

RECEBIDO EM: 20/03/2023
APROVADO EM: 18/05/2023

DOSSIÊ

DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIAS DE USO DUAL PELA BASE INDUSTRIAL DE DEFESA COMO MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

*DEVELOPMENT OF DUAL-USE TECHNOLOGIES
BY THE DEFENSE INDUSTRIAL BASE AS A
MECHANISM FOR ECONOMIC DEVELOPMENT*

Luiz Fabrício Thaumaturgo Vergueiro¹

SUMÁRIO: Introdução. 1. Compreensão Teórica das Tecnologias de Uso Dual. 2. Base Industrial de Defesa e o Modelo da Tríplice Hélice de Inovação em Defesa. Conclusão. Referências

¹ Pós-doutorando em defesa e segurança hemisférica no Colégio Interamericano de Defesa, em Washington, DC (2022), Pós-doutor em modelagem de sistemas complexos pela Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (2020), Doutor em Direito Internacional pela Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo (2012). Advogado da União na Advocacia-Geral da União.

RESUMO: O desenvolvimento e uso de tecnologias passíveis de uso dual, entendidas como aquelas aptas ao emprego tanto em aplicações de uso civil, quanto em missões tipicamente militares (com ou sem pequenas adaptações), é um fenômeno histórico, principalmente nos países em desenvolvimento, onde uma crescente demanda de recursos para a saúde, educação, infraestrutura, etc., impõe a redução de gastos com os setores militares, praticamente obrigando que orçamentos de defesa passassem a ser conjugados com os recursos, também escassos, da iniciativa privada, em tecnologias adequadas simultaneamente para o meio civil (normalmente o seu maior consumidor), e para as Forças Armadas e de segurança pública. A maioria dos países desenvolvidos possui um sistema integrado de indústrias de defesa que se articula com a academia e o Poder Público para o desenvolvimento de tecnologias de alto valor agregado e que traz significativo progresso econômico e científico para a economia nacional. O Brasil possui uma Base Industrial de Defesa competente e relativamente desenvolvida, complementada por um ainda maior parque industrial e tecnológico, porém, flutuações econômicas colocam em risco a manutenção e avanço desse setor estratégico de qualquer economia nacional. Este artigo examina, em um nível preliminar, sob o enfoque da teoria dos sistemas complexos, por meio de levantamento bibliográfico e pesquisas de campo, as interações entre conhecimentos científicos e segmentos sociais muito diferenciados, indicando mecanismos para desenvolvimento de tecnologias de uso dual como ferramenta de fomento da Base Industrial de Defesa, e da economia científico-tecnológica como um todo.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia. Uso Dual. Economia. Base Industrial de Defesa. Fusão Civil-Militar

ABSTRACT: The development and use of technologies prone to dual use, characterized as those able to be employed both in civilian appliances, and in typical military missions (with or without minimal adjustments), is a historical phenomenon, especially in developing countries, where an ever growing demand of resources for health, education, infrastructure, etc., lays on spending limitations to the military services, virtually forcing defense budgets to become conjugated with also scarce private sector resources, in developing technologies suitable at the same time for civilian use (usually their main consumers), and for the armed forces and law enforcement needs. Most developed countries have an integrated system of defense industries that articulates with academia and the government for development of high value-added technologies that bring significant economic and scientific progress to the national economy. Brazil has a competent and relatively developed Defense Industrial Base, complemented

by an even larger industrial and technological park, but economic fluctuations put at risk the maintenance and advancement of this strategic sector of any national economy. This article examines, at a preliminary level, under the complex systems theory approach, through bibliographic survey and field research, the interactions between scientific knowledge and very differentiated social segments, indicating mechanisms for the development of dual use technologies as a tool to foster the Defense Industrial Base, and the scientific-technological economy as a whole.

KEYWORDS: Technology. Dual Use. Economy. Defense Industrial Base. Military-Civil Fusion

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento e uso de tecnologias passíveis de uso dual, entendidas como aquelas aptas ao uso civil, quanto em missões tipicamente militares (com ou sem pequenas adaptações), é um fenômeno detectado ao longo da evolução da espécie humana. Dita dualidade é bidirecional, às vezes com o uso civil de aparatos originalmente destinados a finalidades bélicas, outras vezes em sentido oposto. Exemplo comumente citado é a rede mundial de computadores, nascida de um projeto da agência de desenvolvimento de projetos avançados de defesa, sob o nome **ARPANET** – *Advanced Research Projects Agency Network* (LIMA FILHO, 2012).

No final da década de 1970, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) se tornou a maior produtora e exportadora de sistemas bélicos, o que representava parte significativa de sua pauta de comércio exterior. No ápice deste período, trabalhavam com sistemas militares mais de 870 mil cientistas e engenheiros, contra 530 mil dos Estados Unidos da América (EUA), que ocupavam o segundo lugar (KUSHNIRSKY, 1991).

