

# La “dualidad” de la dualidad tecnológica<sup>1</sup>: implicaciones para los países en desarrollo

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

**Resumen:** Si bien los países desarrollados defienden el libre comercio, paradójicamente, ejercen prácticas proteccionistas para mantener su supremacía tecnológica en el escenario internacional, así como la dependencia tecnológica de los países periféricos. En el área de defensa, las naciones prominentes buscan obtener autonomía y soberanía tecnológica en sus capacidades militares, así como obstaculizar el dominio de tecnologías críticas y sensibles por parte de los países en desarrollo. En este sentido, destacan las restricciones tecnológicas, cuyas acciones apuntan a profundizar o al menos mantener las asimetrías tecnológicas. Insertado en este contexto, a partir de un abordaje exploratorio cualitativo, este artículo tiene el objetivo de discutir un aspecto relevante y original identificado a lo largo del estudio: la “dualidad” de la dualidad tecnológica. Para los países en desarrollo, la dualidad se presenta como una oportunidad para movilizar apoyo no solo financiero, sino también en las esferas política y estratégica para la obtención de inversiones dirigidas al sector de defensa. En cuanto a los países desarrollados, se validó la hipótesis de que la dualidad puede emplearse como herramienta para la restricción tecnológico selectivo.

**Palabras clave:** Dualidad tecnológica. Mercado de defensa. Restricción tecnológica. Países en desarrollo.

**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

**Recibido: 09 mayo 2023**

**Aprobado: 26 jun. 2024**

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

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

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



Creative Commons  
Attribution Licence

1 El término dualidad de la dualidade tecnológica fue introducido en artículos de opinión en el Blog del Ejército Brasileño - EBlog (Galdino, 2022) y en el Observatorio Militar de la Praia Vermelha - OMPV (Galdino, 2024).

## 1 INTRODUCCIÓN

La habilidad de desarrollar nuevas tecnologías es esencial no solo para obtener una ventaja competitiva para las organizaciones tecnológicas (Cetindamar; Phaal; Probert, 2016), sino también para promover el crecimiento económico y el desarrollo social de los países (Coccia, 2019). La relevancia de esta habilidad es proporcional a la complejidad de las tecnologías involucradas en el proceso de Investigación y Desarrollo (I+D), considerando que además de los riesgos tecnológicos inherentes al proceso de I+D, comprende la gestión tecnológica que, a su vez, incluye la planificación, la dirección, control y coordinación del desarrollo de capacidades tecnológicas para que las organizaciones puedan concebir y alcanzar sus objetivos estratégicos (National Research Council, 1987), tareas que se vuelven más sofisticadas a medida que se trata de tecnologías complejas.

La creciente importancia de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de elementos de capacidades militares impulsa la búsqueda de modelos de gestión tecnológica destinados a optimizar los procesos de obtención<sup>1</sup> de sistemas y materiales de empleo militar (França Junior; Galdino, 2022). En estos procesos, la decisión entre realizar I+D autóctono o importar tecnologías críticas es un problema común al que se enfrenta la alta dirección no sólo de las Fuerzas Armadas, sino también de otras organizaciones que desarrollan productos complejos, en las que se buscan buenas soluciones de compromiso entre plazos, costos y autonomía tecnológica (Girardi; França Junior; Galdino, 2024; Kiamehr; Hobday; Hamedi, 2015; Lee; Yoon, 2015; Ren; Yeo, 2006).

La autonomía plena en el campo científico y tecnológico a nivel nacional es una utopía. Incluso los países más desarrollados del mundo dependen en cierta medida de otros para la supervivencia de sus industrias de alta tecnología (Kirkpatrick; Nixon, 1983). Sin embargo, en estos países, la dependencia suele ser puntual y controlada, ya que tienen sistemas sectoriales y sistemas nacionales de innovación eficientes (França Junior; Galdino, 2022).

Por otro lado, en los países en desarrollo, cuyas demandas de alta tecnología a menudo no se satisfacen internamente (Amann, 2002), la dependencia tecnológica puede convertirse en un problema crónico (Gu, 1999; Niosi; Zhegu, 2010), particularmente en el área de defensa. En estos países, las inversiones en I+D dirigidas al sector militar son generalmente modestas porque sus gobiernos priorizan las agendas sociales y de infraestructura (Bresser-Pereira, 1997). Esta situación tiende a agravarse debido a que el área de defensa es objeto de acciones de restricción tecnológica (Longo, 1984; Moreira, 2013), que dependen de tecnologías de alto valor agregado y que los países en desarrollo cuentan con modestos sistemas nacionales de innovación (Galdino, 2018, 2019).

En este contexto, un concepto que gana relevancia en el escenario de defensa es la dualidad tecnológica. Partiendo de que los descubrimientos inicialmente destinados a aplicaciones en el ámbito militar pueden tener sus tecnologías de base aprovechadas para su uso en el ámbito civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014), la dualidad ha sido explorada por los países en desarrollo con el fin de movilizar apoyo no sólo financiero, sino también en el ámbito político y estratégico para obtener inversiones dirigidas al área de defensa.

En los países desarrollados, según datos del último informe anual del *Stockholm International Peace Research Institute* (SIPRI), el presupuesto de defensa es significativo (SIPRI, 2024),

1 I+D y/o adquisición de un sistema o material con las características técnicas, operativas y logísticas establecidas por la organización (Brasil, 2016b).

reduciendo la necesidad de explorar el concepto de dualidad para obtener apoyo para el desarrollo de tecnologías de interés militar. En este trabajo, se presenta la hipótesis de que la dualidad en estos países se explora desde otra perspectiva: como un subterfugio para alentar o potenciar la práctica de restricciones tecnológicas selectivas en el sector civil, con el objetivo de mantener asimetrías entre países desarrollados y en desarrollo en los sectores de alta tecnología.

Para ello, este artículo tiene como objetivo discutir cómo el concepto de dualidad tecnológica puede asumir diferentes roles según el escenario en el que se inserta. En otras palabras, se busca analizar la “dualidad” de la dualidad tecnológica. Este análisis original tiene implicaciones directas para los esfuerzos de desarrollo tecnológico en el campo militar, especialmente en el contexto de los países en desarrollo. Desde esta perspectiva, se busca responder a la siguiente pregunta de investigación: **¿qué implicaciones tiene la “dualidad” de la dualidad tecnológica para los países en desarrollo?**

Al abordar este tema, este estudio presenta contribuciones teóricas para ampliar la comprensión de cómo la dualidad tecnológica puede usarse de diferentes maneras, dependiendo del contexto económico y geopolítico. Como contribuciones prácticas, el trabajo puede ayudar a los responsables de políticas y gestores en el campo de la defensa, destacando la importancia de estrategias que consideren tanto la sinergia del desarrollo tecnológico militar y civil como enfrentar los desafíos impuestos por las prácticas de restricción tecnológica. Por lo tanto, este artículo no solo apoya el avance del conocimiento teórico en el área, sino que también proporciona pautas prácticas para la toma de decisiones estratégicas en un sector clave para el desarrollo nacional.

En este sentido, el resto del artículo se organiza de la siguiente manera. La sección 2 presenta una fundamentación teórica sobre conceptos importantes asociados a la temática en comentario, a saber: dualidad tecnológica, mercado de defensa, restricción tecnológica y países en desarrollo. La sección 3 describe los aspectos metodológicos empleados en la investigación. La sección 4 explora eventos ocurridos en el escenario brasileño. La sección 5 analiza la “dualidad” de la dualidad tecnológica y sus implicaciones para los países en desarrollo. Finalmente, las consideraciones finales del documento se publican en la sección 6, con el punto de las lagunas que se abordarán en el trabajo futuro.

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 Dualidad tecnológica

El concepto de dualidad tecnológica, acuñado por Orlikovsky (1992), se refiere a la idea de que las tecnologías y las organizaciones están interconectadas y se influyen mutuamente. La autora sostiene que la tecnología no solo es moldeada por la organización durante su desarrollo e implementación, sino que también moldea las prácticas organizacionales en su utilización. Este concepto de dualidad destaca la naturaleza recíproca de la relación entre tecnología y organización (Orlikovsky, 1992).

