação e articulação de demandas sociais que orientam as agendas de inovação. Etzkowitz (2008, p. 59-74) destaca que a interação com a sociedade civil pode levar à criação de inovações orientadas para o bem-estar social, além de inovações puramente econômicas.

Essa integração pode ocorrer tanto por meio de abordagens de cima para baixo (*top-down*) quanto de baixo para cima (*bottom-up*). Nas abordagens *top-down*, iniciativas são promovidas pelos níveis superiores, como governos ou instituições centrais, que buscam envolver a sociedade civil em políticas e projetos de inovação, estabelecendo diretrizes e fornecendo recursos. Já nas abordagens *bottom-up*, a sociedade civil toma a iniciativa, mobilizando-se para influenciar agendas, propor soluções e colaborar com universidades, indústrias e governo (Etzkowitz, 2008, p. 59-74).

Seja em iniciativas *top-down* ou *bottom-up*, a participação da sociedade civil assume diversas formas que potencializam seu impacto na inovação. Por meio de consultas públicas e participação democrática, a sociedade civil é envolvida em processos decisórios relacionados à inovação, garantindo que as políticas e projetos reflitam as necessidades e expectativas da população. Além disso, o direcionamento de recursos públicos e privados para o financiamento

e apoio a iniciativas sociais visa a soluções inovadoras para problemas como saúde, educação e meio ambiente. Programas de educação e capacitação também são essenciais para encorajar a sociedade civil a participar ativamente do processo de inovação, incentivando a cidadania ativa e o empreendedorismo social.

A inclusão da sociedade civil na Hélice Tríplice pode trazer diversos benefícios para o ecossistema de inovação. Primeiro, promove maior inclusividade, contribuindo para que as inovações atendam a uma diversidade de necessidades e contextos sociais. Segundo, aumenta a responsividade às demandas sociais, pois a sociedade civil atua como um filtro para identificar e priorizar as necessidades da população, orientando os esforços de inovação para áreas que realmente impactam a qualidade de vida das pessoas. Terceiro, confere maior legitimidade e aceitação social às inovações, facilitando sua adoção e sustentabilidade a longo prazo. Por fim, diversifica as fontes de conhecimento, enriquecendo o processo de inovação com perspectivas diversas e experiências práticas.

Apesar dos benefícios, essa inclusão também enfrenta desafios significativos. A diversidade de atores pode gerar conflitos de interesse, dificultando a tomada de decisões consensuais e a gestão colaborativa. A criação e manutenção de organizações híbridas que integrem universidade, indústria, governo e sociedade civil requer uma governança eficaz e mecanismos de coordenação robustos. Além disso, a sociedade civil pode ter menos poder de negociação comparado aos atores tradicionais, resultando em representação desigual nas decisões de inovação. Por fim, a necessidade de consultas públicas e processos participativos pode introduzir lentidão e burocracia no processo de inovação, retardando o desenvolvimento de novas tecnologias.⁵³

Um exemplo significativo da integração da sociedade civil na Hélice Tríplice no Brasil foi o movimento de incubadoras, onde as universidades brasileiras iniciaram iniciativas *bottom-up* para criar incubadoras de empresas com objetivos que iam além de promover a inovação tecnológica, buscando também enfrentar desafios sociais e econômicos locais. Essas

⁵³ Segundo Mineiro, Souza e Castro (2020), as dificuldades inerentes ao modelo da Hélice Tríplice vão além das disfunções pontuais, refletindo falhas estruturais na cooperação e comunicação entre universidade, governo e indústria. Esses problemas, somados à falta de clareza sobre o papel de liderança, ao excessivo enfoque top-down e à insuficiente consideração dos contextos regionais e culturais, inviabilizam uma integração efetiva e restringem a capacidade do modelo de gerar conhecimento e inovação de forma sustentável.

Em particular, tais limitações se manifestam com maior intensidade em ambientes marcados por burocracia elevada, recursos limitados para P&D e fragilidade no posicionamento da universidade como ator central. Nessas condições, a formação de sinergias entre os atores é dificultada, o processo de inovação torna-se menos dinâmico e a produção de soluções relevantes para o desenvolvimento socioeconômico local e global é comprometida, exigindo reflexão e ajustes que transcendam a abordagem originalmente proposta.

incubadoras receberam apoio do governo e envolveram ativamente organizações da sociedade civil, como associações comunitárias e ONGs (Etzkowitz, 2008, p. 62-63; 113-114).

Muitas universidades desempenharam papéis relevantes na criação e operacionalização dessas incubadoras. A exemplo, o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ)⁵⁴ foi um dos pioneiros no Brasil, oferecendo infraestrutura, suporte técnico e orientação para a criação de *startups* (UFRJ, 2023a). De igual modo, a Associação Brasileira de Startups (ABStartups) e diversas ONGs comunitárias colaboraram com as universidades e o governo federal para identificar necessidades específicas das comunidades locais e desenvolver soluções que atendam a essas demandas.

Essas colaborações permitiram a criação de empresas que impulsionaram a economia local através da geração de empregos e abordaram questões sociais como a inclusão digital, a sustentabilidade ambiental e a revitalização de áreas urbanas degradadas, como a Incubadora de Empresas Inyaga da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que desenvolve projetos voltados para a revitalização de áreas urbanas, promovendo tanto o desenvolvimento econômico quanto a melhoria da qualidade de vida das populações locais (UFRJ, 2023b).

O movimento de incubadoras no Brasil exemplifica como a inclusão da sociedade civil na Hélice Tríplice pode transformar o processo de inovação, promovendo um desenvolvimento econômico que atende às necessidades sociais e contribui para a coesão e sustentabilidade das comunidades. Essa integração reforça a capacidade das incubadoras de atuar como catalisadoras de mudanças positivas, alinhando os esforços acadêmicos, comerciais, governamentais e sociais para criar um impacto duradouro e abrangente.

Apesar dos desafios inerentes à integração de múltiplos atores, os benefícios de uma colaboração mais ampla e diversificada podem ser substanciais, contribuindo para um progresso econômico e bem-estar social mais equilibrados e sustentáveis. Este quarto ator enriquece a interação tradicional da Hélice Tríplice, colaborando para que as inovações não apenas impulsionem o crescimento econômico, mas também atendam às necessidades sociais e promovam o desenvolvimento sustentável.

Em resumo, a Hélice Tríplice representa um modelo de integração entre três esferas fundamentais: governo, indústria e universidades. Nesse modelo, há uma sobreposição de papéis, onde cada ator assume funções não tradicionais e contribui de forma integrada para o ecossistema de inovação. Essa colaboração permite que cada esfera complemente e fortaleça as

⁵⁴ Em 1965 foi fundado a **Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE)**, que em 1995 passou a se chamar **Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia**, mantendo-se a sigla **COPPE**.

demais, gerando um ambiente de inovação adaptativo, reflexivo⁵⁵ e orientado pela sinergia de interesses coletivos e sociais

Além disso, a Hélice Tríplice não é um modelo rígido; ela se estrutura de maneiras diversas conforme as particularidades econômicas, sociais e culturais de cada país. Este *framework* flexível possibilita a adaptação às diferentes realidades nacionais e regionais, permitindo a coexistência de múltiplas variações que atendem às necessidades e prioridades locais. A versatilidade da Hélice Tríplice permite que diversos modelos emergentes coexistam, enriquecendo o panorama global de inovação.

Dentro desse contexto, a indústria inovadora desempenha um papel fundamental na criação de novos conhecimentos, facilitando a transferência de tecnologia e *know-how*⁵⁶ entre as esferas acadêmica e empresarial. Sua atuação contribui para o crescimento econômico e atende às exigências sociais e ambientais, garantindo que as inovações sejam sustentáveis e relevantes para a sociedade.

A universidade empreendedora, por sua vez, surge como uma plataforma para o desenvolvimento de novas empresas. Ela qualifica a mão de obra em uma economia baseada no conhecimento, transformando-se em um motor de inovação e crescimento. A universidade promove a transferência de conhecimento por meio de startups e incubadoras, alinhando a inovação com as demandas sociais e necessidades comunitárias e fortalecendo, assim, a economia local.

Fortalecendo essas interações, o Estado da inovação desenvolve a base para a produtividade científica e tecnológica por meio de garantias ao capital privado, incentivos fiscais direcionados, sistemas de patentes, e financiamento para pesquisa básica e capital de risco público. Esse papel inovador do governo busca ir além das atividades convencionais de infraestrutura física para estabelecer um ambiente propício à inovação, com um suporte contínuo para pesquisa avançada e parcerias de longo prazo entre academia, governo e indústria.

Adicionalmente, a inclusão da sociedade civil na Hélice Tríplice representa uma transformação significativa na dinâmica de inovação, promovendo um ecossistema mais inclusivo e responsivo. A participação ativa da sociedade civil enriquece a interação tradicional

⁵⁵ Nesse contexto, “**reflexivo**” refere-se à capacidade do ambiente de inovação de se autoavaliar e se adaptar continuamente com base nas interações e feedbacks entre os atores envolvidos.

⁵⁶ **Know-how** refere-se ao conjunto de conhecimentos práticos, habilidades e experiências que permitem a uma pessoa ou organização executar uma tarefa ou resolver um problema específico. É um tipo de saber-fazer que se acumula ao longo do tempo e pode incluir técnicas, métodos e processos que são essenciais para a realização de atividades em diversos setores, especialmente na indústria e na tecnologia.

entre governo, indústria e universidades, contribuindo para que as inovações além de impulsionarem o crescimento econômico, também atendam às necessidades sociais e promovam o desenvolvimento sustentável.

Por fim, a configuração ideal da Hélice Tríplice envolve um equilíbrio entre independência e colaboração entre os três setores, com iniciativas emergentes tanto de cima para baixo (*top-down*) quanto de baixo para cima (*bottom-up*). O fundamento para uma hélice tríplice plena é uma sociedade civil forte e ativa, permitindo que a inovação e as políticas científicas floresçam dentro de uma estrutura democrática. E, embora a Hélice Tríplice não capture completamente a complexidade dos sistemas de inovação reais, ela oferece uma estrutura teórica valiosa para analisar e compreender as interações entre os principais atores envolvidos.

