

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CC MARCOS DA SILVA ALMEIDA JUNIOR

A INFLUÊNCIA DA TRÍPLICE HÉLICE NA INDÚSTRIA DE DEFESA:
Estudo Comparativo entre Estados Unidos e Brasil.

Rio de Janeiro

2023

CC MARCOS DA SILVA ALMEIDA JUNIOR

A INFLUÊNCIA DA TRÍPLICE HÉLICE NA INDÚSTRIA DE DEFESA:
Estudo Comparativo entre Estados Unidos e Brasil.

Dissertação apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para conclusão do Curso de Estado-Maior para Oficiais Superiores.

Orientador: CMG (IM) Leonardo Freitas do Amaral.

Rio de Janeiro
Escola de Guerra Naval
2023

DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR

Declaro que este trabalho acadêmico: a) corresponde ao resultado de investigação por mim desenvolvida, enquanto discente da Escola de Guerra Naval (EGN); b) é um trabalho original, ou seja, que não foi por mim anteriormente utilizado para fins acadêmicos ou quaisquer outros; c) é inédito, isto é, não foi ainda objeto de publicação; e d) é de minha integral e exclusiva autoria.

Declaro também que tenho ciência de que a utilização de ideias ou palavras de autoria de outrem, sem a devida identificação da fonte, e o uso de recursos de inteligência artificial no processo de escrita constituem grave falta ética, moral, legal e disciplinar. Ademais, assumo o compromisso de que este trabalho possa, a qualquer tempo, ser analisado para verificação de sua originalidade e ineditismo, por meio de ferramentas de detecção de similaridades ou por profissionais qualificados.

Os direitos morais e patrimoniais deste trabalho acadêmico, nos termos da Lei 9.610/1998, pertencem ao seu Autor, sendo vedado o uso comercial sem prévia autorização. É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos e ideias expressas neste trabalho acadêmico são de responsabilidade do Autor e não retratam qualquer orientação institucional da EGN ou da Marinha do Brasil.

**ASSINATURA PELO GOV.BR
(LOCAL DA CHANCELA)**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, rendo graças a Deus, fonte inesgotável de amor e sabedoria, por iluminar o meu caminho nesta jornada e por me fornecer força e orientação nos momentos de incerteza e desafio.

À minha amada esposa Cátia, cujo apoio incondicional foi o alicerce desta caminhada, e aos nossos queridos filhos, Paulo, Daniel e Alice, que me motivaram com seu amor e carinho, expresso minha eterna gratidão. Cada um de vocês foi uma inspiração constante que me impulsionou a seguir em frente.

Aos meus pais, Marcos, cuja memória sempre me fortaleceu, e Fátima, cujo amor e dedicação inabaláveis me moldaram, agradeço do fundo do meu coração.

Estendo meu profundo reconhecimento aos meus sogros, Júlio e Rute, cuja ajuda e compreensão foram fundamentais. Vossas palavras e gestos solidários fazem parte desta conquista.

Minhas irmãs, Priscilla e Carolina, e seus respectivos maridos, Alexandre e Jonatas, ocupam um lugar especial neste agradecimento. A solidariedade e o afeto que sempre demonstraram fortaleceram-me na busca deste sonho.

Aos meus cunhados, Cíntia e Marco, agradeço pelas palavras amigas e pelo encorajamento que tantas vezes foram necessários. Vocês são parte essencial deste sucesso.

Aos meus sobrinhos, Gabriel, Henrique, Lara, Guilherme e Arthur, quero deixar uma palavra de amor e gratidão. A alegria que vocês sempre me trouxeram foi um alento nos momentos de exaustão.

Aos meus amigos de turma, que estiveram ao meu lado em cada etapa, compartilhando os desafios e as conquistas, meu sincero agradecimento. Cada um de vocês contribuiu para fazer deste percurso uma experiência enriquecedora e inesquecível.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de expressar minha gratidão ao meu orientador, CMG (IM) Leonardo Freitas do Amaral. Sua experiência, paciência e dedicação foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua capacidade de orientar tornou esta dissertação possível.

A todos vocês, meu mais sincero e caloroso obrigado.

RESUMO

O objetivo desta dissertação é realizar um estudo comparativo sobre a evolução tecnológica nos Estados Unidos e no Brasil, com foco na indústria de defesa. Será analisado o legado da Segunda Guerra Mundial nos Estados Unidos e a relação entre o governo e a pesquisa científica. Também serão abordadas as teorias influentes que surgiram nesse período e os principais resultados alcançados. No caso brasileiro, será explorado o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa, seus desafios e o caso notável da Embraer. A teoria da Tríplice Hélice será utilizada para comparar a interação entre universidades, indústria e governos na promoção da inovação tanto dos Estados Unidos quanto do Brasil. Cabe mencionar que o conceito da Tríplice Hélice explora a importância da colaboração entre essas três instituições para o desenvolvimento tecnológico e a inovação. Nesse contexto, o estudo destaca a importância da integração entre ciência, indústria e forças armadas para assegurar a segurança nacional e a primazia dos Estados Unidos, conforme detalhado no relatório de Vannevar Bush, *Science, The Endless Frontier*. Com olhar focado no cenário brasileiro, serão verificados os desafios enfrentados pela Base Industrial de Defesa, como a falta de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e a dependência de tecnologia estrangeira. Em suma, o estudo apresenta uma análise comparativa da evolução tecnológica na indústria de defesa nos Estados Unidos e no Brasil, destacando as forças históricas e culturais que moldaram a inovação em ambos os países.

Palavras-chave: Evolução tecnológica; Indústria de defesa; Teoria da Tríplice Hélice; Inovação; Base Industrial de Defesa; Embraer.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACS -	<i>Alcântara Cyclone Space</i>
ARPA -	Advanced Research Projects Agency
ARPANET -	Advanced Research Projects Agency Network
BID -	Base Industrial de Defesa
CLA -	Centro de Lançamento de Alcântara
CLBI -	Centro de Lançamento da Barreira do Inferno
CSN -	Companhia Siderúrgica Nacional
CTA -	Centro Tecnológico da Aeronáutica
CTEx -	Centro Tecnológico de Exército
DARPA -	Defense Advanced Research Projects Agency
DoD -	Department of Defense
Embraer -	Empresa Brasileira de Aviação
EUA -	Estados Unidos da América
FAB -	Força Aérea Brasileira
IPD -	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento
IPqM -	Instituto de Pesquisas da Marinha
IME -	Instituto Militar de Engenharia
ITA -	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
MIT -	Massachusetts Institute of Technology
NACA -	National Advisory Committee on Aeronautics
NASA -	National Aeronautics and Space Administration
NDRC -	National Defense Research Committee
NSF -	National Science Foundation
OSRD -	Office of Scientific Research and Development
P&D -	Pesquisa e Desenvolvimento
RAF -	Royal Air Force
SAGE -	Semi-Automatic Ground Environment
TCP/IP -	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UE -	União Europeia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	A INFLUÊNCIA HISTÓRICA E CULTURAL NA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS ESTADOS UNIDOS	10
2.1	O LEGADO DA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL	10
2.2	O INÍCIO DE UM NOVO PARADIGMA	13
2.3	O SURGIMENTO DA TEORIA	15
2.4	EVOLUÇÃO NO PERÍODO PÓS-GUERRA	17
2.5	PRINCIPAIS RESULTADOS ALCANÇADOS	18
3	BASE INDUSTRIAL DE DEFESA NO BRASIL: TRAJETÓRIA, DESAFIOS E APRENDIZADOS	24
3.1	TRAJETÓRIA E DESAFIOS DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA BRASILEIRA	24
3.2	O CASO EMBRAER: AUTONOMIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	28
3.3	PARCERIA BRASIL-UCRÂNIA: O CASO DA <i>ALCÂNTARA CYCLONE SPACE</i>	30
4	A TRÍPLICE HÉLICE E A INDÚSTRIA DE DEFESA: COMPARAÇÕES ENTRE O MODELO AMERICANO E O BRASILEIRO	35
4.1	A INDÚSTRIA DE DEFESA	35
4.2	A REVOLUÇÃO NO PAPEL DA CIÊNCIA NOS ESTADOS UNIDOS PÓS-GUERRA	38
4.3	A TRÍPLICE HÉLICE E A ERA DO CONHECIMENTO	39
4.4	IMPLICAÇÕES DO MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE	41
4.5	DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A INDÚSTRIA BÉLICA BRASILEIRA	43
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e industrial é um fenômeno que permeia a história contemporânea, influenciando profundamente as relações geopolíticas, a economia e a sociedade, delineando não apenas o nosso modo de vida, mas também a maneira como interagimos com o mundo. Nos Estados Unidos da América (EUA), a trajetória desse desenvolvimento é particularmente intrigante e revela uma complexa interação entre fatores históricos, culturais, políticos e econômicos. A magnitude dessa transformação é perceptível tanto no âmbito individual quanto na estruturação de comunidades, nações e civilizações como um todo.

A presente pesquisa tem por finalidade analisar o papel fundamental desempenhado pelas forças históricas e culturais na modelagem da evolução tecnológica nos Estados Unidos e no Brasil, com ênfase particular na indústria de defesa. Ao abordar uma extensa gama de tópicos, o objetivo é investigar e compreender os elementos que impactam a inovação, a produção tecnológica e a adoção de tecnologia em ambos os países. O escopo da pesquisa abrange desde o legado da Segunda Guerra Mundial, em 1939, na solidificação do papel da ciência e tecnologia na defesa nacional, passando pelo surgimento da teoria da Tríplice Hélice, até as implicações contemporâneas dessa dinâmica na política e economia globais na primeira década do século XXI.

A pesquisa baseia-se em uma revisão bibliográfica metódica, que inclui documentos históricos, literatura acadêmica, relatórios governamentais e estudos de caso, como o da Empresa Brasileira de Aviação (Embraer) no Brasil e os projetos SAGE¹, ATLAS² e ARPANET³ no Estados Unidos.

No capítulo subsequente, será realizada uma análise do legado da Segunda Guerra Mundial nos Estados Unidos, o vínculo entre o governo e a pesquisa científica, o advento de

¹ O Projeto SAGE – *Semi-Automatic Ground Environment* (Ambiente Terrestre Semi-Automático) foi o primeiro sistema de defesa aérea dos Estados Unidos. LINCOLN LABORATORY – MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. Disponível em: <<https://www.ll.mit.edu/about/history/sage-semi-automatic-ground-environment-air-defense-system>>. Acesso em 06 jul. 2023.

² Iniciado em 1954, o Projeto ATLAS tornou-se o primeiro de vários projetos que constituíram um programa de Mísseis Balísticos Intercontinentais que culminou na produção de três mísseis: o Atlas, o Titan e o Minuteman (HUGHES, 1998,p.99).

³ O Advanced Research Projects Agency Network (ARPANET) foi uma rede informática experimental precursora da internet. BRITANNICA. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/ARPANET>>. Acesso em: 10 ago. 2023.

teorias influentes, a evolução no período pós-guerra e os principais resultados obtidos nesse contexto. No terceiro capítulo examinar-se-á o desenvolvimento da Base Industrial de Defesa (BID) no Brasil, seus desafios, o caso emblemático da Embraer e a parceria Brasil-Ucrânia.

A dinâmica da Tríplice Hélice, teoria que explora a interação entre universidades, indústria e governos para fomentar a inovação, será o eixo central da análise comparativa entre os dois países, apresentada no quarto capítulo. O conceito da Tríplice Hélice é particularmente relevante para compreender as complexidades envolvidas no processo de inovação e desenvolvimento tecnológico, uma vez que tais processos são, frequentemente, o produto de um esforço coletivo que envolve múltiplas interações e atores.

Esta pesquisa busca realizar um escrutínio detalhado dos contextos culturais e históricos que influenciaram o desenvolvimento tecnológico em ambos os países, visando ilustrar como características nacionais e regionais peculiares podem impactar a trajetória de inovação e crescimento tecnológico. Ademais, aspira-se avaliar as implicações dessas descobertas para futuras políticas de inovação e desenvolvimento tecnológico.

Por fim, esta dissertação não pretende fornecer uma narrativa conclusiva sobre a evolução tecnológica nos Estados Unidos e no Brasil. Em vez disso, busca estabelecer um ponto de partida para futuras investigações e debates, contribuindo para entendimento das nuances inerentes ao desenvolvimento tecnológico nos contextos nacionais específicos e a interação desses contextos com as forças globais que configuram a paisagem tecnológica.

2 A INFLUÊNCIA HISTÓRICA E CULTURAL NA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DOS ESTADOS UNIDOS

O presente capítulo busca explorar a complexa relação entre a academia, a indústria e o setor militar na progressão da inovação tecnológica, especificamente no contexto da evolução tecnológica do século XX, onde os Estados Unidos desempenharam um papel fundamental. Esta análise histórica aborda a interconexão entre a pesquisa e desenvolvimento industrial e o ambiente acadêmico, destacando a porosidade das fronteiras entre as iniciativas militares, industriais e acadêmicas que, combinadas, fomentaram uma sinergia inovadora.