En el área de defensa, el concepto de dualidad tecnológica es frecuentemente empleado para describir cómo innovaciones o tecnologías inicialmente destinadas al área bélica pueden ser aprovechadas para usos en el área civil (*spin off*), y viceversa (*spin in*) (Amarante, 2013). En este sentido, en el contexto de la defensa, se define que una tecnología puede considerarse dual cuando existe la posibilidad de tener aplicaciones militares y civiles, actuales o potenciales (Brustolin, 2014).

Este concepto subraya la permeabilidad de las fronteras entre el desarrollo tecnológico militar y civil, mostrando que las innovaciones pueden transitar entre esos dos dominios.

Al establecer una conexión entre los dos enfoques, resulta que ambos abordan la naturaleza fluida e interactiva de la tecnología. Mientras que Orlikovsky (1992) se centra en la interacción entre tecnología y organización, la dualidad tecnológica en defensa destaca la interacción entre desarrollo tecnológico militar y civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014). Ambos reconocen que la tecnología no existe en un vacío, sino que está influenciada e influye en el contexto en el que se desarrolla y utiliza, lo que permite la transferencia y adaptación de innovaciones entre diferentes campos.

## 2.2 Mercado de defensa

El mercado de defensa es un sector económico que involucra investigación, desarrollo, producción, comercialización y suministro de bienes y servicios relacionados con la seguridad nacional y la defensa (Brasil, 2016a). Cabe mencionar que este es un mercado en rápida expansión. El último informe anual del SIPRI señala que el gasto militar mundial en 2023 alcanzó la marca de 2,443 billones de dólares, mostrando un crecimiento por noveno año consecutivo (SIPRI, 2024). Son las principales características de este mercado:

- **Importancia estratégica:** el sector de defensa está relacionado al conjunto de actitudes, medidas y acciones del Estado, con énfasis en la expresión militar, para la defensa del territorio nacional, de la soberanía y de los intereses nacionales contra amenazas predominantemente externas, potenciales o manifiestas (Brasil, 2016a);
- **Alto nivel tecnológico:** la industria de defensa demanda elevadas inversiones en investigación, desarrollo e innovación para crear productos avanzados y complejos, como aeronaves, buques, armamentos y sistemas que deben operar con seguridad y alta confiabilidad bajo condiciones severas, incluso enfrentando obstáculos causados artificialmente por los beligerantes (Bitzinger, 2009; Girardi; Galdino; Pellanda, 2024). Por esta razón, los sistemas de defensa a menudo se asocian con el concepto de Productos y Sistemas complejos (CoPS, del término en inglés *Complex Products and Systems*), que, en general, se caracterizan por la necesidad de personalización de componentes y subsistemas, producción en pocas unidades y por pocas empresas integradoras, agregación de diversas áreas de conocimiento y ciclo de vida que dura por décadas (Girardi; Francia Junior; Galdino, 2022; Hobday, 1998);
- **Dualidad tecnológica:** como se presenta en la sección 2.1, la dualidad tecnológica en el área de defensa destaca la relación recíproca entre el desarrollo tecnológico militar y civil (Amarante, 2013; Brustolin, 2014). Dos ejemplos emblemáticos de dualidad en el sector son los casos del GPS (*Global Positioning System*) y de Internet. Estas tecnologías fueron desarrolladas por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (EE.UU.) con fines militares y, hoy en día, son ampliamente utilizadas por la sociedad civil;
- **Dependencia gubernamental:** el mercado de defensa está altamente regulado por los gobiernos y depende de los contratos gubernamentales, lo que significa que las empresas del sector tienen una gran dependencia de los recursos públicos (Urbano, 2019).

En este sentido, desde la perspectiva de la demanda, el mercado de defensa puede considerarse un monopsonio, ya que el Estado es el principal comprador de los bienes y servicios ofrecidos por las empresas (Araujo *et al.*, 2011; Galdino; Schons, 2022);

- **Alta concentración de mercado:** pocas empresas dominan el mercado global de defensa, lo que conduce a una competencia limitada y prácticas proteccionistas (Galdino; Schons, 2022). Según Anderton (1995), la existencia de estos oligopolios en el mercado de defensa presenta el potencial de colusión y comportamiento estratégico por parte de las empresas participantes. Pueden actuar juntos para aumentar los precios y, en consecuencia, sus ganancias; o pueden aceptar menores ganancias para dificultar la entrada de competidores (Anderton, 1995 *apud* Matos; Foresti, 2022). Pueden, además, practicar precios por debajo del mercado en países específicos para impedir el desarrollo de sectores estratégicos en la base industrial de esas naciones, acción conocida como *dumping* (Ethier, 1982);
- **Vulnerabilidad a problemas geopolíticos:** la demanda de equipos de defensa está impulsada por conflictos geopolíticos y relaciones entre naciones, lo que hace que el mercado sea altamente volátil y sujeto a cambios repentinos e interferencias (Silva, 2019). Las empresas extranjeras que explotan la guerra como comercio pueden, por razones puramente financieras o para satisfacer los intereses geopolíticos e ideológicos de los países anfitriones, no cumplir con los compromisos asumidos, y esto generalmente tiende a ocurrir en momentos de mayor necesidad y crisis nacional (Galdino; Schons, 2022).

En síntesis, se verifica que el mercado de defensa es estratégico, de alto nivel tecnológico, dual, volátil y está lejos de una situación de competencia perfecta. Según Araujo *et al.* (2011), es, al mismo tiempo, un monopolio/oligopolio y un monopsonio, ya que, respectivamente, existe una oferta dominada por grandes *players* mundiales y una demanda centralizada de los Estados.

### 2.3 Restricción tecnológica

Si bien los países más desarrollados defienden el libre comercio, paradójicamente, ejercen prácticas proteccionistas encaminadas a mantener su supremacía tecnológica en el escenario internacional, así como la dependencia tecnológica de los países periféricos (Chang, 2003).

En el área de defensa, naciones prominentes buscan ganar autonomía y soberanía tecnológica en sus capacidades militares, además de dificultar a los países en desarrollo el dominio de tecnologías críticas y sensibles. Este juego se entiende como una manifestación natural del sentido de preservación del *status quo* y condiciona el movimiento de las piezas del tablero geopolítico. En este sentido, destacan las restricciones tecnológicas, cuyas acciones apuntan a profundizar o al menos mantener las asimetrías tecnológicas (Galdino, 2022).

El concepto de restricción tecnológica está intrínsecamente relacionado con las características del mercado de defensa expuestas en la sección 2.2, principalmente en lo que respecta a la vulnerabilidad a cuestiones geopolíticas. Esta percepción se confirma en la definición propuesta por Moreira (2013): la restricción tecnológica es el

[...] conjunto de políticas, normas y acciones emprendidas por Estados, organizaciones internacionales o empresas con el fin de restringir, obstaculizar o denegar el acceso, posesión o uso de bienes sensibles y servicios directamente relacionados, por parte de Estados, instituciones de investigación o empresas de terceros (Moreira, 2013, pág.252)

Para Pedone (2009), la restricción tecnológica puede ser practicada por un sinnúmero de actores, como Estados, grupos de Estados, empresas y/o consorcios de empresas que buscan restringir, bloquear, negar o incluso obstaculizar el acceso a bienes y tecnologías consideradas sensibles, especialmente en el ámbito de la defensa.