2.2. A Hélice Tríplice e as Forças Armadas

O desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil tem sido influenciado por diferentes abordagens políticas ao longo de sua história. Conforme Etzkowitz (2008, p. 14), durante as décadas de 1970 e 1980, o país adotou, implicitamente, visão do Triângulo de Sabato⁵⁷, proposto pelo físico argentino Jorge Sabato. Este modelo de colaboração tripartite, embora compartilhe semelhanças com a Hélice Tríplice, distingue-se por enfatizar o papel central do Estado como mediador e indutor. O objetivo do governo federal ao adotar esse modelo era estabelecer uma base tecnológica nacional que pudesse promover a autonomia e a capacidade de inovação do país.

Essa abordagem estatal foi especialmente aplicada em setores estratégicos para a segurança nacional, como a indústria aeronáutica e o setor nuclear, ambos fortemente impulsionados pelo governo militar. O Estado assumiu a liderança nos esforços de pesquisa e desenvolvimento, formulando políticas e destinando investimentos significativos com o propósito de reduzir a dependência tecnológica externa e fortalecer a soberania nacional. A iniciativa buscava consolidar uma infraestrutura tecnológica robusta e autônoma, essencial para a competitividade e segurança do país.

⁵⁷ No **Modelo Triangular de Jorge Sabato**, o governo desempenha um papel central, agindo como coordenador das interações entre universidades e indústria. Embora esse modelo funcione dentro de um contexto de forte intervenção estatal — assemelhando-se em alguns aspectos ao modelo “*Statist*” — ele se distingue por não exercer um controle autoritário ou excessivamente centralizador. No modelo de Sabato, o governo atua mais como um facilitador estratégico do que como um controlador direto, incentivando e apoiando a colaboração entre a academia e o setor privado. Esta abordagem é especialmente relevante em contextos em que o setor privado, por si só, é incapaz de impulsionar significativos avanços tecnológicos devido à falta de capacidade ou de recursos.

Com a virada do século, a partir dos anos 2000, o Brasil passou a direcionar esforços para adotar uma abordagem mais equilibrada, baseada na Hélice Tríplice conforme o modelo de Etzkowitz e Leydesdorff (1995). Essa transição refletiu uma compreensão ampliada da necessidade de modernizar as Forças Armadas e de fortalecer a BID, de modo a consolidar uma autonomia tecnológica sustentável. Ao integrar o setor produtivo e as instituições acadêmicas de maneira mais colaborativa e dinâmica, o país buscou alinhar os objetivos de inovação com as demandas de defesa, reforçando tanto a competitividade industrial quanto a capacidade de resposta estratégica a cenários de segurança e defesa.

Essa mudança de paradigma foi consolidada pela criação de um arcabouço legal robusto e pela implementação de políticas públicas direcionadas para o fortalecimento da BID. Programas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de uso dual, além do fortalecimento das parcerias entre instituições de ensino e empresas de defesa, como o programa Pró-Defesa, exemplificam iniciativas que seguem os princípios do modelo da Hélice Tríplice.

O Pró-Defesa aborda temas estratégicos como segurança de fronteiras amazônicas, proteção da Amazônia Azul, mudanças climáticas, inteligência artificial e tecnologias quânticas. Através do apoio a projetos colaborativos e de um suporte financeiro robusto, o programa incentiva a formação de redes de pesquisa interinstitucionais e a capacitação de recursos humanos qualificados em mestrado, doutorado e pós-doutorado, tanto no Brasil quanto no exterior (Brasil, 2024g).

Em seus 18 anos de atuação, o Pró-Defesa já concedeu 224 bolsas e alocou mais de R\$ 24 milhões em bolsas de estudo e em projetos voltados para a Defesa Nacional (Brasil, 2024f). Assim, ao consolidar-se como um componente estratégico na construção do conhecimento em Defesa e Segurança, o programa tem contribuído para o desenvolvimento de tecnologias disruptivas e para o fortalecimento da autonomia tecnológica do país diante das rápidas transformações tecnológicas globais.

Recentemente, o Pró-Defesa V, lançado na Escola Superior de Defesa (ESD) em 9 de outubro de 2024, recebeu um orçamento recorde de quase R\$ 50 milhões, beneficiando cerca de 650 pesquisadores de 110 instituições nacionais e estrangeiras. O General Francisco Humberto Montenegro Júnior, Chefe de Educação e Cultura do Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas, e a presidente da CAPES, Denise Pires de Carvalho, destacaram a importância do programa e enfatizaram que o fortalecimento da soberania nacional está intrinsecamente ligado à capacidade de produzir conhecimento, especialmente por meio de parcerias entre o Ministério da Defesa e o setor acadêmico (Brasil, 2024h).

Essa integração entre academia, setor produtivo e governo, com a participação ativa das Forças Armadas, fortalece a tecnologia de defesa e forma uma mão de obra qualificada para atender às demandas nacionais. Esse ambiente de cooperação facilita o intercâmbio de conhecimentos, promove o compartilhamento de visões e experiências, e cria soluções tecnológicas inovadoras aplicáveis tanto à defesa quanto à sociedade, aumentando a consciência estratégica da população sobre segurança e defesa. Nesse contexto, cada uma das Forças Armadas desempenha um papel essencial na implementação do modelo da Hélice Tríplice, estabelecendo parcerias estratégicas com instituições acadêmicas e de pesquisa.

No setor cibernético, por exemplo, o recente Acordo de Cooperação Técnica entre o Exército e a Universidade de Brasília (UnB), firmado em 09 de setembro de 2024, foca no desenvolvimento de tecnologias avançadas para defesa cibernética e monitoramento, ampliando as capacidades militares da Força. Este acordo envolve projetos de engenharia, eficiência energética e sistemas de inteligência de dados, com especial atenção à Região Amazônica (UnB, 2024). Paralelamente, a Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas) contribui significativamente ao formar profissionais especializados em áreas como biotecnologia, tecnologias emergentes e cibersegurança, promovendo a transferência de conhecimento entre a Força e a universidade (PUC-Campinas, 2024).

Além disso, parcerias como a estabelecida entre o IME e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), focada em defesa cibernética (Brasil, 2024c), destacam a importância da pesquisa em segurança para a proteção das infraestruturas críticas do país. A criação do Curso de Inteligência Artificial e Cibersegurança na UFPE, alinhado às necessidades do ComDCiber (Brasil, 2024c), é um exemplo concreto de como a formação de recursos humanos especializados contribui para a autonomia tecnológica e a soberania nacional. Ademais, a colaboração entre a Universidade de São Paulo (USP) e o Exército, formalizada pelo Instituto de Relações Internacionais (IRI) e a Escola do Comando Maior do Exército (Eceme) (Governo de São Paulo, 2023), reforça a importância da pesquisa interdisciplinar em segurança internacional e defesa nacional.

Projetos práticos, como a modelagem e simulação do sistema de freios ABS do veículo blindado Guarani 6x6, conduzido pelo IME (Brasil, 2020b), ilustram a aplicação direta das pesquisas acadêmicas às necessidades militares, melhorando a performance e a segurança dos veículos. A utilização dual das tecnologias desenvolvidas nessas parcerias promove a integração entre as indústrias de defesa e outros setores tecnológicos, fomentando um ecossistema de inovação mais robusto.

No setor espacial, a parceria entre a Agência Espacial Brasileira (AEB) e a UnB, que, por meio do mestrado profissionalizante em Gestão Econômica de Inovação Tecnológica, foca na qualificação de recursos humanos e na produção de conhecimento em Economia Espacial e contribui para a criação de políticas públicas espaciais mais eficientes que conduzam à autonomia tecnológica nacional (Brasil, 2021). Além disso, a colaboração com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e a Universidade Presbiteriana Mackenzie fortalece a capacidade da FAB em promover pesquisas avançadas em geodésia espacial, utilizando técnicas como a Interferometria de Linha de Base Muito Longa (VLBI – *Very-Long-Baseline Interferometry*)⁵⁸ para aprimorar a precisão da observação terrestre e a navegação de satélites (Brasil, 2023a). Os resultados desses esforços colaborativos são revertidos diretamente em benefícios para o desenvolvimento do PEB, especialmente no escopo do PESE e do PNAE.

No contexto do Programa F-X2, o ITA desempenha um papel fundamental na formação de capital humano qualificado. A COPAC coordena o intercâmbio entre a Saab, a Embraer e outras instituições, visando capacitar profissionais brasileiros para a produção de aeronaves de quinta geração. Este esforço resultou na criação de centros especializados, como o GDDN e a Saab Aeronáutica Montagens⁵⁹, que facilitam a transferência de tecnologia e fortalecem a BID do país (Souza, 2018, p. 28-30).

No setor nuclear, a USP, em parceria com a MB, exemplifica essa sinergia através da criação do Mestrado Profissional em Engenharia Nuclear, aprovado em 2022 (ABDAN, 2022). Paralelamente, a parceria entre o Instituto Naval de Pós-Graduação e a COPPE/UFRJ foca no desenvolvimento de projetos em áreas como inteligência artificial e defesa nuclear (Brasil, 2023b). O curso da USP, desenvolvido em colaboração com docentes do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), da Universidade de Campinas (UniCamp) e da Universidade Federal do ABC (UFABC), visa capacitar operadores para a produção, operação e descomissionamento de empreendimentos nucleares, promovendo soluções autóctones que contribuem para a autonomia tecnológica do Brasil (ABDAN, 2022).

Para apoiar o desenvolvimento dessas soluções, o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e o Centro Industrial Nuclear de Aramar (CINA) disponibilizaram

⁵⁸ A VLBI é uma técnica de observação astronômica e geodésica que utiliza múltiplos radiotelescópios situados a grandes distâncias entre si para observar o mesmo objeto no espaço. Ao registrar dados de maneira sincronizada, esses telescópios formam uma "linha de base" extensa, simulando um telescópio de grande escala, o que aumenta a resolução e a precisão das observações. Essa técnica permite aprimorar a precisão na observação terrestre, monitorando movimentos tectônicos e mudanças na crosta terrestre, e auxilia na navegação de satélites, contribuindo para a exatidão dos sistemas de posicionamento global. No contexto brasileiro, a utilização da VLBI fortalece iniciativas do PEB, especialmente no âmbito do PESE e do PNAE.

⁵⁹ Saab Aeronáutica Montagens é uma unidade da empresa sueca Saab no Brasil, localizada em São Bernardo do Campo, São Paulo.

diversos laboratórios⁶⁰ de pesquisa para aulas práticas (ABDAN, 2022). O objetivo do programa é formar profissionais qualificados que contribuirão para o desenvolvimento do PNM, trazendo benefícios diretos à sociedade brasileira. Por meio dessa formação acadêmica, busca-se fomentar soluções autóctones para os desafios de desenvolvimento, comissionamento, produção, operação e descomissionamento de empreendimentos nucleares, alinhados aos avanços do PNM (ABDAN, 2022).

