

# A “dualidade” da dualidade tecnológica<sup>1</sup>: implicações para países em desenvolvimento

*The “duality” of technological duality: implications for developing countries*

**Resumo:** Embora os países desenvolvidos defendam o livre-comércio, paradoxalmente, eles exercem práticas protecionistas visando manter sua supremacia tecnológica no cenário internacional, bem como a dependência tecnológica dos países periféricos. Na área de defesa, as nações proeminentes buscam auferir autonomia e soberania tecnológica em suas capacidades militares, como também dificultar o domínio de tecnologias críticas e sensíveis pelos países em desenvolvimento. Nesse mister, destacam-se os cerceamentos tecnológicos, cujas ações visam aprofundar ou ao menos manter as assimetrias tecnológicas. Inserido nesse contexto, a partir de uma abordagem exploratória qualitativa, o presente artigo tem o objetivo de discutir um aspecto relevante e original identificado ao longo do estudo: a “dualidade” da dualidade tecnológica. Para países em desenvolvimento, a dualidade se apresenta como uma oportunidade de mobilizar apoio não apenas financeiro, mas também nas esferas política e estratégica para a obtenção de investimentos voltados para o setor de defesa. Já para países desenvolvidos, validou-se a hipótese de que a dualidade pode ser empregada como ferramenta para cerceamentos tecnológicos seletivos.

**Palavras-chave:** Dualidade tecnológica. Mercado de defesa. Cerceamento tecnológico. Países em desenvolvimento.

**Abstract:** Although developed countries defend free trade, paradoxically, they exercise protectionist practices to maintain their technological supremacy on the international stage, as well as the technological dependence of peripheral countries. In the defense sector, prominent nations seek to achieve autonomy and technological sovereignty in their military capabilities, as well as to hinder the domination of critical and sensitive technologies by developing countries. In this regard, technological restrictions stand out, whose actions aim to deepen or at least maintain technological asymmetries. In this context, using a qualitative exploratory approach, this article aims to discuss a relevant and original aspect identified during the study: the “duality” of technological duality. For developing countries, duality presents itself as an opportunity to mobilize support not only financially, but also in the political and strategic spheres to obtain military investments. For developed countries, the hypothesis that duality can be used as a tool for selective technological restrictions was validated.

**Keywords:** Technological duality. Defense market. Technological restriction. Developing countries.

**Rômulo Girardi** 

Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia (IME)  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
romullogirardi@ime.eb.br

**Juraci Ferreira Galdino** 

Exército Brasileiro. Instituto Militar de Engenharia (IME)  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil  
galdino.juraci@eb.mil.br

**Recebido: 09 maio 2023**

**Aprovado: 26 jun. 2024**

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



1 O termo dualidade da dualidade tecnológica foi introduzido em artigos de opinião no Blog do Exército Brasileiro - EBlog (Galdino, 2022) e no Observatório Militar da Praia Vermelha - OMPV (Galdino, 2024).

## 1 INTRODUÇÃO

A habilidade de desenvolver novas tecnologias é essencial não apenas para auferir vantagem competitiva às organizações de cunho tecnológico (Cetindamar; Phaal; Probert, 2016), mas também para promover crescimento econômico e desenvolvimento social dos países (Coccia, 2019). A relevância dessa habilidade é proporcional à complexidade das tecnologias envolvidas no processo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), tendo em vista que além dos riscos tecnológicos inerentes ao processo de P&D, ela compreende a gestão tecnológica que, por sua vez, inclui o planejamento, o direcionamento, o controle e a coordenação do desenvolvimento de capacidades tecnológicas de modo que as organizações possam conceber e atingir seus objetivos estratégicos (National Research Council, 1987), tarefas que se tornam mais sofisticadas à medida que lidam com tecnologias complexas.

A crescente importância da ciência e da tecnologia no desenvolvimento de elementos de capacidades militares impulsiona a busca por modelos de gestão tecnológica que visam otimizar processos de obtenção<sup>1</sup> de sistemas e materiais de emprego militar (França Junior; Galdino, 2022). Nesses processos, a decisão entre realizar P&D autóctone ou importar tecnologias críticas é um problema comum enfrentado pela alta administração não apenas das Forças Armadas, mas também de outras organizações desenvolvedoras de produtos complexos, em que se buscam boas soluções de compromisso entre prazos, custos e autonomia tecnológica (Girardi; França Junior; Galdino, 2024; Kiamehr; Hobday; Hamedi, 2015; Lee; Yoon, 2015; Ren; Yeo, 2006).

A autonomia plena no campo científico e tecnológico em âmbito nacional é uma utopia. Até mesmo os países mais desenvolvidos do mundo dependem, em alguma medida, de outros para a sobrevivência de suas indústrias de alta tecnologia (Kirkpatrick; Nixon, 1983). Entretanto, nesses países, a dependência costuma ser pontual e controlada, pois possuem sistemas setoriais e sistemas nacionais de inovação eficientes (França Junior; Galdino, 2022).

Por outro lado, em países em desenvolvimento, cujas demandas de alta tecnologia frequentemente não são atendidas internamente (Amann, 2002), a dependência tecnológica pode se tornar um problema crônico (Gu, 1999; Niosi; Zhegu, 2010), particularmente na área de defesa. Nesses países, geralmente, os investimentos em P&D voltados para o setor militar são modestos em razão de seus governos priorizarem agendas sociais e de infraestrutura (Bresser-Pereira, 1997). Essa situação tende a se agravar pelo fato da área de defesa ser alvo de ações de cerceamento tecnológico (Longo, 1984; Moreira, 2013), de dependerem de tecnologias de alto valor agregado e dos países em desenvolvimento possuírem modestos sistemas nacionais de inovação (Galdino, 2018, 2019).

Nesse contexto, um conceito que ganha relevância no cenário de defesa é a dualidade tecnológica. Lastreada no fato de que descobertas inicialmente destinadas a aplicações na área militar podem ter suas tecnologias de base aproveitadas para utilizações na área civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014), a dualidade tem sido explorada pelos países em desenvolvimento no sentido de mobilizar apoio não apenas financeiro, mas também nas esferas política e estratégica para a obtenção de investimentos voltados para a área de defesa.

Já nos países desenvolvidos, conforme dados do último relatório anual do *Stockholm International Peace Research Institute* (SIPRI), o orçamento de defesa é expressivo (SIPRI, 2024),

1 P&D e/ou aquisição de sistema ou material com as características técnicas, operacionais e logísticas estabelecidas pela organização (Brasil, 2016b).

arrefecendo a necessidade de se explorar o conceito de dualidade para obter apoio para o desenvolvimento de tecnologias de interesse militar. Neste trabalho, apresenta-se a hipótese de que a dualidade nesses países é explorada com outro viés: como subterfúgio para ensejar ou potencializar a prática de cerceamentos tecnológicos seletivos no setor civil, visando manter assimetrias entre países desenvolvidos e em desenvolvimento nos setores de alta tecnologia.

Nesse mister, este artigo tem o objetivo de discutir como o conceito de dualidade tecnológica pode assumir papéis distintos de acordo com o cenário em que está inserido. Em outras palavras, busca-se analisar a “dualidade” da dualidade tecnológica. Essa análise original traz implicações diretas para esforços de desenvolvimento tecnológico na área militar, principalmente no contexto de países em desenvolvimento. Dentro dessa perspectiva, busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: **quais implicações a “dualidade” da dualidade tecnológica traz para países em desenvolvimento?**

Ao abordar essa questão, este estudo apresenta contribuições teóricas para a ampliação do entendimento sobre como a dualidade tecnológica pode ser empregada de maneiras distintas, dependendo do contexto econômico e geopolítico. Como contribuições práticas, o trabalho pode auxiliar formuladores de políticas e gestores no campo da defesa, destacando a importância de estratégias que considerem tanto a sinergia do desenvolvimento tecnológico militar e civil quanto o enfrentamento dos desafios impostos por práticas de cerceamento tecnológico. Assim, este artigo não apenas apoia o avanço do conhecimento teórico na área, mas também fornece diretrizes práticas para a tomada de decisões estratégicas em um setor fulcral para o desenvolvimento nacional.

Nesse diapasão, o restante do artigo está assim organizado. A seção 2 apresenta uma fundamentação teórica sobre conceitos importantes associados à temática em comento, a saber: dualidade tecnológica, mercado de defesa, cerceamento tecnológico e países em desenvolvimento. A seção 3 descreve os aspectos metodológicos empregados na pesquisa. A seção 4 explora eventos ocorridos no cenário brasileiro. A seção 5 discute a “dualidade” da dualidade tecnológica e suas implicações para países em desenvolvimento. Por fim, as considerações finais do artigo são postas na seção 6, com o apontamento de lacunas a serem abordadas por trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Dualidade tecnológica

O conceito de dualidade tecnológica, conforme cunhado por Orlikowski (1992), refere-se à ideia de que tecnologias e organizações estão interligadas e influenciam-se mutuamente. A autora argumenta que a tecnologia não é apenas moldada pela organização durante seu desenvolvimento e implementação, mas que também molda as práticas organizacionais em sua utilização. Esse conceito de dualidade destaca a natureza recíproca da relação entre tecnologia e organização (Orlikowski, 1992).

Na área de defesa, o conceito de dualidade tecnológica é frequentemente empregado para descrever como inovações ou tecnologias inicialmente destinadas à área bélica podem ser aproveitadas para utilizações na área civil (*spin off*), e vice-versa (*spin in*) (Amarante, 2013). Nesse sentido, no contexto da defesa, define-se que uma tecnologia pode ser considerada dual quando há a possibilidade de ter aplicações militares e civis, atuais ou potenciais (Brustolin, 2014). Esse conceito sublinha a

permeabilidade das fronteiras entre o desenvolvimento tecnológico militar e civil, mostrando que as inovações podem transitar entre esses dois domínios.

Fazendo uma conexão entre as duas abordagens, verifica-se que ambas tratam da natureza fluida e interativa da tecnologia. Enquanto Orlikowski (1992) foca na interação entre tecnologia e organização, a dualidade tecnológica na defesa destaca a interação entre desenvolvimento tecnológico militar e civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014). Ambos reconhecem que a tecnologia não existe em um vácuo, mas é influenciada e influencia o contexto em que é desenvolvida e utilizada, permitindo a transferência e adaptação de inovações entre diferentes campos.