Dentro de esta perspectiva, para clasificar los medios de manifestación a través de los cuales pueden ocurrir restricciones, Moreira (2013) establece los siguientes seis modelos de restricciones tecnológicas (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Modelos de restricción tecnológica**

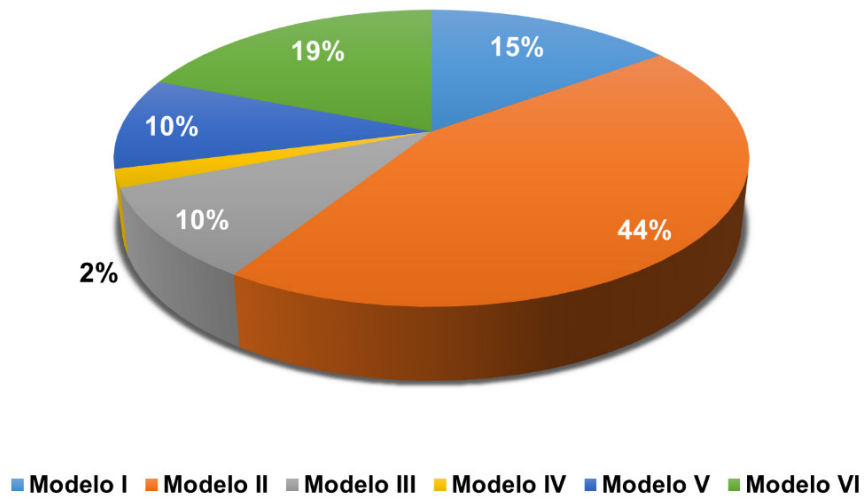
Modelo	Manifestación de a la restricción
I	La empresa proveedora lo niega por iniciativa propia.
II	Las agencias gubernamentales no autorizan la operación de compra, venta o transferencia.
III	Intervención de agencias del Estado en procesos iniciados.
IV	Intervención con fuerza bruta.
V	Absorción de empresas, fuga de cerebros o discontinuidad de suministro.
VI	Presión política, económica o social por parte del Estado, OIG (Organización Internacional Gubernamental) o comunidades no gubernamentales.

Fuente: Moreira (2013).

Además de proponer modelos para la manifestación de restricciones tecnológicas, Moreira (2013) presenta un estudio, relativo al período comprendido entre 1989 y 2011, sobre qué modelos fueron más practicados (Figura 1) y qué países o instituciones utilizaron más esta práctica (Figura 2). La Figura 1 muestra que la mayoría de las restricciones (44%) ocurren cuando las agencias gubernamentales no autorizan la operación de compra, venta o transferencia de una tecnología sensible (Modelo 2 del cuadro 1). La Figura 2 demuestra que Estados Unidos tiene un predominio muy significativo (73%) en los casos de restricción tecnológica, acompañado de sus aliados europeos e Israel.

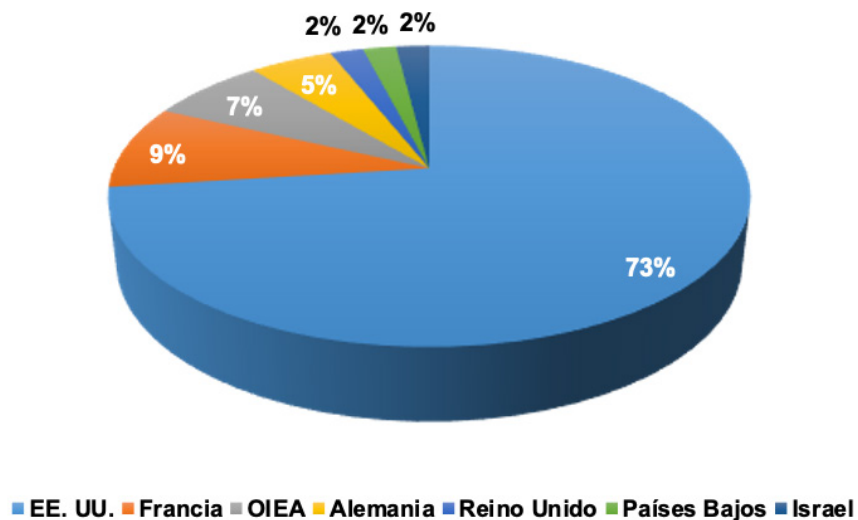
Este predominio de los Estados Unidos en los casos de restricción tecnológica se debe principalmente a su sistema regulatorio. La legislación de control de exportaciones de los Estados Unidos tiene como objetivo controlar la exportación de equipos, *softwares* y tecnologías sensibles como medio para promover su seguridad nacional y sus objetivos de política exterior (Silva; Nascimento, 2018). Como señala Amarante (2013), otros Estados desarrollados también utilizan sistemas regulatorios para promover restricciones tecnológicas.

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

Los términos “países en desarrollo”, “países de industrialización tardía”, “países de industrialización reciente” y “países emergentes” pueden usarse indistintamente en algunos contextos, pero también pueden tener connotaciones específicas.

El término “países en desarrollo” es más amplio y se refiere a países que aún no han alcanzado un alto nivel de desarrollo económico, social y humano (Furtado, 1974). Tavares y Belluzzo (1979), Canuto (1993) y Figueiredo (2009) utilizan los términos “países de industrialización tardía” o “países de industrialización reciente” para referirse a países que iniciaron el proceso de industrialización en un momento posterior al de los países pioneros. A su vez, O’Neill (2001) acuñó el término “países emergentes” para referirse a los países en desarrollo con mayor potencial de crecimiento económico e influencia global. En esta perspectiva, se creó y difundió el acrónimo BRICS para destacar a Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica como los principales países en ascenso en el escenario internacional.

Como existen varios sistemas de clasificación (Hoffmeister, 2020) y para evitar ambigüedades, este trabajo sigue la clasificación que mantiene la División de Estadística de las Naciones Unidas (*United Nations Statistics Division* — UNSD). En mayo de 2022, la UNSD publicó una hoja de cálculo actualizada que clasifica 249 países o áreas, con excepción de la Antártida, en dos categorías: “desarrollados” y “en desarrollo” (Naciones Unidas, 2022). Por este motivo, se adopta como referencia en este texto los términos “países desarrollados” y “países en desarrollo”.

Dentro de esta perspectiva, se destacan como principales características de los países en desarrollo:

- **Dependencia de inversiones externas:** los países en desarrollo tienen limitaciones de capital y de tecnología para impulsar su crecimiento económico. Las inversiones externas pueden provenir de varias fuentes, incluidas empresas multinacionales, organizaciones internacionales e inversores individuales (Li; Resnick, 2003). Si bien esta dinámica puede ser beneficiosa en términos de desarrollo económico, puede crear vulnerabilidades, como la dependencia crónica de fuentes extranjeras y el riesgo de fuga repentina de capitales en tiempos de turbulencia (Dooley; Folkerts-Landau; Garber, 2004). Rehenes de esta dinámica, muchos países en desarrollo terminan por no desarrollar sus propias capacidades internas para financiar el desarrollo a largo plazo (Kose; Prasad, 2011);
- **Importación de tecnología y *know-how*:** las empresas que operan en el contexto de los países en desarrollo generalmente comienzan su negocio a partir de tecnologías que han adquirido de empresas de otros países. Al iniciar sus actividades, no disponen ni siquiera de las capacidades tecnológicas básicas (Amann, 2002). Para volverse competitivas y acercarse a las empresas de la “frontera tecnológica internacional”, deben emprender un proceso de aprendizaje para construir y acumular su capacidad tecnológica (Figueiredo, 2009). La excesiva dependencia de proveedores extranjeros puede perjudicar el desarrollo y la competitividad de la industria nacional, además de dejar la base industrial nacional vulnerable a cuestiones geopolíticas y fluctuaciones de los mercados internacionales (Ariffin; Figueiredo, 2003);
- **Fuerte presencia del Estado en la promoción del desarrollo nacional:** debido a las limitaciones económicas de los países en desarrollo, cuestiones importantes para impulsar el desarrollo nacional son altamente dependientes de la actuación del Estado, como, por ejemplo, inversiones en infraestructura, fomento a sectores



estratégicos y promoción de incentivos para inversiones e innovación (Chang, 2003). Según Rodrik (2004), ese protagonismo del Estado puede generar corrupción e ineficiencia, ya que esa clase de países suele presentar bajo grado de transparencia y eficiencia en la gestión pública (Rodrik, 2004);