Ao examinar a relevância de projetos como SAGE, ATLAS e ARPANET, este estudo argumenta que, embora essas iniciativas tenham sido criadas para responder a desafios específicos de suas épocas, elas desencadearam inovações significativas que não eram originalmente previstas, como o nascimento da computação moderna, da engenharia de sistemas e da internet.

Em termos mais amplos, este capítulo observa a história dos Estados Unidos e a tendência recorrente de como os projetos militares têm sido catalisadores para o desenvolvimento de inovações tecnológicas e metodologias de gestão que são subsequentemente adotadas em grande escala pela sociedade e indústria. Além disso, o estudo identifica uma mudança de paradigma ao longo do tempo, onde o progresso tecnológico e a demanda da indústria de alta tecnologia se tornam menos dependentes de objetivos exclusivamente militares, demonstrando uma maturação do ecossistema de inovação. A análise se conclui com uma discussão sobre o fenômeno de tecnologias de uso dual, realçando a intrincada interrelação entre o setor militar, a academia e a indústria no panorama da inovação tecnológica.

2.1 O LEGADO DA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Antes da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), o paradigma que envolvia os exércitos de massa⁴ ainda era predominante entre os militares, notadamente na França, onde o pensamento reinante era de que o exército deveria ser um exército de pessoal, não de material.

⁴ O princípio da massa é definido como a reunião do máximo de meios com vistas a alcançar um objetivo dentro de um mínimo de tempo e com o máximo de probabilidade de sucesso (COUTAU-BÉGARIE, 2010).

A Grande Guerra, como também ficou conhecida, despertou os militares para a importância das armas, mas a ênfase continuava a ser na quantidade, não na qualidade (HOOLEY JR., 1997).

A Primeira Guerra Mundial proporcionou uma visão das possibilidades da aplicação da ciência aos desafios militares. No entanto, a experiência da mobilização dos cientistas durante a guerra foi breve e fragmentada, levando-os, nas décadas de 1920 e 1930, a retornar a um padrão de atividade que os mantinha predominantemente dentro dos departamentos universitários, com a pesquisa militar sendo relegada para a periferia de sua atividade e consciência (DUPREE, 1970).

Somente com a aproximação da guerra total houve uma mudança de postura, tanto do governo quanto dos militares, que passariam a aceitar e implementar a tese das armas superiores como um princípio fundamental da política militar (HOOLEY JR., 1997).

No ano de 1939, durante o período que antecedeu a participação dos Estados Unidos na Segunda Guerra Mundial (1939-1945)⁵, Vannevar Bush já expressava sua preocupação com a conhecida, porém arriscada, falta de preparo da nação norte-americana diante da aproximação do conflito. O forte sentimento isolacionista, bem como a falta de percepção do papel crucial que tanto a engenharia quanto a ciência poderiam exercer no processo, prejudicaram a preparação da nação para a guerra (PRUSELL, 1979).

Vannevar Bush era um notável cientista, engenheiro, empresário, educador e administrador. Bush personificava, em si mesmo, todas as áreas da ciência e representa tanto as suas principais virtudes quanto as suas diversas fraquezas. Havia sido professor de engenharia elétrica no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) durante os primeiros anos da grande depressão de 1929. No ano de 1939 foi selecionado para presidir o *National Advisory Committee on Aeronautics* (NACA). Em junho de 1940 assumiu a liderança do *National Defense Research Committee* (NDRC) (PRUSELL, 1979).

Em junho de 1941, por meio da Ordem Executiva nº 8807, o então presidente dos Estados Unidos, Franklin Roosevelt⁶, criou o *Office of Scientific Research and Development* (OSRD), dando a Bush a liderança das tarefas. Uma das funções do OSRD era diminuir a lacuna

⁵ Embora a Segunda Guerra Mundial tenha durado de 1º de setembro de 1939 a 2 de setembro de 1945, a entrada oficial dos Estados Unidos no conflito somente ocorreu em 7 de dezembro de 1941, após o ataque do Japão às bases estadunidenses em Pearl Harbor. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/United-States/World-War-II>>. Acesso em: 25 jun. 2023.

⁶ Franklin Delano Roosevelt exerceu quatro mandatos consecutivos como presidente dos Estados Unidos, de 1933 a 1945.

existente entre a conclusão de uma pesquisa e o início de um programa de aquisição, trabalhando em uma área intermediária, representada pelo desenvolvimento da engenharia (STEWART, 1948).

A relação renovada entre a ciência e a sociedade trouxe para a pesquisa um nível de suporte inimaginável. Além disso, possibilitou uma concentração de notáveis talentos em um número limitado de problemas práticos, evidenciando para todos o poder da ciência, notadamente por meio da explosão das primeiras bombas atômicas (DUPREE, 1970).

Com a criação da OSRD fica estabelecida uma primeira versão do que seria mais tarde conhecido como o modelo da Tríplice Hélice, unindo o governo, a indústria e a universidade com o objetivo de pesquisar e desenvolver novas tecnologias que levariam os Estados Unidos novamente para a vanguarda do desenvolvimento tecnológico durante a Segunda Guerra Mundial. Conforme Vannevar Bush destacou:

A criação e o aperfeiçoamento de dispositivos militares envolvem três fases: pesquisa de base, desenvolvimento de engenharia e produção [...]
Parece haver uma necessidade clara de um organismo para correlacionar a pesquisa de base governamental e civil nos campos de importância militar fora da aeronáutica. Ela deveria constituir uma ligação definitiva entre os serviços militares e a academia nacional [...] ⁷ (DUPREE, 1970, p.450, tradução nossa).

Concomitantemente, o OSRD operava por meio de acordos estabelecidos entre o governo, representado pelo Departamento de Defesa e a Comissão de Energia Atômica, e empresas industriais especializadas na condução de pesquisas nos campos aeroespacial e eletrônico. Dessa forma, o novo sistema estava intrinsecamente conectado, unindo todos os setores de suporte à ciência, incluindo o governo, as universidades, a indústria e as fundações privadas (DUPREE, 1970).

A história militar, conforme delineada, ilustra uma transformação essencial na maneira como a guerra é concebida e conduzida, com a Segunda Guerra Mundial solidificando o papel da ciência e tecnologia na condução do conflito. O trabalho de Vannevar Bush na criação e liderança do OSRD exemplifica essa mudança, introduzindo um novo paradigma em que

⁷ Do inglês: *The creation and improvement of military devices involves three stages: fundamental research, engineering development, and production. [...]*
There appears to be a distinct need for a body to correlate government and civil fundamental research in fields of military importance outside of aeronautics. It should form a definite link between the military services and the National Academy.

governo, universidades e indústria colaboram no desenvolvimento tecnológico. Essa evolução reflete a compreensão crescente do papel crucial da ciência na defesa nacional, um legado que continua a moldar a postura militar moderna.

2.2 O INÍCIO DE UM NOVO PARADIGMA

Em 17 de novembro de 1944, com a aproximação do fim da Segunda Guerra, o presidente Roosevelt, preocupado com a continuidade e perpetuidade do método desenvolvido, encaminhou uma carta a Vannevar Bush cujo objetivo principal é destacado no seguinte trecho:

Não há, no entanto, qualquer razão para que as lições a serem encontradas nesta experiência não possam ser utilizadas de forma profícua em tempos de paz. A informação, as técnicas e a experiência de investigação desenvolvidas pelo *Office of Scientific Research and Development* e pelos milhares de cientistas nas universidades e na indústria privada, devem ser utilizadas nos dias de paz que se avizinham para a melhoria da saúde nacional, a criação de novas empresas que tragam novos empregos e a melhoria do nível de vida nacional⁸ (ROOSEVELT, 1944, p. xv, tradução nossa).

A carta pedia a Bush que abordasse, em linha gerais, quatro questões principais e, mesmo mais de meio século depois, tais questões permanecem em debate sobre a necessidade de suporte do governo para com a ciência e a engenharia (ZACHARY, 1997).

Primeiramente ele requisitava sugestões para a pronta disseminação dos avanços científicos durante tempos de guerra, em consonância com a segurança nacional. Em segundo lugar, buscava orientações sobre a estruturação de um programa de pesquisa médica para combater doenças, a chamada “guerra da ciência contra a doença”. Em terceiro lugar, solicitava conselhos sobre como o governo poderia oferecer suporte à educação científica. Por fim, e possuindo maior relevância para a política de pesquisa futura, a carta requisitava orientações sobre como o governo deveria apoiar a pesquisa tanto pública quanto privada após o período de guerra (KLEINMAN, 1995).

⁸ Do inglês: “*There is, however, no reason why the lessons to be found in this experiment cannot be profitably employed in times of peace. The information, the techniques, and the research experience developed by the Office of Scientific Research and Development and by the thousands of scientists in the universities and in private industry, should be used in the days of peace ahead for the improvement of the national health, the creation of new enterprises bringing new jobs, and the betterment of the national standard of living.*”

Com o intuito de abordar essas questões, foram constituídos quatro comitês, cada um encarregado de responder a uma das quatro perguntas formuladas por Roosevelt. Para compor cada comitê, Bush baseava-se principalmente em indivíduos com os quais já havia mantido contato, e muitos de seus membros possuíam experiência de trabalho no OSD. Um dos comitês, o que discutiria o tema do apoio governamental à pesquisa, tanto pública quanto privada, por exemplo, era composto por cientistas, administradores acadêmicos, altos funcionários governamentais, um executivo de uma fundação e representantes de cinco empresas (KLEINMAN, 1995).

A resposta definitiva de Bush e sua equipe veio por meio do relatório *Science – The Endless Frontier*, o qual fornece as bases para uma nova estruturação da pesquisa científica nos Estados Unidos, sendo por décadas a referência das relações entre o governo e os pesquisadores civis (ZACHARY, 1997).

Nos argumentos iniciais de Bush, ele defende que o surgimento de novos produtos, indústrias e empregos depende do constante avanço no entendimento das leis naturais e na aplicação desse conhecimento para fins práticos. Da mesma forma, a defesa dos Estados Unidos contra novos ataques exige a aquisição contínua de novos conhecimentos para o desenvolvimento e aprimoramento de armamentos (BUSH, 1945).

O relatório propõe a criação de uma agência governamental adicional, que receba financiamento do congresso e seja projetada para complementar o suporte à pesquisa fundamental em instituições acadêmicas, incluindo faculdades, universidades e institutos de pesquisa, tanto nas áreas de medicina quanto nas ciências naturais. Além disso, essa agência também teria a função de apoiar a pesquisa de novas armas para os serviços militares, se necessário, ou ainda gerenciar um programa de concessão de bolsas de estudo e bolsas de ciência. Tal agência seria composta por indivíduos com amplo interesse e experiência, que possuíssem um profundo entendimento das particularidades da pesquisa científica e da educação científica (BUSH, 1945).

Em síntese, a correspondência de Roosevelt no final da Segunda Guerra Mundial, juntamente com a subsequente criação de comitês de resposta e o relatório final de Bush, marcou o início de um novo paradigma nas relações entre o governo e a pesquisa científica nos Estados Unidos. As premissas e propostas apresentadas nesse período ecoam até os dias atuais, refletindo a necessidade contínua de avanço na compreensão das leis naturais, na aplicação prática desses conhecimentos na estruturação de instituições e iniciativas

governamentais para apoiar a ciência. Tal fato destaca a perenidade da visão tanto de Roosevelt quanto de Bush na concepção de um modelo sustentável e estratégico de apoio governamental à pesquisa e à educação científica.

2.3 O SURGIMENTO DA TEORIA

Para garantir a efetividade do apoio governamental à pesquisa científica e à educação, era essencial que o programa estivesse embasado em princípios fundamentais. Tais princípios, “os cinco fundamentos” são apresentados a seguir:

O primeiro fundamento ressalta a necessidade da continuidade de recursos ao longo de vários anos de modo a assegurar a realização de programas a longo prazo (BUSH, 1945).

O segundo afirma que a agência encarregada de gerir esses recursos deve ser formada por indivíduos escolhidos exclusivamente com base em seu engajamento e habilidades para impulsionar as atividades da agência. Além disso, seria essencial que fossem pessoas com um vasto interesse e compreensão das particularidades da pesquisa científica e da educação (BUSH, 1945).

O terceiro princípio enfatiza que a agência em questão deve estimular a pesquisa por meio da concessão de contratos ou subsídios a organizações independentes do governo federal (BUSH, 1945).

O quarto fundamento destaca que o suporte à pesquisa de base em faculdades, universidades e institutos de pesquisa públicos e privados deve preservar a autonomia das instituições no que se refere ao controle interno das políticas, do pessoal e dos métodos e escopo de pesquisa, sendo esse aspecto de fundamental importância (BUSH, 1945).

Como quinto e último fundamento, destaca-se que, embora seja garantida total independência e liberdade em relação à natureza, alcance e metodologia da pesquisa realizada nas instituições que recebem financiamento público, a Fundação criada deve prestar contas ao Presidente e ao Congresso. Salienta, ainda, que os controles habituais de auditorias, relatórios, orçamentos e afins devem ser aplicados às operações administrativas e financeiras de tal Fundação, mas com ajustes procedimentais necessários para atender às demandas especiais da pesquisa (BUSH, 1945).