Entretanto, diante do exaurimento econômico soviético provocado, em grande parte, pela corrida armamentista com os EUA, no contexto da Guerra Fria, iniciativas como a “ofensiva da paz”, objetivavam reorientar o complexo industrial-militar soviético para o uso civil. Após o colapso desordenado da URSS e do Pacto de Varsóvia em 1989, a preocupação com o desvio de arsenais, inclusive nucleares, químicos e biológicos, e com o recrutamento de técnicos e cientistas por países com programas clandestinos, levou os EUA a uma iniciativa para detectar e neutralizar armas desviadas, e fomentar a adaptação dos respectivos produtores para finalidades civis (LAQUEUR, 1986).

Naquele mesmo contexto histórico, e desde então, principalmente nos países em desenvolvimento, uma crescente demanda de recursos para a saúde, educação, infraestrutura, etc., impôs a redução de gastos militares,

obrigando que os limitados orçamentos de defesa passassem a ser conjugados com os recursos, também escassos, da iniciativa privada, em tecnologias adequadas simultaneamente para o meio civil (normalmente o seu maior consumidor), e para as Forças Armadas e de segurança (SIQUEIRA, 2010).

O Brasil possui uma Base Industrial de Defesa (BID) relativamente bem desenvolvida, inclusive com um regime legal específico, complementada por uma complexa e evoluída base industrial geral e de serviços no país, porém, sofre uma histórica instabilidade decorrente da flutuação de investimentos governamentais nas Forças Armadas nacionais, que formam atualmente o único mercado consumidor, em regime de monopólio, colocando em risco não apenas o avanço do setor, como a própria manutenção de conquistas obtidas com grande sacrifício institucional e financeiro (MELO, 2015).

Os conhecimentos necessários para compreender o assunto situam-se em ramos diversos das ciências físicas, humanas e biológicas, aparentemente incompatíveis entre si, configurando um sistema complexo. Há programas sedimentados e em contínuo aperfeiçoamento nos países economicamente desenvolvidos, que lideram a inovação tecnológica, partindo de premissas e de abordagens diferentes, mas que chegam a resultados parecidos, os quais podem ser adaptados para a realidade brasileira (DIXIT, 2023). Pela proeminência serão abordados traços dos programas levados a efeito nos EUA e na República Popular da China (RPC).

Este artigo pretendeu examinar, sob o enfoque da teoria dos sistemas complexos, as possibilidades de desenvolvimento de tecnologias de uso dual como ferramenta de fomento da BID e da economia científico-tecnológica como um todo.

1. COMPREENSÃO TEÓRICA DAS TECNOLOGIAS DE USO DUAL

Um passo essencial no estudo de qualquer fenômeno consiste em delimitar claramente o seu escopo. Isto é especialmente importante quando se escreve sobre tecnologias de uso dual (ou dupla utilização), uma expressão polissêmica. Para este artigo, tecnologias de uso dual são aquelas alimentadas por uma tecnologia de núcleo comum, definidas pelo uso final, e não pelos recursos para o seu desenvolvimento, podendo encontrar usuários civis, militares ou ambos (GUMMETT & REPPY, 1988).

Para Mota (2011, p.2):

As tecnologias de uso dual são aquelas que têm aplicação tanto pelo setor militar como pelo setor civil do mercado. Desta forma, o aspecto duplo da tecnologia pode ser visto como algo a ser promovido e perseguido na pesquisa e desenvolvimento de inovações, pois atende a dois aspectos

importantes: i) permitir a manutenção de uma boa base tecnológica de defesa, em meio aos limitados orçamentos disponíveis, e ii) melhorar a competitividade econômica do país como um todo, através de uma alocação mais eficiente dos fundos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Entretanto, essas tecnologias não se limitam aos “artefatos”, mas também abrangem o conhecimento técnico, incluindo a base científica, a experiência, e as habilidades (capital humano, “know-how” e “know why”) da força de trabalho. Além disso, o domínio dos processos de fabricação e de gerenciamento se somam à comunidade tecnológica necessária para produzir esses artefatos. Um exemplo disso é o conhecimento sobre integração de sistemas (WATKINS, 1990).

Um dos esforços mais paradigmáticos para aproveitar conhecimento científico de uso civil, mas de utilidade militar, foi o *Projeto Manhattan*, empreendimento que levou à construção do primeiro artefato termonuclear nos EUA, e simbolizou a passagem do processo industrial (produção de ferramentas), para uma nova fase pós-industrial com a centralidade do trabalho científico voltado para a inovação, e que, por sua vez, teve que desenvolver um método de integração e fomento da criatividade entre cientistas de diferentes países e diferentes idiomas, em um ambiente organizacional muito diferente da academia tradicional (SPAGNUOLO, 2007, pp. 359-385).

Alguns anos depois, em uma direção oposta à do *Projeto Manhattan*, o declínio e a subsequente extinção da URSS, levou à adaptação para o mercado civil de tecnologias e indústrias originalmente voltadas para o segmento de defesa, que no final dos anos 70, empregava mais de 870.000 cientistas e engenheiros soviéticos, em comparação com 530.000 nos EUA, (KUSHNIRSKY, 1991).