- **Precaria capacidad de innovación:** en términos nacionales, el concepto que mejor describe la capacidad de innovación es el Sistema Nacional de Innovación (SNI) (Cimoli, 2014; Godin, 2009; Lundvall, 2007). Esta expresión fue acuñada por Freeman, a finales de los años 1980, para designar un conjunto de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones contribuyen a la creación, avance y difusión de innovaciones tecnológicas en un país (Freeman, 1995). Existen diversos indicadores con la finalidad de evaluar un SNI, entre ellos se destacan los producidos por el *Global Innovation Index* (GII). Con base en el GII, los países en desarrollo tienden a presentar indicadores modestos tanto en términos de insumos de innovación (instituciones, recursos humanos e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado y sofisticación empresarial) como de resultados de innovación (productos de conocimiento y tecnología y productos creativos) (Galdino, 2018, 2019);
- **Inversiones limitadas en defensa:** en los países en desarrollo, generalmente hay muchas demandas sociales y de infraestructura (Bresser-Pereira, 1997). Además, muchos países de esta clase no tienen una cultura belicista debido a su bajo historial de participación en conflictos militares, lo que crea obstáculos para priorizar inversiones en el área de defensa (Bijos; Arruda, 2010). Ante este escenario, los recursos para I+D de sistemas militares en estas naciones tienden a ser modestos. Esta perspectiva se confirma a través de los datos proporcionados por el informe del SIPRI. Por ejemplo, mientras que Estados Unidos tuvo, en 2023, inversiones presupuestarias de 916 mil millones de dólares, lo que equivale al 3,4% de su Producto Interno Bruto (PIB) y al 37% de todos los gastos anuales mundiales en defensa; Brasil tuvo un presupuesto de 22,9 mil millones, equivalente al 1,1% de su PIB (SIPRI, 2024). En este contexto, los países en desarrollo buscan explotar el concepto de dualidad tecnológica para obtener recursos de otras fuentes con el objetivo de desarrollar tecnologías importantes para las capacidades militares, pero también para el progreso del sector industrial más amplio (Squeff, 2016).

### 3 METODOLOGÍA

A partir de un abordaje exploratorio cualitativo, se objetiva investigar cómo el concepto de dualidad tecnológica puede asumir papeles distintos de acuerdo con el escenario en que está insertado. Los estudios exploratorios son adecuados cuando se conoce poco de la realidad en cuestión y se pretende allanar el camino para una mayor investigación (Yin, 2017). Además, el abordaje cualitativo se emplea en trabajos descriptivos, subjetivos y de análisis inductivo de los hechos observados y de las evidencias recolectadas (Cauchick-Miguel *et al.*, 2018). Dentro de esa perspectiva, la investigación se apoyó en la recolección y análisis de datos primarios (entrevista) y secundarios (literatura académica, informes técnicos y registro de noticias).

Inicialmente, a partir de repositorios de trabajos científicos y datos de informes técnicos de organismos como el SIPRI y el Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas (IPEA), se buscó relevar características asociadas al mercado de defensa y a los países en desarrollo, así como a modelos de restricción tecnológica emprendidos por los países desarrollados. Esta revisión sirvió de base para desarrollar el fundamento teórico de la investigación (sección 2).

La recopilación de datos se complementó con registros de noticias y con una entrevista realizada con un investigador involucrado en actividades de I+D relacionadas con la defensa. A través de este enfoque, se enumeraron ejemplos del escenario brasileño para ilustrar cómo las acciones de restricción tecnológica pueden afectar a los países en desarrollo, así como para proporcionar una mejor comprensión de las diferentes formas de empleo del concepto de dualidad tecnológica. Estos ejemplos se detallan en la sección 4. Cabe destacar que la entrevista mencionada fue presencial y siguió un enfoque semiestructurado, permitiendo flexibilidad para explorar temas emergentes (Brinkmann; Kvale, 2014).

El análisis de los datos recogidos subvencionó la discusión objeto de este estudio — la “dualidad” de la dualidad tecnológica— y sus implicaciones para los países en desarrollo. Esta discusión se presenta en la sección 5.

#### **4 EJEMPLOS DEL ESCENARIO BRASILEÑO**

Luego de visitar los conceptos de dualidad tecnológica, mercado de defensa, restricción tecnológica y países en desarrollo, vale la pena presentar ejemplos del escenario nacional para ilustrar cómo las acciones de restricción tecnológica pueden afectar el desarrollo de estos países. Los ejemplos se presentan cronológicamente y se categorizan dentro de los seis modelos propuestos por Moreira (2013), presentados en el Cuadro 1.

##### **4.1 La restricción tecnológica de Israel al programa nuclear iraquí y su influencia en el acuerdo nuclear Brasil-Irak**

Como se detalla en Domingues (2022), en 1980 se celebró el Acuerdo entre Brasil e Irak en el Campo de los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear. Entre las áreas de cooperación identificadas por las partes se encontraba el suministro de uranio natural y uranio ligeramente enriquecido para alimentar reactores nucleares.

En la época de los hechos, el régimen de Sadam Husein había contratado junto al gobierno francés la construcción de un moderno centro de investigación nuclear, en Al-Tuvaitha —ubicado al sur de Bagdad. El proyecto antes mencionado estaba muy cerca de completarse cuando tuvo lugar un preciso y quirúrgico ataque aéreo israelí el 7 de junio de 1981.

El ataque provocó importantes reacciones político-diplomáticas, en términos bilaterales, regionales y globales, y alcanzó la credibilidad del sistema internacional de control y verificación de actividades nucleares llevado a cabo por el organismo internacional de Energía Atómica (OIEA).

Cinco días después del ataque, el tema comenzó a debatirse en el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas. En la época, aun no siendo miembro Efectivo del Consejo, Brasil consiguió participar activamente de las discusiones, en función de vínculos e intereses directos en el asunto.

Ese vínculo se intensificó tras la divulgación de un documento por la embajada israelí en Tokio insinuando una posible cooperación de Brasil (además de Italia y Francia), a través de la exportación de concentrado de uranio a Irak, en el contexto de un supuesto programa clandestino de armas atómicas.

Esta acusación israelí comenzó a perder visibilidad en la prensa con el paso del tiempo. Desde una perspectiva técnico-científica y logística, se ponderó que, efectivamente, era difícil que la denuncia tuviese consistencia, sea en cuanto al suministro de combustible nuclear a Irak, sea con relación a la asociación bilateral para la construcción conjunta y coordinada de armas nucleares.

Actualmente, incluso a más de 40 años del suceso, el tema sigue siendo considerado una “novela inacabada”. En cualquier caso, la cooperación nuclear –con fines pacíficos– entre Brasilia y Bagdad fue confirmada y reconocida, además de verse directamente impactada por el ataque aéreo israelí al centro de investigaciones nucleares iraquí (Domínguez, 2022).

Dentro de esta perspectiva, la supuesta acción de contraproliferación de armas de destrucción masiva antes mencionada puede considerarse como un caso emblemático de restricción tecnológica mediante fuerza bruta, y puede, por tanto, enmarcarse en el modelo IV de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013).

#### **4.2 Presión de EE.UU. para inspeccionar máquinas de ultracentrifugación desarrolladas por Brasil**

A principios de la década de 2000, Brasil anunció un proyecto que buscaba la producción nacional de uranio enriquecido para abastecer las centrales nucleares Angra 1 y 2. El contrato, valorado en 130 millones de dólares y con una duración de ocho años, preveía que la Armada suministraría a la Industria Nuclear Brasileña (INB) máquinas de ultracentrifugación desarrolladas en el polo tecnológico de Aramar (SP), en colaboración con el Instituto de Investigaciones Energéticas de São Paulo (Ipen) y la Universidad de São Paulo (USP). Según el proyecto original, Brasil sería autosuficiente en enriquecimiento de uranio hacia 2007, con excepción de la etapa de gasificación del producto, proceso considerado barato y no estratégico (Santos, 2004).