A análise das premissas expostas acima vai ao encontro do pensamento de Bush, quando ele afirma que o avanço científico em várias áreas é alcançado quando mentes

independentes são livres para trabalhar em assuntos de sua própria escolha, seguindo sua curiosidade para explorar o desconhecido, sendo, dessa maneira, essencial preservar a liberdade de pesquisa em qualquer programa de apoio governamental à ciência (BUSH, 1945).

No cerne de seu ensaio, Bush e sua equipe propuseram criar a *National Science Foundation* (NSF), que substituiria, ao término da guerra, o OSRD. Tal agência seria responsável por financiar estudos nas áreas das ciências físicas e medicina, definir prioridades para a pesquisa militar de longo prazo e unificar diversos esforços de pesquisa financiados por outros departamentos federais. Com ampla abrangência, a fundação de pesquisa elevaria os especialistas privados a um *status* governamental que até então era observado apenas em períodos de crise nacional (ZACHARY, 1997).

Entretanto, ainda antes da publicação do relatório *Science – The Endless Frontier*, em julho de 1945, Roosevelt morreu e Bush não possuía o mesmo grau de proximidade, ou a mesma confiança, com Truman⁹. Bush encorajou o agora presidente a apresentar o relatório ao Congresso com seu apoio, mas, em vez disso, Truman submeteu o relatório ao Congresso para futura análise (KLEINMAN, 1995). Desta feita, o OSRD encerrou suas operações oficialmente em 31 de dezembro de 1947¹⁰, porém a legislação para criar a NSF só foi aprovada em 10 de maio de 1950¹¹.

Dessa forma, conclui-se que a eficácia do apoio governamental à pesquisa e educação depende da incorporação de cinco princípios fundamentais, conforme proposto por Bush: garantia de continuidade de recursos, seleção criteriosa dos gerentes desses recursos, estímulo à pesquisa independente, preservação da autonomia das instituições de pesquisa e prestação de contas do financiamento público. A criação da NSF representa uma materialização desses princípios. No entanto, a dinâmica política e as mudanças na liderança enfatizam a complexidade inerente a esta empreitada, destacando que a aplicação efetiva desses princípios necessita de comprometimento e esforço contínuos, independentemente das circunstâncias.

⁹ Harry S. Truman foi o 33º presidente dos Estados Unidos, tendo governado de 1945 a 1953. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/about-the-white-house/presidents/harry-s-truman/>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

¹⁰ Disponível em: <<https://www.archives.gov/research/guide-fed-records/groups/227.html#227.1>>. Acesso em: 02 jul. 2023.

¹¹ Disponível em: <<https://new.nsf.gov/about/history>>. Acesso em: 02 jul. 2023.

2.4 EVOLUÇÃO NO PERÍODO PÓS-GUERRA

Nos primeiros cinco anos do período pós-guerra, apesar da grande e crescente disparidade entre a preocupação dos americanos com o comunismo e a evidente insuficiência militar do país para impedir sua propagação, o presidente Truman insistiu em impor um limite máximo para os gastos militares (FORMAN, 1987).

Apesar da implementação do regime fiscal de Truman, os investimentos destinados à pesquisa e desenvolvimento no setor militar sofreram apenas uma diminuição leve em comparação ao seu auge durante o período de guerra, mesmo diante de cortes substanciais nos gastos militares globais. Posteriormente, esses investimentos começaram a aumentar como resposta às crescentes tensões da Guerra Fria (1947-1991)¹², que foram acentuadas pela crise de Berlim, pelo primeiro teste nuclear realizado pela União Soviética no outono de 1949¹³ e pelas tensões que antecederam a entrada dos Estados Unidos na Guerra da Coreia (1950-1953)¹⁴, que desencadeou uma mobilização completa da comunidade científica dos Estados Unidos e estabeleceu um novo paradigma em que as universidades se tornaram parceiras integrais no complexo militar-industrial (LESLIE, 1993).

A nação sentia a necessidade urgente de reforçar sua capacidade militar. Consequentemente, uma grande quantidade de recursos financeiros foi direcionada para os fundos militares, ultrapassando a marca de um bilhão de dólares e reativando os setores de pesquisa e desenvolvimento (FORMAN, 1987).

Na economia política da Guerra Fria, a ciência desempenhava um papel muito além do acadêmico, sendo que os militares elaboravam importantes aspectos da política industrial da nação. Os contratantes da defesa, liderados por grandes empresas como *Lockheed*, *General Electric*, *General Dynamics* e *AT&T*, recebiam a maior parte do financiamento destinado à pesquisa e desenvolvimento militar (LESLIE, 1993).

¹² A Guerra Fria foi a rivalidade que se desenvolveu após a Segunda Guerra Mundial entre os Estados Unidos e a União Soviética e os seus respectivos aliados. Foi travada apenas nas frentes política, econômica e de propaganda, sendo que as duas superpotências nunca chegaram à utilização de armas. Disponível em: <<https://www.britannica.com/event/Cold-War>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

¹³ O primeiro teste com êxito de um artefato nuclear ocorreu em 29 de agosto de 1949. Disponível em: <<https://ahf.nuclearmuseum.org/ahf/history/soviet-atomic-program-1946/>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

¹⁴ A Guerra da Coreia foi um conflito que envolveu a República Popular Democrática da Coreia (Coreia do Norte) e a República da Coreia (Coreia do Sul) entre os anos de 1950 e 1953. Disponível em: <<https://www.britannica.com/event/Korean-War>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

Tanto para o bem quanto para o mal, os eventos ocorridos durante a Guerra Fria, em especial o lançamento do *Sputnik-1*¹⁵ pelos soviéticos, tiveram um impacto significativo nos Estados Unidos, ampliando a rivalidade além das armas nucleares e da espionagem. O valor simbólico do espaço, da ciência e da educação impulsionou o modelo militar-industrial-acadêmico, levando o presidente Eisenhower a priorizar o investimento em pesquisa e desenvolvimento, além de apoiar a educação e bolsas de estudo em áreas vitais para a segurança nacional (MCDUGAL, 1985).

Em conclusão, o período pós-guerra e a subsequente Guerra Fria marcaram uma alteração crítica na política e economia dos EUA, com a acentuação do militarismo e o recrudescimento de uma interdependência entre academia, indústria e complexo militar. Esse paradigma, alimentado pelas tensões internacionais e pela competição tecnológica, direcionou grandes investimentos para pesquisa e desenvolvimento militar, promovendo simultaneamente a educação em áreas vitais para a segurança nacional. Nesse contexto, a ciência assumiu um papel preponderante, ultrapassando suas fronteiras acadêmicas e permeando a política industrial do país.

2.5 PRINCIPAIS RESULTADOS ALCANÇADOS

Nesta seção, daremos destaque aos projetos de pesquisa e desenvolvimento de grande escala, em contraposição à invenção e ao desenvolvimento industrial de máquinas, dispositivos e processos. Em resumo, analisaremos os esforços colaborativos que resultaram na construção de sistemas de comunicação, informação e defesa que moldam o nosso mundo e afetam nosso estilo de vida. Para ilustrar a criação de grandes sistemas representativos de tecnologia pós-Segunda Guerra Mundial, abordaremos a conexão entre três projetos significativos: SAGE, ATLAS e ARPANET.

Nos últimos anos do século XVIII e início do século XIX, os Estados Unidos eram conhecidos como a nação da natureza. No entanto, no século XX, eles se tornaram a nação da tecnologia. Os norte americanos foram responsáveis por modificar um ambiente natural construído pelo homem, caracterizado pela presença de sistemas tecnológicos e uma notável complexidade (HUGHES, 1998).

¹⁵ O Sputnik-1 foi o primeiro satélite artificial lançado pelo homem ao espaço. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/Sputnik>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

A interação entre o governo, as entidades privadas e os cientistas, possibilitou a rápida criação de equipes de pesquisa que contavam com um suporte adequado e uma considerável flexibilidade (DUPREE, 1970).

Para alcançar vantagem na busca de uma arma superior, era essencial expandir a fronteira tecnológica por meio do crescimento das comunidades científicas em velocidades, escalas e direções diferentes das que surgiram da competição industrial (MEDEIROS, 2007).

O Projeto SAGE foi um exemplo evidente de relevância das organizações no processo de inovação. Ele estabeleceu uma ampla rede que conectava laboratórios governamentais, universidades e laboratórios industriais, todos envolvidos em um trabalho multidisciplinar e de longo prazo. Uma consequência não planejada desse projeto foi o surgimento de inovações significativas nas áreas de computação, comunicações e administração (MEDEIROS, 2004).

Resumidamente, o sistema abrangia dois componentes principais: uma rede de radares e outras fontes de dados; e computadores digitais responsáveis por diversas tarefas, tais como: receber informações provenientes de radares e outras fontes para detectar e localizar aeronaves; processar os dados de rastreamento a fim de estabelecer uma representação abrangente da situação aérea; e direcionar armamentos para neutralizar aeronaves hostis¹⁶.

O projeto destacou uma característica fundamental da tecnologia pós-Segunda Guerra Mundial: engenheiros e cientistas assumindo papéis de liderança na gestão, além de lidar com desafios de pesquisa e desenvolvimento (HUGHES, 1998).

Apesar da concepção fundamentalmente simples do projeto SAGE, este se deparou com desafios tecnológicos consideráveis, sendo um dos mais relevantes o desenvolvimento de um computador digital capaz de processar em tempo real grandes volumes de dados provenientes de múltiplos radares, a fim de fornecer informações sobre alvos para a interceptação de aeronaves e mísseis. Esse esforço, à medida que amadurecia a implementação do projeto, estabeleceu as bases para uma revolução na computação digital, com repercussões profundas no mundo contemporâneo¹⁷.

¹⁶ MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *SAGE: Semi-Automatic Ground Environment Air Defense System*. Lexington: Lincoln Laboratory. Disponível em: <<https://www.ll.mit.edu/about/history/sage-semi-automatic-ground-environment-air-defense-system>>. Acesso em: 06 jul. 2023.

¹⁷ MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *SAGE: Semi-Automatic Ground Environment Air Defense System*. Lexington: Lincoln Laboratory. Disponível em: <<https://www.ll.mit.edu/about/history/sage-semi-automatic-ground-environment-air-defense-system>>. Acesso em: 06 jul. 2023.

O empreendimento evidenciou a complexidade sistêmica enfrentada pela ciência em projetos de grande porte, em que os desafios administrativos se igualaram em complexidade aos desafios operacionais. Nesse contexto, o projeto ATLAS proporcionou uma experiência crucial (MEDEIROS, 2007).

A iniciativa conhecida como Projeto ATLAS, realizado na década de 1950, teve um impacto significativo tanto na dinâmica da Guerra Fria quanto na indústria aeroespacial. Este projeto pioneiro resultou na criação do primeiro míssil balístico intercontinental. Além disso, sua execução introduziu uma abordagem de gestão chamada engenharia de sistemas, que rapidamente se disseminou pelo âmbito militar, industrial e até mesmo entre as agências governamentais. Essa transformação trouxe importantes consequências para diversos setores (HUGHES, 1998).

No âmbito do projeto ATLAS, a gestão da complexidade envolvida não se restringiu apenas à resolução de desafios relacionados aos complexos desenhos de hidrodinâmica e aerodinâmica. Pelo contrário, abrangeu também a definição de especificações contratuais, o monitoramento do desempenho dos equipamentos e a realização de testes em uma extensa rede de fornecedores e universidades, caracterizada por sua estrutura altamente descentralizada. Diante dessas circunstâncias, os diretores do projeto ATLAS adotaram uma abordagem baseada na competição entre fornecedores, o que exigiu a implementação de instrumentos administrativos complexos como resposta à situação enfrentada (MEDEIROS, 2007).

Pode parecer contraditório que uma sociedade que se percebe como emergindo de um ambiente civil e de livre iniciativa tenha adotado amplamente abordagens de sistemas provenientes de projetos financiados pelos militares. No entanto, a história dos Estados Unidos revela diversos casos nos quais os militares assumiram a responsabilidade pelo desenvolvimento de tecnologias e metodologias de gestão inovadoras. Um exemplo notável desse fenômeno é o importante papel desempenhado pelo financiamento militar no impulsionamento das indústrias de computadores e comunicações (HUGHES, 1998).

A ARPANET, um projeto do departamento de defesa da *Advanced Research Projects Agency* (ARPA), exerceu uma função primordial no estabelecimento da “autoestrada da informação”. Iniciado no final da década de 1960, o projeto introduziu abordagens de resolução de problemas que se tornaram características de projetos mais recentes, especialmente na indústria da computação. Assim como outros projetos do pós-guerra, a

ARPANET dependia de uma colaboração entre recursos governamentais, industriais e acadêmicos para fornecer recursos tecnológicos e de gestão necessários para o sucesso (HUGHES, 1998).