Nos EUA, o desenvolvimento científico-tecnológico de uso dual, está entrelaçado com a história do próprio Departamento de Defesa (Pentágono), quando da sua reorganização, momento em que lhe foi confiado orçamento maciço para fomentar inovação em parceria com a academia e o setor industrial. Em 1964, no auge da Guerra Fria, 17% de todo o orçamento federal discricionário dos EUA foi gasto desse modo (DARBY & SEWALL, 2021).

A centralidade do avanço tecnológico para a segurança nacional dos EUA continua hoje sob a sigla DOD RDT&E (*Department of Defense Research, Development, Test and Evaluation*), que se refere à pesquisa, desenvolvimento, testes e avaliação pelo Pentágono. Os recursos específicos são alocados sob o Título IV, Anexo “C” (orçamento do Departamento de Defesa), da Lei Orçamentária Anual aprovada pelo Congresso dos EUA. Em 2022, somente para RDT&E, foram alocados 122,9 bilhões de dólares (CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE, 2022).

Mas os fundos da RDT&E também constam em outras dotações de defesa. Por exemplo, os fundos da RDT&E foram incluídos no Título VI, como parte do Programa de Destruição de Agentes Químicos e Munições, do Programa de Saúde da Defesa. Também já foram alocados no Título V, como parte do *National Defense Sealift Fund* (fundo da frota reserva da Marinha dos EUA). Uma característica particular da política de desenvolvimento de tecnologias de uso dual dos EUA é que parece não existir um plano ou agência centralizada como em outros países (STEINBOCK, 2014), estando dispersa ainda em várias organizações, públicas e privadas, vinculadas a políticas setoriais, como de energia nuclear, espaço, computação, etc. (NICHOLS, 2008).

Uma possível explicação para tal ecossistema de inovação de defesa seria uma preferência EUA por impor o mínimo possível de barreiras à entrada de empresas privadas e até mesmo de indivíduos ao mercado (MCAFFEE *et al.*, 2004), prevenindo possíveis limitações no uso comercial futuro de tecnologias duais, mas, ao mesmo tempo em que se deixa a maior parte do risco de capital da pesquisa para o setor privado, que então terá maior liberdade de comercializar sua inovação sem se preocupar os controles de venda tipicamente incidentes sobre tecnologias duais.

Independentemente desta aparente ausência de controles, o governo dos EUA nivela a defesa e o desenvolvimento tecnológico através de mecanismos sutis, tais como direcionamento do financiamento para determinados ramos do conhecimento (cibernética, fontes energéticas, materiais avançados, etc.), ou edição de padrões técnicos de desempenho e segurança obrigatórios para todos os possíveis desenvolvedores de novas tecnologias, sinalizando para o mercado e para o meio acadêmico, a direção dos pedidos bilionários do setor de defesa (BRANDT, 1994).

No entanto, existe uma agência executiva principal para o esforço de desenvolvimento da tecnologia de defesa nos EUA, a *Defense Research Advanced Projects Agency* (DARPA), criada em 1958 para prevenir surpresas estratégicas prejudiciais aos EUA, mantendo a superioridade científico-tecnológico-militar do país. Em uma frente, a Agência se baseou na aplicação de modelos multidisciplinares aos avanços do conhecimento através da pesquisa básica, enquanto na outra criou inovações para resolver problemas práticos através da pesquisa aplicada (SILVA, 2014).

A DARPA opera diferente das demais agências de financiamento da ciência dos EUA, com um orçamento mais enxuto (US\$ 3,5 bilhões). Seus cerca de 100 gerentes de programas são emprestados do meio acadêmico ou industrial, por períodos de 3 a 5 anos, têm ampla liberdade de escolhas, e se envolvem ativamente com suas equipes, impondo prazos agressivos e monitorando o progresso ao longo do caminho, enquanto que projetos financiados por outras agências geralmente apresentam pouco envolvimento entre os gerentes de

programas e os pesquisadores. Os projetos da DARPA têm maior probabilidade de sucesso e de avanços incrementais (TOLLEFSON, 2021).

Além disso, olhando da outra ponta do processo, ou seja, prospectando soluções já disponíveis “off the shelf”, a Unidade de Inovação da Defesa (DIU) é uma entidade do Pentágono que se reporta diretamente ao Secretário da Defesa, com a missão de absorver rapidamente soluções comerciais úteis aos combatentes (ROBINSON, 2018).

A DIU objetiva aumentar o aproveitamento militar da tecnologia comercial, a fim não apenas de manter uma vantagem estratégica sobre os adversários dos EUA, mas também de fortalecer a economia. Só em 2020, a DIU iniciou 23 projetos, e celebrou 56 acordos com empresas para prototipagem, a maioria sendo pequenas empresas ou empresas não tradicionais, perfazendo um total de US\$ 108 milhões. Entre 2016 e 2020 a DIU financiou mais de US\$ 640 milhões de projetos de protótipos (HARPER, 2021).

No atual contexto do ressurgimento da competição estratégica entre potências (*great power competition*), agora entre os EUA e a República Popular da China (RPC), o Exército de Libertação Popular da China (denominação genérica das Forças Armadas chinesas), desencadeou um movimento denominado fusão civil-militar (军民融合), ou *Military-Civil Fusion* (MCF), que direciona de maneira centralizada o foco das empresas “privadas” e da academia da RPC para as tecnologias de uso dual consideradas estratégicas para o gigante asiático (KANIA, 2018).