En abril de 2004, Estados Unidos inició una incursión contra el desarrollo nuclear brasileño. Exigían que Brasil firmara un protocolo adicional con el OIEA que permitiera un mayor acceso a las instalaciones de las plantas comerciales de producción de uranio enriquecido en el país, ubicadas en la ciudad de Resende (RJ). La presión para la firma del nuevo acuerdo estaba justificada como medida para la no proliferación nuclear e incluía posibles sanciones comerciales (Cariello, 2004).

Este movimiento contó con el apoyo de investigadores estadounidenses, como Liz Palmer y Gary Milhollin, ambos del proyecto de control de Armas Nucleares, que en un artículo publicado en la revista *Science* estimaron que la instalación de Resende, en la configuración de 2004, podría producir uranio enriquecido suficiente para seis ojivas al año. También preveían, según las proyecciones de expansión de la planta, que la capacidad de producción anual de ojivas podría aumentar a 26 a 31, en 2010; y a 53 a 63, en 2014 (Nogueira, 2004).

Brasil refutaba la acusación de posible uso militar de uranio enriquecido, considerando que el país era signatario del Tratado de No Proliferación Nuclear (TNP) y había garantizado

en su Constitución el compromiso de utilizar la energía nuclear sólo con fines pacíficos (Salomon, 2004).

La valoración del gobierno brasileño sobre lo sucedido fue que EE.UU. quería tener acceso a ultracentrífugas de enriquecimiento de uranio, utilizando tecnología brasileña y más baratas, ya que el país podría producirlas a escala industrial y exportarlas a otros países, ganando relevancia en el mercado nuclear internacional. (Cariello, 2004).

Este ejemplo se alinea con la percepción de Longo y Moreira (2009), quienes afirman que el régimen internacional para la no proliferación de armas de destrucción masiva proporciona tanto la base normativa para controles restrictivos sobre tecnologías sensibles como pretextos para propósitos ocultos de restricción selectiva. Además, el ejemplo puede enmarcarse en el modelo VI de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), dado que reporta presiones ejercidas por Estados Unidos tratando de interferir en el desarrollo nuclear brasileño.

#### **4.3 Restricción tecnológica de EE.UU. en PROSUB**

Según informes de Silva y Nascimento (2018), la Armada de Brasil buscó, en 2007, la importación de fibra de carbono de la empresa Toho Tenax America, en el contexto de su Programa Submarino (PROSUB).

Después de la solicitud brasileña, la empresa estadounidense consultó formalmente a la Oficina de Industria y seguridad del DoC (Departamento de Comercio de Estados Unidos, del término en inglés *Department of Commerce*).

En respuesta formal a la consulta, el Departamento de Comercio prohibió a Toho Tenax America cumplir con la solicitud de importación realizada por Brasil. La justificación para la denegación se basó en la EAA (Ley de Administración de Exportaciones, del término en inglés *Export Administration Act*), que establece que Estados Unidos debe "restringir la exportación de bienes y tecnología que puedan contribuir significativamente al potencial militar de otro país o de una combinación de países que puedan resultar perjudiciales a la seguridad nacional de los Estados Unidos". El texto muestra que corresponde, a discreción de las autoridades del Departamento de Comercio, establecer lo que podría considerarse perjudicial para la seguridad nacional estadounidense (Silva; Nascimento, 2018).

Se nota que el ejemplo puede encuadrarse en el modelo II de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), ya que se trata de una agencia del gobierno estadounidense (Oficina de Industria y Seguridad del DoC) que no autoriza formalmente una operación de compra solicitada por la Armada de Brasil.

#### **4.4 Restricción tecnológica de un grupo alemán en la fabricación nacional de PBLH**

El polibutadieno líquido hidroxilado (PBLH), además de ser un insumo fundamental en la producción de propulsores de base sólida para cohetes, tiene un extraordinario mercado convencional, particularmente en las áreas de construcción civil, petroquímica e industrial (AVIBRAS, 2018; FAN, 2012).

La tecnología de producción nacional del PBLH surgió en la década de 1970, a través de una asociación entre Petrobras y el Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA). En 1982, Petrobras inició la producción, a escala industrial, del PBLH, dentro de Petroflex. Con la privatización de Petroflex, en 1994, la unidad de PBLH fue adquirida por Braskem. La producción

de PBLH en Brasil fue interrumpida en 2008 cuando el nuevo propietario de la unidad, la empresa alemana Lanxess, decidió discontinuar el negocio (Silveira, 2013).

Esta situación comenzó a revertirse en 2012, cuando Avibras planeó invertir R\$ 46 millones en la instalación de una nueva unidad industrial en Lorena (SP) para fabricar PBLH (Fan, 2012). La reanudación de la producción de PBLH en el país fue considerada estratégica por Avibras, considerando que todos los cohetes fabricados y utilizados por las Fuerzas Armadas en Brasil adoptaron propulsor sólido a base de PBLH, y la compra del insumo en el exterior estaba sujeta a embargos internacionales (Avibras, 2018). Además, cabe destacar la predicción de que esta reanudación de la producción nacional de PBLH tendría un impacto aún mayor en el mercado civil, dado que el potencial de consumo del producto en aplicaciones civiles era 20 veces mayor que en los segmentos de defensa y aeroespacial (estimaciones de consumo anual de 5 mil y 250 toneladas, respectivamente) (Fan, 2012).

En este sentido, se considera que este ejemplo puede enmarcarse en el modelo V de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), ya que implica la absorción de una empresa brasileña por un grupo alemán con posterior discontinuación de la producción nacional de insumos estratégicos para la producción de cohetes, además de ser un insumo con alto potencial para su uso en aplicaciones civiles.

#### **4.5 Restricción tecnológica de una empresa norteamericana en el proyecto de cámara térmica del Ejército Brasileño**

A través de entrevista y documentos obtenidos con un investigador del Instituto de Ingeniería Militar (IME), se planteó un caso de limitaciones tecnológicas relacionadas con el desarrollo de una cámara térmica por parte del Ejército Brasileño.

En 2015, el IME, en asociación con el Centro Tecnológico del Ejército (CTEx), completó el desarrollo de películas delgadas de óxido de vanadio ( $\text{VO}_x$ ) para proporcionar una solución moderna de sensores infrarrojos para cámaras de visión térmica.

Para la integración de la tecnología en el equipo optrónico, se requería una arquitectura suspendida de los dispositivos de detección de infrarrojos debido a la disipación de calor. La implementación de esta arquitectura solo sería posible con la ayuda del uso de una resina especial que, en ese momento, era producida exclusivamente por una empresa estadounidense.

En un primer intento de adquirir la resina del fabricante, la compra fue denegada por considerar que el producto no estaba disponible para la venta en Brasil, a pesar de que la empresa tenía una sucursal en el país.

Como segundo intento, buscamos adquirir el insumo vía importación a través de la Comisión del Ejército Brasileño en Washington (CEBW). Una vez más, la compañía dio una respuesta negativa con respecto a la comercialización de la resina.

En un tercer esfuerzo de obtención del insumo, se buscó desvincular el pedido del área militar. Por lo tanto, la solicitud de compra del producto fue realizada por la Universidad Estadual de Campinas (Unicamp), institución civil socia del IME. El fabricante volvió a reclamar la falta de suministro de resina.

En el cuarto y último intento, la solicitud del producto fue realizada por una empresa importadora que tiene oficina en EE.UU. La respuesta del fabricante fue nuevamente negativa.