## 2.2 Mercado de defesa

O mercado de defesa é um setor econômico que envolve pesquisa, desenvolvimento, produção, comercialização e fornecimento de bens e serviços relacionados à segurança nacional e à defesa (Brasil, 2016a). Vale ressaltar que se trata de um mercado em franca expansão. O último relatório anual do SIPRI aponta que os gastos militares globais de 2023 atingiram a marca de US\$ 2,443 trilhões, apresentando crescimento pelo nono ano consecutivo (SIPRI, 2024). Destacam-se como principais características desse mercado:

- **Importância estratégica:** o setor de defesa está relacionado ao conjunto de atitudes, medidas e ações do Estado, com ênfase na expressão militar, para a defesa do território nacional, da soberania e dos interesses nacionais contra ameaças preponderantemente externas, potenciais ou manifestas (Brasil, 2016a);
- **Alto nível tecnológico:** a indústria de defesa demanda elevados investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação para criar produtos avançados e complexos, como aeronaves, navios, armamentos e sistemas que devem operar com segurança e alta confiabilidade sob condições severas, enfrentando, inclusive, óbices artificiais provocados por beligerantes (Bitzinger, 2009; Girardi; Galdino; Pellanda, 2024). Por essa razão, sistemas de defesa costumam ser associados ao conceito de Produtos e Sistemas Complexos (CoPS, do termo em inglês *Complex Products and Systems*), que, no geral, caracterizam-se pela necessidade de customização de componentes e subsistemas, produção em poucas unidades e por poucas empresas integradoras, agregação de diversas áreas de conhecimento e ciclo de vida que dura por décadas (Girardi; França Junior; Galdino, 2022; Hobday, 1998);
- **Dualidade tecnológica:** conforme apresentado na seção 2.1, a dualidade tecnológica na área de defesa destaca a relação recíproca entre desenvolvimento tecnológico militar e civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014). Dois exemplos emblemáticos de dualidade no setor são os casos do GPS (*Global Positioning System*) e da Internet. Essas tecnologias foram desenvolvidas pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (EUA) para fins militares e, hoje em dia, são amplamente utilizadas pela sociedade civil;
- **Dependência governamental:** o mercado de defesa é altamente regulado pelos governos e dependente de contratos governamentais, o que significa que as empresas do setor têm uma forte dependência de recursos públicos (Urbano, 2019). Nesse sentido, sob a

perspectiva da demanda, o mercado de defesa pode ser considerado um monopólio, visto que o Estado é o principal comprador dos bens e serviços ofertados pelas empresas (Araujo *et al.*, 2011; Galdino; Schons, 2022);

- **Alta concentração de mercado:** poucas empresas dominam o mercado global de defesa, o que leva a uma competição limitada e a práticas protecionistas (Galdino; Schons, 2022). Segundo Anderton (1995), a existência desses oligopólios no mercado de defesa apresenta potencial para conluios e comportamentos estratégicos por parte das empresas participantes. Elas podem atuar em conjunto para aumentar os preços e, consequentemente, seus lucros; ou podem aceitar lucros menores para dificultar a entrada de concorrentes (Anderton, 1995 *apud* Matos; Foresti, 2022). Elas podem, ainda, praticar preços abaixo do mercado em países específicos para impedir o desenvolvimento de setores estratégicos na base industrial dessas nações, ação conhecida como *dumping* (Ethier, 1982);
- **Vulnerabilidade a questões geopolíticas:** a demanda por equipamentos de defesa é impulsionada por conflitos geopolíticos e relações entre nações, tornando o mercado altamente volátil e sujeito a mudanças e interferências súbitas (Silva, 2019). Empresas estrangeiras que exploram a guerra como comércio podem, por razões meramente financeiras ou para atender interesses geopolíticos e ideológicos de países hospedeiros, faltar a compromissos assumidos, e isso geralmente tende a ocorrer nos momentos de maior necessidade e de crise nacional (Galdino; Schons, 2022).

Em síntese, verifica-se que o mercado de defesa é estratégico, de alto nível tecnológico, dual, volátil e está longe de uma situação de concorrência perfeita. Segundo Araujo *et al.* (2011), ele é, ao mesmo tempo, um monopólio/oligopólio e um monopólio, visto que, respectivamente, há uma oferta dominada por grandes *players* mundiais e uma demanda centralizada pelos Estados.

### 2.3 Cerceamento tecnológico

Embora os países mais desenvolvidos defendam o livre-comércio, paradoxalmente, eles exercem práticas protecionistas visando manter sua supremacia tecnológica no cenário internacional, bem como a dependência tecnológica dos países periféricos (Chang, 2003).

Na área de defesa, as nações proeminentes buscam auferir autonomia e soberania tecnológica em suas capacidades militares, assim como dificultar o domínio de tecnologias críticas e sensíveis pelos países em desenvolvimento. Esse jogo é compreendido como uma manifestação natural do sentido de preservação do *status quo* e condiciona o movimento das peças do tabuleiro geopolítico. Nesse mister, destacam-se os cerceamentos tecnológicos, cujas ações visam aprofundar ou ao menos manter as assimetrias tecnológicas (Galdino, 2022).

O conceito de cerceamento tecnológico está intrinsecamente relacionado às características do mercado de defesa postas na seção 2.2, principalmente no que tange à vulnerabilidade a questões geopolíticas. Tal percepção se confirma na definição proposta por Moreira (2013): cerceamento tecnológico é o

[...] conjunto de políticas, normas e ações empreendidas por Estados, organizações internacionais ou empresas no sentido de restringir, dificultar ou negar o acesso, a posse ou o uso de bens sensíveis e serviços diretamente vinculados, por parte dos Estados, instituições de pesquisa ou empresas de terceiros (Moreira, 2013, p. 252).

Na visão de Pedone (2009), o cerceamento tecnológico pode ser praticado por uma miríade de atores, tais como Estados, grupos de Estados, empresas e/ou consórcios de empresas que buscam restringir, bloquear, denegar ou ainda dificultar o acesso a bens e tecnologias consideradas sensíveis, sobretudo na área de defesa.

Dentro dessa perspectiva, com o intuito de classificar os meios de manifestação pelos quais cerceamentos podem ocorrer, Moreira (2013) estabelece os seguintes seis modelos de cerceamento tecnológico (Quadro 1).

**Quadro 1 – Modelos de cerceamento tecnológico**

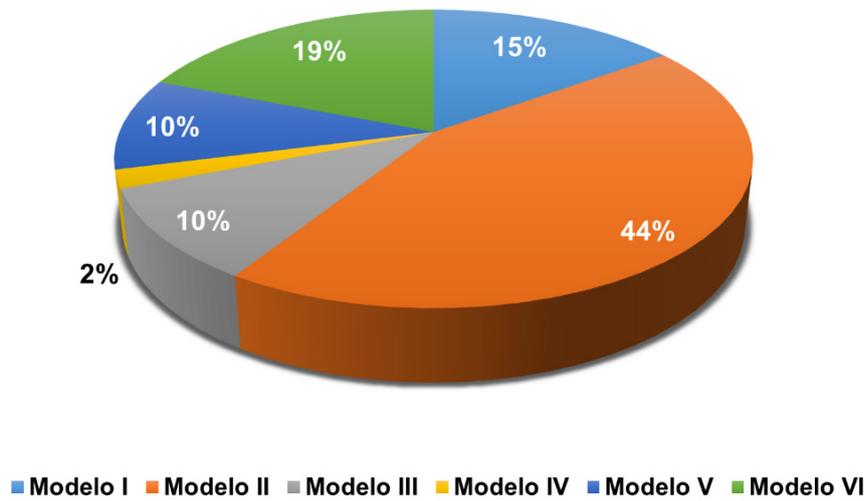
Modelo	Manifestação do cerceamento
I	Empresa fornecedora denega por iniciativa própria.
II	Agências governamentais não autorizam a operação de compra, venda ou transferência.
III	Intervenção de agências do Estado em processos iniciados.
IV	Intervenção com emprego de força bruta.
V	Absorção de empresa, drenagem de cérebros ou descontinuidade de fornecimento.
VI	Pressão política, econômica ou social por Estado, OIG (Organização Internacional Governamental) ou comunidades não governamentais.

Fonte: Moreira (2013).

Além de propor modelos de manifestação do cerceamento tecnológico, Moreira (2013) apresenta um levantamento, relativo ao período entre 1989 e 2011, sobre quais modelos foram mais praticados (Figura 1) e quais países ou instituições mais utilizaram essa prática (Figura 2). A Figura 1 mostra que a maioria dos cerceamentos (44%) ocorre quando agências governamentais não autorizam a operação de compra, venda ou transferência de uma tecnologia sensível (modelo 2 do Quadro 1). A Figura 2 demonstra que os EUA têm uma predominância muito significativa (73%) nos casos de cerceamento tecnológico, acompanhado por seus aliados europeus e por Israel.

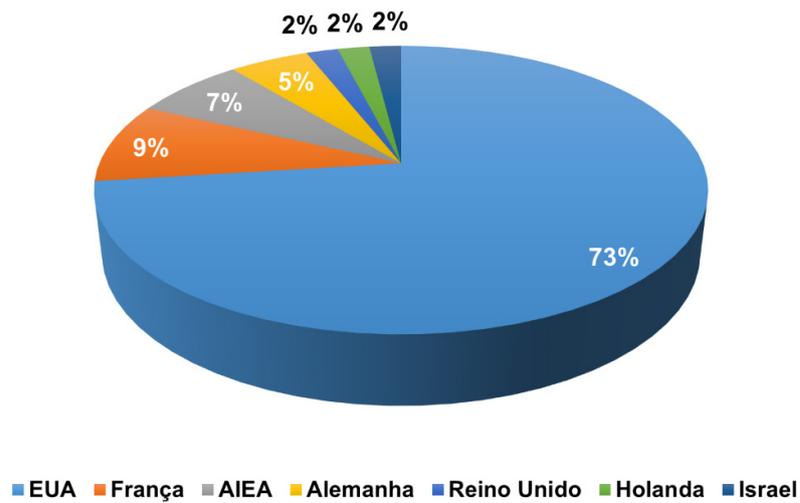
Essa predominância dos EUA nos casos de cerceamento tecnológico deve-se, principalmente, ao seu sistema regulatório. A legislação de controle de exportações dos EUA objetiva controlar a exportação de equipamentos, *softwares* e tecnologias sensíveis como meio de promover sua segurança nacional e seus objetivos de política externa (Silva; Nascimento, 2018). Como asseverado por Amarante (2013), outros Estados desenvolvidos também utilizam sistemas regulatórios para promover cerceamento tecnológico.