Emulando a experiência dos EUA com a criação do DARPA, um Comitê Central Militar para o Desenvolvimento da Fusão Civil-Militar foi criado dentro do Partido Comunista Chinês (中央军委融合发展委员会), sob a supervisão pessoal do secretário geral do partido (Xi Jinping), e de uma Comissão de Ciência e Tecnologia do Comitê Militar Central, com o objetivo de “quebrar as barreiras tradicionais” à MCF no meio acadêmico e empresarial.

Por outro lado, o modelo MCF difere fortemente dos EUA por ser altamente centralizado, sendo planejado com o objetivo específico de superar as vantagens tecnológicas geopolíticas de outros países (especialmente os EUA). Dos escritos chineses, fica claro que o MCF não é apenas mais uma das estratégias nacionais da China, mas sim uma estratégia prioritária para a formação de um sistema orgânico, poderoso e abrangente, visando a promover as metas de segurança e desenvolvimento globais do país, indicando que a Fusão Militar-Civil permeia o pensamento econômico e científico chinês, para além do aparato de defesa (STONE & WOOD, 2020). É o que se conclui, por exemplo, do discurso do Secretário-Geral Xi Jinping no Congresso do Partido Comunista Chinês de 2017 (ZHONG, 2017, p. 13):

O objetivo final do desenvolvimento profundo da fusão militar-civil é construir o sistema unificado de estratégias e capacidade

estratégica militar-civil da China, ou seja, alcançar um equilíbrio entre desenvolvimento nacional e segurança nacional, unificar a construção de uma nação próspera e uma força militar forte, integrar a construção econômica e a construção da defesa nacional, aumentar simultaneamente a força econômica e a força da defesa nacional, alcançar unidade e fusão no planejamento estratégico de vários domínios, integrar recursos de vários aspectos, formar uma postura estratégica que permita o desdobramento integrado de forças políticas, econômicas, militares, científicas e tecnológicas, diplomáticas e culturais, aumentar a força geral e a competitividade estratégica do país e salvaguardar a soberania nacional, a segurança e os interesses de desenvolvimento.

Desde 2012, o Ministério da Indústria e Tecnologia da Informação da China tem cultivado Bases de Demonstração Nacional de Fusão Civil-Militar (MCFNDBs) em lotes. Desde 2009, a China construiu um total de 36 MCFNDBs em 30 cidades de 22 províncias. Ao mesmo tempo, muitos governos locais adotaram políticas de apoio e regulamentos especiais de gestão de fundos para o desenvolvimento da indústria MCF, e forneceram apoio à P&D de tecnologia de uso dual através de subsídios, investimento de capital, desconto de empréstimos, etc. (ZHAOBIN *et alli*, 2022).

Como equivalente do DIU americano, a China criou uma organização dedicada à aquisição de tecnologias já existentes (civis ou militares), que possam ser úteis para necessidades militares, o Departamento de Desenvolvimento de Equipamentos (EDD - 中央军委装备发展部), que centraliza a aquisição militar, e supervisiona o desenvolvimento de armas para todo o PLA. Estuda reformas da P&D e dos sistemas de aquisição. Fazendo parte da Comissão Militar Central, o EDD tem alçada para supervisionar aquisições e assegurar que sejam compatíveis com os planos de desenvolvimento do PLA (EVRON, 2021).

Por isso, alguns autores sustentam que estudos mais profundos da estratégia MCF da China oferecem uma oportunidade de entender melhor as prioridades chinesas na competição geopolítica, como um todo, via análise do comportamento internacional das empresas chinesas relacionadas à MCF (LEVESQUE, 2019). Apesar das diferenças filosóficas e econômicas destes dois modelos de desenvolvimento de tecnologia dual, ambos se baseiam em dois conceitos básicos: uma Base Industrial de Defesa, e uma integração permanente e estreita entre governo, academia e atores corporativos.

2. BASE INDUSTRIAL DE DEFESA E O MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE DE INOVAÇÃO EM DEFESA

Na superfície, a ideia de uma Base Industrial de Defesa (BID) é bastante simples. Ela constitui as empresas que fornecem equipamentos de defesa e

equipamentos relacionados à defesa para organizações militares e de segurança nacional, mas definir indústria de defesa não é tão simples, pois a gama de produtos envolvidos é muito ampla. As armas diferem significativamente e há outros bens mais gerais consumidos pelos militares. Uma maneira de classificar os produtos da BID é considerar sua relação com a ação militar. Existem: (i) sistemas letais de armas grandes ou pequenas; (ii) produtos não letais, mas estratégicos (p.ex.: veículos e combustível); e (iii) outros produtos consumidos pelos militares (p.ex.: alimentos e roupas) (DUNNE, 1995).