A concepção de uma rede de computadores representou uma nova abordagem em termos de como utilizar essas máquinas. Essa ideia teve origem na competição armamentista e tinha como objetivo a expansão dos mecanismos de controle de informações. De fato, a concepção inicial surgiu na RAND Corporation¹⁸ com o propósito de estabelecer uma rede de comunicações capaz de resistir a um ataque nuclear e possibilitar um contra-ataque de mísseis. Para atingir esse objetivo, o sistema deveria ser descentralizado e não hierárquico (MEDEIROS, 2007).

O objetivo inicial do projeto ARPANET consistia em estabelecer uma rede capaz de compartilhar recursos, como tempo e custos elevados, relacionados à base de dados e programas sofisticados necessários para a solução de problemas complexos. O primeiro passo desse processo envolveu a interconexão da ARPANET com outras redes criadas pela ARPA. A tarefa mais complexa nessa interconexão de redes com características distintas foi o desenvolvimento de um protocolo de comunicação compatível. Até 1983 existiam dois padrões conflitantes em uso. A resolução desse conflito ocorreu quando o *Department of Defense* (DoD) dos Estados Unidos determinou que todos os computadores conectados à ARPANET deveriam adotar o *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP), estabelecendo assim um padrão para a internet (MEDEIROS, 2007).

Embora tenha sido financiada pelos militares, a ARPANET foi conduzida por cientistas e engenheiros da área da informática que priorizaram a disseminação do uso de computadores e o desenvolvimento de redes de informática como objetivos principais. Os objetivos militares foram relegados a um plano secundário, com o foco sendo direcionado para a promoção dessas tecnologias como fins em si mesmas (HUGHES, 1998).

Os anos seguintes foram caracterizados pela difusão dessas tecnologias para usos civis, o que teve um domínio tecnológico significativo. Durante esse período, ocorreram várias transformações na corrida armamentista, no apoio político aos gastos militares e na natureza

¹⁸ A *Research and Development Corporation – RAND* (Corporação de Pesquisa e Desenvolvimento) foi formada imediatamente após a Segunda Guerra Mundial para ligar o planejamento militar às decisões de pesquisa e desenvolvimento. Dedicou-se a promover e a fomentar os objetivos científicos, educativos e beneficentes para o bem-estar público e a segurança dos Estados Unidos. Disponível em: <<https://www.rand.org/about/history.html>>. Acesso em: 08 jul. 2023.

do progresso técnico, resultando em mudanças significativas no sistema de inovação dos Estados Unidos. Nesse contexto, a *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA¹⁹), sucessora da ARPA, desempenhou um papel de liderança (MEDEIROS, 2007).

Os gestores e engenheiros envolvidos também sustentavam a crença de que, em grandes projetos, tinham a capacidade de selecionar e abordar problemas que impulsionassem os avanços nas áreas científicas ou de engenharia de seu interesse, independentemente de sua relevância militar. Comitês consultivos compostos por cientistas e engenheiros civis frequentemente influenciavam a política de pesquisa e desenvolvimento militar. Nesses casos, os militares não exerciam tanto impacto sobre as atividades acadêmicas de pesquisa e desenvolvimento quanto os acadêmicos moldavam as políticas militares. Empreendedores acadêmicos utilizaram projetos como o SAGE, o ATLAS e a ARPANET como meios para perseguir objetivos de pesquisa e desenvolvimento estabelecidos no ambiente acadêmico, com o intuito de impulsionar avanços em áreas como eletrônica e informática (HUGHES, 1998).

A demanda e os incentivos da indústria de alta tecnologia deixaram de depender exclusivamente da procura militar. A disseminação global das indústrias eletrônica, de computadores pessoais e de equipamentos de telecomunicação gerou uma demanda extraordinária por tecnologia moderna. As inovações nesses setores, originalmente impulsionadas por objetivos militares, adquiriram autonomia à medida que a indústria amadurecia. As novas prioridades militares consistiam em adaptar as inovações obtidas em um mercado muito mais amplo para fins militares, bem como direcionar os esforços de pesquisa de laboratórios industriais mais robustos para o desenvolvimento de tecnologia de uso dual, ou seja, civil e militar (MEDEIROS, 2007).

A evolução tecnológica do século XX, com a participação decisiva dos Estados Unidos, foi caracterizada por um entrelaçamento entre a pesquisa e desenvolvimento industrial e o ambiente acadêmico. Grandes projetos como SAGE, ATLAS e ARPANET são exemplos nesse contexto, onde os limites entre iniciativas militares, industriais e acadêmicas se tornam porosos, permitindo uma sinergia inovadora e robusta. Esses projetos, por sua vez, ao resolver desafios emergentes de suas épocas, acabam por gerar importantes inovações não previstas

¹⁹ A DARPA foi instituída em 1958 pelo então presidente Dwight D. Eisenhower. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Defense-Advanced-Research-Projects-Agency>>. Acesso em 08 jul. 2023.

originalmente, como o surgimento da computação moderna, engenharia de sistemas e a própria internet.

Neste sentido, a história dos Estados Unidos evidencia uma tendência em que os projetos militares têm sido responsáveis por impulsionar importantes inovações tecnológicas e metodologias de gestão que, posteriormente, são amplamente adotadas pela sociedade e pela indústria. Entretanto, com o tempo, observa-se uma mudança de paradigma, com o progresso tecnológico e a demanda da indústria de alta tecnologia passando a não depender exclusivamente de objetivos militares, adquirindo autonomia e amadurecimento, estabelecendo, assim, uma dinâmica de inovação multifacetada e abrangente. O fenômeno de tecnologias de uso dual revela, por fim, o quão intrincada é a relação entre o setor militar, academia e indústria na jornada da inovação tecnológica.

3 BASE INDUSTRIAL DE DEFESA NO BRASIL: TRAJETÓRIA, DESAFIOS E APRENDIZADOS

O atual capítulo se propõe a conduzir uma análise aprofundada e reflexiva da trajetória, desafios e sucessos da Base Industrial de Defesa brasileira. Através de uma lente histórica e contextual, abordaremos a evolução do setor, que tem se moldado diante de inúmeros desafios, alterações políticas e econômicas, sempre buscando aprimorar sua capacidade de defesa e tecnologia. Será abordado também o reconhecimento da necessidade de um equilíbrio entre dependência e independência tecnológica, bem como uma gestão consciente dos múltiplos fatores que afetam o setor.

Aprofundaremos a discussão por meio de estudos de caso que ilustram as dinâmicas da indústria de defesa no Brasil. Primeiramente analisaremos a Embraer, uma empresa que trilhou um caminho de autonomia e inovação tecnológica, e a importância do apoio governamental e de instituições de excelência para seu sucesso. Seguidamente, vamos examinar a parceria Brasil-Ucrânia, mais especificamente o caso da *Alcântara Cyclone Space* (ACS), um exemplo ilustrativo dos desafios e oportunidades associados à cooperação internacional no setor espacial.

Esta análise visa contribuir para o entendimento mais amplo sobre o contexto da BID no Brasil, enfatizando os desafios enfrentados, bem como os sucessos alcançados e as lições aprendidas ao longo do caminho. Com isso, espera-se que o leitor ganhe uma perspectiva mais clara e abrangente sobre a evolução do setor e os possíveis caminhos para o seu desenvolvimento futuro.

3.1 TRAJETÓRIA E DESAFIOS DA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA BRASILEIRA

O início do ciclo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no Brasil teve sua origem na segunda metade dos anos 1940, sendo um desdobramento natural do contexto da Segunda Guerra Mundial (AMARANTE, 2004). Nesse sentido, os anos 1940 marcaram uma transição crucial para a indústria nacional em termos de seu potencial de crescimento, notadamente impulsionado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Contudo, é relevante destacar que os desdobramentos da Segunda Guerra Mundial também acarretaram consequências significativas para a BID (ANDRADE, 2016).

Durante o período pós-guerra, observou-se uma desaceleração do progresso tecnológico do país em virtude da difusão de equipamentos militares, os quais foram prontamente disponibilizados ao Exército a preços acessíveis e com amplas facilidades de fornecimento e manutenção. Tal fenômeno pode ser atribuído à formalização de um acordo de cooperação militar estabelecido com os EUA (AMARANTE, 2004).

Contudo, durante este período, surgiu dentro das Forças Armadas a percepção da relevância da Pesquisa e Desenvolvimento para a capacitação autônoma na aquisição de material bélico (AMARANTE, 2004). Nesse contexto, foram estabelecidas iniciativas que conduziram à formação de notáveis centros tecnológicos, particularmente o Centro Tecnológico de Exército (CTEx), estabelecido em 1946; o Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), oficialmente criado em 1953; e o Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), estabelecido em 1959. Cada uma dessas instituições teve como objetivo principal o desenvolvimento de tecnologias militares e o estímulo à produção industrial no território brasileiro, em colaboração com as empresas nacionais, visando promover a autonomia na fabricação de equipamentos destinados às Forças Armadas (ANDRADE, 2016).

Adicionalmente, durante a década de 1950, os militares conceberam instituições de ensino superior com o objetivo de capacitar engenheiros nas áreas fundamentais para as três forças militares e para a Base industrial de Defesa. Assim, em 1950 foi criado o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), vinculado ao CTA, enquanto, em 1959, foi estabelecido o Instituto Militar de Engenharia (IME) (ANDRADE, 2016). Dessa forma, juntamente com os centros tecnológicos mencionados, o ITA e o IME desempenharam um papel crucial no fomento da indústria nacional, tanto para o setor público quanto para o privado (U.S. CONGRESS, 1991).

Em 31 de março de 1964, instaurou-se no Brasil o regime militar, cuja duração se estendeu por um período de 21 anos. A dinâmica interna desse regime consistiu em uma disputa entre a corrente mais conservadora e os membros mais moderados das Forças Armadas, a respeito da viabilidade e do método adequado para uma transição ao governo civil. Como resultado, o retorno ao regime civil ocorreu em 1985, com a eleição de Tancredo Neves (SKIDMORE, 1999).

A partir de 1964, o governo brasileiro passou a empreender iniciativas com o objetivo direto ou indireto de estabelecer um complexo industrial de defesa no país. Levando em consideração o potencial industrial previamente desenvolvido e a formação de profissionais

altamente especializados nas décadas anteriores, os estímulos oferecidos à BID durante o período do regime militar resultaram em um crescimento acelerado. Esse crescimento permitiu que o Brasil, que praticamente não exportava material de defesa em 1970, se tornasse o quinto maior exportador mundial do setor em apenas uma década (ANDRADE, 2016).

Desta forma, o Brasil empenhou-se em promover o desenvolvimento da tecnologia militar ao longo das décadas de 1960, 1970 e 1980, sendo que o ápice da BID brasileira ocorreu no final da década de 1980. Nesse período, o país se estabeleceu como o oitavo maior exportador mundial, resultado de políticas estrategicamente planejadas e implementadas para incentivar pesquisa e desenvolvimento, bem como a indústria. Nessa conjuntura, mais de 90% dos equipamentos utilizados pelo Exército foram fabricados nacionalmente (AMARANTE, 2004).

O progresso mencionado pode ser atribuído à convergência de um ambiente internacional favorável e condições políticas internas específicas. No âmbito interno, o regime militar beneficiou a BID ao alocar recursos direcionados ao setor, assegurar a existência de um mercado doméstico, implementar políticas voltadas para a promoção das exportações e estabelecer medidas de proteção para as principais empresas e programas, salvaguardando-os contra possíveis adversidades econômicas (ANDRADE, 2016).

O enfraquecimento da indústria militar brasileira durante a década de 1990 pode ser atribuída à confluência de fatores determinantes que podem ser sintetizados em três pontos cruciais. Primeiramente, destaca-se a excessiva dependência da indústria bélica brasileira em relação ao mercado externo, o qual se caracteriza por sua notória volatilidade. Em segundo lugar, a redução drástica das importações de armamentos em escala global após o término da Guerra Fria exerceu impacto significativo nesse cenário. Por fim, é importante ressaltar que, diante do contexto de declínio no mercado mundial de armamentos, o governo brasileiro negligenciou a implementação de políticas efetivas que garantissem a sustentabilidade econômica das empresas do setor (MORAES, 2012).

A convergência de múltiplos fatores, tanto de cunho político quanto econômico, ocasionou uma sucessão de atrasos nos diversos programas militares, culminando no cancelamento parcial ou total de muitos deles. Mesmo projetos de elevada relevância estratégica, como os submarinos classe Tupi e a aeronave de caça tático AMX, não foram poupados de tais atrasos e sofreram reduções orçamentárias. As principais dificuldades

enfrentadas no período foram relacionadas às demandas irregulares e à escassez de recursos alocados, obrigando as Forças Armadas a recorrerem à aquisição de equipamentos militares usados, conhecida como “compras de oportunidade”, como meio para preservar sua capacidade operacional (FERREIRA; SARTI, 2011).

Dessa forma, estes eventos desencadearam um considerável declínio na infraestrutura industrial dedicada à defesa e uma redução substancial das atividades de pesquisa e desenvolvimento nos centros nacionais, especialmente aqueles relacionados à base científico-tecnológica de defesa. Um fator de relevância significativa para esse contexto, porém no âmbito interno, foi a conjuntura nacional caracterizada por uma postura social desfavorável aos gastos destinados à defesa (AMARANTE, 2004).