Além disso, a MB investe em projetos que contribuem com pesquisas desenvolvidas nas principais universidades do Brasil. O Projeto Veículo de Superfície Não Tripulado – Experimental (VSNT-E), desenvolvido pelo Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV), integra tecnologias de sensores, veículos não tripulados e sistemas de vigilância remota. Este projeto reforça o controle sobre o território marítimo brasileiro e promove o uso dual das tecnologias desenvolvidas, beneficiando setores civis como a indústria *offshore*⁶¹ e a logística de transporte marítimo (Brasil, s.d.g).

O uso de VSNT oferece benefícios significativos. Primeiramente, melhora a segurança ao eliminar o risco de operadores em áreas de alto perigo, como em operações de varredura de minas. Além disso, os VSNT reduzem os custos operacionais e a complexidade logística, favorecendo a implantação em diversas missões. No contexto do SisGAAZ, a capacidade de ampliar o alcance de sensores permite uma vigilância e monitoramento mais eficientes da Amazônia Azul (Brasil, s.d.g).

Instituições como a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) podem utilizar os VSNT para levantamentos hidrográficos, enquanto a Esquadra pode realizar exercícios operativos de forma mais econômica e segura. Além do uso militar, há interesse acadêmico em parceria com universidades como a UFRJ, UFF e USP, que identificam o valor desses veículos para pesquisa (Brasil, s.d.g). O professor Esteban Walter Gonzalez Clua, da UFF, ressalta a importância da Marinha no desenvolvimento desses veículos, por apontar as demandas nas quais os VSNTs podem ser empregados, além da expertise em navegabilidade e acesso a dados estratégicos para uma aplicação acadêmica e operacional robusta (Brasil, s.d.g).

⁶⁰ Dentre os laboratórios disponibilizados estão inclusos o Laboratório de Geração de Energia Nucleoelétrica (LABGENE), o Laboratório de Termo-Hidráulica (Loop 150), o Laboratório de Materiais Nucleares (LABMAT), a Unidade Piloto de Produção de Hexafluoreto de Urânio (USEXA) e o Laboratório de Análise de Caracterização de Materiais (LACAM) (ABDAN, 2022).

⁶¹ “*Offshore*” refere-se a operações e atividades realizadas além da costa, especialmente em áreas marítimas. Este termo é amplamente utilizado para descrever atividades desenvolvidas em alto-mar, como a exploração de petróleo e gás, instalação de turbinas eólicas e operações de pesca industrial. Além do setor energético, o *offshore* também pode envolver atividades financeiras, onde empresas estabelecem operações fora do país de origem para fins estratégicos ou fiscais

A colaboração com a UFRJ, por meio da Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM), promove pesquisas sobre sistemas de controle ambiental e a aplicação de inteligência artificial na segurança nuclear, demonstrando a capacidade da Marinha em integrar avanços tecnológicos às suas operações estratégicas (Brasil, 2024i). Adicionalmente, a formação de operadores de reatores no Reator IEA-R1⁶² do IPEN exemplifica como a capacitação de capital humano especializado contribui para a segurança e a eficiência das operações nucleares da Marinha (Brasil, 2024j).

A aplicação da Hélice Tríplice no contexto das Forças Armadas tem se mostrado eficaz na promoção dos avanços tecnológicos necessários para modernizar o setor de defesa. Ao integrar governo, academia e indústria, promove-se um ecossistema de inovação robusto que potencializa o desenvolvimento de tecnologias estratégicas, fortalecendo a BID. As universidades atuam como incubadoras e centros de pesquisa e formação de alto nível, gerando conhecimento e qualificando profissionais especializados. Simultaneamente, as indústrias transformam esse conhecimento em produtos e serviços de defesa de alta tecnologia e direcionam as agendas de pesquisa universitária para novas necessidades, estimulando a economia e aumentando a competitividade internacional. Por fim, o Estado desempenha o papel de facilitador, estabelecendo políticas públicas e ambientes regulatórios favoráveis que incentivam a cooperação entre os atores e direcionam investimentos para áreas estratégicas.

Além disso, a Hélice Tríplice colabora para o desenvolvimento de tecnologias de uso dual. Essa sinergia amplia os benefícios da inovação para a sociedade, promovendo o desenvolvimento socioeconômico e atendendo a demandas em áreas como saúde, energia e infraestrutura.

O Pró-Defesa exemplifica essa integração entre universidades e Forças Armadas, refletindo a essência da Hélice Tríplice. Este programa promove a colaboração contínua entre os setores acadêmico e militar, facilitando a transferência de conhecimento e o desenvolvimento de soluções inovadoras alinhadas às necessidades estratégicas da defesa nacional. Além disso, aproxima a sociedade civil de setores estratégicos para a defesa, melhorando a aceitação e a opinião pública, e destacando a importância estratégica de uma BID robusta. Ao fomentar projetos conjuntos de pesquisa e a formação de recursos humanos qualificados, o Pró-Defesa

⁶² O **Reator IEA-R1**, operado pelo IPEN em São Paulo, é o reator nuclear de pesquisa mais antigo em operação no Brasil, inaugurado em 1957. De tipo piscina, ele utiliza urânio enriquecido como combustível e água leve como moderador e refrigerante. O reator é utilizado para treinamento de operadores nucleares, produção de radioisótopos para medicina, agricultura e indústria, além de pesquisa em física nuclear e ciência dos materiais, contribuindo para o desenvolvimento do setor nuclear brasileiro e a formação de capital humano especializado.

fortalece a BID e assegura que a inovação tecnológica esteja em consonância com os objetivos de soberania e segurança do Brasil.

Em suma, a adoção dos conceitos da Hélice Tríplice como guia para a condução de políticas públicas representa uma estratégia eficaz para impulsionar a inovação no setor de defesa brasileiro. Essa abordagem promove a integração dos principais atores envolvidos e alinha os esforços para o desenvolvimento sustentável e a soberania nacional.

3. DESAFIOS PARA A BASE INDUSTRIAL DE DEFESA

A BID brasileira enfrenta uma série de desafios que comprometem seu desenvolvimento, sua capacidade de garantir a autonomia tecnológica e a segurança nacional. Entre os principais obstáculos estão os recursos orçamentários limitados, a falta de coordenação e integração entre os diversos atores envolvidos, a dependência tecnológica estrangeira, as dificuldades na atração e retenção de talentos, a burocracia e regulamentação excessiva, além da ausência de consenso sobre a importância estratégica da BID.

Um dos desafios mais significativos é a escassez de recursos orçamentários, que dificulta o avanço da P&D, a aquisição de novos equipamentos, a manutenção das capacidades existentes, meios logísticos, recursos humanos, bem como dificultam o desenvolvimento de consciência social em torno do tema (Vaz, 2023, p. 151). Esse problema é agravado pelo chamado “Custo Brasil”⁶³, que, segundo estudos da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), encarece os produtos nacionais em cerca de 25,4% em comparação com produtos similares fabricados no exterior (Rocha; Corona, 2023, p. 159-161). Elevados encargos tributários, deficiências de infraestrutura e uma complexa burocracia aumentam os custos de produção, dificultam o acesso a insumos e retardam o desenvolvimento de novos projetos. Esses fatores tornam os produtos nacionais menos competitivos tanto no mercado interno quanto no internacional, limitando a capacidade das empresas de defesa de competir em igualdade de condições com seus pares globais, de conquistar mercados internacionais e de participar das Cadeias Globais de Valor (CGV)⁶⁴ (Telles; Guerra; Rodrigues, 2023).

⁶³ O **Custo Brasil** é um termo da economia que descreve as dificuldades estruturais, regulatórias e econômicas que elevam o custo de fazer negócios no Brasil. O **Custo Brasil** engloba os diversos fatores que elevam as despesas operacionais e reduzem a competitividade das empresas no Brasil, incluindo alta carga tributária com um sistema complexo de impostos federais, estaduais e municipais, e legislação fiscal que requer elevados custos de conformidade. A burocracia excessiva abrange processos demorados para a abertura, operação e encerramento de empresas, bem como obtenção de licenças e autorizações. A infraestrutura deficiente envolve problemas em transporte, energia e telecomunicações, aumentando os custos logísticos e operacionais. A legislação trabalhista rígida e os custos relacionados à baixa produtividade da mão de obra também são componentes críticos. Adicionalmente, o sistema jurídico ineficiente, que inclui a lentidão do sistema judicial e altos custos legais, gera insegurança jurídica. A volatilidade econômica e a corrupção impactam negativamente o ambiente de negócios. As deficiências na educação e a falta de qualificação profissional adequada aumentam os custos com treinamento e reduzem a eficiência operacional.

⁶⁴ As **cadeias globais de valor (CGV)** referem-se ao processo de produção de bens e serviços em que as atividades necessárias para a criação de um produto são distribuídas entre diferentes países. Em uma CGV, as etapas de produção — desde a pesquisa e desenvolvimento, passando pela fabricação de componentes, montagem final, até a distribuição e comercialização — são realizadas em locais que oferecem vantagens competitivas específicas, como mão de obra qualificada, tecnologia avançada, custos de produção mais baixos ou acesso a mercados. A lógica das CGV é maximizar a eficiência e reduzir custos ao aproveitar os pontos fortes de diferentes países em cada estágio do processo produtivo.

A inserção nas CGV representa outro desafio enfrentado pelas empresas de defesa. Conforme destaca Fleury (2023, p. 191-206), para ampliar seus mercados e acessar novas tecnologias, é necessário que essas empresas se integrem estrategicamente a essas cadeias, o que envolve a obtenção de certificações internacionais e a adaptação a rigorosos padrões de qualidade. Adicionalmente, Cagnin (2023, p. 173-190) ressalta que as tendências recentes das CGV, marcadas por riscos e oportunidades, exigem que as empresas adotem estratégias inovadoras e flexíveis para se adaptarem ao cenário global em constante mudança. No entanto, a falta de uma estratégia nacional clara voltada para essa internacionalização, aliada a barreiras tributárias e burocráticas, tem limitado a capacidade das empresas brasileiras de explorar plenamente essas oportunidades (Telles; Guerra; Rodrigues, 2023, p. 207-222).