Mas essa hierarquia não reflete a importância para a produção de defesa. A maioria dos sistemas de armas não operaria sem os produtos estratégicos (p.ex.: combustível), e os soldados não sobreviveriam sem alimentos. As empresas que compõem a BID também se diferenciam quanto ao grau de dependência da produção militar, e quanto à sua importância para a BID. Não há correlação necessária entre esses dois critérios. Empresas grandes podem considerar suas atividades na BID como secundárias, ainda que sejam fornecedores vitais de sistemas específicos, enquanto que empresas menores podem ser totalmente dependentes, mas não fornecedores importantes.

Os governos são os principais e, muitas vezes, os únicos compradores de equipamentos de defesa (monopsônio), portanto, para sobreviver as indústrias de defesa precisam se ajustar às incertezas resultantes de mudanças técnicas e choques externos. Elas precisam de recursos de P&D para inovarem nos mercados militares e civis (HARTLEY, 2015).

Nesse contexto, é fundamental que as empresas privadas desenvolvam a capacidade de suavizar os impactos de reduções drásticas nos orçamentos de defesa com a oferta de empregos em outras divisões, ou em empresas similares, assim como de servir a uma clientela totalmente nova, de atuar em parceria com outros setores públicos ou instituições não governamentais, e com as universidades, que podem contribuir com suas habilidades humanas e técnicas para ajudar no desenvolvimento dispendioso e demorado de aplicações capazes de gerar receitas novas as quais, mais adiante, retornarão à academia sob a forma de aperfeiçoamento de mão-de-obra científica mais qualificada.

Este ciclo de colaboração (YUZHOU & AMARAL, 2021) foi estudado e chamado por diferentes nomes, mas a aceitação mais atual é denominada Modelo de Inovação Tríplice Hélice (MURARO, 2018). A Tríplice Hélice pode ser definida como um modelo de inovação no qual universidade/academia, indústria e governo, como esferas institucionais, interagem para promover o desenvolvimento através da inovação e do empreendedorismo. No processo de interação, instituições secundárias são formadas sob demanda, ou seja, «organizações híbridas». A dinâmica das esferas institucionais em uma Tripla Hélice sintetiza o poder interno e o poder externo de suas interações. Uma sociedade civil vibrante é a base da Tripla Hélice ideal,

integrando universidade, indústria e governo como esferas relativamente independentes (ETZKOWITZ & ZHOU, 2017).

Os conceitos de universidade empreendedora e Tríplice Hélice estão inter-relacionados. Um pré-requisito do modelo da Tríplice Hélice é que a universidade dê relevo para transferência de tecnologia, formação de empresas e sítios de inovação regional, o que a colocará em uma posição primária na sociedade baseada no conhecimento, em contraste com seu papel secundário na sociedade industrial, onde uma posição segregada e “neutra” da universidade a deixou fora do debate econômico.

Acompanha a noção de uma universidade empresarial o conceito de revoluções acadêmicas. A segunda revolução acadêmica é um conceito essencial para compreender o cenário modificado do ensino superior na sociedade baseada no conhecimento.

Enquanto o modelo Humboldtiano de integração da pesquisa e do ensino nas universidades representa a primeira revolução acadêmica, a segunda revolução acadêmica diz respeito ao elevado papel econômico das universidades as quais, por isso, devem empreender. Neste contexto, vários conceitos relacionados surgiram, tais como a terceira missão, o capitalismo acadêmico e o modo II de produção do conhecimento, que afetam os caminhos tradicionais de ensino e pesquisa da academia, conduzindo-a a se relacionar com outros interessados na indústria e no governo (ETZKOWITZ & ZHOU, 2017).

Isto cria uma nova dinâmica no trabalho, trazendo demandas tecnológicas para a universidade e disseminando resultados de pesquisa através de empresas cooperativas. Os professores foram autorizados e até mesmo incentivados a ocupar simultaneamente cargos em empresas e no campus. A existência da indústria técnica em simbiose com a universidade resulta em uma alta porcentagem de professores recrutados por causa de suas descobertas, e encorajados a exercer atividades extra-acadêmicas. Mas este processo de mudança não é uma conquista simples (MINEIRO; SOUZA; CASTRO, 2020).

Inúmeros pesquisadores, principalmente professores universitários, e muitos nas universidades públicas, tendem a rejeitar tentativas de aproximação da indústria, vendo-as como uma forma de “comercialização” do ensino e da pesquisa. Tal repulsa pode ser ainda mais intensa quando envolvem projetos relacionados à defesa (MANCEBO, 2004).

Procurando aperfeiçoar o modelo brasileiro de indústrias de defesa, foi editada a Lei nº 12.598, de 2012 (BRASIL, 2012), que estabelece normas especiais para as compras, contratações e desenvolvimento de produtos e sistemas de defesa. Além do modelo industrial propriamente dito, regulamentado pelo Decreto nº 7.970, de 2013 (BRASIL, 2013a), foi também criado um sistema especial de tributação, referido nos artigos 8º a 12 da Lei, e regulamentado pelo Decreto nº 8.122, de 2013 (BRASIL, 2013b).