A partir dos anos 2000, ocorreu uma reversão na queda das vendas externas, resultando em um crescimento das exportações, principalmente no final da década. Nesse contexto, os produtos brasileiros que alcançaram mercados internacionais no período foram beneficiados pelo aumento nos gastos militares de diversos países, revertendo a tendência de queda do decênio anterior (MORAES, 2012).

Diante do exposto, podemos concluir que a evolução da Base Industrial de Defesa brasileira ao longo do século XX evidencia uma trajetória de complexidade e esforço contínuo na busca por autonomia tecnológica e militar. Embora a dinâmica dessa evolução tenha sido marcada por fases de progresso acelerado e retrocesso, como o crescimento expressivo durante o regime militar e a subsequente retração nos anos 1990, é inegável a relevância das iniciativas desenvolvidas para a capacidade de defesa nacional. A recuperação do setor no início do século XXI, ilustrada pelo crescimento das exportações, atesta a resiliência da indústria e a capacidade do país em adaptar-se às mudanças do cenário internacional.

Contudo, é fundamental reconhecer que a sustentabilidade da indústria de defesa nacional depende de um equilíbrio cuidadoso entre a dependência e independência tecnológica, além de uma gestão consciente dos fatores internos e externos que afetam o setor. As lições aprendidas ao longo das décadas anteriores reforçam a importância de políticas efetivas e de longo prazo, capazes de proteger o setor de volatilidades do mercado externo e de garantir um ambiente interno propício ao desenvolvimento e à inovação. Dessa forma, o futuro da BID brasileira dependerá não somente de seu potencial tecnológico e capacidade produtiva, mas também da qualidade e consistência das estratégias adotadas para sua gestão e desenvolvimento.

3.2 O CASO EMBRAER: AUTONOMIA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

A avaliação pormenorizada do papel desempenhado pela indústria aeronáutica reafirma o conceito de que a inovação de origem militar pode resultar em impactos tangíveis tanto na sociedade civil quanto na economia global. O potencial para a manutenção desta relação simbiótica entre as esferas militar e civil indica um trajeto auspicioso para o desenvolvimento tecnológico sustentável e a competitividade internacional do Brasil no cenário futuro. Dentro desse contexto, procederemos ao estudo de como a Embraer se configura como um exemplo emblemático na interação entre esses dois universos.

A instituição do Ministério da Aeronáutica, em 20 de janeiro de 1941, foi embasada nas seguintes considerações fundamentais: primeiramente, o significativo avanço alcançado pela aviação nacional, demandava a expansão de suas atividades e a essencial coordenação técnica e econômica; em segundo lugar, a relevância crucial de sua eficiência e adequado aparelhamento para o progresso e a segurança do país; e, por fim, a conclusão de que a busca conjunta desses objetivos sob uma orientação centralizada poderia proporcionar resultados mais rápidos e economicamente mais viáveis (BRASIL, 1941).

Como um desdobramento deste fato, no ano de 1945 foi estabelecido o CTA, a partir do qual emergiu o ITA, uma renomada instituição de ensino de engenharia aeronáutica, cuja concretização foi viabilizada por meio de uma colaboração com o MIT, universidade estadunidense onde o proeminente engenheiro Vannevar Bush estudou e lecionou. Em 1954, originou-se o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD), que desempenhou um papel fundamental ao fornecer a base para os primeiros produtos desenvolvidos pela Embraer em um momento posterior (FONSECA, 2012).

Desde a sua criação, o Ministério da Aeronáutica fora acompanhado do interesse, por parte dos militares e líderes civis, em desenvolver uma indústria aeronáutica nacional e conduzir as pesquisas tecnológicas necessárias para a sua efetivação (FONSECA, 2012).

Por conseguinte, a Embraer foi estabelecida no município de São José dos Campos, por iniciativa do Governo Federal em 1969, sendo fundada em 02 de janeiro de 1970 como uma sociedade de economia mista de capital aberto. Essa instituição estava sob controle da União e era vinculada à Aeronáutica. A missão atribuída a seus fundadores consistia na implantação e disseminação da indústria aeronáutica no território nacional (BERNARDES, 2000).

Desde seu surgimento, a Embraer tem sido favorecida por um constante apoio estatal, uma circunstância notável na história do desenvolvimento tecnológico e industrial do país. Tal respaldo se manifestou por meio de incentivos fiscais, benefícios e políticas governamentais de aquisição, destinados tanto ao estímulo da formação de recursos humanos altamente capacitados como ao fomento da execução de pesquisas básicas e aplicadas no setor. Contribuíram para viabilizar essa experiência institutos de excelência, notadamente o CTA e o ITA (BERNARDES, 2000).

Consequentemente, a empresa delineou uma trajetória bem-sucedida, pautada por sua autonomia e inovação tecnológica. Essa trajetória se fundamentou primordialmente na seleção de tecnologias-chave para sua estratégia de manufatura, bem como na prospecção deliberada de nichos de mercado tanto no âmbito nacional quanto global, especialmente no setor de aeronaves de médio porte (BERNARDES, 2000).

Na década de 1970, as exportações do modelo EMB-110 Bandeirante prosperaram rapidamente. Em 1975, o Uruguai foi o primeiro país a adquirir o modelo, seguido pelo Chile no ano seguinte, em ambos os casos destinados às Forças Armadas dessas nações. Ao longo do período até 1990, aproximadamente quinhentas unidades do Bandeirante foram vendidas para diversas nações em escala global, consolidando-se como uma relevante conquista comercial para a empresa (FONSECA, 2012).

Impulsionada pelos recursos destinados à pesquisa e desenvolvimento fornecidos pela Finep²⁰, a Embraer embarcou em um ambicioso projeto: o desenvolvimento do turboélice Tucano, uma aeronave militar versátil para treinamento e operações de ataque ao solo. Em 1982, a Força Aérea Brasileira (FAB) fez um pedido inicial de 118 unidades do modelo, demonstrando confiança na capacidade da empresa (FONSECA, 2012).

O sucesso comercial do Tucano impulsionou ainda mais a Embraer em sua trajetória internacional. A empresa firmou uma colaboração estratégica com a empresa britânica *Short Brothers*, que culminou no fornecimento dessas aeronaves à *Royal Air Force* (RAF) do Reino Unido. A partir dessa parceria, o modelo passou por aprimoramentos e evoluções, resultando no aclamado A-29 Super Tucano, uma versão aperfeiçoada que solidificou ainda mais a posição da Embraer no mercado aeroespacial mundial (FONSECA, 2012).

²⁰ Financiadora de Estudos e Projetos, agência governamental de apoio à pesquisa e inovação.

Ainda na década de 1980, o Ministério da Aeronáutica propôs a elaboração de um projeto de caça-bombardeiro a jato com capacidade para operar em baixas altitudes e com alta manobrabilidade. Em resposta a tal demanda, a Embraer estabeleceu uma colaboração estratégica com as empresas *Aeritalia* e *Aermacchi*, visando ao desenvolvimento do protótipo denominado Aeronáutica Militar X (AMX). Por meio dessa iniciativa, a empresa adquiriu domínio das tecnologias de aeronaves a jato e, simultaneamente, alcançou progressos tecnológicos significativos no âmbito do AMX, o que viabilizou a subsequente concretização do projeto do modelo ERJ-145²¹. O conhecimento técnico assim acumulado revelou-se de fundamental importância para o desenvolvimento das novas famílias de aeronaves pela Embraer (FONSECA, 2012).

A coerência, cumulatividade e continuidade de uma trajetória tecnológica sustentada de maneira coesa pelas políticas governamentais de curto e longo prazos, e internalizada organicamente na estrutura da empresa, aliados à extensa colaboração entre os diversos institutos do CTA, conferiram à Embraer a conquista de uma capacitação tecnológica e uma posição competitiva altamente atípicas em comparação com os países em desenvolvimento (BERNARDES, 2000).

Em suma, a Embraer desenhou um caminho de sucesso, se destacando pela autonomia e inovação tecnológica, beneficiada por constante apoio governamental e por instituições de excelência, como o CTA e o ITA. A conquista de mercados internacionais, assim como a expertise nas tecnologias de aeronaves a jato, atesta a competência técnica da empresa. A sinergia contínua entre institutos e a integração das políticas governamentais resultaram em um excepcional desenvolvimento tecnológico e uma posição competitiva única para a Embraer, marcando-a como um caso distintivo no contexto de industrialização dos países em desenvolvimento.

3.3 PARCERIA BRASIL-UCRÂNIA: O CASO DA ALCÂNTARA CYCLONE SPACE

O desenvolvimento tecnológico no âmbito espacial apresenta-se como importante elemento para o posicionamento geopolítico dos Estados na era contemporânea. Nesse

²¹ ERJ145: *Embraer Regional Jetliners*, é um avião bimotor a jato de 50 lugares destinado a voos regionais.

contexto, países em desenvolvimento, como o Brasil, têm buscado estabelecer parcerias internacionais como uma estratégia para avançar em suas capacidades espaciais.

A presente seção faz uma análise retrospectiva do programa espacial brasileiro, destacando sua infraestrutura de lançamentos e a estratégia de cooperação internacional com a Ucrânia para o desenvolvimento do ACS. Assim, serão apresentados os desafios e lições extraídas dessa experiência.

O Brasil se destaca por abrigar instalações de lançamento de alta qualidade. Exemplificando tal fato, podemos citar o Centro de Lançamento da Barreira do Inferno (CLBI), que obteve êxito em mais de 300 lançamentos de satélites e foguetes no período de um ano após seu lançamento inaugural. Outra importante contribuição é o Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), que possui capacidade de realizar lançamentos de foguetes de médio e grande portes e se encontra em uma localização geográfica privilegiada no contexto de determinadas operações espaciais (LIMA JUNIOR, 2021).

A Guerra Fria foi um marco significativo na trajetória do setor espacial, representando uma fase de expansão notável. Curiosamente, foi na década de 1960 que o programa espacial brasileiro teve início, impulsionado por uma colaboração estabelecida com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (ARAÚJO, 2014).

As excepcionais condições climáticas e topográficas do CLA, juntamente com sua proximidade à linha do Equador – uma localização que permite a máxima exploração do impulsionamento de objetos lançados ao espaço por meio do aproveitamento da rotação terrestre – conferem uma economia notável, reduzindo em até 31% o consumo de propelente ou combustível dos foguetes em comparação a outros centros espaciais internacionais. Essa vantagem proporciona a capacidade de aumentar significativamente a carga útil transportada e operar com custos mais eficientes (ARAÚJO, 2014).

No entanto, um dos acontecimentos de maior impacto no CLA ocorreu em 2003, quando o terceiro protótipo do VLS-1²² sofreu uma explosão catastrófica, resultando na perda de 21 funcionários, incluindo técnicos altamente especializados. A explosão, decorrente da insuficiente alocação de investimentos governamentais na área, que comprometeu a utilização adequada de equipamentos seguros, evidenciou uma das principais barreiras persistentes no desenvolvimento do programa espacial brasileiro. Diante dos elevados custos

²² VLS-1 foi o primeiro Veículo Lançador de Satélites que viria a ser desenvolvido pelo antigo Instituto de Atividades Espaciais (CTA/IAE).

dos projetos espaciais, o Estado considerou propício o estabelecimento de mecanismos de cooperação com outras nações, a fim de compartilhar os encargos de produção (NASCIMENTO, 2013).

Deste modo, torna-se evidente a dificuldade enfrentada naquela época por diversos Estados para se desenvolverem no âmbito espacial, dominado pelos EUA, que, por sua vez, buscavam preservar o *status quo* (HUNTINGTON, 1999). Nesse cenário, as nações com condições similares empreenderam esforços para se unir e cooperar, com o objetivo de superar a assimetria na distribuição de poder. É com base nessa perspectiva que o Brasil tomou a decisão de estabelecer uma aliança com a Ucrânia, visando alcançar crescimento e maior proeminência na arena internacional (NASCIMENTO, 2013).

A Ucrânia, que possuía conhecimentos tecnológicos provenientes do legado espacial soviético, estava restrita a lançar seus veículos a partir de bases antigas como *Plesetsk* e *Baikonur*, ambas de origem soviética. Por outro lado, o Brasil, naquele momento, ainda buscava desenvolver seu próprio veículo lançador. Diante disso, ambas as nações identificaram necessidades que poderiam ser atendidas por meio da cooperação, tornando suas iniciativas complementares. De um lado, a Ucrânia dispunha da tecnologia do *Cyclone-4*, enquanto, de outro, o Brasil oferecia uma localização geográfica vantajosa para o futuro sítio de lançamentos (AMARAL, 2009).