Adicionalmente, a instabilidade orçamentária agrava ainda mais o cenário para essas empresas, com frequentes oscilações nos investimentos públicos no setor de defesa, muitas vezes marcadas por descontinuidades e cortes de recursos. Liddell Hart (2014, p. 299 apud Svartman, 2023, p. 296) explica que a tendência é que as políticas sejam formuladas e conduzidas de forma desconexa, favorecendo a descontinuidade. Essa volatilidade orçamentária dificulta o planejamento de longo prazo e limita a capacidade das empresas de investir em inovação, comprometendo o desenvolvimento de projetos estratégicos que requerem financiamento contínuo.

Em termos de execução orçamentária, os programas estratégicos de defesa do Brasil enfrentam severas restrições. A exemplo, o SisGAAz está significativamente aquém do planejado. O valor inicial estimado para o desenvolvimento do programa era de aproximadamente R\$ 12 bilhões, a serem liberados ao longo dos anos de 2011 a 2033 (Brasil, 2012b, p. 196). Contudo, segundo Andrade, Rocha e Franco (2019, p. 29), até 2019, dez anos após o início do projeto, apenas 1,75% desse montante foi efetivamente executado. Esse problema não é exclusivo do SisGAAz, pois dados de 2020 indicam que o projeto-piloto do SISFRON está implantado em apenas 650 dos 16.886 quilômetros da faixa de fronteira (Brasil, 2020c, p. 27); de igual modo outros projetos também enfrentam dificuldades semelhantes, evidenciando um desafio recorrente em diversas áreas do setor de defesa.

Alguns programas conseguem avançar, como o projeto KC-390, que, apesar dos altos custos, foi concluído e atualmente contribui financeiramente para a Embraer. No entanto, nem todos os projetos alcançam sucesso financeiro imediato, especialmente aqueles que envolvem

No contexto da BID, a participação em cadeias globais de valor significa integrar a produção de tecnologias militares e sistemas de defesa em nível internacional, tanto para atender ao mercado local quanto para exportação, aproveitando colaborações e parcerias estratégicas com outros países.

tecnologias sensíveis, como o reator de propulsão nuclear do submarino Álvaro Alberto SN-BR, cuja comercialização pode ser limitada devido à sua natureza estratégica e às normas e tratados internacionais vigentes.

Esses programas necessitam de um forte investimento por parte do governo federal, uma vez que, como mencionado, muitos deles não geram lucro no curto prazo ou não são comercializáveis devido à sua sensibilidade. O aumento de recursos financeiros é essencial para garantir a continuidade e o desenvolvimento dessas iniciativas estratégicas, que são cruciais para a segurança nacional e para o avanço tecnológico do país.

Além das limitações orçamentárias, a falta de coordenação eficaz entre os principais atores da BID resulta em sobreposição de esforços, desperdício de recursos e dificuldades na definição de prioridades estratégicas claras. Conforme Melo (2023, p. 370), “as atividades relativas à BID estão distribuídas por diferentes ministérios e órgãos, além do MD, com autoridade e orçamentos próprios”. Essa distribuição fragmentada explica por que a criação da SEPROD e o papel do MD não são suficientes para centralizar decisões e ações de forma eficiente, devido à insuficiente autoridade e autonomia da SEPROD. Nesse sentido, a ex-ministra Regiane Gonçalves de Melo destaca a necessidade de um papel mais robusto para a SEPROD, semelhante ao da *Direction Générale de l’Armement (DGA)*⁶⁵ da França, para coordenar de maneira eficaz as atividades da BID e evitar a duplicação de esforços.

Essa desarticulação interna é observada até mesmo na aquisição de equipamentos mais básicos, resultando na falta de interoperabilidade entre os sistemas de rádio comunicação e os diferentes armamentos empregados por cada Força Armada. Conforme Carmona (2023, p. 34), essa situação é agravada pela dificuldade de cooperação entre as Forças, mesmo após a criação da END em 2008.

As divergências de interesses e as diferenças culturais entre os atores da Hélice Tríplice, juntamente com a burocracia excessiva e a falta de uma visão estratégica compartilhada, dificultam a implementação eficaz desse modelo no Brasil (Fernandes, 2023, p. 453-457). As universidades, frequentemente voltadas para a pesquisa básica⁶⁶ e na exploração teórica, nem

⁶⁵ A *Direction générale de l’armement (DGA)* é uma agência do governo francês responsável pelo desenvolvimento, aquisição e gestão de equipamentos militares. Vinculada ao Ministério das Forças Armadas da França, a DGA desempenha um papel central na política de defesa francesa, sendo responsável pela coordenação de projetos de pesquisa e desenvolvimento em tecnologias de defesa, bem como pela gestão de contratos com a indústria militar. Além disso, a DGA busca promover a inovação tecnológica e garantir a autonomia estratégica da França no setor de defesa.

⁶⁶ A **pesquisa básica** refere-se a investigações científicas realizadas com o objetivo principal de expandir o conhecimento teórico sobre fenômenos naturais ou sociais, sem um foco imediato em aplicações práticas ou comerciais. Esse tipo de pesquisa busca entender princípios fundamentais e gerar novas teorias, sem necessariamente visar a solução de problemas práticos imediatos.

sempre alinham suas atividades com as demandas práticas do governo e das Forças Armadas, que necessitam de soluções tecnológicas sofisticadas e diretamente aplicáveis ao campo da defesa. Mesmo quando buscam esse alinhamento, outras áreas de interesse do governo competem por recursos e atenção, diluindo o foco nos projetos essenciais para a defesa nacional. Setores como o agronegócio e empresas como a Petrobras fazem parte da disputa pelos investimentos e prioridades, exigindo desenvolvimentos tecnológicos específicos que podem desviar recursos necessários para fortalecer a BID.

Essa desconexão entre o foco acadêmico e a necessidade de inovação tecnológica militar impede a integração eficaz dos setores envolvidos. A ausência de uma agenda comum bem definida, que harmonize as prioridades da academia com as necessidades específicas da defesa, impacta diretamente o ritmo do desenvolvimento de inovações que poderiam beneficiar a segurança nacional. Além disso, a morosidade nos processos de contratação e gestão de projetos, aliada à burocracia rígida e à falta de coordenação entre as instituições, desestimula a participação de universidades e empresas em parcerias com o governo. Essa dinâmica negativa retarda a implementação de novos projetos conjuntos, limita a transferência de tecnologia e compromete a autonomia tecnológica do país, que depende de uma cooperação fluida e eficiente entre esses atores.

Outro desafio crítico é a escassez de profissionais especializados em áreas estratégicas como ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)⁶⁷. Essas áreas são fundamentais para a soberania tecnológica e a defesa nacional, exigindo mão de obra altamente qualificada. Essa escassez é agravada pela “fuga de cérebros”⁶⁸, com muitos profissionais migrando para

No contexto das universidades, a pesquisa básica está associada ao aprofundamento do conhecimento em áreas como física, química, biologia, matemática, entre outras ciências. Por exemplo, um pesquisador que estuda as propriedades fundamentais de materiais em nível molecular ou os mecanismos de uma doença pode não ter um produto ou solução prática em mente; seu objetivo é desvendar novos fatos sobre a realidade.

Na BID, no entanto, muitas vezes o foco está na **pesquisa aplicada**, que busca resolver problemas específicos, como o desenvolvimento de novas tecnologias militares, equipamentos de defesa ou sistemas de comunicação. A **pesquisa aplicada** é voltada diretamente para o uso prático, com metas como desenvolver novos produtos ou melhorar os existentes, como mísseis, veículos militares, sistemas de radar etc.

⁶⁷ **STEM** é um acrônimo em inglês para *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). Essas áreas do conhecimento são consideradas essenciais para o desenvolvimento econômico e tecnológico de um país, sendo centrais para a inovação, pesquisa científica e competitividade global. No contexto das forças armadas, áreas relacionadas ao STEM são particularmente importantes para o desenvolvimento de tecnologias de defesa, sistemas de comunicação, engenharia de armamentos e outros avanços técnicos que garantem a segurança e a soberania de um país. Além disso, a integração de universidades e forças armadas no desenvolvimento de projetos de pesquisa voltados para STEM pode fortalecer a Base Industrial de Defesa, promovendo uma maior autonomia tecnológica e inovação estratégica.

⁶⁸ A expressão “**fuga de cérebros**” (ou *brain drain*, em inglês) refere-se ao êxodo de profissionais altamente qualificados, como cientistas, engenheiros e pesquisadores, de um país para outro, geralmente em busca de melhores condições de trabalho, remuneração, infraestrutura ou oportunidades acadêmicas. Esse fenômeno afeta negativamente os países de origem, pois priva o desenvolvimento nacional de talentos essenciais para áreas estratégicas, como ciência, tecnologia e inovação.

setores mais atrativos ou para o exterior em busca de melhores oportunidades e remuneração. A concorrência com o setor privado, que frequentemente oferece salários mais altos e melhores condições de trabalho, exacerba as dificuldades em atrair e manter esses talentos. A exemplo, instituições como o ITA e o IME, responsáveis pela formação de engenheiros de alto nível, observam um número crescente de graduados optando por carreiras fora do setor de defesa (Jobin, 2023, p. 451).

Além da escassez de profissionais especializados, a dependência tecnológica de outros países amplifica as vulnerabilidades da BID (Carmona, 2023, p. 31). O desenvolvimento de tecnologias críticas, como sistemas de armas e soluções de cibersegurança, ainda depende, em grande medida, de inovações estrangeiras. Essa dependência torna o Brasil suscetível a embargos e pressões internacionais, comprometendo sua capacidade de manter a autonomia tecnológica necessária para a defesa nacional. Superar essa dependência requer esforços contínuos em P&D para fomentar a inovação tecnológica no país, além da formação de mão de obra qualificada, que ainda é insuficiente para atender às demandas da indústria de defesa.

As empresas que compõem a BID enfrentam obstáculos significativos no ambiente interno e externo. No contexto global, a competição acirrada no setor de defesa, com a entrada de novos competidores de mercados emergentes, como a China (Cagnin, 2023, p.180), que oferecem soluções tecnológicas complexas, sobretudo da indústria 4.0⁶⁹, a preços mais baixos, eleva a necessidade de diferenciação das empresas brasileiras. Para se manterem competitivas, essas empresas precisam investir fortemente em pesquisa, desenvolvimento e inovação, focando na criação de produtos de alta tecnologia e na especialização em nichos específicos. A corrida tecnológica mundial em áreas como inteligência artificial, sistemas autônomos e guerra cibernética exige uma postura proativa na busca por inovações disruptivas.