É importante lembrar que, além da lei especificamente destinada ao setor de defesa, a Constituição também dá destaque à inovação tecnológica como ferramenta de aperfeiçoamento do bem-estar social, em seus artigos 218 e 219 (BRASIL, 1988):

Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa, a capacitação científica e tecnológica e a inovação. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 1º A pesquisa científica básica e tecnológica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso da ciência, tecnologia e inovação. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 2º A pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

§ 3º O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa, tecnologia e inovação, inclusive por meio do apoio às atividades de extensão tecnológica, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 4º A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho.

§ 5º É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

§ 6º O Estado, na execução das atividades previstas no caput, estimulará a articulação entre entes, tanto públicos quanto privados, nas diversas esferas de governo. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 7º O Estado promoverá e incentivará a atuação no exterior das instituições públicas de ciência, tecnologia e inovação, com vistas à execução das atividades previstas no caput. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal.

Parágrafo único. O Estado estimulará a formação e o fortalecimento da inovação nas empresas, bem como nos demais entes, públicos ou privados, a constituição e a manutenção de parques e polos tecnológicos e de demais ambientes promotores da inovação, a atuação dos inventores independentes e a criação, absorção, difusão e transferência de tecnologia. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

Art. 219-A. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios poderão firmar instrumentos de cooperação com órgãos e entidades públicos e com entidades privadas, inclusive para o compartilhamento de recursos humanos especializados e capacidade instalada, para a execução de projetos de pesquisa, de desenvolvimento científico e tecnológico e de inovação, mediante contrapartida financeira ou não financeira assumida pelo ente beneficiário, na forma da lei. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

Art. 219-B. O Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) será organizado em regime de colaboração entre entes, tanto públicos quanto privados, com vistas a promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a inovação. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 1º Lei federal disporá sobre as normas gerais do SNCTI. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

§ 2º Os Estados, o Distrito Federal e os Municípios legislarão concorrentemente sobre suas peculiaridades. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 85, de 2015)

Os dispositivos constitucionais foram ampliados a partir da Emenda Constitucional nº 85, de 2015. Sobre os objetivos da alteração promovida, vale transcrever trecho do parecer apresentado pela autora da então proposta de emenda constitucional, *ipsis literis* (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2013):

Para promover a atualização da Constituição no que concerne ao tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação, o texto da proposta acrescenta as expressões “ciência”, “tecnologia”, “pesquisa” e

“inovação” a diversos dispositivos constitucionais. O objetivo primordial é com isso, ampliar a competência legislativa da União sobre o tema. Já no capítulo da Constituição destinado à Ciência e Tecnologia, o projeto pretende inserir o termo “inovação”, de modo a dar a esta atividade um tratamento prioritário, como já ocorre para a ciência e a tecnologia.

(...)

Adicionalmente, a proposta inclui a União no rol das entidades que podem vincular parte de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

Atualmente, o texto constitucional prevê esse mecanismo somente para os Estados e o Distrito Federal. Há também a proposta de se adicionar parágrafo ao art. 218 da Constituição, com o objetivo de possibilitar a adoção de mecanismos especiais ou simplificados de contratação de bens e serviços, de controle e de tributação nas atividades de ciência, tecnologia e inovação. É previsto ainda que o Estado deverá estimular a formação e o fortalecimento de empresas inovadoras, a constituição e manutenção de polos tecnológicos e a criação, absorção e transferência de tecnologia.

Fica clara a intenção de se elevar a inovação tecnológica a um patamar estratégico como forma de melhoria das condições de vida da população em geral, inclusive no que diz respeito à geração de empregos qualificados e aperfeiçoamento da matriz econômica brasileira. A inovação científico-tecnológica na esfera civil-militar se insere neste cenário como um vetor específico da estratégia brasileira de inovação.

A Lei nº 12.598 apresenta definições importantes para as políticas públicas de Defesa Nacional, com destaque para conceitos de Produtos de Defesa, Produtos Estratégicos de Defesa, Sistema de Defesa (SD) e Empresa Estratégica de Defesa (EED) (SIQUEIRA et. al., 2020).

Por outro lado, a lei também se notabiliza pela previsão de um Regime Especial Tributário para a Indústria de Defesa (RETID), visando a encorajar as empresas do setor através da isenção de diversos tributos, o que facilita a aquisição de equipamentos pelas Forças Armadas e a exportação de produtos de defesa de fabricação nacional, contribuindo para o crescimento econômico do setor. Claramente, a legislação para o setor de defesa adotou os conceitos de inovação em Tríplice Hélice, assim como também o faz a Lei de Inovação (Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004), com suas subsequentes alterações, em especial a Lei nº 13.246, de 2016 (OLIVEIRA & MEDEIROS, 2017).

A conjugação das normas com os modelos de atuação teóricos pode ser sintetizada na seguinte imagem:

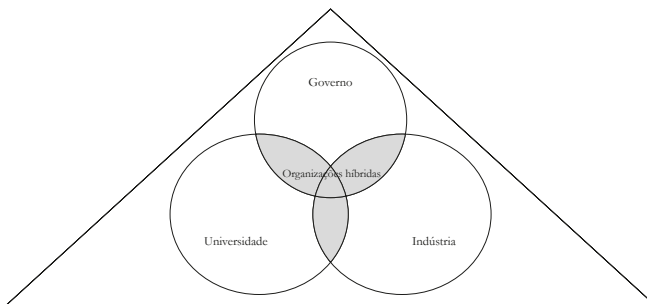


Figura 1: Estrutura social da trílice hélice
 Fonte: ETZKOWITZ *et alli* (2017).