O encontro de interesses e a complementariedade dos projetos se materializaram quando o Brasil se disponibilizou a fornecer a infraestrutura necessária, não se limitando apenas ao espaço físico de Alcântara. Enquanto isso, a Ucrânia assumiu o desenvolvimento do veículo e da plataforma de lançamento. Com essa sinergia, ambas as nações puderam implantar conjuntamente o sítio de Alcântara, dando origem à entidade binacional ACS. Vale ressaltar que esse sítio foi estabelecido em uma área do CLA, uma região sob jurisdição da União e administrado pelo Comando da Aeronáutica (AMARAL, 2009).

O acordo estabelecido tinha como objetivo não apenas compartilhar tecnologia, mas também dividir os custos de manutenção da entidade binacional ACS, que seria responsável pelo lançamento do *Cyclone-4*, previsto para ocorrer em 2014. A ideia por trás desse acordo era que os lucros gerados a partir desses lançamentos compensariam os investimentos realizados pelas duas nações. Dessa forma, ficou definido que o Brasil arcaria com um montante de US\$ 460 milhões, equivalente a 50% do capital social da ACS. Essa contribuição financeira do Brasil visava assegurar sua participação na empreitada, garantindo acesso aos

benefícios econômicos e tecnológicos que seriam obtidos a partir do lançamento conjunto do *Cyclone-4* (ARAÚJO, 2014).

O acordo em questão gerou implicações tanto no âmbito nacional quanto internacional, suscitando controvérsias entre diversos atores. Entre as dificuldades encontradas, destacam-se questões relacionadas à demografia da população do município de Alcântara, restrições orçamentárias e desafios administrativos vinculados à execução do projeto. Outras preocupações de relevo incluem a obtenção de licenças ambientais necessárias e o potencial de poluição decorrente do uso do combustível do *Cyclone-4*, conhecido como Hidrazina (NASCIMENTO, 2013).

No contexto dos fatores externos, é relevante ressaltar a influência significativa dos EUA nas determinações estratégicas tomadas pelo Brasil. A perspectiva favorável do Brasil em relação à assinatura do acordo de salvaguardas tecnológicas com uma das principais potências espaciais é compreensível, especialmente considerando que o país norte americano é reconhecido pela sua posição dominante na esfera espacial, abarcando aproximadamente 80% dos satélites em órbita terrestre (MONSERRAT FILHO, 2003).

Apesar das expectativas inicialmente promissoras, a colaboração entre o Brasil e a Ucrânia não alcançou o sucesso esperado. Em julho de 2015, por meio do Decreto nº 8.494, o Brasil denunciou o Tratado que estabelecia a criação da ACS. A justificativa para essa decisão foi o alegado desequilíbrio na relação tecnológica-comercial entre as duas nações ao longo da execução do acordo (BRASIL, 2015). Dessa forma, em 2018, o Congresso Nacional recebeu a Medida Provisória nº 858/2018, cujo objetivo consistia na efetiva extinção da ACS.

Diante do exposto, é possível inferir que a cooperação internacional, quando bem executada, pode atender à necessidade de países em desenvolvimento como o Brasil, de obter tecnologias e financiamento para o desenvolvimento de suas capacidades. Entretanto, as consequências da aliança com a Ucrânia evidenciaram que tal cooperação precisa ser fundamentada em igualdade de participação e benefícios mútuos, além da devida consideração às questões ambientais, demográficas e de gestão. Assim, o caso do acordo Brasil-Ucrânia tornou-se um exemplo emblemático das complexidades, riscos e desafios que envolvem o estabelecimento de alianças internacionais na área espacial, oferecendo lições importantes para futuros empreendimentos.

Além disso, o caso da ACS ilustra a importância de uma governança eficaz, o papel crucial dos investimentos adequados em tecnologia e segurança, e a necessidade de superar

obstáculos administrativos, técnicos e financeiros. A posição geográfica favorável do Brasil no âmbito espacial, apesar de proporcionar vantagens consideráveis, não isenta o país dos desafios inerentes à manutenção e ao desenvolvimento do setor. Consequentemente, a experiência com a ACS sinaliza para a necessidade de uma abordagem estratégica mais robusta, alinhada com a realidade socioeconômica e tecnológica do Brasil, bem como atenta às dinâmicas geopolíticas que moldam o setor espacial.

4 A TRÍPLICE HÉLICE E A INDÚSTRIA DE DEFESA: COMPARAÇÕES ENTRE O MODELO AMERICANO E O BRASILEIRO

O presente capítulo destina-se a analisar o setor de defesa sob uma perspectiva estratégica e multidimensional, com um enfoque específico no caso brasileiro. Reconhecendo a interdependência entre soberania nacional, desenvolvimento científico-tecnológico e a robustez da indústria de defesa, o estudo procura situar tais relações no contexto das teorias contemporâneas de desenvolvimento e inovação. A análise inicia com a revisão do modelo da Tríplice Hélice, que se refere à interação sinérgica entre universidades, indústria e governo, e sua relevância para a competitividade nacional em um cenário global.

Adicionalmente, será enfocada a experiência estadunidense, analisando a construção e o desenvolvimento do seu complexo militar-industrial-acadêmico, além das implicações desse modelo para a segurança nacional e a supremacia tecnológica dos EUA. O papel das universidades na promoção da inovação e sua interação com a indústria e o governo são também discutidos, com vistas a entender como tais elementos podem contribuir para o fortalecimento de regiões como ecossistemas de inovação.

Por fim será abordada a situação específica do Brasil, identificando os desafios enfrentados por sua indústria de defesa e propondo possíveis soluções. O estudo considera a importância do desenvolvimento científico e tecnológico, das políticas de defesa e fiscais, e da alocação de recursos para a promoção de uma indústria de defesa sólida e autossuficiente. É um esforço para trazer luz aos caminhos possíveis para a indústria de defesa brasileira, tendo em vista sua importância estratégica para a soberania e o desenvolvimento nacional.

4.1 A INDÚSTRIA DE DEFESA

No ano de 1990, o renomado acadêmico da *Harvard University*, Michael Porter, publicou uma obra inovadora denominada “As Vantagens Competitivas das Nações”. Nesta obra, Porter suscita uma questão fundamental: por que alguns países conseguem ser bem-sucedidos na produção de bens enquanto outros falham na competição internacional? (SILVA, 2004).

Porter defende que existem fatores na concepção de uma empresa que ultrapassam as meramente corporativas, que são influenciadas pelo empreendedor ou investidor. Ele

prossegue interrogando o motivo pelo qual empresas originárias de uma nação específica conseguem estabelecer e manter vantagens competitivas, superando produtores líderes em um ou múltiplos segmentos da produção global. Ele conclui ao pontuar que o triunfo de empreendimentos produtivos não depende apenas do empreendedor ou investidor, mas também, e significativamente, da sociedade, do seu comportamento e do governo que a representa (SILVA, 2004).

Não se pode contestar o fato de que, na estrutura de qualquer nação contemporânea, a indústria de defesa é reconhecida como um setor de grande relevância estratégica, estando intrinsecamente associada à soberania estatal e à autodeterminação de uma sociedade. Contudo, a evolução dessa indústria é condicionada a uma intervenção estatal direta e tangível, não apenas pelo uso designado a seus produtos – que em sua maioria são destinados a instituições militares e forças de segurança – mas também para que tais produtos possam ser beneficiados pelo suporte imprescindível para sua fabricação, promoção e comercialização (CÂNDIDO, 2004).

Em determinadas nações, a exemplo dos EUA, existe um vigoroso estímulo e fortalecimento das atividades de pesquisa e desenvolvimento. O objetivo primordial dessas iniciativas é a inovação e a propagação de novas tecnologias, conjugado à implementação de estratégias que visam garantir uma demanda futura. Nesse sentido, a promoção de pesquisas voltadas para a descoberta e aprimoramento de novos produtos e processos é uma constante (CÂNDIDO, 2004).

Assim, a interação sinérgica entre o setor empresarial, o governo e a sociedade, como elucidada por Porter, é crucial para a competitividade de uma nação em escalas globais. Adicionalmente, a indústria de defesa surge como um campo estratégico para a soberania e autodeterminação de uma nação, condicionada à intervenção estatal tangível, demonstrando que a soberania econômica e estratégica se encontra muitas vezes entrelaçada. Desse modo, a premissa de Porter acerca da relevância da dinâmica socioeconômica nacional na formação de vantagens competitivas é validada e reforçada.

Uma abordagem holística da indústria de defesa nacional deve contemplar a participação de especialistas científicos e tecnológicos, por meio de uma abordagem multidisciplinar e inovadora. Essa sinergia busca não apenas impulsionar a economia, mas também enfatizar os efeitos duais benéficos no progresso da atividade industrial (ALVES, 2004).

Contudo, é imprescindível destacar o elemento vital e essencial do contexto histórico, no qual não há registro de qualquer potência, mesmo aquelas de ordem média, que não tenha alcançado um elevado nível de desenvolvimento científico e tecnológico. Tal fenômeno pode ser atribuído ao fato de que o progresso na ciência e tecnologia, contrariando as percepções populares, apresenta um efeito cascata sobre diversos aspectos sociais, tais como educação, conhecimento, cultura, produção industrial, demanda e qualificação de empregos, culminando em um avanço geral da qualidade de vida nacional (ALVES, 2004).

Paralelamente, faz-se necessário adquirir proficiência em tecnologias que, mediante um efeito halo, englobem três objetivos fundamentais: primeiramente, o fortalecimento do aparato estatal tanto no âmbito econômico quanto no militar; em segundo lugar, a redução da lacuna tecnológica em relação a nações mais desenvolvidas e, de forma concomitante, o agravamento dessa disparidade quando comparada a países menos avançados; e, por fim, a melhoria substancial das condições materiais do Estado para atender de forma mais efetivas às demandas do povo, fomentando, assim, o fortalecimento do cumprimento dos preceitos morais (CARDOSO, 2004).

O ciclo virtuoso entre o desenvolvimento tecnológico, o fortalecimento do Estado e a satisfação do povo contribui de maneira significativa para a consolidação da nação, tanto no âmbito material quanto no psicológico. Adicionalmente, esse processo capacita o país a salvaguardar sua soberania, ao mesmo tempo em que reduz sua dependência externa. Todavia, é importante salientar que tais conquistas não podem ser meramente atribuídas aos frutos das pesquisas e experimentações em ciência e tecnologia. É essencial que tanto o governo quanto a população estejam impregnados pelos mesmos princípios éticos, atuando em consonância para alcançar os objetivos comuns (CARDOSO, 2004).

Desta maneira, fica evidente a importância de uma abordagem abrangente e multidisciplinar no desenvolvimento da indústria de defesa nacional, que envolve um investimento rigoroso em ciência e tecnologia. Ademais, é crucial que essa abordagem seja orientada por princípios éticos compartilhados, que articulem o governo, a população e a comunidade científica em um esforço unificado. Esse processo, quando implementado com eficiência, cria um círculo virtuoso de desenvolvimento e fortalecimento nacional, superando os benefícios puramente materiais para alcançar uma consolidação psicológica e moral da nação.

4.2 A REVOLUÇÃO NO PAPEL DA CIÊNCIA NOS ESTADOS UNIDOS PÓS-GUERRA

Conforme apresentado no capítulo 2, um dos aspectos mais importantes do relatório *Science – The Endless Frontier* é a percepção de que era necessário manter algumas informações sobre as pesquisas realizadas em sigilo, porém a maioria delas deveria ser disponibilizada ao público assim que houvesse razões para acreditar que o inimigo não poderia utilizá-las contra os EUA ou os seus aliados durante a guerra. A fim de determinar quais informações deveriam ser divulgadas, coordenar essa divulgação e, de fato, incentivar sua publicação, deveria ser estabelecido um Conselho composto por membros do Exército, da Marinha e de cientistas civis (BUSH, 1945).

Conforme explicado por Bush, a guerra exigia uma maior colaboração entre militares, cientistas e industriais, e a supremacia dos EUA, tanto em tempos de paz quanto de guerra, repousava nessa rede de conexões práticas. Deste modo, em resposta à Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos estabeleceram um sistema nacional de inovação, conectando pesquisa laboratorial, produção em massa, táticas de campo de batalha e estratégias desenvolvidas pelos Estados-Maiores. A escala e a abrangência desse complexo militar-industrial-acadêmico foram sem precedentes e representaram uma revolução no modo de vida dos norte americanos (ZACHARY, 1997).

Portanto, o sentimento de Bush em relação ao futuro refletia a importância das conexões entre ciência, forças armadas e indústria para vencer uma guerra moderna. O desafio crucial do pós-guerra consistia em fortalecer essas conexões de maneira consistente com uma economia em tempos de paz. Sob uma perspectiva filosófica, Bush via o fim da Segunda Guerra Mundial como uma oportunidade para alterar permanentemente o papel do cientista em uma democracia (ZACHARY, 1997).

No meio século subsequente à Segunda Guerra Mundial, os norte americanos mantiveram uma profícua produção de bens materiais, impulsionada por estratégias de gestão e técnicas de engenharia contemporâneas. Esta conquista, oriunda do capitalismo e da livre iniciativa, se desenvolveu em paralelo à capacidade emergente do país de desenvolver sistemas tecnológicos de larga escala, os quais passaram a configurar os espaços habitáveis. Os projetos governamentais financiados no pós-guerra deram origem a uma modalidade de gestão criativa de iniciativa e de engenharia substancialmente diversa da versão moderna que se destacou no intervalo entre as duas guerras mundiais (HUGHES, 1998).