No contexto internacional, é importante considerar experiências bem-sucedidas de integração entre indústria, academia e setor militar. Brustolin (2023) destaca que, após a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos adotaram uma abordagem de inovação fortemente baseada na pesquisa científica aplicada à defesa nacional. O surgimento da bomba atômica e o início da Guerra Fria intensificaram essa necessidade, culminando na formação de complexos militar-industrial-acadêmico que se tornariam essenciais para manter a superioridade tecnológica americana.

⁶⁹ A **Indústria 4.0** refere-se à quarta revolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias avançadas como a internet das coisas (IoT, *Internet of Things*, em inglês), inteligência artificial (IA), computação em nuvem, big data e sistemas ciber-físicos, permitindo a automação e digitalização de processos industriais. Essa transformação promove a criação de fábricas inteligentes, onde máquinas, dispositivos e sistemas conectados interagem autonomamente e em tempo real, otimizando a produção e reduzindo custos.

Brustolin (2023) explora a evolução desses complexos, desde suas raízes no *National Defense Research Committee* (NDRC)⁷⁰ até a criação da *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA)⁷¹ em 1958. A DARPA, uma agência pequena e flexível, com cerca de 140 técnicos, se destaca por buscar inovações tecnológicas radicais, focando em projetos de alto risco e elevado impacto. Embora sua atuação esteja centrada na defesa, muitas de suas inovações acabaram por encontrar aplicações civis, consolidando um modelo de integração bem-sucedido entre pesquisa militar e desenvolvimento econômico.

A experiência da DARPA, no entanto, precisa ser adaptada à realidade brasileira. O Brasil enfrenta desafios específicos, como a instabilidade orçamentária e a burocracia excessiva, que dificultam o desenvolvimento de projetos de longo prazo. Ademais, a necessidade de estabelecer uma coordenação eficaz entre os atores da Hélice Tríplice é fundamental para o sucesso de iniciativas semelhantes.

Um exemplo positivo no Brasil é o desenvolvimento do cargueiro militar KC-390 pela Embraer. Esse projeto demonstrou a capacidade da indústria nacional de desenvolver tecnologias de ponta, gerar empregos qualificados e atender às necessidades das Forças Armadas. O sucesso do KC-390 comprova que, com o apoio adequado, a BID tem o potencial de se consolidar como um setor estratégico para o país. No entanto, a continuidade desse modelo depende de uma visão de longo prazo com investimentos constantes e uma política clara de fortalecimento da indústria de defesa.

Buscando enfrentar os desafios mencionados, a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) nº 55/2023 propõe destinar 2% do PIB anualmente à defesa, com pelo menos 35% desses recursos focados em projetos estratégicos que priorizem a indústria nacional (BRASIL, 2023c). Essa meta é similar à adotada por países membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN), que recomendam o investimento de 2% do PIB em defesa. Giesteira (2023, p. 414-425) explica que a proposta reflete uma posição já defendida por diversos ministros da

⁷⁰ O NDRC foi criado em 1940 nos Estados Unidos, durante a Segunda Guerra Mundial, com o objetivo de coordenar a pesquisa científica e o desenvolvimento de tecnologias militares. O comitê foi essencial para a mobilização de cientistas e engenheiros na criação de inovações que pudessem ser aplicadas na guerra, como o radar e o projeto Manhattan, que levou à criação da bomba atômica.

⁷¹ A DARPA é uma agência do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, criada em 1958 em resposta ao lançamento do satélite Sputnik pela União Soviética. Sua missão é desenvolver tecnologias de ponta e inovações disruptivas voltadas para a defesa militar. A DARPA é responsável por avanços significativos em áreas como internet, inteligência artificial e sistemas autônomos, sendo conhecida por financiar projetos de alto risco e grande impacto. Um dos exemplos mais notáveis de sua atuação é o desenvolvimento da ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*), o precursor da internet moderna, criado para melhorar a comunicação entre instituições militares e acadêmicas. Outro projeto de grande sucesso é o GPS (*Global Positioning System*), inicialmente desenvolvido para uso militar, mas amplamente utilizado por civis em todo o mundo em sistemas de navegação.

Defesa ao longo dos últimos anos, o que evidencia o amplo consenso sobre essa questão de Estado.

Conforme ilustram os gráficos⁷² apresentados, outros blocos e países com características geográficas ou econômicas comparáveis ao Brasil apresentam políticas de investimento em defesa significativamente superior. Países de proporções continentais, assim como aqueles com PIBs de porte similar, tendem a alocar parcelas mais robustas de seus PIBs para o setor de defesa, aproximando-se ou mesmo superando o percentual de 2%. Tal padrão é também observado entre os países do BRICS⁷³ (excluindo o Brasil), ainda que este bloco não estipule formalmente uma meta de investimento militar. Esse comportamento evidencia que, globalmente, nações com desafios geopolíticos e interesses estratégicos análogos ao Brasil reconhecem a necessidade de destinar recursos substanciais à defesa.

A análise dos dados revela que o Brasil se mantém consistentemente abaixo da média global e das médias desses blocos estratégicos, configurando uma posição desvantajosa em termos de capacidade de investimento militar. A proposta de destinar 2% do PIB à defesa, como sugere a PEC nº 55/2023, reflete, portanto, um esforço de alinhamento com padrões internacionais amplamente aceitos, posicionando o Brasil de modo mais coerente com as práticas de países de dimensão ou potencial estratégico comparável.

⁷² As análises gráficas foram realizadas com os seguintes grupos de países, organizados conforme a sua classificação geográfica, econômica e territorial:

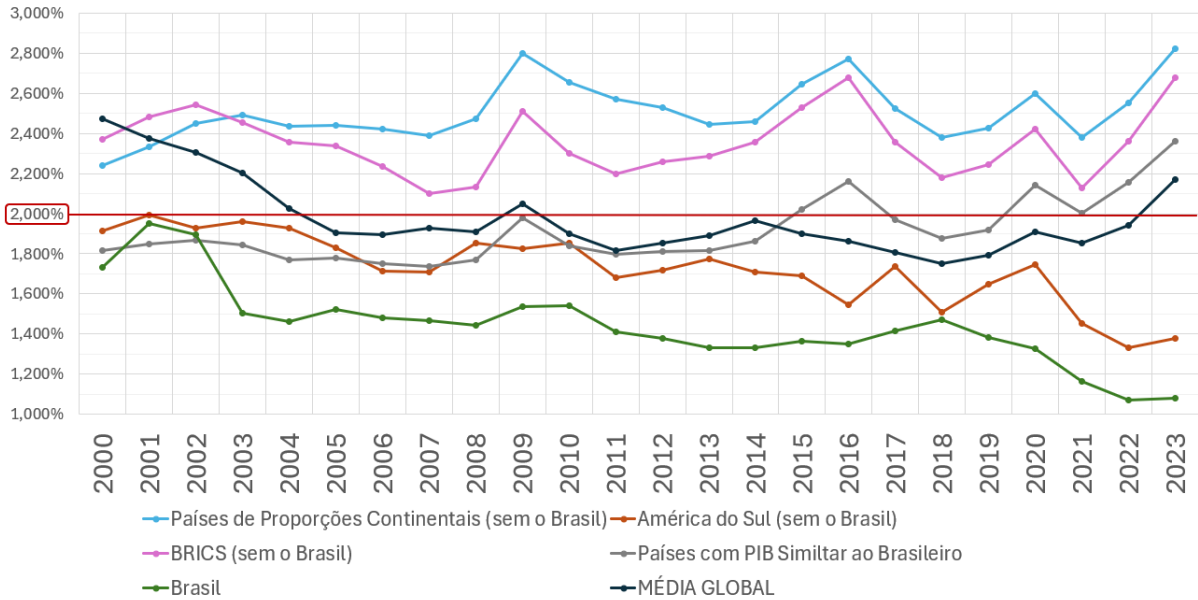
1. **Países de Proporções Continentais:** Canadá, Estados Unidos, China, Rússia e Austrália;
2. **América do Sul:** Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador, Guiana Inglesa, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela;
3. **BRICS:** Rússia, Índia, China e África do Sul;
4. **Países com PIB Similar ao Brasileiro:** Itália, Canadá, Rússia, México, Austrália e Coreia do Sul;
5. **Média Global:** Todos os países disponíveis no banco de dados do *SIPRI Military Expenditure Databas*.

Também foi feita a comparação sem a Rússia, em virtude dos esforços significativos no conflito da Crimeia e da Ucrânia, o que distorce os dados de investimento militar em relação a outros países.

Dados sobre gastos militares foram obtidos do *SIPRI Military Expenditure Database*, disponíveis em: <https://www.sipri.org/databases/milex>. Acesso em 29 set. 2024.

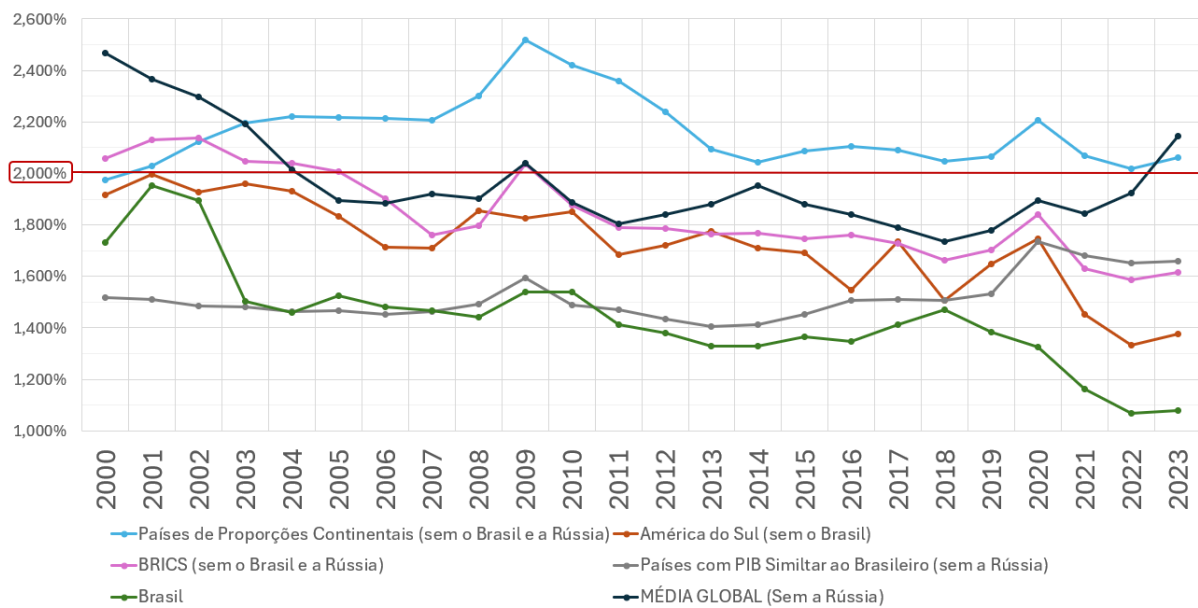
⁷³ O **BRICS** é um bloco econômico formado por cinco países emergentes: **Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul**. Os países do BRICS, juntos, detêm uma parte significativa dos recursos naturais do planeta, uma vasta força de trabalho e uma crescente relevância política e econômica. A criação do **Novo Banco de Desenvolvimento (NBD)**, com sede em Xangai, em 2014, foi uma das iniciativas importantes do grupo para apoiar projetos de infraestrutura e desenvolvimento sustentável tanto nos países membros quanto em outras economias emergentes.