En los cuatro intentos de adquirir la resina, la justificación del fabricante para negarse fue vaga: “en este momento, la empresa no puede realizar envíos a Brasil”. A pesar de esto, el investigador involucrado cree que la denegación ocurrió por el hecho de que el producto es un insumo crítico para la producción de modernas cámaras de visión térmica, tecnología con gran potencial dual. En el área de defensa, esta tecnología fomenta el desarrollo de equipos optrónicos de aplicación militar. En el área civil, además de su aplicación en sistemas de vigilancia, se utiliza en el área médica, mediante exámenes termográficos.

Teniendo en cuenta lo anterior, parece que el ejemplo puede enmarcarse en el modelo I de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), considerando que el fabricante de resina negó el suministro del producto por iniciativa propia, sin justificar la negativa mediante consulta formal con la agencia gubernamental, como fue el caso en el ejemplo presentado en la sección 4.3.

#### **4.6 Restricción tecnológica de EE.UU. a la venta de equipos 5G por parte de Huawei**

Según un artículo de opinión en *Folha de S.Paulo* escrito por el entonces embajador de China en Brasil, Yang Wanming (2020), Estados Unidos lanzó acusaciones infundadas de que los equipos 5G de Huawei presentaban riesgos de seguridad. Bajo este pretexto, restringieron el suministro de *chips* a la empresa por fabricantes globales y han obligado a otros países a renunciar a la tecnología 5G china. Huawei contó con el apoyo de evaluaciones formales de las autoridades de inteligencia y ciberseguridad del Reino Unido y Alemania, que demostraron la falta de motivos para prohibir los equipos de la empresa por razones de seguridad. Además, el fabricante chino contaba con un historial de confiabilidad en más de 170 países y territorios (Wanming, 2020).

Un análisis de este caso también es presentado por el portal de noticias *GI de Globo* (2021), que menciona que la llegada del 5G en todo el mundo ocurrió rodeada de polémicas entre Estados Unidos y China. Los estadounidenses vetaron la presencia de empresas chinas de telecomunicaciones en sus redes y presionaron a socios comerciales para que prohibieran los equipos de Huawei, que estaba a la cabeza de la nueva tecnología. Estados Unidos alegaba que los equipos de esas compañías representaban un riesgo para la seguridad nacional, ya que China podría utilizarlos para espionaje o para interferir en el funcionamiento de la infraestructura de otros países. Los chinos negaron las acusaciones, diciendo que el interés de los estadounidenses era socavar su crecimiento y desarrollo tecnológico (Globo, 2021).

Esta medida de restricción estadounidense repercutió en todo el escenario brasileño. En la época de las definiciones para la subasta del 5G, los EE.UU. llegaron a presionar a Brasil para impedir la entrada de empresas de China en la infraestructura de la nueva generación de internet en el país. Sin embargo, la subasta de 5G, realizada en noviembre de 2021, que involucró solo a operadores telefónicos, no impuso ninguna regla que impidiera a los operadores usar tecnología de la compañía (Carvalho, 2022). El Ministerio de Comunicaciones solo incluyó en la convocatoria la obligación de construir una red privada de comunicación en Brasilia, para atender una solicitud del entonces presidente Jair Bolsonaro, que se opuso al uso de equipos de Huawei en las redes del Gobierno (Globo, 2021).

El ejemplo puede enmarcarse en el modelo VI de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), ya que EE.UU. utilizó el alegato de riesgo de ciberseguridad para presionar a los socios comerciales para que prohibieran los equipos de Huawei, como forma de contener el avance de la empresa china que estaba a la cabeza de la nueva tecnología.

#### 4.7 La restricción tecnológica de Alemania a la exportación de vehículos blindados Guarani

Según el informe del periódico *Correio Braziliense* (2023), el Gobierno de Alemania embargó la exportación de 28 vehículos blindados Guarani, fabricados en Brasil, a Filipinas. La decisión fue vista por el gobierno brasileño como una represalia por la negativa del presidente Luiz Inácio Lula da Silva de vender municiones de tanque a Berlín para transferirlas a Ucrania, invadida por Rusia.

Para embargar la transacción, Alemania justificó que los componentes fabricados en ese país no pueden venderse a terceros sin autorización, lo que llevó a la Oficina Federal de Economía y Control de Exportaciones del gobierno de Berlín a ordenar la suspensión de los cinco Guaranis que estaban listos para ser entregados a Filipinas. La solución, para que se complete el trato, es reemplazar los componentes de origen alemán (Hekally, 2023).

Parece que el ejemplo puede enmarcarse en los modelos III y VI de restricción tecnológica propuestos por Moreira (2013).

La clasificación en el modelo III se justifica por el hecho de que una agencia gubernamental alemana (Oficina Federal de Economía y Control de Exportaciones) interfirió directamente en un proceso de comercialización de vehículos blindados que ya había comenzado entre Brasil y Filipinas.

La inclusión en el modelo VI se debe al entendimiento de que Alemania utilizó el embargo como una forma de presionar a Brasil por la posición neutral que ha adoptado en relación al conflicto entre Rusia y Ucrania.

#### 4.8 Interés de árabes y alemanes en la empresa Avibras

Según un reportaje de la revista *Veja* (2023), en marzo de 2022, la empresa Avibras, una de las más grandes del sector de la industria de defensa en Brasil, presentó un recurso de recuperación judicial y despidió a 420 de sus 1.400 empleados. La empresa tenía entonces alrededor de 395 millones de reales en deudas declaradas ante el tribunal.

Ante este escenario, surgieron especulaciones de que la empresa Edge Group, de Emiratos Árabes Unidos, conocida por comprar y revender proyectos militares, estaría en negociaciones para comprar la empresa brasileña. El interés árabe sería obtener el sistema de lanzamiento múltiple de cohetes Astros y el Misil Táctico de Crucero, ambos fabricados por Avibras (Bonin, 2023). Además, la empresa con sede en São José dos Campos también ofrece soluciones de *software* y produce armas y vehículos blindados, como el Guarani 4WS (Vinholes, 2023).

Según Vinholes (2023), la compañía alemana Rheinmetall, famosa en el sector de armamentos y municiones, también estaría en disputa por la compra de Avibras.

Esta noticia llevó al Sindicato de Trabajadores Metalúrgicos de São José dos Campos y región a emitir una nota advirtiendo que una posible venta de la empresa representaría una grave amenaza a la soberanía nacional y al conocimiento acumulado durante décadas (Vinholes, 2023).

Ante la repercusión, Avibras emitió una nota a la prensa diciendo:

La empresa está fuertemente comprometida con asegurar su recuperación, afrontando los desafíos y dificultades del momento con el apoyo, la resiliencia y el compromiso de

sus empleados. [...]. El gobierno brasileño también se compromete a apoyar activamente a la empresa en sus iniciativas de recuperación (Avibras, 2023a).

Cabe señalar que, en medio de las especulaciones, la única iniciativa formal reciente relacionada con Avibras fue la firma de un instrumento de asociación con la empresa SCOPA Defence de Arabia Saudita, cuyo objetivo es promover el desarrollo y la fabricación de equipos avanzados de defensa en territorio saudí (Avibras, 2023b).

Dentro de la perspectiva presentada, parece que el ejemplo puede enmarcarse en el modelo V de restricción tecnológica propuesto por Moreira (2013), ya que se trata de una posible absorción de una empresa brasileña por un grupo extranjero, con el riesgo de la posterior discontinuación de producción nacional de productos y sistemas estratégicos para el sector de defensa.

## 5 LA “DUALIDAD” DE LA DUALIDAD TECNOLÓGICA

Con base en los conceptos y ejemplos analizados a lo largo del artículo, las siguientes secciones muestran cómo los países desarrollados y en desarrollo pueden utilizar el concepto de dualidad tecnológica de diferentes maneras. Además, se discuten las implicaciones de esta “dualidad” de la dualidad para los países en desarrollo.

### 5.1 El papel de la dualidad tecnológica para los países en desarrollo

Como se discutió en la sección 2.4, en los países en desarrollo, el presupuesto destinado al área de defensa suele ser modesto, teniendo en cuenta las grandes demandas sociales y de infraestructura que tienden a ser priorizadas, además de la ausencia de cultura belicista (Bijos; Arruda, 2010; Bresser-Pereira, 1997).