Em síntese, o relatório de Bush delineou uma visão estratégica, sustentando que a integração entre ciência, indústria e forças armadas eram vitais para assegurar a segurança nacional e a primazia estadunidense. A era pós-guerra trouxe consigo o desafio de consolidar tais conexões dentro de uma economia pacífica, ao mesmo tempo transformando o papel do cientista, uma mudança de paradigma que refletiu a essência do complexo militar-industrial-acadêmico.

4.3 A TRÍPLICE HÉLICE E A ERA DO CONHECIMENTO

O complexo militar-industrial-acadêmico estabeleceu um amplo processo de inovação baseado em avanços científicos, com o objetivo de vencer a Guerra Fria contra a União Soviética e impulsionar os limites da ciência para fortalecer a liderança tecnológica norte americana globalmente. Essa doutrina enfatizava que a superioridade tecnológica em armamentos era um fator determinante para alcançar a vitória militar (MEDEIROS, 2007).

O “triângulo dourado” composto por agências militares, indústrias de alta tecnologia e universidades de pesquisa gerou uma nova forma de ciência no período pós-guerra. Essa ciência desafiou as tradicionais distinções entre teoria e prática, ciência e engenharia, civil e militar, classificada e não classificada. Sua natureza e contratos estabelecidos estavam intrinsecamente ligados ao estado de segurança nacional. Os benefícios imediatos dessa parceria eram claramente visíveis: maiores orçamentos, instalações aprimoradas, maior influência política em Washington e desenvolvimento de equipamentos militares cada vez mais avançados (LESLIE, 1993).

Por meio dos esforços de guerra durante o período de Ronald Reagan²³ como presidente dos Estados Unidos, o complexo militar-industrial-acadêmico obteve sucesso na Guerra Fria. Porém, após o colapso da União Soviética no início da década de 1990, houve uma redução no orçamento da defesa. A melhora orçamentária ocorreu apenas após os ataques terroristas de 11 de setembro de 2001 ao *World Trade Center*, o que acabou por impulsionar as novas estratégias de guerra, como o combate ao terrorismo e a guerra assimétrica. Consequentemente, a ciência americana moveu-se em direção a mais uma onda de inovações, assim como ocorreu no passado (MEDEIROS, 2007).

²³ Ronald Reagan foi o 40º presidente dos Estados Unidos, tendo governado de 1981 a 1989. Disponível em: <<https://www.whitehouse.gov/about-the-white-house/presidents/ronald-reagan/>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

O complexo militar-industrial-acadêmico desempenhou um papel crucial ao estimular tanto a demanda quanto a oferta durante um longo período do processo de inovação, criando uma rede de instituições e comunidades tecnológicas descentralizadas e coordenadas, sem igual no mundo contemporâneo. O modelo foi responsável pela criação de instituições focadas na exploração da fronteira científica e no impulsionamento do progresso tecnológico, tornando-se uma característica marcante da ciência e tecnologia nos EUA (MEDEIROS, 2007).

A tese da Tríplice Hélice postula a crescente necessidade de um papel mais relevante da universidade na promoção da inovação em sociedades predominantemente fundamentadas no conhecimento, utilizando a pesquisa universitária como um *locus* de experimentação para alterações em redes intensivas de conhecimento. Nesse contexto, à luz do decrescente papel dos militares e da ascendente influência do setor acadêmico nas estruturas institucionais contemporâneas, ocorre uma reconfiguração na dinâmica das relações entre o mundo acadêmico, a indústria e o governo (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

Assim sendo, busca-se criar um ambiente inovador, onde empresas surgidas de universidades, iniciativas trilaterais para o desenvolvimento econômico baseado no conhecimento e alianças estratégicas entre empresas de diferentes áreas e níveis de tecnologia, laboratórios governamentais e grupos de pesquisa acadêmica possam colaborar. Essas parcerias são frequentemente encorajadas, mas não diretamente controladas pelo governo, seja por meio de novas regulamentações, apoio financeiro direto ou indireto, ou por meio de leis (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

Considerando as inovações básicas como aquelas que estabelecem novos setores industriais, podemos afirmar que o modelo da Tríplice Hélice foi responsável pela criação das inovações básicas em todas as novas indústrias baseadas em ciência, como aeroespacial, computadores e equipamentos de telecomunicação. Sob a liderança estadunidense, o modelo representa uma realização de grande importância, comparável apenas aos avanços tecnológicos alcançados, como o avião a jato, a bomba atômica, o míssil, o transistor e o computador (MEDEIROS, 2007).

Em conclusão, o complexo militar-industrial-acadêmico, delineado no contexto da Guerra Fria, promoveu uma robusta relação simbiótica entre teoria e prática, que transformou profundamente a ciência e a tecnologia estadunidenses. Com a reconfiguração do modelo, este complexo evoluiu para um papel mais relevante da universidade na promoção da inovação, respondendo às demandas contemporâneas de sociedades fundamentadas no

conhecimento. Nesse novo arranjo, as parcerias incentivadas pelo governo demonstram uma estratégia eficiente para o desenvolvimento de inovações básicas em setores emergentes, consolidando a liderança tecnológica dos EUA.

4.4 IMPLICAÇÕES DO MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE

O conceito da Tríplice Hélice não se limita à interação entre a universidade, a indústria e o governo, mas se estende para englobar as transformações intrínsecas ocorridas em cada uma dessas esferas. A universidade evoluiu de uma instituição predominantemente centrada no ensino para uma entidade que integra o ensino e a pesquisa, uma revolução ainda em andamento, não apenas nos Estados Unidos, mas também em uma gama de países globalmente. Existe uma dialética entre essas duas atividades, no entanto, elas conseguem coexistir numa relação mais ou menos equivalente, haja vista a constatação de que a sinergia entre ensino e pesquisa é mais produtiva e lucrativa (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000).

Determinadas regiões estão passando uma transição essencial, na qual estão sendo redefinidas de uma entidade com características geográficas, política e cultural para uma Tríplice Hélice, composta por empresas, universidades e agências governamentais que são catalisadores para iniciativas inovadoras para o aprimoramento regional. Porém, as circunstâncias propícias para o avanço econômico de alta tecnologia não se originam de forma autônoma; elas podem ser discernidas e implementadas por meio de ações deliberadas. O processo de transformação pode ser percebido como atípico: não é unicamente conduzido por forças de mercado ou diretrizes políticas (ETZKOWITZ, 2008).

Na fase inicial, o progresso fundamentado na ciência tende a emergir de universidades e outras instituições de pesquisa, colaborando com empresas ou entidades governamentais, ou até mesmo com ambas, em torno de uma meta específica. Conforme o processo ganha ímpeto, novas questões podem ser incorporadas para estabelecer uma base mais extensa para o desenvolvimento regional (ETZKOWITZ, 2008).

Regiões como o Vale do Silício, por exemplo, ilustram uma inclinação para a geração de novas empresas em contraste com a estratégia de atração de empresas já estabelecidas para realocação como tática de desenvolvimento. Tais regiões se caracterizam pela constante criação de empresas, um processo de renovação que vai além da tecnologia específica que lhes deu origem. Efetivamente, o critério para o sucesso de uma região orientada pelo

conhecimento é a capacidade de transitar de um paradigma tecnológico para outro sem uma lacuna significativa. O ecossistema que fomenta a inovação e a formação de empresas torna-se a força propulsora, com capacidade de conceber e incorporar novas tecnologias e modelos de negócio à medida que emergem e de atraí-los para a região (ETZKOWITZ, 2008).

À medida que regiões implementam estratégias de inovação fundamentadas no conhecimento, o agrupamento de participantes e sua relevância dentro do contexto político-econômico local sofrem alterações. Conforme as atividades corporativas se acentuam, um agrupamento frequentemente passa a ter uma existência autônoma que não se associa mais diretamente a uma entidade acadêmica ou a uma iniciativa regional específica. Regiões prósperas podem aparentar ser o desdobramento de um mecanismo de crescimento econômico autossustentado que tem como alicerce uma série de empresas. No entanto, quando se investigam as origens do êxito regional, uma iniciativa acadêmica e a cooperação entre os agentes da Tríplice Hélice podem ser identificados (ETZKOWITZ, 2008).

As transformações das identidades regionais ocorrem devido ao deslocamento dos fatores de produção convencionais – terra, trabalho e capital – por conhecimento, um fenômeno observável tanto em indústrias de ponta quanto em indústrias transformadoras mais antigas. Comumente, uma região representa uma área de extensão incerta que não é obrigatoriamente uma entidade política, todavia, pode operar sob diversos formatos de organização política. Esses formatos podem variar desde governos multifuncionais, a exemplo dos estados norte-americanos, até distritos direcionados para finalidades específicas, como transporte, controle de poluição ou incremento de empresas. Entidades semipolíticas, como os conselhos de alta tecnologia que não detêm status oficial, também podem assumir funções análogas às governamentais (ETZKOWITZ, 2008).

As entidades supranacionais, a exemplo da União Europeia (UE), promovem a sinergia entre a esfera acadêmica, o setor produtivo e o governo como catalisadores de transformação regional, ademais, como uma estratégia para transcender as limitações do progresso regional intrínsecas às delimitações nacionais. As zonas transfronteiriças, tais como a *Cascadia*, que integra o estado de *Washington* e a Colúmbia Britânica, foi instituído superando as fronteiras pré-existentes. Os componentes fundacionais dessas regiões recém estabelecidas englobam uma fonte de conhecimento, um mecanismo para forjar consensos e um projeto de fomento à inovação (ETZKOWITZ, 2008).

Nesta perspectiva, o modelo da Tríplice Hélice tem conduzido a uma profunda transformação da identidade regional, com regiões modificando-se de entidades meramente geográficas para complexos ecossistemas de inovação que integram universidades, indústria e governo. Observa-se que tal metamorfose depende, de forma crucial, de uma interação dialética entre ensino e pesquisa, bem como de uma série de iniciativas deliberadas e colaborativas. A dinâmica que emerge destas interações fomenta o surgimento e o crescimento de empresas inovadoras, e sua capacidade de transição entre diferentes paradigmas tecnológicos é um indicativo do seu sucesso.

Por fim, estas transformações, ao substituírem os tradicionais fatores de produção por conhecimento, reforçam a relevância de entidades supranacionais e zonas transfronteiriças na promoção da sinergia entre academia, o setor produtivo e o governo para impulsionar o progresso regional.

4.5 DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A INDÚSTRIA BÉLICA BRASILEIRA

Conforme constatado nas seções anteriores, o progresso nas esferas da ciência e da tecnologia é um fator determinante para o crescimento econômico, social e militar, exercendo um impacto direto sobre as nações no que se refere à soberania e à defesa. No caso brasileiro, o estabelecimento de alianças no domínio científico é crucial para a implementação de uma política de desenvolvimento científico e tecnológico, cuja meta é mitigar as extremas desigualdades sociais (AMARAL, 2011).

Por outro lado, a aspiração à autonomia, independência, soberania e desenvolvimento – elementos fundamentais para um projeto nacional – estará comprometida se uma perspectiva restritiva da posição do Brasil no cenário global for aceita, o que supõe a adaptação passiva ao *status quo*. Tal visão é característica de intelectuais conservadores que, sob a aparência de modernidade e pragmatismo, disseminam uma ideologia de submissão e conformismo, apresentada como científica, objetiva, prática e pragmática, com o propósito de persuadir a população de que a acomodação é mais inteligente do que a resistência (AMARAL, 2011).

A indústria de defesa e seus impactos na economia e desenvolvimento dos países que se destacam na concepção, projeto, desenvolvimento e fabricação de materiais, componentes e equipamentos destinados às Forças Armadas têm sido objeto de ampla investigação na

literatura acadêmica. Observa-se uma correlação entre os países líderes no mercado global de produtos militares e o alto grau de desenvolvimento socioeconômico que oferecem, proporcionando melhores padrões de qualidade de vida e oportunidades mais amplas para seus cidadãos (SILVA, 2004).

Em decorrência dos elevados custos financeiros envolvidos em atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, juntamente com a necessidade de garantir o retorno do capital investido e a obtenção de lucro, aliado ao considerável potencial de poder vinculado às tecnologias inovadoras, os países e empresas que detêm tal domínio tendem a restringir sua disseminação. Nesse contexto, torna-se de suma importância que um Estado-nação soberano, com o intuito de se posicionar adequadamente nesse cenário, salvasse sua soberania nacional e promova uma cultura robusta de Ciência e Tecnologia, evitando, assim, qualquer dissonância entre a retórica e a prática (CARDOSO, 2004).

É incontestável que o setor de defesa desempenha um papel crucial na promoção da coesão nacional, na criação de empregos e no estímulo de mecanismos de assistência social. Este é um princípio que se manifesta vigorosamente em diversas nações, mas atinge sua máxima expressão em um aspecto fundamental: o grande esforço na alocação de recursos. Nesse contexto, a indústria que se dedica a salvaguardar a soberania deve estar intrinsecamente ligada a um orçamento de caráter vinculante, ao invés de simplesmente concessivo, como é o caso do Brasil (CÂNDIDO, 2004).