Gráfico 2
Investimento em porcentagem do PIB em Defesa
Comparação: Brasil – Blocos Estratégicos



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do SIPRI (2024a).

Gráfico 3
Investimento em porcentagem do PIB em Defesa
Comparação: Brasil – Blocos Estratégicos (Sem a Rússia)



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados do SIPRI (2024a).

Em resumo, os desafios enfrentados pela BID são múltiplos e profundamente enraizados nas características estruturais da economia nacional e nas especificidades do setor de defesa. As limitações da BID refletem na dificuldade de modernização das Forças Armadas. A insuficiência de recursos e a falta de previsibilidade orçamentária agravam esses problemas, impedindo a execução de projetos estratégicos de longo prazo e comprometendo o desenvolvimento de sistemas avançados para cada uma das Forças, ampliando a dependência de tecnologias estrangeiras e colocando o Brasil em uma posição vulnerável em termos de soberania, problema agravado pela ausência, na prática, de uma estratégia nacional coesa e integrada. É importante ressaltar que, apesar de seus méritos, os programas estratégicos de defesa devem ser avaliados criticamente em relação a sua efetividade real em atender às demandas de segurança do país, além de considerar se os recursos estão sendo utilizados de maneira otimizada e se as pesquisas geradas estão realmente contribuindo para o fortalecimento da defesa nacional.

4. CONCLUSÃO

Uma BID robusta é fundamental para garantir a soberania e a autonomia estratégica de qualquer nação. No Brasil, essa relevância é ampliada pelo posicionamento geopolítico do país e pelos desafios relacionados à proteção de vastos recursos naturais e fronteiras sensíveis. Desde o início dos anos 2000, a BID brasileira tem passado por um processo de reestruturação, com foco na integração entre as Forças Armadas, o setor privado e as universidades, visando o fortalecimento da defesa nacional e o desenvolvimento econômico e tecnológico.

A promulgação da END em 2008 marcou um ponto de inflexão nesse processo, destacando a necessidade de reduzir a dependência tecnológica de fornecedores estrangeiros. Setores críticos como cibernética, tecnologia nuclear e indústria aeroespacial foram priorizados, incentivando a criação de sinergias entre empresas estatais e privadas, universidades e outras instituições nacionais, incluindo órgãos governamentais e centros de pesquisa. Essa articulação, baseada no modelo da Hélice Tríplice, tem impulsionado a inovação e o desenvolvimento tecnológico, fortalecendo a BID e ampliando a capacidade de resposta do Brasil no cenário internacional.

A integração entre universidades e Forças Armadas desempenha um papel cada vez mais relevante nesse contexto. A produção de conhecimento científico nas universidades é indispensável para o avanço tecnológico das Forças Armadas e da BID. Tecnologias de uso dual, como inteligência artificial, nanotecnologia e biotecnologia, têm demonstrado grande potencial para aprimorar tanto a capacidade militar quanto para criar oportunidades comerciais para a indústria nacional.

Essa colaboração tem promovido a criação de polos de inovação e parques tecnológicos dedicados à defesa, como o Parque Tecnológico de São José dos Campos. Projetos como o desenvolvimento do caça Gripen NG, em parceria com a Saab e que envolvem transferência de tecnologia e formação de profissionais, exemplificam o sucesso dessa integração. A participação das universidades no desenvolvimento da BID também gera impactos sociais positivos, democratizando o acesso ao conhecimento e aproximando a sociedade civil de questões relacionadas à defesa nacional. Essa aproximação é essencial para fortalecer a cultura de defesa no país, garantindo o respaldo social e político necessário para a continuidade e evolução da BID a longo prazo.

No entanto, apesar dos avanços registrados, a implementação dessa estratégia enfrenta obstáculos significativos. Entre os principais desafios estão a falta de financiamento adequado e contínuo, a burocracia governamental e as diferenças culturais entre a academia, que valoriza

a disseminação do conhecimento, e as Forças Armadas, que priorizam a confidencialidade. A insuficiência de investimentos em P&D e a contínua dependência tecnológica em certos setores também comprometem a plena consolidação da BID.

A experiência de outros países pode oferecer insights valiosos. Nos Estados Unidos, a integração efetiva entre universidades, indústria e governo, por meio de agências como a DARPA, tem sido fundamental para seu desenvolvimento tecnológico. A França e a Suécia também demonstram modelos bem-sucedidos de cooperação, com políticas de incentivo à inovação e investimento contínuo em educação e pesquisas como o DGA, que coordena as atividades de defesa, promovendo um desenvolvimento tecnológico estratégico, e o *cluster* de Linköping, que estabeleceu um ecossistema de inovação integrado.

Neste cenário, o papel do Estado é crucial para assegurar que o desenvolvimento da BID esteja alinhado aos interesses nacionais, por meio da coordenação e do investimento em P&D através de órgãos como a CMID e instituições de fomento como o BNDES e a FINEP. A criação de marcos regulatórios, como a Lei nº 12.598/2012, que instituiu o RETID, e a definição clara de uma PND também representa um avanço na tentativa de fortalecer o setor privado na BID, oferecendo incentivos fiscais e reduzindo barreiras para a produção de bens estratégicos.

Entretanto, é fundamental que gestores, legisladores, empresários e representantes de órgãos públicos avaliem, criticamente, a eficácia dessas políticas, uma vez que, apesar dos incentivos, persistem falhas na coordenação entre ministérios e diferentes níveis de governo, o que dificulta a implementação de ações mais eficazes e resulta, por vezes, na sobreposição de esforços e desperdício de recursos.

Além das políticas domésticas, a cooperação internacional tem sido fundamental para o fortalecimento da BID. A parceria entre Brasil e França no PROSUB é um exemplo bem-sucedido de como colaborações internacionais podem promover o desenvolvimento de capacidades tecnológicas complexas. Para ampliar a participação do Brasil nas CGV, é necessário buscar parcerias internacionais que permitam acesso a novas tecnologias e mercados sem comprometer a soberania nacional. Contudo, essas colaborações devem ser geridas com cautela para assegurar a plena autonomia tecnológica do Brasil em setores estratégicos, garantindo que resultem em transferência efetiva de tecnologia e capacitação nacional, integrando a produção de tecnologias militares e sistemas de defesa em nível internacional.

Ademais, a integração entre universidades e Forças Armadas possui implicações geopolíticas e estratégicas significativas. Em um contexto internacional, onde o conhecimento científico é considerado um ativo essencial para a segurança nacional, a capacidade do Brasil de inovar e desenvolver tecnologias de defesa em colaboração com suas instituições acadêmicas

pode reduzir substancialmente a dependência de tecnologias estrangeiras. Essa parceria está em plena consonância com os objetivos estabelecidos na PND, que visa preservar a soberania tecnológica do país, especialmente em setores críticos como o nuclear, cibernético e espacial.

Para superar esses desafios, cresce de importância a condução de uma estratégia nacional de longo prazo, com políticas consistentes que promovam uma maior integração entre o setor privado e o público, juntamente com um ambiente regulatório estável e menos burocrático.

A formação de recursos humanos altamente qualificados é outro ponto crucial. Alinhar parte dos currículos universitários e incentivar a condução de pesquisas e projetos alinhados às demandas da BID, tem o potencial de preparar profissionais mais aptos para enfrentar os desafios futuros do setor de defesa

Por fim, a participação das universidades no desenvolvimento da BID não se limita apenas a questões tecnológicas. Ela também tem o potencial de gerar impacto social, democratizando o acesso ao conhecimento e às inovações e aproximando a sociedade civil de questões relacionadas à defesa nacional. Essa aproximação é essencial para fortalecer a cultura de defesa no país, garantindo o respaldo social e político necessário para a continuidade e evolução da BID a longo prazo.

Em suma, a integração entre universidades e Forças Armadas é essencial para o fortalecimento da BID brasileira. Essa cooperação tem o potencial de impulsionar o desenvolvimento tecnológico autônomo, reduzir a dependência de tecnologias estrangeiras e consolidar a posição do Brasil em um cenário geopolítico cada vez mais complexo. Ao enfrentar os desafios atuais e investir na continuidade dessa integração, o Brasil poderá garantir sua soberania e segurança nacional, promovendo o desenvolvimento econômico e tecnológico sustentável.

REFERÊNCIAS

ABDAN. USP aprova criação de mestrado profissional em engenharia nuclear. ABDAN, 2022. Disponível em: <<https://abdan.org.br/2022/10/05/usp-aprova-criacao-de-mestrado-profissional-em-engenharia-nuclear/>>. Acesso em: 22 set. 2024.

ASSIS, Roberto Alex Ramos de. O desenvolvimento do KC-390 pela Embraer, alavancando a Base Industrial de Defesa: contribuição para a soberania nacional. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Militares) – Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/1083/1/TCC%20ROBERTO%20ALEX%20RAMOS%20DE%20ASSIS.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2024.

AMARANTE, José Carlos Albano do. *A Base Industrial de Defesa Brasileira*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1091/1/TD_1758.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2024.

ANDRADE, Israel de Oliveira. *Base Industrial de Defesa: contextualização histórica, conjuntura atual e perspectivas futuras*. In: Mapeamento da Base Industrial de Defesa. Brasília: IPEA, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2024.