Figura 1 – Proporção dos modelos de cerceamento tecnológico



Fonte: Moreira (2013, p. 203-207).

Figura 2 – Proporção de cerceamento tecnológico por país ou instituição



Fonte: Moreira (2013, p. 203–207).

#### 2.4 Países em desenvolvimento

Os termos “países em desenvolvimento”, “países de industrialização tardia”, “países de industrialização recente” e “países emergentes” podem ser usados de forma intercambiável em alguns contextos, mas também podem ter conotações específicas.

O termo “países em desenvolvimento” é mais abrangente e refere-se a países que ainda não alcançaram um alto nível de desenvolvimento econômico, social e humano (Furtado, 1974). Já Tavares e Belluzzo (1979), Canuto (1993) e Figueiredo (2009) utilizam os termos “países de industrialização tardia” ou “países de industrialização recente” para se referir a países que iniciaram o processo de industrialização em um momento posterior ao dos países pioneiros. Por sua vez, O’Neill (2001) cunhou o termo “países emergentes” para se referir aos países em desenvolvimento com maior potencial de crescimento econômico e influência global. Dentro dessa perspectiva, o acrônimo BRICS foi criado e difundido para destacar Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul como os principais países em ascensão no cenário internacional.

Como há vários sistemas de classificação (Hoffmeister, 2020) e para evitar ambiguidades, este trabalho segue a classificação mantida pela Divisão de Estatísticas das Nações Unidas (*United Nations Statistics Division* — UNSD). Em maio de 2022, a UNSD divulgou uma planilha atualizada que classifica 249 países ou áreas, com exceção da Antártida, em duas categorias: “desenvolvidos” e “em desenvolvimento” (United Nations, 2022). Por esse motivo, adota-se como referência neste texto os termos “países desenvolvidos” e “países em desenvolvimento”.

Dentro dessa perspectiva, destacam-se como principais características dos países em desenvolvimento:

- **Dependência de investimentos externos:** países em desenvolvimento têm limitações de capital e de tecnologia para impulsionar seu crescimento econômico. Os investimentos externos podem vir de várias fontes, incluindo empresas multinacionais, organizações internacionais e investidores individuais (Li; Resnick, 2003). Embora essa dinâmica possa ser benéfica em termos de desenvolvimento econômico, ela pode criar vulnerabilidades, como a dependência crônica de fontes estrangeiras e o risco de fuga súbita de capitais em momentos de turbulência (Dooley; Folkerts-Landau; Garber, 2004). Reféns dessa dinâmica, muitos países em desenvolvimento acabam não desenvolvendo suas próprias capacidades internas para financiar o desenvolvimento a longo prazo (Kose; Prasad, 2011);
- **Importação de tecnologia e *know-how*:** empresas que operam no contexto de países em desenvolvimento normalmente iniciam o seu negócio a partir de tecnologias que adquiriram de empresas de outros países. Ao iniciarem as suas atividades, não dispõem sequer das capacidades tecnológicas básicas (Amann, 2002). Para se tornarem competitivas e se aproximarem de empresas da “fronteira tecnológica internacional”, elas têm que se engajar em um processo de aprendizagem para construir e acumular sua capacidade tecnológica (Figueiredo, 2009). A dependência excessiva de fornecedores estrangeiros pode prejudicar o desenvolvimento e a competitividade da indústria nacional, bem como deixar a base industrial nacional vulnerável a questões geopolíticas e flutuações do mercado internacional (Ariffin; Figueiredo, 2003);
- **Forte presença do Estado na promoção do desenvolvimento nacional:** devido a limitações econômicas dos países em desenvolvimento, questões importantes para impulsionar o desenvolvimento nacional são altamente dependentes da atuação do Estado, como, por exemplo, investimentos em infraestrutura, fomento a setores estratégicos e promoção de incentivos para investimentos e inovação (Chang, 2003). Segundo Rodrik (2004), esse protagonismo do Estado pode gerar corrupção e inefi-

ciência, haja vista que essa classe de países costuma apresentar baixo grau de transparência e eficiência na gestão pública (Rodrik, 2004);

- **Precária capacidade de inovação:** em termos nacionais, o conceito que melhor descreve a capacidade de inovação é o Sistema Nacional de Inovação (SNI) (Cimoli, 2014; Godin, 2009; Lundvall, 2007). Essa expressão foi cunhada por Freeman, no final da década de 1980, para designar um conjunto de instituições públicas e privadas, cujas atividades e interações contribuem para a criação, avanço e difusão das inovações tecnológicas de um país (Freeman, 1995). Há diversos indicadores com a finalidade de avaliar um SNI, entre eles destacam-se os produzidos pelo *Global Innovation Index* (GII). Com base no GII, os países em desenvolvimento costumam apresentar indicadores modestos tanto em termos de insumos de inovação (instituições, recursos humanos e pesquisa, infraestrutura, sofisticação de mercado e sofisticação empresarial) quanto produtos de inovação (produtos de conhecimento e tecnologia e produtos criativos) (Galdino, 2018, 2019);
- **Investimentos limitados na área de defesa:** em países em desenvolvimento, geralmente existem muitas demandas sociais e de infraestrutura (Bresser-Pereira, 1997). Além disso, muitos países dessa classe não possuem uma cultura belicista devido ao baixo histórico de participação em conflitos militares, criando óbices à priorização de investimentos na área de defesa (Bijos; Arruda, 2010). Diante desse cenário, os recursos para P&D de sistemas militares nessas nações costumam ser modestos. Tal perspectiva se confirma por meio dos dados fornecidos pelo relatório do SIPRI. Por exemplo, enquanto os EUA tiveram, em 2023, investimentos orçamentários de 916 bilhões de dólares, o que equivale a 3,4% de seu Produto Interno Bruto (PIB) e a 37% de todos os gastos anuais mundiais em defesa; o Brasil teve um orçamento de 22,9 bilhões, equivalente a 1,1% de seu PIB (SIPRI, 2024). Nesse contexto, países em desenvolvimento buscam explorar o conceito de dualidade tecnológica para obter recursos de outras fontes visando o desenvolvimento de tecnologias importantes para as capacidades militares, mas também para o progresso do setor industrial mais amplo (Squeff, 2016).

### 3 METODOLOGIA

A partir de uma abordagem exploratória qualitativa, objetiva-se investigar como o conceito de dualidade tecnológica pode assumir papéis distintos de acordo com o cenário em que está inserido. Estudos exploratórios são adequados quando se conhece pouco da realidade em questão e se pretende abrir caminho para novas pesquisas (Yin, 2017). Além disso, a abordagem qualitativa é empregada em trabalhos descritivos, subjetivos e de análise indutiva dos fatos observados e das evidências coletadas (Cauchick-Miguel *et al.*, 2018). Dentro dessa perspectiva, a pesquisa lastreou-se na coleta e análise de dados primários (entrevista) e secundários (literatura acadêmica, relatórios técnicos e registro de notícias).

Inicialmente, baseando-se em repositórios de trabalhos científicos e em dados provenientes de relatórios técnicos de órgãos como o SIPRI e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), buscou-se o levantamento de características associadas ao mercado de defesa e aos países em

desenvolvimento, bem como de modelos de cerceamento tecnológico empreendidos por países desenvolvidos. Essa revisão serviu de base para a elaboração da fundamentação teórica da pesquisa (seção 2).

A coleta de dados foi complementada com registros de notícias e com uma entrevista conduzida junto a um pesquisador envolvido em atividades de P&D ligadas à defesa. Por meio dessa abordagem, exemplos do cenário brasileiro foram elencados para ilustrar como ações de cerceamento tecnológico podem afetar países em desenvolvimento, bem como para fornecer uma melhor compreensão das diferentes formas de emprego do conceito de dualidade tecnológica. Esses exemplos seguem detalhados na seção 4. Vale destacar que a entrevista supracitada foi presencial e seguiu uma abordagem semiestruturada, permitindo flexibilidade para explorar tópicos emergentes (Brinkmann; Kvale, 2014).

A análise dos dados coletados subsidiou a discussão objeto deste estudo — a “dualidade” da dualidade tecnológica — e suas implicações para países em desenvolvimento. Essa discussão é apresentada na seção 5.

#### **4 EXEMPLOS DO CENÁRIO BRASILEIRO**

Após visitar os conceitos de dualidade tecnológica, mercado de defesa, cerceamento tecnológico e países em desenvolvimento, cabe a apresentação de exemplos do cenário nacional para ilustrar como ações de cerceamento tecnológico podem afetar o desenvolvimento desses países. Os exemplos estão apresentados de forma cronológica e categorizados dentro dos seis modelos propostos por Moreira (2013), apresentados no Quadro 1.

##### **4.1 Cerceamento tecnológico de Israel no programa nuclear iraquiano e sua influência no acordo nuclear Brasil-Iraque**

Conforme detalhado em Domínguez (2022), em 1980, foi celebrado o Acordo entre o Brasil e o Iraque no Campo dos Usos Pacíficos da Energia Nuclear. Entre as áreas de cooperação identificadas pelas partes, estava o suprimento de urânio natural e de urânio levemente enriquecido para abastecer reatores nucleares.

À época dos fatos, o regime de Saddam Hussein tinha contratado junto ao governo francês a construção de um moderno centro de pesquisas nucleares, em al-Tuwaitha — localizado ao sul de Bagdá. O referido projeto estava muito perto de ser concluído, quando aconteceu um certo e cirúrgico ataque aéreo israelense, em 7 de junho de 1981.