Apenas a implementação de uma política fiscal de tal natureza poderia engendrar os resultados almejados pela indústria de defesa. A tecnologia espacial, evidente em suas contribuições para as comunicações e o monitoramento do espaço aéreo; o financiamento de pesquisas a médio e longo prazo voltadas ao desenvolvimento de novos produtos e equipamentos; a adoção de diretrizes protecionistas e a atribuição de estímulos a esse setor vital; a crescente sofisticação dos aviões de uso militar brasileiros, constituem o incentivo adequado para a promoção de exportações. A excelência dos produtos elaborados no Brasil, reconhecida internacionalmente, não relega a necessidade de investimento e de planejamento fiscal minucioso e alinhado com tais objetivos (CÂNDIDO, 2004).

O objetivo primordial a ser alcançado consiste na promoção de iniciativas que incentivem a fabricação de materiais de defesa nacionais, mitigando, assim, a dependência tecnológica que os militares possuem em relação às nações altamente desenvolvidas. Nesse

contexto, a consolidação da indústria nacional conduzirá a um reforço da soberania e da autodeterminação do povo brasileiro (CÂNDIDO, 2004).

Existe uma concordância unânime de que as Forças Armadas brasileiras não demandam de maneira constante o armamento fabricado dentro do país. Mesmo que a viabilização da maioria dos sistemas de armas produzidos pela indústria de defesa tenha ocorrido por meio de seu poder aquisitivo, suas solicitações foram manifestamente inadequadas para prevenir a crise dessa indústria (DAGNINO, 2004).

Comumente, a escassez da demanda interna é atribuída à insuficiência e à diminuição progressiva do orçamento de defesa nacional. Esta constatação é relevante, pois se houvesse uma ampliação de recursos destinados às Forças Armadas, assistiríamos a um crescimento no volume de suas compras de equipamentos de defesa, resolvendo assim o problema de demanda interna. Deste modo, a Base industrial de Defesa poderia ser revitalizada por meio de um “choque de demanda”, sem que fossem exigidos outros mecanismos de indução além da utilização do poder de compra do governo (DAGNINO, 2004).

A análise dos textos revela uma indissociável relação entre a soberania nacional, o desenvolvimento científico-tecnológico e o fortalecimento da indústria de defesa. A garantia da soberania e a redução da dependência tecnológica externa requerem uma robusta política de desenvolvimento em ciência e tecnologia, bem como um planejamento alinhado a esses objetivos. Os esforços devem se concentrar não só na inovação e na produção de equipamentos militares, mas também na implementação de diretrizes protecionistas e na alocação adequada de recursos para a indústria de defesa.

No entanto, a crise no setor bélico, evidenciado pela insuficiente demanda interna por armamentos nacionais, sugere a necessidade de uma reestruturação em termos de políticas fiscais e de defesa. Uma ampliação de recursos para as Forças Armadas poderia estimular o volume de compras de equipamentos de defesa. Não obstante, a tomada de decisões deve priorizar o equilíbrio entre as necessidades de segurança nacional, progresso socioeconômico e a manutenção de uma indústria de defesa sólida e autossuficiente.

5 CONCLUSÃO

Utilizando como base os tópicos abordados nos capítulos anteriores, é possível sintetizar algumas observações relevantes sobre o papel da história, cultura, interação institucional e política na formação e evolução da tecnologia e inovação, especialmente no contexto dos Estados Unidos e do Brasil. A análise comparativa realizada entre essas duas nações, cada uma com suas peculiaridades históricas, econômicas e geopolíticas, nos permitiu uma compreensão mais aprofundada do impacto dessas variáveis no desenvolvimento tecnológico.

No caso dos Estados Unidos, a importância da ciência e da tecnologia na segurança nacional foi solidificada durante e após a Segunda Guerra Mundial, com a implementação de um novo paradigma de colaboração entre governo, universidades e indústria. Essa perspectiva foi cristalizada nas políticas e instituições subsequentes, particularmente na NSF, que incorporou os princípios fundamentais de apoio à pesquisa e educação. A evolução da tecnologia no século XX, especialmente nas áreas de informática e sistemas, serviu para reforçar essa visão, demonstrando a importância de um ambiente que permitisse a fusão de iniciativas militares, industriais e acadêmicas.

O modelo estadunidense da Tríplice Hélice, na qual universidade, indústria e governo interagem de maneira sinérgica, tem sido fundamental para promover a inovação e sustentar a liderança tecnológica dos Estados Unidos. Este modelo proporcionou um ambiente favorável para o surgimento de tecnologias transformadoras, alavancadas pelo investimento em pesquisa e desenvolvimento e pela interação dinâmica entre diferentes setores. É também um testemunho da importância de uma estratégia clara e consistente que conecte a ciência, a tecnologia e a política, num ambiente de colaboração e mútua dependência.

No caso do Brasil, a evolução da Base Industrial de Defesa apresenta uma trajetória complexa, com altos e baixos refletindo as oscilações da política nacional e internacional. A exemplo dos Estados Unidos, a indústria de defesa brasileira se beneficiou de uma colaboração estreita entre academia, indústria e governo, embora em uma escala muito diferente. A trajetória da Embraer e a experiência com a ACS ilustram a capacidade do Brasil de aproveitar suas vantagens comparativas e aprender com as experiências anteriores para promover o desenvolvimento tecnológico.

No entanto, a análise também revelou desafios significativos, incluindo a necessidade de uma gestão eficaz, investimentos adequados em tecnologia e segurança, e a superação de obstáculos administrativos, técnicos e financeiros. A experiência brasileira demonstrou a importância da governança, tanto a nível nacional quanto nas alianças internacionais, além da necessidade de uma estratégia sólida e de longo prazo que seja capaz de proteger a indústria de defesas de volatilidades do mercado externo e garantir um ambiente interno propício ao desenvolvimento e inovação.

Em resumo, a análise comparativa da evolução tecnológica nos EUA e no Brasil nos permite concluir que, embora cada país tenha suas peculiaridades e desafios, existe um conjunto comum de fatores que influenciam o desenvolvimento tecnológico. Estes incluem o papel da ciência e tecnologia na segurança nacional, a interação entre universidades, indústria e governo, e a importância de uma estratégia clara e consistente. Os modelos da Trílice Hélice utilizados por ambos os países, embora com diferenças notáveis, destacam a importância da colaboração entre os setores na promoção da inovação e do desenvolvimento tecnológico. Ao mesmo tempo, a experiência de cada país sublinha a importância de estratégias adaptadas às suas próprias condições históricas, políticas e econômicas.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rex. Indústria de Defesa: Uma Proposta para Reflexão. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 129-152.

AMARAL, Roberto. *Ciência, tecnologia e soberania nacional: dificuldades para a construção de um projeto nacional*. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2011. 104 p.

AMARAL, Roberto. Por que o Programa Espacial Brasileiro engatinha. In: VELOSO, Elizabeth (Coord.). *A política espacial brasileira*. Brasília, v. 2, n. 7, pp. 129-145, 2009.

AMARANTE, José. Indústria Brasileira de Defesa: Uma Questão de Soberania e de Autodeterminação. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 23-44.

ANDRADE, Israel. Base Industrial de Defesa: Contextualização Histórica, Conjuntura Atual e Perspectivas Futuras. In: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Mapeamento da Base Industrial de Defesa*. Brasília, 2016. p. 11-29.

ARAÚJO, Carlos. O Programa Espacial Brasileiro: uma oportunidade para o fortalecimento do poder nacional. *Revista da Escola Superior de Guerra*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 58, p. 80-99, jan. 2014.

BERNARDES, Roberto. *O Caso Embraer: privatização e transformação da gestão empresarial: dos imperativos tecnológicos à focalização no mercado*. São Paulo: CYTED, 2000. 76 p.

BRASIL. Decreto-Lei n. 2.961 de 20 de janeiro de 1941. Cria o Ministério da Aeronáutica.

BRASIL. Decreto n. 8.494 de 24 de julho de 2015. Torna pública a denúncia, pela República Federativa do Brasil, do Tratado entre a República Federativa do Brasil e a Ucrânia sobre a cooperação de longo prazo na utilização do veículo de lançamentos Cyclone-4 no Centro de Lançamento de Alcântara.

BUSH, Vannevar. *Science, the Endless Frontier*. 1945. Washington D.C.: United States Printing Office. 184 p. Relatório.

CÂNDIDO, Jairo. Indústria Brasileira de Defesa: Uma Questão de Soberania e de Autodeterminação. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 57-79.

CARDOSO, Alberto. O Papel da Ciência e Tecnologia na Defesa da Soberania Nacional. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 183-211.

DAGNINO, Renato. Sobre a Revitalização da Indústria de Defesa Brasileira. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 81-127.

DUPREE, Hunter. The Great Instauration of 1940: The Organization of Scientific Research for War. In: GERALD, Holton (ed). *The Twentieth-Century Sciences: Studies in the Biography of Ideas*. New York: Norton, 1970. p. 443-467.

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, New York, v. 29, pp. 109-123, 2000.

FERREIRA, Marcos; SARTI, Fernando. *Diagnóstico: Base Industrial de Defesa Brasileira*. Campinas: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2011. 54 p.

FONSECA, Paulus. Embraer: um caso de sucesso com o apoio do BNDES. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 37, p. 39-65, jun. 2012.

FORMAN, Paul. Behind Quantum Electronics: National Security as Basis for Physical Research in the United States, 1940-1960. In: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, Oakland, Vol. 18, n. 1, p. 149-229, Jan. 1987.

HOOLEY JUNIOR, Irving. *Ideas and Weapons*. Washington D.C.: Office of Air Force History, 1997. 179p.

HUGHES, Thomas. *Rescuing Prometheus*. New York: Vintage Books, 1998. 480 p.

HUNTINGTON, Samuel. The Lonely Superpower. *Foreign Affairs*, [S.l.], v. 78, n.2, pp. 35-49, mar 1999.

KLEINMAN, Daniel. *Politics on the Endless Frontier: Postwar Research Policy in the United States*. London: Duke University Press, 1995. 248 p.

LESLIE, Stuart. *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford*. New York: Columbia University Press, 1993. 332 p.

LIMA JUNIOR, Jayme *et al*. Tratado de Cooperação Espacial entre Brasil e Ucrânia: reflexões sobre sua criação e extinção. *Revista Direito.UnB*, Brasília, v. 5, n. 2, p. 65-90, jan. 2021.

MCDUGAL, Walter. *The Heavens on the Earth: A Political History of the Space Age*. New York: Basic Books, 1985. 555 p.

MEDEIROS, Carlos. A Guerra e o Desenvolvimento Tecnológico Americano. In: II Conferência Nacional de Política Externa e Política Internacional – II CNPEPI “O Brasil no Mundo que vem aí”, 2, 2007, Rio de Janeiro. *Estados Unidos: presente e desafios*. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão, 2008. p. 161-180.

MEDEIROS, Carlos. O Desenvolvimento Tecnológico Americano no Pós-Guerra como um Empreendimento Militar. In: FIORI, José (Org.). *O Poder Americano*. Petrópolis: Editora Vozes, 2004. p. 225-252.

MORAES, Rodrigo. *A Inserção Externa da indústria Brasileira de Defesa: 1975-2010*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, 2012. 69 p.

MONSERAT FILHO, José. A parceria entre Brasil e Ucrânia para o uso comercial do Centro de Lançamento de Alcântara. *Revista Brasileira de Direito Aeroespacial*, [S.l.], v. 18, n. 86, p. 2-7, jun. 2003.

NASCIMENTO, Emmilyne. *A Política Espacial Brasileira entre 1961-2012: a cooperação Brasil/Ucrânia e a empresa binacional Alcântara Cyclone Space*. 2013. 134f. Dissertação (Mestrado em Relações Internacionais) – Centro de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2013.

PRUSELL, Carroll. Science Agencies in World War II: The OSRD and Its Challengers. In: *The Sciences in the American Context: New Perspectives*, REINGOLD, Nathan (Ed). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1979. p. 359-378.

SILVA, Ozires. A Indústria de Defesa. In: PINTO, José; ROCHA, Antônio; SILVA, Roberto (org.). *As Forças Armadas e o desenvolvimento científico e tecnológico no país*. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. p. 45-56.

SKIDMORE, Thomas. *BRAZIL: Five Centuries of Change*. New York: Oxford University Press, 1999. 254 p.

STEWART, Irvin. *Organizing Scientific Research for War: The Administrative History of the Office of Scientific Research and Development*. Boston: Little, Brown and Company, 1948. 358p.

U.S. CONGRESS. The Defense Industry of Brazil. In: *Global Arms Trade: Commerce in Advanced Military Technology and Weapons*. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office, 1991. p. 143-150.

ZACHARY, Gregg. *Endless Frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century*. New York: Free Press, 1997. 518 p.