Aplicada à inovação em ciência e tecnologia de uso dual, civil e militar, a estrutura de trílice hélice poderia ser caracterizada pelo seguinte esquema:

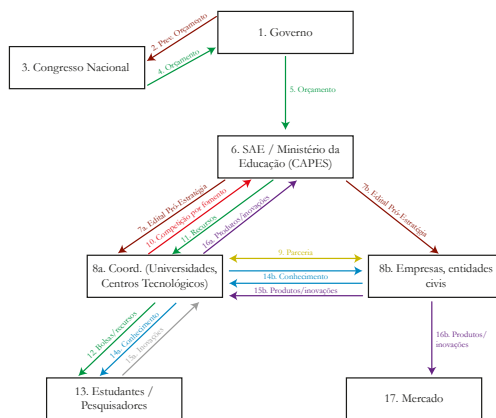


Figura 2: Esquema de interação trílice hélice em defesa no Brasil
 Fonte: BRUSTOLIN (2014)

Articulando-se com os normativos dirigidos à BID, houve uma discreta, porém relevante inovação legislativa sobre pessoal militar das Forças Armadas, com a regulamentação da possibilidade de incorporação de pesquisadores seniores (inclusive mulheres), na qualidade de oficiais superiores temporários (os chamados oficiais R3 ou RM3), através da Lei nº 13.954, de 2019 (BRASIL, 2019), que inseriu um § 2º no art. 27 da Lei do Serviço Militar Obrigatório (LSM), reproduzindo em parte mecanismo em uso já

há muito tempo nos EUA (JENSEN, 2016). Isto amplia as possibilidades de integração de pesquisadores civis em ICTs militares, por um tempo determinado e com remuneração atrativa, de forma a aproximar as FFAA e a academia, pelo lado dos recursos humanos.

Portanto, já existe um marco referencial teórico adequado à produção de tecnologias de uso dual, tanto na literatura científica internacional, quanto na brasileira, a qual foi convertida em normas legais aptas ao desenvolvimento planteado.

Não obstante, a interação dos componentes da Tríplice Hélice, no contexto especial da inovação dual, está sujeita a vários obstáculos, dentre os quais se destacam o elemento humano de convivência profissional e acadêmica, e as fontes de financiamento. No caso brasileiro, e na América Latina, esses desafios assumem proporções maiores (VEGA-JURADO *et. al.*, 2007).

Um capítulo particular da questão se refere à participação de mulheres cientistas (DA CONCEIÇÃO & TEIXEIRA, 2020) e de mulheres militares, levando em conta o progressivo aumento do número de pesquisadoras nos vários ramos do conhecimento (SAID, 2023), e a necessidade de integra-las de maneira igualitária na academia e nas fileiras militares, tema objeto da “Agenda Mulheres, Paz e Segurança”, do Conselho de Segurança das Nações Unidas (BROWN, 2021).

Objetivando modelar essas interações a partir de um prisma mais objetivo, optou-se metodologicamente pela Teoria dos Sistemas complexos. Em uma definição didática, podemos dizer que quando juntamos um número grande de sistemas, as propriedades macroscópicas do resultante sistema composto não estão, via de regra, relacionadas com as propriedades dos sistemas originais. Neste caso, o sistema composto é um sistema complexo. Ciências como a física, a biologia, e a economia estudam sistemas complexos, pois lidam com múltiplos fenômenos governados, cada qual, por suas próprias leis, a exemplo de doenças, e da bolsa de valores (DILÃO, 1995).

Segundo Holland (1995), no estudo das organizações, o produto mais importante de tais sistemas é a capacidade de auto-aprendizado a partir de sua operação. Enquanto organizações herméticas, desprovidas de sensores externos só conseguem sobreviver por mutações fortuitas, sistemas organizacionais abertos intercambiam material genético. Reproduzem-se através de novas cadeias por «crossover», nos quais esquemas inovadores podem ser construídos a partir de esquemas anteriormente existentes.

Em ambientes permeados pela intervenção de políticas públicas, como é o caso da inovação tecnológica subsidiada por recursos públicos, ou então por atores privados que agem motivados pela possibilidade de futura participação em atividades sociais, a teoria de sistemas complexos fornece um conjunto de ferramentas. Análises que levam em consideração sistemas

complexos trazem mais vantagens do que os métodos tradicionais, servindo como um dispositivo de comunicação entre os agentes diretamente envolvidos (stakeholders), tais como pesquisadores e empresários, e os tomadores de decisão (FIALHO, 2002).

A metodologia de sistemas complexos é capaz de gerar uma grande quantidade de dados úteis para construir e criar visualizações mais concretas do cenário pesquisado. Ademais, esse método tem uma ontologia (ou seja, uma teoria das coisas que existem no modelo), que está mais perto do mundo real, do que modelos acadêmicos inerentes a cada um dos ramos do conhecimento individualmente agregados ao todo (RAND, 2015).