O ataque provocou importantes reações político-diplomáticas, em termos bilaterais, regionais e globais, e atingiu a credibilidade do sistema internacional de controle e verificação de atividades nucleares realizado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

Cinco dias após o ataque, o tema começou a ser debatido no Conselho de Segurança das Nações Unidas. À época, mesmo não sendo membro efetivo do Conselho, o Brasil conseguiu participar ativamente das discussões, em função de vínculos e interesses diretos no assunto. Esse vínculo foi intensificado após a divulgação de um documento pela embaixada israelense em Tóquio insinuando uma possível cooperação do Brasil (além de Itália e França), por meio da exportação de concentrado de urânio ao Iraque, no contexto de um pretenso programa clandestino de armas atômicas.

Essa acusação israelense começou a perder visibilidade na imprensa com o passar do tempo. Sob uma perspectiva técnico-científica e logística, ponderou-se que, efetivamente, era difícil que a denúncia tivesse consistência, seja quanto ao fornecimento de combustível nuclear ao Iraque, seja com relação à parceria bilateral para a construção conjunta e coordenada de armas nucleares.

Atualmente, mesmo com mais de 40 anos transcorridos após o acontecimento, o assunto ainda é considerado uma “novela inconclusa”. De qualquer forma, a cooperação nuclear — para fins pacíficos — entre Brasília e Bagdá ficou confirmada e reconhecida, bem como foi diretamente impactada pela ocorrência do ataque aéreo israelense ao centro de pesquisas nucleares iraquiano (Domínguez, 2022).

Dentro dessa perspectiva, a suposta ação de contraproliferação de armas de destruição em massa supracitada pode ser considerada como um caso emblemático de cerceamento tecnológico com emprego de força bruta, podendo, portanto, ser enquadrada no modelo IV de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013).

#### **4.2 Pressão dos EUA para inspecionar máquinas de ultracentrifugação desenvolvidas pelo Brasil**

Na virada dos anos 2000, o Brasil anunciou um projeto que buscava a produção nacional de urânio enriquecido para abastecer as usinas nucleares Angra 1 e 2. O contrato, no valor de US\$ 130 milhões e com duração de oito anos, previa que a Marinha forneceria às Indústrias Nucleares do Brasil (INB) as máquinas de ultracentrifugação desenvolvidas no centro tecnológico de Aramar (SP), em parceria com o Instituto de Pesquisas Energéticas de São Paulo (Ipen) e a Universidade de São Paulo (USP). Pelo projeto original, o Brasil seria autossuficiente em enriquecimento de urânio até 2007, com exceção da etapa de gaseificação do produto, processo considerado barato e não estratégico (Santos, 2004).

Em abril de 2004, os EUA iniciaram uma investida contra o desenvolvimento nuclear brasileiro. Eles exigiam que o Brasil assinasse um protocolo adicional com a AIEA que permitia maior acesso às instalações das plantas comerciais de produção de urânio enriquecido no país, situadas na cidade de Resende (RJ). A pressão para a assinatura do novo acordo era justificada como medida para a não proliferação nuclear e incluía possíveis sanções comerciais (Cariello, 2004).

Esse movimento contou com o apoio de pesquisadores norte-americanos, como Liz Palmer e Gary Milhollin, ambos do Projeto Wisconsin para Controle de Armas Nucleares, que em artigo publicado na revista *Science* estimaram que a instalação de Resende, na configuração de 2004, poderia produzir urânio enriquecido suficiente para seis ogivas por ano. Eles ainda previam, segundo as projeções de expansão da usina, que a capacidade de produção anual de ogivas poderia aumentar para 26 a 31, em 2010; e para 53 a 63, em 2014 (Nogueira, 2004).

O Brasil refutava a alegação de possível utilização bélica do urânio enriquecido, tendo em vista que o país era signatário do Tratado de Não Proliferação Nuclear (TNP) e tinha garantido em sua Constituição o compromisso de utilização da energia nuclear somente para fins pacíficos (Salomon, 2004).

A avaliação do governo brasileiro sobre o ocorrido era de que os EUA queriam ter acesso às ultracentrífugas de enriquecimento de urânio, de tecnologia brasileira e mais baratas, pois o país

poderia produzi-las em escala industrial e exportá-las para outros países, ganhando relevância no mercado nuclear internacional (Cariello, 2004).

Esse exemplo alinha-se com a percepção de Longo e Moreira (2009), que assevera que o regime internacional de não proliferação de armas de destruição em massa fornece tanto a base normativa para controles restritivos de tecnologias sensíveis como pretextos para propósitos ocultos de cerceamento seletivo. Adicionalmente, o exemplo pode ser enquadrado no modelo VI de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), haja vista que relata pressão exercida pelos EUA tentando interferir no desenvolvimento nuclear brasileiro.

#### 4.3 Cerceamento tecnológico dos EUA no PROSUB

De acordo com os relatos de Silva e Nascimento (2018), a Marinha do Brasil buscou, em 2007, a importação de fibra de carbono junto à empresa Toho Tenax America, no contexto do seu Programa de Submarinos (PROSUB).

Após o pedido brasileiro, a empresa norte-americana consultou formalmente o Escritório de Indústria e Segurança do DoC (Departamento de Comércio dos EUA, do termo em inglês *Department of Commerce*).

Em resposta formal à consulta, o DoC proibiu a Toho Tenax America de atender à solicitação de importação feita pelo Brasil. A justificativa de denegação se baseou na EAA (Lei de Administração de Exportação, do termo em inglês *Export Administration Act*) que assevera que os EUA devem “restringir a exportação de bens e de tecnologia que podem contribuir significativamente para o potencial militar de outro país ou de uma combinação de países que possam provar-se prejudiciais à segurança nacional dos Estados Unidos”. O texto mostra que cabe, discricionariamente, às autoridades do DoC estabelecer o que possa ser considerado prejudicial à segurança nacional estadunidense (Silva; Nascimento, 2018).

Verifica-se que o exemplo pode ser enquadrado no modelo II de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), uma vez que se trata de agência governamental dos EUA (Escritório de Indústria e Segurança do DoC) não autorizando formalmente uma operação de compra solicitada pela Marinha do Brasil.

#### 4.4 Cerceamento tecnológico de grupo alemão na fabricação nacional de PBLH

O polibutadieno líquido hidroxilado (PBLH), além de ser um insumo fundamental na produção de propelentes de base sólida para foguetes, possui um extraordinário mercado convencional, particularmente nas áreas de construção civil, petroquímica e industrial (AVIBRAS, 2018; FAN, 2012).

A tecnologia de produção nacional do PBLH surgiu na década de 1970, por meio de uma parceria entre a Petrobras e o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Em 1982, a Petrobras iniciou a produção, em escala industrial, do PBLH, dentro da Petroflex. Com a privatização da Petroflex, em 1994, a unidade de PBLH foi adquirida pela Braskem. A produção do PBLH no Brasil foi interrompida em 2008 quando a nova proprietária da unidade, a alemã Lanxess, decidiu descontinuar o negócio (Silveira, 2013).

Essa situação começou a ser revertida em 2012, quando a Avibras previu o investimento de R\$ 46 milhões na instalação de uma nova unidade industrial em Lorena (SP) para fabricar o

PBLH (Fan, 2012). A retomada da produção do PBLH no país era considerada estratégica pela Avibras, tendo em vista que todos os foguetes fabricados e utilizados pelas Forças Armadas no Brasil adotavam propelente sólido à base de PBLH, e a compra do insumo no exterior era sujeita a embargos internacionais (Avibras, 2018). Além disso, destaca-se a previsão de que essa retomada da produção nacional do PBLH teria impacto ainda maior no mercado civil, dado que o potencial de consumo do produto em aplicações civis se apresentava 20 vezes maior do que nos segmentos de defesa e aeroespacial (estimativas de consumo anual de 5 mil e 250 toneladas, respectivamente) (Fan, 2012).

Nesse sentido, considera-se que esse exemplo pode ser enquadrado no modelo V de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), uma vez que se trata de absorção de empresa brasileira por grupo alemão com posterior descontinuação da produção nacional de insumo estratégico para a produção de foguetes, além de ser insumo com alto potencial de utilização em aplicações civis.

#### **4.5 Cerceamento tecnológico de empresa norte-americana em projeto de câmara termal do Exército Brasileiro**

Por meio de entrevista e documentos obtidos com um pesquisador do Instituto Militar de Engenharia (IME), foi levantado um caso de cerceamento tecnológico relacionado ao desenvolvimento de câmara termal pelo Exército Brasileiro.

Em 2015, o IME, em parceria com o Centro Tecnológico do Exército (CTEx), concluiu o desenvolvimento de filmes finos de Óxido de Vanádio ( $VO_x$ ) para prover uma solução moderna de sensores de infravermelho para câmeras de visão termal.

Para a integração da tecnologia no equipamento optrônico, era necessária uma arquitetura suspensa dos dispositivos sensores de infravermelho devido à dissipação de calor. A implementação dessa arquitetura só seria possível com a utilização de uma resina especial que, à época, era produzida exclusivamente por uma empresa norte-americana.

Em uma primeira tentativa de aquisição da resina junto à fabricante, a compra foi negada por meio da alegação de que o produto não estava disponível para a comercialização no Brasil, mesmo diante do fato de a empresa possuir uma filial em território nacional.

Como segunda investida, buscou-se a aquisição do insumo via importação por meio da Comissão do Exército Brasileiro em Washington (CEBW). Mais uma vez, a empresa deu uma resposta negativa quanto à comercialização da resina.

Em um terceiro esforço de obtenção do insumo, buscou-se desvincular o pedido da área militar. Dessa forma, a solicitação de aquisição do produto foi feita pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), instituição civil parceira do IME. A fabricante alegou novamente a indisponibilidade de fornecimento da resina.

Na quarta e última tentativa, a solicitação do produto foi feita por uma empresa importadora que tem escritório nos EUA. A resposta da fabricante foi novamente negativa.

Em todas as quatro tentativas de aquisição da resina, a justificativa da fabricante para a denegação foi vaga: “neste momento, a empresa não pode enviar para o Brasil”. Apesar disso, o pesquisador envolvido acredita que a denegação ocorreu pelo fato de o produto ser um insumo crítico para a produção de modernas câmeras de visão termal, tecnologia com grande potencial dual. Na área de defesa, essa

tecnologia fomenta o desenvolvimento de equipamentos optrônicos de aplicação militar. Na área civil, além da aplicação em sistemas de vigilância, é utilizada na área médica, por meio de exames de termografia.