Además de ser limitados, los recursos presupuestarios para el sector militar se ven comprometidos predominantemente por los gastos administrativos, el pago del personal y los gastos obligatorios. Por ejemplo, en Brasil, el 78,2% del presupuesto de defensa actual se destina al pago de personal (Brasil, 2022).

Ante esto, estas naciones exploran el concepto de dualidad tecnológica como estrategia para obtener recursos financieros que permitan el desarrollo de tecnologías importantes para las capacidades militares sin comprometer el presupuesto de las Fuerzas Armadas destinado a actividades de I+D, al mismo tiempo que, con ello desarrollo, contribuye al progreso del sector industrial en general (Squeff, 2016). Adicionalmente, para estos países, la dualidad es importante para establecer cooperaciones con miras al desarrollo tecnológico y conferir sostenibilidad a las empresas que trabajan en el mercado de defensa (Galdino, 2022).

Según Squeff (2016), desde principios de la década de 2000, el sector de defensa ha obtenido consistentemente mayor relevancia en la agenda de políticas públicas del gobierno brasileño y la dualidad ha jugado un papel importante en este resultado.

Para ilustrar este fenómeno, la autora presenta un estudio de 2012 relativo a la financiación recibida por las infraestructuras nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (CT&I) centradas en la I+D en el ámbito militar. Los datos muestran que solo el 26,44% de los recursos invertidos en



I+D provienen de fondos presupuestarios de las instituciones. El otro 73,56% de los recursos fueron obtenidos junto a agencias públicas de fomento o empresas, como Petrobras (Squeff, 2016).

De hecho, el Ejército Brasileño ha desarrollado importantes tecnologías, sensores, sistemas de comunicación y elementos de sistemas de armas con el apoyo financiero de agencias de desarrollo, con énfasis en el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI), a través del Fondo Banco Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FNDCT), así como para el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES). Algunos ejemplos de proyectos de I+D de la Fuerza Terrestre insertados en este escenario son: optrónicos (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) y Reparación Automatizada de Ametralladoras X (REMAX) para el blindado Guarani (Dal Bello; Figueiredo; Almeida, 2020).

En 2022, el IME, en alianza con otras Instituciones Científicas, Tecnológicas y de Innovación (TIC) del Ejército, obtuvo recursos del FNDCT para impulsar la investigación en áreas tecnológicas estratégicas, a saber: Inteligencia Artificial (IA); ciberdefensa; tecnologías cuánticas; enjambre de drones; sensores para Defensa Química, Biológica, Radiológica y Nuclear (DQBRN); fabricación aditiva; e infraestructura ferroviaria. Las propuestas presentadas por el IME a los organismos de fomento se basaron en gran medida en el potencial dual de estas tecnologías.

Cabe destacar que la dualidad tecnológica no tiene gran importancia en algunos países en desarrollo, como China e India. Por cuestiones geopolíticas y estratégicas, esas naciones ya cuentan con grandes inversiones presupuestarias en el área de defensa, conforme informaciones contenidas en el informe del SIPRI y resumidas en la Tabla 1.

**Tabla 1. Inversión presupuestaria anual de China e India en el área de defensa**

País	Posición en el ranking mundial	Presupuesto (miles de millones de dólares)	Porcentaje del PIB invertido (%)	Participación de la inversión mundial (%)
China	2ª	296,0	1,7	12,0
India	4ª	83,6	2,4	3,4

Fuente: SIPRI (2024).

## 5.2 El papel de la dualidad tecnológica para los países desarrollados

En los países desarrollados, el presupuesto de defensa es, generalmente, expresivo, no habiendo la necesidad de explotar el concepto de dualidad para obtener apoyo para el desarrollo de tecnologías de interés militar. Los datos del SIPRI indican que EE.UU. invirtió, en 2023, 916 mil millones de dólares con fines militares, lo que equivale al 3,4% de su PIB y al 37% de todo el gasto anual en defensa global. Además, la meta de inversión mínima del 2% del PIB en aplicaciones militares está prevista para los países miembros de la organización del Tratado del Atlántico

Norte (OTAN) (SIPRI, 2024), generando importes presupuestarios considerables destinados a la defensa.

Para estos países, sin embargo, la hipótesis es que la dualidad se utiliza como un subterfugio para alentar o mejorar la práctica de restricciones tecnológicas selectivas. Alegando un posible uso en artefactos militares, se puede obstaculizar el acceso a tecnologías importantes para lograr innovaciones dirigidas al mercado convencional. Así, países prominentes buscan perpetuar sus hegemonías en el campo industrial obstaculizando el progreso de los países en desarrollo en sectores como los sistemas de navegación, satélites, sistemas de seguimiento, tecnologías inherentes al ciclo del combustible nuclear, sistemas de comunicaciones, sistemas de detección, sistemas aeronáuticos, circuitos integrados, así como muchos otros en los que la aplicación militar es más evidente (Galdino, 2022).

Para arrojar luz sobre esta hipótesis, se profundiza la discusión de algunos ejemplos presentados en la sección 4.

Al adherirse a los principales regímenes internacionales, principalmente de los años 1990, de no proliferación de armas nucleares y de control de la tecnología de misiles, Brasil esperaba obtener una mayor credibilidad internacional y un acceso más fácil a tecnologías sensibles. Sin embargo, las restricciones tecnológicas siguen siendo un obstáculo para el desarrollo científico y tecnológico del país y limitando su capacidad de innovación (Silva; Nascimento, 2018).

En el ejemplo descrito en la sección 4.1, se encontró que Israel utilizó la alegación de contraproliferación de armas de destrucción masiva para justificar su ataque aéreo contra el centro de investigación nuclear iraquí, incluso teniendo en cuenta el hecho de que Irak tenía, en ese momento, el sello de aprobación del sistema internacional de control y verificación de actividades nucleares del OIEA para el desarrollo de su programa nuclear.

En la sección 4.2, se informó de la presión ejercida por los EE.UU. tratando de espiar ultracentrífugas de enriquecimiento de uranio desarrolladas en Brasil, bajo la alegación de contraproliferación de armas de destrucción masiva. Esta acusación de posible uso militar de uranio enriquecido en Brasil no estaba justificada, considerando que el país era signatario del TNP y había garantizado en su Constitución el compromiso de utilizar la energía nuclear sólo con fines pacíficos.

Estos dos ejemplos vinculados al área nuclear corroboran el pensamiento de Longo y Moreira (2009), quienes afirman que el régimen internacional para la no proliferación de armas de destrucción masiva proporciona tanto la base normativa para controles restrictivos sobre tecnologías sensibles como pretextos para propósitos ocultos de restricción selectiva.

En el ejemplo de la sección 4.3, la justificación de la Oficina de Industria y Seguridad del Departamento de Comercio para restringir las tecnologías de fibra de carbono en el contexto del programa submarino de Brasil mostró que corresponde a las autoridades del Departamento de Comercio establecer lo que podría considerarse perjudicial para la seguridad nacional estadounidense.

Al ser un insumo para la producción de propulsores de cohetes, el PBLH es objeto de restricciones tecnológicas, como se presenta en el apartado 4.4, perjudicando su uso en el mercado civil, considerablemente mayor que en los segmentos de defensa y aeroespacial, dada su importancia en la fabricación de selladores y productos impermeabilizantes para el área de construcción civil, petroquímica e industrial.

La sección 4.5 mostró que el intento de adquisición de resina dirigida a la aplicación en cámaras termales recibió prácticas de cercado de empresa norteamericana, independientemente de la fuente de solicitud de la tecnología, militar o civil.

Por último, en el ejemplo de la sección 4.6, se informó el caso en el que Estados Unidos utilizó el reclamo de riesgo de ciberseguridad para presionar a los socios comerciales para que prohibieran los equipos 5G de la compañía, como una forma de frenar el avance de la compañía china que estaba a la cabeza de la nueva tecnología. La compañía consideró infundada esta alegación, pues contaba con apoyo técnico comprobado con la ayuda de evaluaciones formales de autoridades de inteligencia y seguridad cibernética del Reino Unido y de Alemania.