BRASI. Agência Espacial Brasileira (AEB). *Cooperação Internacional: França*. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/cooperacao-internacional/franca>>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira (AEB). Acordo de cooperação técnica impulsiona pesquisa em geodésia espacial no Brasil. Publicado em: 22 dez. 2023a. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/acordo-de-cooperacao-tecnica-impulsiona-pesquisa-em-geodesia-espacial-no-brasil>>. Acesso em: 23 set. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira (AEB). Parceria entre AEB e UNB gera conhecimento para o setor espacial. Publicado em: 5 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/parceria-entre-aeb-e-unb-gera-conhecimento-para-o-setor-espacial>>. Acesso em: 23 set. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira (AEB). *PDI-CEA: Programa de desenvolvimento integrado para o Centro Espacial de Alcântara*. Brasília: AEB, 2022c. 223 p.: il. color. ISBN 978-65-980268-0-6. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacaoes-programa-e-projetos/programa-de-desenvolvimento-integrado-para-o-centro-espacial-de-alcantara-2013-pdi-cea/pdi-cea-versao-0-90comp.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Agência Espacial Brasileira (AEB). *Programa Nacional de Atividades Espaciais: PNAE BRASIL. 2022-2031*. Brasília, DF: AEB, 2023d. Disponível em: <<https://www.gov.br/aeb/pt-br/programa-espacial-brasileiro/politica-organizacaoes-programa-e-projetos/programa-nacional-de-atividades-espaciais>>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Alteração no calendário do programa Pró-Defesa*. Publicado em: 01 mar. 2024f. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/alteracao-no-calendario-do-programa-pro-defesa>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *CAPES divulga projetos a serem apoiados pelo Pró-Defesa V*. Publicado em: 25 jul. 2024g. Atualizado em: 30 ago. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/capes-divulga-projetos-a-serem-apoiados-pelo-pro-defesa-v#:~:text=O%20Pr%C3%B3%20Defesa%20V%20incentiva,na%20C3%A1rea%20de%20Defesa%20Nacional>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Defesa Nacional (Pró-Defesa)*. Publicado em: 01 jan. 2014. Atualizado em: 22 jul. 2024e. Disponível em: <<https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/bolsas/programas-estrategicos/formacao-de-recursos-humanos-em-areas-estrategicas/pro-defesa>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm#:~:text=I%20%2D%20construir%20uma%20sociedade%20livre,quaisquer%20outras%20formas%20de%20discrimina%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Decreto nº 3.080, de 10 de junho de 1999. Aprova a Estrutura Regimental do Ministério da Defesa e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3080.htm>. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Decreto nº 6.703, de 18 de dezembro de 2008. *Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências*. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11169.htm>. Acesso em: 26 jul. 2024.

BRASIL. Decreto nº 11.169, de 10 de agosto de 2022. *Institui a Política Nacional da Base Industrial de Defesa - PNBID*. Brasília, DF, 2022a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11169.htm>. Acesso em: 26 jul. 2024.

BRASIL. Diário Oficial da União: Seção 2, p. 5, 16 maio 2005. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/610179/pg-5-secao-2-diario-oficial-da-uniao-dou-de-16-05-2005>>. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Escola Superior de Defesa. *Programa Pró-Defesa V é lançado na ESD*. Publicado em: 09 out. 2024h. Atualizado em: 09 out. 2024h. Disponível em: <<https://www.gov.br/esd/pt-br/central-de-conteudo/noticias/programa-pro-defesa-v-e-lancado-na-esd>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. IME assina acordo de cooperação técnica com a Universidade Federal de Pernambuco. Publicado em: 12 mar. 2024. 2024c. Disponível em: <<https://www.eb.mil.br/web/noticias/w/ime-assina-acordo-de-cooperacao-tecnica-com-a-universidade-federal-de-pernambuco>>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. Projeto Guarani. [s.d.d]. Disponível em: <<http://www.dct.eb.mil.br/index.php/component/content/article?id=88:projeto-guarani>>. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Exército Brasileiro. *Sistema Integrado de Monitoramento de Fronteiras (SISFRON)*. Publicado em: 06 jun. 2017. Disponível em: <<https://inovaexercito.eb.mil.br/index.php/sisfron>>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. *EMB-314 / A-29 Super Tucano*. [s.d.a]. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/eda/index.php/2015-04-24-14-30-17#:~:text=EMB%2D314%20%7C%20A%2D29%20Super%20Tucano&text=O%20Embraer%20EMB%2D314%20Super,avan%C3%A7os%20em%20avi%C3%B4nicos%20e%20armamentos>>. Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Força Aérea Brasileira. *Programa Estratégico de Sistemas Espaciais: O que é o PESE*. Brasília, DF: FAB, [s.d.e]. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/ccise/index.php/o-que-e-o-pese>>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Instituto Militar de Engenharia. Modelagem e Simulação do Sistema de Freio ABS da VBTP-MR Guarani 6X6. 2020b. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ime.eb.mil.br/images/arquivos/graduacao/mecanica/pfcs/2020/Modelagem_e_Simulacao_do_Sistema_de_Freio_ABS_da_VBTP_MR_Guarani_6X6.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.598, de 21 de março de 2012. *Estabelece normas especiais para as compras, contratações e desenvolvimento de produtos e sistemas de defesa, e dá outras providências*. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12598.htm>. Acesso em: 03 set. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Amazônia Azul*. [s.d.b]. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/>. Acesso em: 21 set. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Instituto Naval de Pós-Graduação realiza reunião com COPPE/UFRJ*. Marinha do Brasil, 2023b. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/noticias/instituto-naval-de-pos-graduacao-realiza-reuniao-com-coppe-ufrj>>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Parceria entre Marinha e IPEN forma operadores de reator de pesquisa*. Por Edwaldo Costa. 27 maio 2024j. Disponível em: <<https://www.agencia.marinha.mil.br/ciencia-e-tecnologia/parceria-entre-marinha-e-ipen-forma-operadores-de-reator-de-pesquisa>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Parceria estratégica: Marinha do Brasil fortalece setor nuclear em colaboração com a UFRJ*. Por Edwaldo Costa. 13 jun. 2024i. Disponível em: <<https://www.agencia.marinha.mil.br/ciencia-e-tecnologia/parceria-estrategica-marinha-do-brasil-fortalece-setor-nuclear-em-colaboracao>>. Acesso em: 13 out. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Plano Estratégico da Marinha (PEM 2040)*. Estado-Maior da Armada. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 2020d. 88 p.: il. color. ISBN 978-65-991468-0-0. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sites/all/modules/pub_pem_2040/book.html>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. Programa Classe Tamandaré. [s.d.f]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/programa-classe-tamandare>>. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. Programa Nuclear da Marinha. Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, [s.d.c]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/ctmsp/programa-nuclear-da-marinha>>. Acesso em: 22 ago. 2024.

BRASIL. Marinha do Brasil. *Veículo não tripulado aumentará fiscalização das águas brasileiras*. [s.d.g]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/veiculo-nao-tripulado-aumentara-fiscalizacao-das-aguas-brasileiras>>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Bases legais e benefícios para a BID*. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/industria-de-defesa/conheca-a-secretaria-de-produtos-de-defesa-seprod/bases-legais/bases-legais-e-beneficios-para-a-bid>. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Cartilha de Projetos Estratégicos*. [S.l.], 2020c. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/industria-de-defesa/copy_of_cartilha_projetosestrategicos_pt_final_site.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Conheça a Secretaria de Produtos de Defesa (SEPROD)*. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/industria-de-defesa/conheca-a-secretaria-de-produtos-de-defesa-seprod>>. Acesso em: 6 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Portaria EME/C Ex nº 1.270, de 5 de março de 2024. *Aprova a Diretriz de Implantação do Projeto Sistema de Defesa Cibernética do Exército (EB20-D-02.032)*. Brasília, DF, 2024d. Disponível em: <https://www.sgex.eb.mil.br/sg8/006_outras_publicacoes/01_diretrizes/04_estado-maior_do_exercito/port_n_1.270_eme_26fev2024.html>. Acesso em: 10 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Livro Branco de Defesa Nacional*. Brasília, DF: MD, 2012b. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/estado_e_defesa/livro_branco/Versao2012dolivroLBDNportuguescompactado.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Livro Branco de Defesa Nacional*. Brasília: MD, 2020a. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/livro_branco_congresso_nacional.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Plano Plurianual Estratégico de Defesa – 2020-2023*. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020e. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/orgaos-vinculados/conselho-superior-de-governanca-do-ministerio-da-defesa/pped_final_internet_verso_grafica.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Política Nacional da Indústria de Defesa*. 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/industria-de-defesa/base-industrial-de-defesa/arquivos/pnid_politica_nacional_da_industria_de_defesa.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa*. Brasília, DF, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Investimentos em defesa irão gerar 130 mil empregos até 2030, diz ministro em audiência pública na Câmara dos Deputados*. Brasília, 2024a. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/investimentos-no-setor-irao-gerar-130-mil-empregos-ate-2030-diz-ministro-da-defesa-em-audiencia-publica-na-camara-dos-deputados#:~:text=Todo%20o%20parque%20industrial%20de,de%20trabalho%20diretos%20e%20indiretos.>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Defesa. *Até julho de 2024, exportações de produtos de defesa somaram R\$ 8,4 bilhões superando o total do ano passado*. Brasília, 2024b. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/ate-julho-de-2024-exportacoes-de-produtos-de-defesa-somaram-r-8-4-bilhoes-superando-o-total-do-ano-passado>>. Acesso em: 07 ago. 2024.

BRASIL. Senado Federal. Proposta de Emenda à Constituição nº 55, de 2023c. *Altera a Constituição Federal, para estabelecer programação orçamentária mínima para o Ministério da Defesa e dispor sobre projetos estratégicos para a Defesa Nacional, e acrescenta artigo ao Ato das Disposições Constitucionais Transitórias, para estabelecer regra de transição*. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9490886&ts=1701784381180&disposition=inline>>. Acesso em: 03 set. 2024.

BRUSTOLIN, Vitelio. *O complexo militar-industrial-acadêmico dos Estados Unidos e a atuação da DARPA*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança*. Brasília: CNI, 2023, p. 375-408. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

CAGNIN, Rafael. *Tendências recentes das cadeias globais: entre riscos e oportunidades*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança*. Brasília: CNI, 2023, p. 173-190. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

CARMONA, Ronaldo Gomes. *Um mundo em transformação: desafios para a defesa nacional (Síntese dos policy papers)*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 39-76. Disponível em:

<https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>.