Diante do exposto, verifica-se que o exemplo pode ser enquadrado no modelo I de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), tendo em vista que a fabricante da resina denegou o fornecimento do produto por iniciativa própria, sem justificar a negativa por meio de consulta formal à agência governamental, como foi o caso do exemplo apresentado na seção 4.3.

#### **4.6 Cerceamento tecnológico dos EUA na venda de equipamentos de 5G pela Huawei**

Segundo artigo de opinião da *Folha de S.Paulo* escrito pelo então embaixador da China no Brasil, Yang Wanming (2020), os EUA lançaram acusações infundadas de que equipamentos de 5G da Huawei apresentavam riscos de segurança. Sob esse pretexto, restringiram o fornecimento de *chips* à empresa por fabricantes globais e coagiram outros países a desistirem da tecnologia 5G chinesa. A Huawei tinha o amparo de avaliações formais de autoridades de inteligência e segurança cibernética do Reino Unido e da Alemanha, que atestavam a inexistência de motivos para banir os equipamentos da empresa por questões de segurança. Além disso, a fabricante chinesa contava com um histórico de confiabilidade em mais de 170 países e territórios (Wanming, 2020).

Uma análise desse caso também é apresentada pelo portal de notícias *G1* da Globo (2021), que relata que a chegada do 5G em todo o mundo aconteceu cercada de polêmicas entre Estados Unidos e China. Os americanos vetaram a presença de empresas chinesas de telecomunicações em suas redes e pressionaram parceiros comerciais a banirem os equipamentos da Huawei, que estava na dianteira da nova tecnologia. Os EUA alegavam que os equipamentos dessas companhias representavam um risco à segurança nacional, já que a China poderia utilizá-los para espionagem ou para interferir no funcionamento da infraestrutura de outros países. Os chineses negaram as acusações, dizendo que o interesse dos americanos era minar o seu crescimento e desenvolvimento tecnológico (Globo, 2021).

Essa ação de cerceamento dos EUA reverberou no cenário brasileiro. À época das definições para o leilão do 5G, os EUA chegaram a pressionar o Brasil a barrar a entrada de empresas da China na infraestrutura da nova geração de internet no país. No entanto, o leilão do 5G, realizado em novembro de 2021, envolvendo apenas operadoras de telefonia, não impôs qualquer regra que impedisse as operadoras de usar tecnologia da Huawei (Carvalho, 2022). O Ministério das Comunicações apenas incluiu no edital a obrigação da construção de uma rede privativa de comunicação em Brasília, para atender a um pedido do então presidente Jair Bolsonaro, que se colocou contra o uso de equipamentos da Huawei nas redes do governo (Globo, 2021).

O exemplo pode ser enquadrado no modelo VI de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), uma vez que os EUA usaram a alegação de risco de segurança cibernética para pressionar parceiros comerciais a banirem os equipamentos da Huawei, como forma de conter o avanço da empresa chinesa que estava na dianteira da nova tecnologia.

#### **4.7 Cerceamento tecnológico da Alemanha na exportação de blindados Guarani**

Conforme reportagem do jornal *Correio Braziliense* (2023), o governo da Alemanha embargou a exportação de 28 viaturas blindadas Guarani, fabricadas no Brasil, para as Filipinas.

A decisão foi encarada pelo governo brasileiro como uma retaliação à recusa do presidente Luiz Inácio Lula da Silva de vender munição de tanques para Berlim repassar à Ucrânia, invadida pela Rússia.

Para embargar a transação, a Alemanha justificou que os componentes fabricados naquele país não podem ser vendidos a terceiros sem autorização, o que levou o Escritório Federal de Economia e Controle de Exportação do governo de Berlim a determinar a suspensão dos cinco Guaranis que estavam prontos para serem entregues às Filipinas. A solução, para que o negócio seja concluído, é substituir os componentes de origem alemã (Hekally, 2023).

Verifica-se que o exemplo pode ser enquadrado nos modelos III e VI de cerceamento tecnológico propostos por Moreira (2013).

O enquadramento no modelo III se justifica pelo fato de uma agência governamental alemã (Escritório Federal de Economia e Controle de Exportação) ter interferido diretamente em um processo de comercialização de viaturas blindadas já iniciado entre Brasil e Filipinas.

Já o enquadramento no modelo VI se deve ao entendimento de que a Alemanha usou o embargo como uma forma de pressionar o Brasil acerca do posicionamento neutro que tem adotado com relação ao conflito entre Rússia e Ucrânia.

#### 4.8 Interesse de árabes e alemães na empresa Avibras

Conforme reportagem da revista *Veja* (2023), em março de 2022, a empresa Avibras, uma das maiores no setor de indústria de defesa no Brasil, pediu recuperação judicial e demitiu 420 dos 1.400 funcionários. A empresa tinha, então, cerca de 395 milhões de reais em dívidas informadas à Justiça.

Diante desse cenário, surgiram especulações de que a empresa Edge Group, dos Emirados Árabes, conhecida por comprar e revender projetos militares, estaria em negociação para a compra da companhia brasileira. O interesse árabe seria o de obter o sistema de lançamento múltiplo de foguetes Astros e o Míssil Tático de Cruzeiro, ambos fabricados pela Avibras (Bonin, 2023). Além disso, a empresa com sede em São José dos Campos também oferece soluções de *software* e produz armamentos e viaturas blindadas, como o Guará 4WS (Vinholes, 2023).

Segundo Vinholes (2023), a companhia alemã Rheinmetall, famosa no setor de armamentos e munições, também estaria na disputa pela compra da Avibras.

Essas notícias levaram o Sindicato dos Metalúrgicos de São José dos Campos e região a emitir uma nota alertando que uma eventual venda da empresa representaria grave ameaça à soberania nacional e ao conhecimento acumulado ao longo de décadas (Vinholes, 2023).

Diante da repercussão, a Avibras emitiu uma nota à imprensa dizendo:

A empresa está fortemente empenhada em garantir a sua recuperação, enfrentando os desafios e as dificuldades do momento com o apoio, a resiliência e o engajamento dos seus colaboradores. [...]. O governo brasileiro também está mobilizado em apoiar ativamente a empresa nas suas iniciativas de recuperação (Avibras, 2023a).

Cabe destacar que em meio às especulações, a única iniciativa formal recente relacionada à Avibras foi a assinatura de um instrumento de parceria com a empresa SCOPA Defense da

Arábia Saudita, que tem por objetivo fomentar o desenvolvimento e fabricação de equipamentos de defesa avançados em território saudita (Avibras, 2023b).

Dentro da perspectiva apresentada, verifica-se que o exemplo pode ser enquadrado no modelo V de cerceamento tecnológico proposto por Moreira (2013), uma vez que trata de uma possível absorção de empresa brasileira por grupo estrangeiro, com risco de posterior descontinuação da produção nacional de produtos e sistemas estratégicos para o setor de defesa.

## 5 A “DUALIDADE” DA DUALIDADE TECNOLÓGICA

Baseando-se nos conceitos e exemplos visitados ao longo do artigo, as seções a seguir mostram como o conceito de dualidade tecnológica pode ser empregado de diferentes formas pelos países em desenvolvimento e desenvolvidos. Além disso, discutem-se as implicações dessa “dualidade” da dualidade para países em desenvolvimento.

### 5.1 O papel da dualidade tecnológica para países em desenvolvimento

Conforme discutido na Seção 2.4, nos países em desenvolvimento, o orçamento destinado à área de defesa costuma ser modesto, tendo em vista as grandes demandas sociais e de infraestrutura que tendem a ser priorizadas, além da ausência de cultura belicista (Bijos; Arruda, 2010; Bresser-Pereira, 1997).

Além de limitados, os recursos orçamentários para o setor militar são predominantemente comprometidos por gastos administrativos, pagamento de pessoal e despesas obrigatórias. Por exemplo, no Brasil, 78,2% do orçamento de defesa corrente é destinado ao pagamento de pessoal (Brasil, 2022).

Diante disso, essas nações exploram o conceito de dualidade tecnológica como estratégia de obtenção de recursos financeiros para viabilizar o desenvolvimento de tecnologias importantes para as capacidades militares sem comprometer o orçamento das Forças Armadas destinados às atividades de P&D, ao mesmo tempo que, com esse desenvolvimento, contribui-se para o progresso do setor industrial mais amplo (Squeff, 2016). Adicionalmente, para esses países, a dualidade é importante para estabelecer cooperações visando o desenvolvimento tecnológico e conferir sustentabilidade às empresas que labutam no mercado de defesa (Galdino, 2022).

Segundo Squeff (2016), desde o início dos anos 2000, o setor de defesa tem obtido, de modo mais consistente, maior relevância na pauta das políticas públicas do governo brasileiro e a dualidade tem exercido um papel importante nesse resultado.

Para ilustrar esse fenômeno, a autora apresenta um levantamento do ano de 2012, relativo aos financiamentos recebidos por infraestruturas nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) voltadas para P&D na área militar. Os dados mostram que apenas 26,44% dos recursos investidos em P&D foram oriundos de verbas orçamentárias das instituições. Os outros 73,56% dos recursos foram obtidos junto a agências públicas de fomento ou empresas, como a Petrobras (Squeff, 2016).

De fato, o Exército Brasileiro tem desenvolvido importantes tecnologias, sensores, sistemas de comunicações e elementos de sistemas de armas com o apoio financeiro de órgãos de fomento, com destaque para o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por intermédio do

Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), bem como para o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Alguns exemplos de projetos de P&D da Força Terrestre inseridos nesse cenário são: optrônicos (Castro *et al.*, 2014; Souza, 2006), radares (Silva *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2008), Rádio Definido por Software – RDS (Branco *et al.*, 2014; Paiva Junior *et al.*, 2014; Prado Filho; Galdino; Moura, 2017; Ribeiro Junior *et al.*, 2014), fibras de carbono (Chaves, 2019; Castro, 2014) e Reparo de Metralhadora Automatizado X (REMAX) para o blindado Guarani (Dal Bello; Figueiredo; Almeida, 2020).