Estos ejemplos validan la hipótesis de que los países desarrollados pueden utilizar el concepto de dualidad como subterfugio para fomentar o potenciar la práctica de restricciones tecnológicas selectivas, denegando el acceso o dificultando el desarrollo de tecnologías y conocimientos sensibles que aprovecharían el progreso industrial de los países en desarrollo.

### 5.3 Implicaciones para los países en desarrollo

Las dos formas de empleo del concepto de dualidad tecnológica presentadas traen implicaciones para los países en desarrollo.

La forma descrita en la sección 5.1 tiene implicaciones directas, ya que describe la estrategia utilizada por estos países para emplear el concepto de dualidad como una oportunidad para movilizar apoyo no sólo financiero, sino también en los ámbitos político y estratégico para obtener inversiones destinadas al área de defensa.

La modalidad de empleo discutida en la sección 5.2 conlleva una implicación “velada”. Al utilizar el concepto de dualidad como subterfugio para alentar o mejorar la práctica de restricciones tecnológicas selectivas, los países prominentes buscan perpetuar sus hegemonías en el campo industrial obstaculizando el progreso de los países en desarrollo en sectores estratégicos. Ante esta perspectiva, se hace urgente que los países en desarrollo se den cuenta de que esta dinámica de perpetuación del poder sólo será superada mediante la acumulación progresiva de conocimiento en áreas estratégicas y la apropiación de ese conocimiento por parte de los sectores productivos, apoyándose en una inversión intensiva del Estado en actividades de investigación, desarrollo e innovaciones de largo plazo (Galdino, 2022).

## 6 CONSIDERACIONES FINALES

Este artículo utilizó un enfoque exploratorio cualitativo para investigar cómo el concepto de dualidad tecnológica puede asumir roles distintos de acuerdo con el escenario en el que se encuentra.

Inicialmente se abordó el concepto original de dualidad tecnológica acuñado por Orlikowski (1992), que enfatiza la interacción recíproca entre tecnologías y organizaciones. A partir de esta referencia fundamental, se estableció una conexión con el área de defensa, donde el concepto se expande para abarcar la transferencia de tecnologías entre los sectores militar y civil, ilustrando la naturaleza fluida e interactiva de la tecnología en su contexto de desarrollo y aplicación.

En un segundo momento, se encontró que el mercado de defensa es estratégico, de alto nivel tecnológico, dual, volátil y está lejos de una situación de competencia perfecta. Es, al mismo

tiempo, un monopolio/oligopolio y un monopsonio, ya que, respectivamente, hay una oferta dominada por grandes *players* mundiales y una demanda centralizada de los Estados.

En la continuación del análisis, se constató que el concepto de restricción tecnológica está intrínsecamente relacionado a las características del mercado de defensa, principalmente en lo que se refiere a la vulnerabilidad a cuestiones geopolíticas. A través de sistemas regulatorios y acciones de restricción, los Estados desarrollados buscan evitar que los conocimientos relacionados con tecnologías sensibles sean desarrollados y dominados por los Estados en desarrollo, asegurando la estabilidad de su supremacía en el concierto de las naciones. En este contexto, se identificó que la mayoría de las restricciones ocurren cuando las agencias gubernamentales no autorizan la compra, venta o transferencia de una tecnología sensible. Además, se encontró que Estados Unidos tiene un predominio muy significativo en casos de restricción tecnológica, acompañado de sus aliados europeos e Israel.

Posteriormente, en un intento de nivelar la comprensión de las principales características de los países en desarrollo, se destacó que esta clase de naciones tiene una alta dependencia de la inversión extranjera, la necesidad de importar tecnología y *know-how*, una fuerte presencia del Estado en promoviendo el desarrollo nacional, la precaria capacidad de innovación y las limitadas inversiones en el área de defensa. Características que dejan a estos países vulnerables a prácticas de restricción tecnológica.

Luego de visitar los conceptos de dualidad tecnológica, mercado de defensa, restricción tecnológica y países en desarrollo, se presentaron ejemplos del escenario nacional con el objetivo de ilustrar cómo las acciones de restricción tecnológica pueden afectar el mercado de los países en desarrollo. Los ejemplos fueron categorizados dentro de los seis modelos propuestos por Moreira (2013), presentados en el Cuadro 1.

Los conceptos y ejemplos tratados sustentaron el objeto de discusión del estudio: la "dualidad" de la dualidad tecnológica. Para los países en desarrollo, la dualidad se presenta como una oportunidad para movilizar apoyo no solo financiero, sino también en las esferas política y estratégica para la obtención de inversiones dirigidas al sector de defensa. Para los países desarrollados se validó la hipótesis de que la dualidad puede utilizarse como herramienta para restricciones tecnológicas selectivas.

Ante la perspectiva presentada, se destacó que es fundamental que los países en desarrollo, como Brasil, inviertan en el desarrollo de tecnologías críticas esenciales no solo para obtener de forma autónoma sus capacidades militares, sino también para su desarrollo científico y tecnológico (GALDINO, 2022).

Finalmente, como punto para trabajos futuros, destacamos la necesidad de diseñar una metodología de análisis de criticidad para países en desarrollo que considere aspectos relacionados con limitaciones tecnológicas, como la accesibilidad, la dependencia y la vulnerabilidad.

## REFERENCIAS

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. PROCESOS DE OBTENCIÓN DE TECNOLOGÍA MILITAR. **Texto para discusión - Instituto de Investigación Económica 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

ARAÚJO, 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 dic. 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 dic. 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. **Portaria nº 233, de 15 de março de 2016. Aprova as Instruções Gerais para a Gestão do Ciclo de Vida dos Sistemas e Materiais de Emprego Militar (EB10-IG-01.018)**. Brasília, DF: Boletim do Exército, 2016b.

BRASIL. **Relatório setorial da Defesa no Orçamento de 2023 aponta carência de recursos para institutos militares**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2022. Disponible en: [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). Acceso en: 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. Disponible en: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/brasil/fc0604200402.htm>. Acceso en: 19 abr. 2023.

CARVALHO, B. C. de *et al.* Desdobramentos Tecnológicos no desenvolvimento do Radar SABER M60. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÕES OPERACIONAIS EM ÁREAS 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. Disponible en: <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>. Acceso en: 4 may. 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. Disponible en: <https://www.defesanet.com.br/defesa/noticia/4402/nova-fabrica-da-avibras-vai-custar-r-46-milhoes/>. Acceso en: 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. Disponible en: <https://eblog.eb.mil.br/ca/w/sobre-a-soberania-tecnologica-de-elementos-de-capacidades-militares>. Acceso en: 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. Disponible en: <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>. Acceso en: 6 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 feb. 2023.

HOBDAY, 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.; HOBDAY, 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: 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>

LUNDVALL, 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 Economics**, [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 - CTEEx**. 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 Tríplíce 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. Disponible en: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2013/10/15/aeq-concentra-producao-em-nova-fabrica.ghtml>. Acceso en: 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. Disponible en: <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49>. Acceso en: 7 dic. 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. Disponible en: [https://www.airway.com.br/arabes-e-alemaes-negociam-compra-da-avibras-e-sindicato-pede-estatizacao-da-empresa/?fbclid=IwAR1WPZC3KunnaGPEAEwaN\\_DGh4YWr9D3WErylqBXLNIOai\\_qZuPdcL4Ku4](https://www.airway.com.br/arabes-e-alemaes-negociam-compra-da-avibras-e-sindicato-pede-estatizacao-da-empresa/?fbclid=IwAR1WPZC3KunnaGPEAEwaN_DGh4YWr9D3WErylqBXLNIOai_qZuPdcL4Ku4). Acceso en: 29 mar. 2023.

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

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