Acesso em: 03 set. 2024.

EMBRAER. *C-390 Millennium*. [s.d.]. Disponível em: <<https://defense.embraer.com/pt/air/c-390/#:~>

=Pontos%20principais%3A%20Alta%20velocidade%3A%20Mach,vis%C3%A3o%20noturna%20e%20Radar%20t%C3%A1tico>. Acesso em: 11 out. 2024.

ETZKOWITZ, Henry. *The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation in Action*. New York: Routledge, 2008. 164 p.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. The Dynamics of Innovation: From National Systems and Mode 2 to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Research Policy*, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/222547985_The_Dynamics_of_Innovation_From_National_Systems_and_Mode_2_to_a_Triple_Helix_of_University-Industry-Government_Relations>. Acesso em: 22 ago. 2024.

ETZKOWITZ, Henry; LEYDESDORFF, Loet. *The Triple Helix: University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development*. *EASST Review*, v. 14, n. 1, p. 14-19, 1995. Disponível em:

<https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085>. Acesso em: 22 mai. 2024.

FERNANDES, Luis. *Ciência, tecnologia e inovação e estrutura de defesa*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 453-457. Disponível em:

<https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>.

Acesso em: 03 set. 2024.

FERREIRA, Marcos José Barbieri. Plataforma aeronáutica militar. In: ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em:

<https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2024.

GIESTEIRA, Luís Felipe. *As políticas de autonomia tecnológica e de desenvolvimento da base industrial de defesa brasileira de 2008 a 2022: apontamentos para seu aprimoramento em contexto de restrição fiscal*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 409-442. Disponível em:

<https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>.

Acesso em: 03 set. 2024.

GONÇALVES, Renata Cardoso. *Gerenciamento de uma Cultura Voltada para o Desempenho: um estudo de caso*. 2003. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=4383@1>>. Acesso em: 03 ago. 2024.

GOVERNO DE SÃO PAULO. Parceria USP e Exército. Publicado em: 1 ago. 2020. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/parceria-entre-usp-e-exercito-promove-pesquisas-sobre-seguranca-e-defesa/>>. Acesso em: 20 set. 2023.

JOBIM, Nelson. *Estrutura de defesa e ameaças ao Brasil*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 443-452. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

LADEIRA JÚNIOR, Paulo Cesar. *A ascensão e queda, e os desafios ao crescimento das empresas de defesa Avibras e Engesa*. 2013. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.coppead.ufrj.br/wp-content/uploads/2021/06/Paulo_Ladeira_Junior.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2024.

LEITE, Alixandro Werneck; CÔRREA, Fernanda das Graças; ASSIS, Jonathan de Araujo de. Propulsão nuclear. In: ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2024.

LESKE, Ariela. Competitividade e instituições: a importância do regime institucional na dinâmica de crescimento do Brasil. 2013. 217 f. Tese (Doutorado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PPGE/teses/2013/Ariela%20Leske.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2024.

LESKE, Ariela Cordeiro. Armas e munições leves e pesadas e explosivos. In: ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2024.

MATOS, Patrícia de Oliveira. *Sistemas espaciais voltados para defesa*. In: ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2024.

MELO, Regiane Gonçalves de. *Recomendações políticas à luz da experiência da DGA/França*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 363-374. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

MINEIRO, Andréa Aparecida da Costa; SOUZA, Thais Assis; CASTRO, Cleber Carvalho de. Desafios e críticas ao modelo de hélice tríplice: uma revisão integrativa. *Desenvolvimento em Questão*, Ijuí, v. 18, n. 52, p. 233-248, jul./set. 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/9439/6431>>. Acesso em: 28 nov. 2024.

MISSAGIA, Raquel dos Santos. *Análise em dois níveis da cooperação espacial entre Brasil e Ucrânia (1995-2015): ou sonhos de uma noite de verão na política internacional*. 2023. Tese (Doutorado em Estudos Estratégicos) – Instituto de Estudos Estratégicos, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2023. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/31761>>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MORAES, Rodrigo Fracalossi de. *A inserção externa da indústria brasileira de defesa: 1975-2010*. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1715.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2024.

NEGRETE, Ana Carolina Aguilera. *Plataforma naval militar*. In: ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 maio 2024.

ROSENDO, Roberto Cezar; LIMA, Átila Márcio da Silveira. Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB) – Avaliação do Processo de Transferência de Tecnologia e Nacionalização da Produção. In: PEDONE, Luiz; VEDUNG, Evert (orgs.). *Avaliação de Políticas Públicas: Programas Militares Complexos*. Rio de Janeiro: Luzes - Comunicação, Arte & Cultura, 2018. p. 17-42. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/7906/1/AvPolPub%20%20Programas_Militares_%20Complexos%20Pedone%20-%20Vedung%20-%20arq.%20online%20.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2024.

PLUM, Mariana Nascimento. *Livro Branco de Defesa: Por quê? Para quê? Para quem?* IREE, 9 dez. 2020. Disponível em: <<https://iree.org.br/defesa/livro-branco-de-defesa-por-que-para-que-para-quem/>>. Acesso em: 6 out. 2024.

PODER NAVAL. Marinha do Brasil lança RFP do Programa Estratégico Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz). *Poder Naval*, 19 jul. 2023. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2023/07/19/marinha-do-brasil-lanca-rfp-do-programa-estrategico-sistema-de-gerenciamento-da-amazonia-azul-sisgaaz/>>. Acesso em: 11 out. 2024.

PUC-CAMPINAS. Convênio de Cooperação com o Exército. Publicado em: 2 maio 2024. Disponível em: <<https://www.puc-campinas.edu.br/puc-campinas-assina-convenio-de-cooperacao-com-o-exercito/>>. Acesso em: 20 set. 2023.

ROCHA, Igor; CORONA, Rafael. *Custo Brasil, desindustrialização e estratégias industriais*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 159-172. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

SAAB. *Programa Gripen Brasileiro*. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.Saab.com/pt-br/markets/brasil/programa-gripen-brasileiro>>. Acesso em: 20 set. 2024.

SILVA, Mayane Bento; CORRÊA, Adenilson Costa; CARDOSO, Juliana Ferreira; OLIVEIRA, Luís Felipe Pinto de; SILVA, Luiz Gustavo Lavandoski da; BRAGA, Valéria Rosa. *Defesa Cibernética Brasileira: o uso do SIMOCA para a formação de combatentes*. Universidade da Amazônia, Belém, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/ajuste-01/ensino_e_pesquisa/defesa_academia/cadn/XV_cadn/defesaa_ciberneticaa_brasileiraa_oa_usoa_doa_simoca_paraa_aa_formacao_dea_combatentes.pdf>. Acesso em: 11 out. 2024.

SIPRI – Stockholm International Peace Research Institute. *Military Expenditure Database*. 2024a. Disponível em: <<https://www.sipri.org/databases/milex>>. Acesso em: 30 set. 2024.

SIPRI. *Trends in International Arms Transfers, 2023*. SIPRI Fact Sheet, 2024b. Disponível em: <https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-03/fs_2403_at_2023.pdf#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Fwww.sipri.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2024>. Acesso em: 30 jul. 2024.

SOUSA, Caio Humberto da Cruz. Política de OFFSET e transferência de tecnologia: o caso F-X2. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23537/3/PoliticaOffsetTranferencia.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2024.

TELEBRAS. Conheça o SGDC – *Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas*. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.telebras.com.br/telebras-sat/conheca-o-sgdc/>>. Acesso em: 20 set. 2024.

TELLES, Mário Sérgio Carraro; GUERRA, Fábio Bandeira; RODRIGUES, Allana Macedo. *Inserção do Brasil em cadeias globais de valor depende de melhorias no sistema tributário nacional*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 207-222. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). Acordo de cooperação com a Agência Espacial Brasileira. Publicado em: 10 fev. 2013. Disponível em: <<https://unbciencia.unb.br/exatas/39-engenharia-aeroespacial/61-unb-assina-acordo-de-cooperacao-com-agencia-espacial-brasileira>>. Acesso em: 23 set. 2024.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UnB). Colaboração: Universidade celebra acordo com o Exército Brasileiro para desenvolvimento tecnológico. Notícias UnB, Brasília, 10 set. 2024. Disponível em: <<https://noticias.unb.br/informes/7535-universidade-celebra-acordo-com-o-exercito-brasileiro-para-desenvolvimento-tecnologico>>. Acesso em: 10 set. 2024.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). USP e Embraer fortalecem parceria em pesquisa e formação profissional. Publicado em: 25 jul. 2023. Disponível em: <<https://saocarlos.usp.br/usp-e-embraer-fortalecem-parceria-em-pesquisa-e-formacao-profissional>>. Acesso em: 23 set. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). Ecossistema de Inovação da COPPE. COPPE/UFRJ, 2023a. Disponível em: <<https://coppe.ufrj.br/ecossistema-de-inovacao-da-coppe/>>. Acesso em: 9 out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). *UFRJ lança sua primeira incubadora social e ambiental*. Conexão UFRJ, 6 jun. 2023b. Disponível em: <<https://conexao.ufrj.br/2023/06/ufrj-lanca-sua-primeira-incubadora-social-e-ambiental/>>. Acesso em: 9 out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (UFRN). UFRN e Força Aérea Brasileira assinam acordo de cooperação acadêmica. Publicado em: 09 abr. 2019. Disponível em: <<https://ufrn.br/imprensa/noticias/24526/ufrn-e-forca-aerea-brasileira-assinam-acordo-de-cooperacao-academica>>. Acesso em: 23 set. 2024.

VAZ, Alcides Costa. *Tendências do cenário geopolítico contemporâneo: repercussões para o Brasil*. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023, p. 143-158. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 03 set. 2024.

VIANELLO, Juliano Melquiades. *Sistemas eletrônicos e sistemas de comando e controle*. In: ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília: ABDI; Ipea, 2016. Disponível em: <https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/160706_livro_mapeamento_defesa.pdf>. Acesso em: 06 maio 2024.

VITAL, José Vagner. Panorama dos desafios da indústria de defesa e segurança brasileira: space business em foco. In: CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Panorama dos desafios brasileiros da indústria de defesa e segurança. Brasília: CNI, 2023. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/1c/221c0389-d2be-41cd-8b75-2db116cae368/id_242698_panorama_dos_desafios_brasileiros_da_industria_web.pdf>. Acesso em: 01 maio 2024.