Em 2022, o IME, em parceria com outras Instituições Científicas, Tecnológicas e de Inovação (ICT) do Exército, foi contemplado com recursos do FNDCT para impulsionar pesquisas em áreas tecnológicas estratégicas, a saber: Inteligência Artificial (IA); defesa cibernética; tecnologias quânticas; enxame de drones; sensores para Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN); manufatura aditiva; e infraestrutura ferroviária. As propostas apresentadas pelo IME aos órgãos de fomento foram amplamente fundamentadas no potencial dual dessas tecnologias.

Cabe destacar que a dualidade tecnológica não tem grande importância em alguns países em desenvolvimento, como China e Índia. Por questões geopolíticas e estratégicas, essas nações já contam com vultosos investimentos orçamentários na área de defesa, conforme informações contidas no relatório do SIPRI e sumarizadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Investimento orçamentário anual de China e Índia na área de defesa**

País	Posição no ranking mundial	Orçamento (bilhões de US\$)	Percentual do PIB investido (%)	Fatia do investimento mundial (%)
China	2ª	296,0	1,7	12,0
Índia	4ª	83,6	2,4	3,4

Fonte: SIPRI (2024).

## 5.2 O papel da dualidade tecnológica para países desenvolvidos

Nos países desenvolvidos, o orçamento de defesa é, geralmente, expressivo, não havendo a necessidade de se explorar o conceito de dualidade para obter apoio para o desenvolvimento de tecnologias de interesse militar. Dados do SIPRI indicam que os EUA investiram, em 2023, 916 bilhões de dólares para fins militares, o que equivale a 3,4% de seu PIB e a 37% de todos os gastos anuais mundiais em defesa. Além disso, a meta de investimento mínimo de 2% do PIB em aplicações militares é prevista para os países membros da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) (SIPRI, 2024), gerando montantes orçamentários consideráveis voltados à defesa.

Para esses países, entretanto, vislumbra-se a hipótese de que a dualidade é utilizada como subterfúgio para ensinar ou potencializar a prática de cerceamentos tecnológicos seletivos. Alegando possível uso em artefatos militares, o acesso a tecnologias importantes para auferir inovações voltadas ao mercado convencional pode ser prejudicado. Assim, os países proeminentes buscam perpetuar suas

hegemonias no campo industrial ao dificultarem o progresso de países em desenvolvimento em setores como sistemas de navegação, satélites, sistemas de rastreamento, tecnologias inerentes ao ciclo do combustível nuclear, sistemas de comunicações, sistemas de detecção e de sensoriamento, sistemas aeronáuticos, circuitos integrados, além de muitos outros nos quais a aplicação militar é mais evidente (Galdino, 2022).

Para lançar luz a essa hipótese, aprofunda-se a discussão de alguns exemplos apresentados na seção 4.

Ao aderir aos principais regimes internacionais, principalmente na década de 1990, de não proliferação de armas nucleares e o regime de controle de tecnologias de mísseis, o Brasil esperava obter maior credibilidade internacional e acesso mais facilitado a tecnologias sensíveis. Entretanto, o cerceamento tecnológico prossegue sendo um óbice ao desenvolvimento científico e tecnológico do país e limitando a sua capacidade de inovação (Silva; Nascimento, 2018).

No exemplo descrito na seção 4.1, verificou-se que Israel utilizou a alegação de contraproliferação de armas de destruição em massa para justificar seu ataque aéreo ao centro de pesquisas nucleares iraquiano, mesmo diante do fato de o Iraque possuir, à época, a chancela do sistema internacional de controle e verificação de atividades nucleares da AIEA para o desenvolvimento de seu programa nuclear.

Na seção 4.2, relatou-se pressão exercida pelos EUA tentando espionar ultracentrífugas de enriquecimento de urânio desenvolvidas no Brasil, sob a alegação de contraproliferação de armas de destruição em massa. Essa alegação de possível utilização bélica do urânio enriquecido no Brasil não se justificava, tendo em vista que o país era signatário do TNP e tinha garantido em sua Constituição o compromisso de utilização da energia nuclear somente para fins pacíficos.

Esses dois exemplos ligados à área nuclear corroboram o pensamento de Longo e Moreira (2009), que asseveram que o regime internacional de não proliferação de armas de destruição em massa fornece tanto a base normativa para controles restritivos de tecnologias sensíveis como pretextos para propósitos ocultos de cerceamento seletivo.

No exemplo da seção 4.3, a justificativa do Escritório de Indústria e Segurança do DoC, para o cerceamento de tecnologias de fibra de carbono no contexto do programa de submarinos do Brasil, evidenciou que cabe às autoridades do DoC estabelecer o que possa ser considerado prejudicial à segurança nacional estadunidense.

Por ser um insumo da produção de propelentes para foguetes, o PBLH é alvo de cerceamento tecnológico, conforme apresentado na seção 4.4, prejudicando a sua utilização no mercado civil, consideravelmente maior do que dos segmentos de defesa e aeroespacial, tendo em vista a sua importância na fabricação de selantes e impermeabilizantes para as áreas de construção civil, petroquímica e industrial.

A seção 4.5 mostrou que a tentativa de aquisição de resina voltada para a aplicação em câmeras termais recebeu práticas de cerceamento de empresa norte-americana, independentemente da fonte de solicitação da tecnologia, militar ou civil.

Por fim, no exemplo da seção 4.6, relatou-se o caso em que os EUA usaram a alegação de risco de segurança cibernética para pressionar parceiros comerciais a banirem equipamentos de 5G da empresa Huawei, como forma de conter o avanço da empresa chinesa que estava na dianteira da nova tecnologia. A Huawei julgava essa alegação infundada pois tinha amparo técnico comprovado com ajuda de avaliações formais de autoridades de inteligência e segurança cibernética do Reino Unido e da Alemanha.

Esses exemplos validam a hipótese de que países desenvolvidos podem utilizar o conceito de dualidade como subterfúgio para ensejar ou potencializar a prática de cerceamentos tecnológicos seletivos, denegando o acesso ou dificultando o desenvolvimento de tecnologias e conhecimentos sensíveis que alavancariam o progresso industrial de países em desenvolvimento.

### 5.3 Implicações para países em desenvolvimento

As duas formas de emprego do conceito de dualidade tecnológica apresentadas trazem implicações para os países em desenvolvimento.

A forma descrita na seção 5.1 tem implicação direta, uma vez que descreve a estratégia utilizada por esses países para empregar o conceito de dualidade como uma oportunidade de mobilizar apoio não apenas financeiro, mas também nas esferas política e estratégica para a obtenção de investimentos voltados para a área de defesa.

A modalidade de emprego discutida na seção 5.2 traz uma implicação “velada”. Ao utilizar o conceito de dualidade como subterfúgio para ensejar ou potencializar a prática de cerceamentos tecnológicos seletivos, os países proeminentes buscam perpetuar suas hegemonias no campo industrial ao dificultarem o progresso de países em desenvolvimento em setores estratégicos. Diante dessa perspectiva, torna-se premente para países em desenvolvimento a percepção de que essa dinâmica de perpetuação do poder só será suplantada mediante o progressivo acúmulo de conhecimentos em áreas estratégicas e a apropriação desses saberes pelos setores produtivos, contando com investimento intensivo do Estado em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovações de longo prazo (Galdino, 2022).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo utilizou uma abordagem exploratória qualitativa para investigar como o conceito de dualidade tecnológica pode assumir papéis distintos de acordo com o cenário em que está inserido.

Inicialmente, abordou-se o conceito original de dualidade tecnológica cunhado por Orlikowski (1992), que enfatiza a interação recíproca entre tecnologias e organizações. A partir dessa referência seminal, estabeleceu-se uma conexão com a área de defesa, onde o conceito se expande para abranger a transferência de tecnologias entre os setores militar e civil, ilustrando a natureza fluida e interativa da tecnologia em seu contexto de desenvolvimento e aplicação.

Em um segundo momento, verificou-se que o mercado de defesa é estratégico, de alto nível tecnológico, dual, volátil e está longe de uma situação de concorrência perfeita. Ele é, ao mesmo tempo, um monopólio/oligopólio e um monopsonio, visto que, respectivamente, há uma oferta dominada por grandes *players* mundiais e uma demanda centralizada pelos Estados.

No prosseguimento da análise, constatou-se que o conceito de cerceamento tecnológico está intrinsecamente relacionado às características do mercado de defesa, principalmente no que tange à vulnerabilidade a questões geopolíticas. Por meio de sistemas regulatórios e ações de cerceamento, Estados desenvolvidos procuram evitar que o conhecimento relacionado a tecnologias sensíveis seja desenvolvido e dominado por Estados em desenvolvimento, garantindo a estabilidade de sua supremacia no concerto das nações. Nesse contexto, identificou-se que a maioria dos cerceamentos ocorre quando agências governamentais não autorizam a operação de compra, venda ou transferência

de uma tecnologia sensível. Além disso, foi verificado que os EUA têm uma predominância muito significativa nos casos de cerceamento tecnológico, acompanhado por seus aliados europeus e por Israel.

Posteriormente, na tentativa de nivelar o entendimento sobre as características principais dos países em desenvolvimento, destacou-se que essa classe de nações apresenta uma alta dependência de investimentos externos, necessidade de importação de tecnologia e *know-how*, forte presença do Estado na promoção do desenvolvimento nacional, precária capacidade de inovação e investimentos limitados na área de defesa. Características que deixam esses países vulneráveis a práticas de cerceamento tecnológico.

Após visitar os conceitos de dualidade tecnológica, mercado de defesa, cerceamento tecnológico e países em desenvolvimento, exemplos do cenário nacional foram apresentados com o intuito de ilustrar como as ações de cerceamento tecnológico podem afetar o mercado de países em desenvolvimento. Os exemplos foram categorizados dentro dos seis modelos propostos por Moreira (2013), apresentados no Quadro 1.

Os conceitos e exemplos abordados subsidiaram a discussão objeto do estudo: a “dualidade” da dualidade tecnológica. Para países em desenvolvimento, a dualidade se apresenta como uma oportunidade de mobilizar apoio não apenas financeiro, mas também nas esferas política e estratégica para a obtenção de investimentos voltados para a área de defesa. Já para os países desenvolvidos, validou-se a hipótese de que a dualidade pode ser empregada como ferramenta para cerceamentos tecnológicos seletivos.

Diante da perspectiva apresentada, ressaltou-se que é fundamental para países em desenvolvimento, como o Brasil, investir no desenvolvimento de tecnologias críticas essenciais não apenas para obter de forma autônoma as suas capacidades militares, mas também para o seu desenvolvimento científico e tecnológico (GALDINO, 2022).

Por fim, como apontamento para trabalhos futuros, destaca-se a necessidade de concepção de uma metodologia de análise de criticidade para países em desenvolvimento que considere aspectos relacionados ao cerceamento tecnológico, como acessibilidade, dependência e vulnerabilidade.

## REFERÊNCIAS

AMANN, E. Globalisation, industrial efficiency and technological sovereignty: Evidence from Brazil. **Quarterly Review of Economics and Finance**, [s. l.], v. 42, n. 5, 2002. DOI: 10.1016/S1062-9769(02)00144-8

AMARANTE, J. C. A. do. PROCESSOS DE OBTENÇÃO DE TECNOLOGIA MILITAR. **Texto para discussão - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**, [s. l.], v. 1877, 2013.

ANDERTON, C. H. Economics of arms trade. *In*: **Handbook of Defense Economics**. Amsterdam: Elsevier, 1995. v. 1. p. 523–561. DOI: 10.1016/S1574-0013(05)80020-1

ARAUJO, B. C.; NEGRI, F. de; NEGRI, J. A. de; TURCHI, L. Base industrial de defesa. *In*: NEGRI, J. A. de; LEMOS, M. B. (org.). **O núcleo tecnológico da indústria brasileira**. Brasília, DF: Ipea, 2011. v. 1. p. 595–653.

ARIFFIN, N.; FIGUEIREDO, P. N. **Internacionalização de competências tecnológicas: implicações para estratégias governamentais e empresariais de inovação e competitividade da indústria eletrônica no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

AVIBRAS. Nova unidade industrial da Avibras em Lorena (SP) vai fabricar insumos para combustível sólido do Programa Espacial Brasileiro. **Avibras**, São José dos Campos, 2018. Disponível em: <https://www.avibras.com.br/site/midia/noticias/267-nova-unidade-industrial-da-avibras-em-lorena-sp-vai-fabricar-insumos-para-combustivel-solido-do-programa-espacial-brasileiro.html>. Acesso em: 7 dez. 2023.

AVIBRAS. Nota à Imprensa 31-03-23. **Avibras**, São José dos Campos, 2023a. Disponível em: <https://avibras.com.br/site/midia/noticias/483-nota-a-imprensa-31-03-23.html>. Acesso em: 10 abr. 2023.

AVIBRAS. Novas tecnologias: Avibras firma parceria com empresa saudita SCOPA. **Avibras**, São José dos Campos, 2023b. Disponível em: <https://www.avibras.com.br/site/midia/noticias/509-novas-tecnologias-avibras-firma-parceria-com-empresa-saudita-scopa.html>. Acesso em: 7 dez. 2023.

BIJOS, L. M. D.; ARRUDA, V. A diplomacia cultural como instrumento de política externa brasileira. **Revista Dialogos**, [s. l.], v. 13, n. 1, 2010.

BITZINGER, R. A. **The Modern Defense Industry: Political, Economic, and Technological Issues.** [S. l.]: Praeger Publishers, 2009.

BONIN, R. **Árabes negociam comprar fabricante brasileira de mísseis e lançadores.** *Veja*, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/radar/arabes-negociam-comprar-fabricante-brasileira-de-misseis-e-lancadores/>. Acesso em: 29 mar. 2023.

BRANCO, M. G. C. *et al.* Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa - Visão geral das primeiras contribuições do CPqD. In: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEEx.** Campinas: CPqD, 2014. p. 9-16.

BRASIL. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa.** Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2016a.

BRASIL. **Relatório setorial da Defesa no Orçamento de 2023 aponta carência de recursos para institutos militares.** Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2022. Disponível em: [https://www.camara.leg.br/noticias/925341-relatorio-setorial-da-defesa-no-orcamento-de-2023-aponta-carencia-de-recursos-para-institutos-militares/#:~:text=A área de Defesa tem,conta a variação da inflação.](https://www.camara.leg.br/noticias/925341-relatorio-setorial-da-defesa-no-orcamento-de-2023-aponta-carencia-de-recursos-para-institutos-militares/#:~:text=A%20%C3%A1rea%20de%20Defesa%20tem,conta%20a%20varia%C3%A7%C3%A3o%20da%20infla%C3%A7%C3%A3o) Acesso em: 5 abr. 2023.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Estratégia e estrutura para um novo Estado. **Brazilian Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 17, n. 3, p. 343-357, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-31571997-0944>

BRINKMANN, S.; KVALE, S. **InterViews: Learning the Craft of Qualitative Research Interviewing**. Thousand Oaks: Sage, 2014.

BRUSTOLIN, V. M. **Inovação e desenvolvimento via defesa nacional nos EUA e no Brasil**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.

CANUTO, O. Aprendizado tecnológico na industrialização tardia. **Economia e Sociedade**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 171, 1993.

CARIELLO, R. EUA pedem “compromisso” ao Brasil e acesso total ao urânio. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc0604200402.htm>. Acesso em: 19 abr. 2023.

CARVALHO, B. C. de *et al.* Desdobramentos Tecnológicos no desenvolvimento do Radar SABER M60. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES OPERACIONAIS EM AREAS DE DEFESA, 10., 2008, São José dos Campos. **Anais [...]. São José dos Campos**, 2008.

CARVALHO, L. Polêmica “ficou para trás”: governo se une a Huawei em proposta de 5G e IA. **Uol**, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2022/03/01/apos-polemica-com-5g-brasil-faz-as-pazes-com-huawei-e-anuncia-parceria.htm>. Acesso em: 4 maio. 2023.

CASTRO, A. T. de. Materiais de carbono – Aplicações em eletrônica e sua pesquisa no Exército Brasileiro. In: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEEx**. Campinas: CPqD, 2014. p. 77-88.

CASTRO, M. S. B. de; FIRMINO, F. L.; SANTOS, A. C. dos; SOUZA, M. S. de. Pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de visão noturna no Exército Brasileiro. In: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEEx**. Campinas: CPqD, 2014. p. 41-48.

CAUCHICK-MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 3. ed. [S. l.]: LTC, 2018.

CETINDAMAR, D.; PHAAL, R.; PROBERT, D. **Technology management: activities and tools**. 2. ed. New York: Macmillan International, 2016.

CHANG, H.-J. Kicking away the ladder: Infant industry promotion in historical perspective. **Oxford Development Studies**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 21–32, 2003. DOI: 10.1080/1360081032000047168

CHAVES, P. S. **Impact of spinning conditions on the structure and tensile properties of mesophase pitch carbon fibers**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

CIMOLI, M. National system of innovation: A note on technological asymmetries and catching-up perspectives. **Revista de Economia Contemporânea**, [s. l.], v. 18, n. 1, 2014. DOI: 10.1590/141598481811

COCCIA, M. Why do nations produce science advances and new technology? **Technology in Society**, [s. l.], v. 59, p. 9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.03.007>

DAL BELLO, L. H. A.; FIGUEIREDO, P. N.; ALMEIDA, T. B. dos A. de. Acumulação de capacidades tecnológicas inovadoras na indústria de defesa em economias emergentes: a experiência dos projetos REMAX e TORC30 no Exército Brasileiro. **Cadernos EBAPE.BR**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 431-458, 2020. DOI: 10.1590/1679-395177563

DOMÍNGUEZ, C. F. Brasil-Iraque, 1978-1991: a formação de uma parceria técnico-militar. **História**, São Paulo, v. 41, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-4369e2022049>

DOOLEY, M. P.; FOLKERTS-LANDAU, D.; GARBER, P. The revived Bretton Woods system. **International Journal of Finance and Economics**, [s. l.], v. 9, n. 4, 2004.

ETHIER, W. J. Dumping. **Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 90, n. 3, p. 487-506, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1086/261071>.

FAN, R. **Nova fábrica da Avibras vai custar R\$ 46 milhões**. Defesanet, Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.defesanet.com.br/defesa/noticia/4402/nova-fabrica-da-avibras-vai-custar-r-46-milhoes/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: uma Breve Contribuição para o Desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [s. l.], v. 3, n. 2, 2009. DOI: 10.20396/rbi.v3i2.8648901

FRANÇA JUNIOR, J. A.; GALDINO, J. F. Aquisição de sistemas e produtos de defesa: conciliando objetivos de curto e longo prazo. **Estudos de Defesa**, [s. l.], p. 4271, 2002.

FREEMAN, C. The “national system of innovation” in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, [s. l.], v. 19, n. 1, 1995. DOI: 10.1093/oxfordjournals.cje.a035309.

FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. 4. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1974.

GALDINO, J. F. Sistema Nacional de Inovação do Brasil: Uma Análise Baseada no Índice Global de Inovação. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 45, 2018.

GALDINO, J. F. Análise de desempenho dos insumos de inovação do Sistema Nacional de Inovação do Brasil. **Exacta**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 75-93, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v17n2.8125>

GALDINO, J. F. Sobre a soberania tecnológica de elementos de capacidades militares. **Eblog**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://eblog.eb.mil.br/ca/w/sobre-a-soberania-tecnologica-de-elementos-de-capacidades-militares>. Acesso em: 6 ago. 2024.

GALDINO, J. F.; SCHONS, D. L. Maquiavel e a importância do poder militar nacional. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 56, p. 369-384, 2022. DOI: 10.52781/cmm.a077

GALDINO, J. F. Dualidade da dualidade tecnológica: oportunidades e desafios. Observatório Militar da Praia Vermelha. **ECEME**: Rio de Janeiro. 2024. Disponível em: <https://ompv.eceme.eb.mil.br/ct-i-para-defesa-desenvolvimento-e-seguranca-nacional/desenvolvimento-cientifico-tecnologico/697-dualidade-da-dualidade-tecnologica-oportunidades-e-desafios>. Acesso em: 29 nov. 2024.

GIRARDI, R., FRANÇA JUNIOR, J. A., & GALDINO, J. F. (2022). A customização de processos de avaliação de prontidão tecnológica baseados na escala TRL: desenvolvimento de uma metodologia para o Exército Brasileiro. **Coleção Meira Mattos**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 57, p. 491-527, 2022. DOI: 10.52781/cmm.a084

GIRARDI, R., FRANÇA JUNIOR, J. A., & GALDINO, J. F. (2024). Criticidade tecnológica na área de defesa em países em desenvolvimento: conceitos e critérios. **Revista de Gestão e Secretariado**, São José dos Pinhais, v. 15, n. 4, p. e3618. DOI: 10.7769/gesec.v15i4.3618

GIRARDI, R., GALDINO, J. F., & PELLANDA, P. C. (2024). The Front End of Innovation in Defense: A Comprehensive Literature Review. In: Burt, S. (org.). **National Security in the Digital and Information Age**. IntechOpen, 2024. DOI: 10.5772/intechopen.1005191

GLOBO. 5G: entenda a briga entre Estados Unidos e China. **g1**, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2021/11/05/5g-entenda-a-briga-entre-estados-unidos-e-china.ghtml>. Acesso em: 18 abr. 2023.

GODIN, B. National Innovation System: The System Approach in Historical Perspective. **Science, Technology, & Human Values**, [s. l.], v. 34, n. 4, 2009. DOI: 10.1177/0162243908329187

GU, S. Implications of National Innovation Systems for Developing Countries: managing change and complexity in economic development. **UNU/INTECH Discussion Papers**, [s. l.], 1999.

HEKALLY, K. Alemanha barra venda de blindados brasileiros para as Filipinas. **Correio Braziliense**, Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/politica/2023/02/5076131-alemanha-barra-venda-de-blindados-brasileiros-para-as-filipinas-entenda.html>. Acesso em: 25 fev. 2023.

HOBDDAY, M. Product complexity, innovation and industrial organization. **Research Policy**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 689–710, 1998. DOI: 10.1016/S0048-7333(97)00044-9.

HOFFMEISTER, O. Development Status as a Measure of Development. *In*: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 2020, [s. l.]. **Anais [...]**. United Nations, [s. l.], 2020. DOI: <https://www.doi.org/10.3233/SJI-200680>

KIAMEHR, M.; HOBDDAY, M.; HAMED, M. Latecomer firm strategies in complex product systems (CoPS): The case of Iran's thermal electricity generation systems. **Research Policy**, [s. l.], v. 44, n. 6, 2015. DOI: 10.1016/j.respol.2015.02.005

KIRKPATRICK, C. H.; NIXSON, F. I. **The Industrialisation of less developed countries in SearchWorks catalog**. Manchester: Manchester University Press, 1983.

KOSE, M. A.; PRASAD, E. S. **Emerging markets: Resilience and growth amid global turmoil**. [S. l.]: Brookings Institution Press, 2011.

LEE, J. J.; YOON, H. A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems: Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry. **Research Policy**, [s. l.], v. 44, n. 7, 2015. DOI: 10.1016/j.respol.2015.03.007

LI, Q.; RESNICK, A. Reversal of Fortunes: Democratic Institutions and Foreign Direct Investment Inflows to Developing Countries. **International Organization**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 175-211, 2003. DOI: 10.1017/S0020818303571077

LONGO, W. P. **Tecnologia e soberania nacional**. São Paulo: Nobel, 1984.

LONGO, W. P.; MOREIRA, W. de S. O acesso a tecnologias sensíveis. **Tensões Mundiais**, [s. l.], v. 5, n. 9, p. 73-122, 2009. DOI: <https://doi.org/10.33956/tensoesmundiais.v5i9%20jul/dez.669>

LUNDEVALL, B. Å. National innovation systems - Analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, [s. l.], v. 14, n. 1, 2007. DOI: 10.1080/13662710601130863.

MATOS, P. de O.; FORESTI, I. J. S. Alcances e limitações das teorias do Comércio Internacional para o mercado de equipamentos bélicos e o caso do Brasil. **Oikos**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 72-91, 2022.

MOREIRA, W. de S. **Ciência e Poder: O Cerceamento Tecnológico e as Implicações para a Defesa Nacional**. 2013, Niterói. Tese (Doutorado em Ciência Política) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Management of Technology: The Hidden Competitive Advantage**. Washington, DC: National Academy Press, 1987.

NIOSI, J.; ZHEGU, M. Multinational Corporations, Value Chains and Knowledge Spillovers in the Global Aircraft Industry. **International Journal of Institutions and Economies**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 109-141, 2010.

NOGUEIRA, S. Brasil poderá fazer seis ogivas por ano, diz ONG dos EUA. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc2310200422.htm>. Acesso em: 19 abr. 2023.

O'NEILL, J. Building Better Global Economic BRICs. **Goldman Sachs Global Economics Paper N° 66**, [s. l.], 2001.

ORLIKOWSKI, W. J. The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations. **Organization Science**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 398-427, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.398>.

PAIVA JUNIOR, N. M. de; MARQUES, E. C.; RIBEIRO JUNIOR, F. C.; TORTURELA, A. de M., GALDINO, J. F. Análise de desempenho de técnicas de estimação de canais esparsos. *In*: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEx**. Campinas: CPqD, 2014. p. 89-100.

PEDONE, L. Mecanismos Unilaterais de Cerceamento Tecnológico e Comercial e Regimes que o Brasil não aderiu. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA-ABED, 3., 2009, Londrina. **Anais [...]**. Universidade Estadual de Londrina, 2009.

PRADO FILHO, H. V.; GALDINO, J. F.; MOURA, D. F. C. Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos de Defesa: Reflexões e Fatos sobre o Projeto Rádio Definido por Software do Ministério da Defesa à luz do Modelo de Inovação em Tríplice Hélice. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 34, p. 6-20, 2017.

REN, Y. T.; YEO, K. T. Research challenges on complex product systems (CoPS) innovation. **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, [s. l.], v. 23, n. 6, 2006. DOI: 10.1080/10170660609509348

RIBEIRO JUNIOR, F. C.; MARQUES, E. C.; PAIVA JUNIOR, N. M. de; GALDINO, J. F. Avaliação de desempenho de DFE adaptativos em enlaces HF ionosféricos que empregam a norma MIL-STD-188-110C. *In*: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEEx**. Campinas: CPqD, 2014. p. 101–112.

RODRIK, D. Industrial policy for the twenty-first century. **SSRN**, [*s. l.*], v. 666808, 2004. DOI: 10.2139/ssrn.617544

SALOMON, M. **Ministro nega acesso visual de inspetores às centrífugas**. 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc1810200418.htm>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SANTOS, C. Falta de verbas atrasa produção de urânio enriquecido, diz comissão. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc0604200403.htm>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SILVA, C. D da. Planejamento Baseado em Capacidades e suas perspectivas para o Exército Brasileiro. **Centro de Estudos Estratégicos do Exército: Artigos Estratégicos**, [*s. l.*], v. 7, n. 2, p. 21-29, 2019.

SILVA, J. A. N. da; POMPEO, B. S.; RITA, V. A. F. S.; CARVALHO, B. S. de. Uma visão geral sobre os radares desenvolvidos pelo Exército Brasileiro. *In*: VIOLATO, C. A.; SCARABUCCI, R. R. (org.). **Cadernos CPqD Tecnologia - Tecnologias de Defesa - CTEEx**. Campinas: CPqD, 2014. p. 27-40.

SILVA, L. P. P. da; NASCIMENTO, R. L. Cerceamento tecnológico : o caso do sistema unilateral de controle de exportações dos EUA e suas implicações para o Brasil. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DE DEFESA (ENABED), 10., 2018, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABED, 2018.

SILVEIRA, V. AEQ concentra produção em nova fábrica. **Valor Globo**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2013/10/15/aeq-concentra-producao-em-nova-fabrica.ghtml>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SIPRI. **Trends in World Military Expenditure, 2023**. Stockholm: International Peace Research Institute, 2024. DOI: <https://doi.org/10.55163/BQGA2180>

SOUZA, M. S. de. **Desenvolvimento de fotodetectores de infravermelho distante utilizando transições intrabanda em poços quânticos múltiplos de GaAs/AlGaAs**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SQUEFF, F. de H. S. Sistema Setorial de Inovação em Defesa: análise do caso do Brasil. *In*: NEGRI, Fernanda de; SQUEFF, F. de H. S. (org.). **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2016. p. 63-113.

TAVARES, M. da C.; BELLUZZO, L. G. de M. Notas sobre o processo de industrialização recente no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 19, p. 7-16, 1979.

UNITED NATIONS. **UNSD - Methodology (Note on developed and developing regions)**. 2022. Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49>. Acesso em: 7 dez. 2023.

URBANO, E. P. **A contribuição dos offsets em defesa para a inovação e transferência de tecnologia para a base industrial de defesa**. 2019, Brasília, DF. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Brasília, DF, 2019.

VINHOLES, T. Árabes e alemães negociam compra da Avibras e Sindicato pede estatização da empresa. **Airway**, [s. l.], 2023. Disponível em: [https://www.airway.com.br/arabes-e-alemaes-negociam-compra-da-avibras-e-sindicato-pede-estatizacao-da-empresa/?fbclid=IwAR1WPZC3KunnaGPEAEwaN\\_DGh4YWr9D3WErylzqBXLNIOai\\_qZuPdcL4Ku4](https://www.airway.com.br/arabes-e-alemaes-negociam-compra-da-avibras-e-sindicato-pede-estatizacao-da-empresa/?fbclid=IwAR1WPZC3KunnaGPEAEwaN_DGh4YWr9D3WErylzqBXLNIOai_qZuPdcL4Ku4). Acesso em: 29 mar. 2023.

WANMING, Y. Cerceamento à Huawei obstrui o progresso e não se trata de segurança. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/08/cerceamento-a-huawei-obstrui-o-progresso-e-nao-se-trata-de-seguranca.shtml>. Acesso em: 18 abr. 2023.

YIN, R. K. **Case study research and applications : design and methods**. 6. ed. Thousand Oaks: Sage, 2017.