Cenários onde possam existir grandes níveis de assimetria de informações, sujeitas a pressões da opinião pública baseada em percepções do senso comum, na maior parte das vezes sem o menor suporte teórico, também são auxiliados pela modelagem de sistemas complexos que podem levar em conta mais este fator (RAMOS, 2017).

Sistemas complexos têm como principal atributo serem compostos por um grande número de indivíduos que interagem uns com os outros, de acordo com regras diferentes e contextos distintos. As características desse sistema seriam: i) não linearidade: padrões de interação entre indivíduos diferentes raramente seguem regras lineares; ii) múltiplos níveis de abstração: pode-se visualizar e analisar tais sistemas adotando a perspectiva de diferentes níveis de abstração, que vão desde indivíduos a entidades coletivas; iii) emergência: o comportamento de todo o sistema dificilmente pode ser predito *a priori*, dado que interações locais podem resultar em fenômenos emergentes dinâmicos; e iv) sistemas abertos: em sistemas complexos reais, frequentemente os indivíduos podem entrar e sair dinamicamente do sistema, sem uma governança global (SICHMAN, 2015).

Um exemplo paradigmático de sistema organizacional complexo para o contexto de inovação em ciência e tecnologia de defesa, que trouxe no bojo dinâmicas e conflitos próprios de um ambiente em que conviveram civis da academia e da indústria, e militares, é o *Projeto Manhattan*, nome pelo qual ficou conhecido o empreendimento *Manhattan Engineer District* (Distrito Industrial Manhattan), levado a efeito sob a coordenação do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE), a partir de 13 de agosto de 1942, para o desenvolvimento e fabricação do primeiro artefato termonuclear de finalidade militar (REED, 2019).

O empreendimento foi conduzido em sigilo, reunindo inúmeros cientistas de renome, e suas famílias, em uma “vila” construída na cidade de Los Alamos, Novo México, sob a coordenação conjunta do General Lesley Richard Groves – notabilizado por sua rigidez –, e do Diretor Científico Julius Robert Oppenheimer, professor de física da Universidade da Califórnia, em Berkley (THORPE & SHAPIN, 2000).

Relatos dos cientistas envolvidos no projeto destacam que os problemas experimentados por estes em virtude do controle militar repousavam nas formas de pensamento organizacional dos militares, que impactavam os fluxos internos de informação, e a efetiva distribuição de recursos humanos e materiais. Para os cientistas, a organização militar era não apenas desagradável, mas também antiéticas do ponto de vista acadêmico, que atrasavam o andamento do projeto e poderiam, até mesmo, comprometer o resultado final desta (THORPE & SHAPIN, 2000). Foi neste cenário que a postura carismática e única de Oppenheimer se mostrou essencial para a solução dos problemas organizacionais.

É razoável concluir, portanto, que o sucesso de um empreendimento em Tríplex Hélice, para desenvolvimento de tecnologias duais, demanda elementos de intermediação administrativa e técnica, situação evidenciada em estudo que se debruçou sobre projetos do Exército Brasileiro. O estudo tomou por base a metodologia de gestão de competências, e identificou 27 competências importantes para gerenciar projetos e programas complexos de defesa. Tais competências estão divididas em 10 grupos: influência; comunicação; trabalho em equipe; contextual; gerenciamento; habilidades cognitivas; profissionalismo; conhecimento de gerenciamento de projetos; e habilidades e atributos pessoais ((BOLZAN *et. al.*, 2021).

Ao contrário do que se teorizava, habilidades emocionais foram consideradas menos relevantes, e sem relação com as demais competências enunciadas. Verificou-se serem mais valorizadas as competências individuais do que as competências sociais, indicando que as pessoas envolvidas em iniciativas complexas de defesa enfatizam competências técnicas e individuais. Embora existam parceiros privados para projetos de defesa sem a mesma cultura organizacional do meio militar, eles tendem a replicar o padrão de valorização de competências técnicas e individuais (BOLZAN *et. al.*, 2021).

Com base nesses achados, é possível concluir que os gerentes em projetos e programas complexos de defesa têm um perfil de competência centrado em competências individuais, refletindo algumas características da indústria de defesa e sua cultura. Neste sentido, segundo a pesquisa, projetos e programas de defesa extraordinariamente complexos e tecnológicos, de longa duração, demandariam indivíduos com profundo conhecimento e fortes habilidades cognitivas, assim, os gestores precisam compreender e se adaptar estas estruturas de competência (BOLZAN *et. al.*, 2021).

Além dos desafios referentes ao aspecto humano do desenvolvimento de sistemas complexos, deve ser considerado também o elemento financeiro, que viabiliza a mobilização de pessoas, instalações, insumos, equipamentos, licenças de software, etc., algumas vezes por anos, antes de um resultado palpável. De forma geral, os investimentos em C, T&I no Brasil se orientam no sentido do gráfico seguinte (dados de 2000 até 2020):

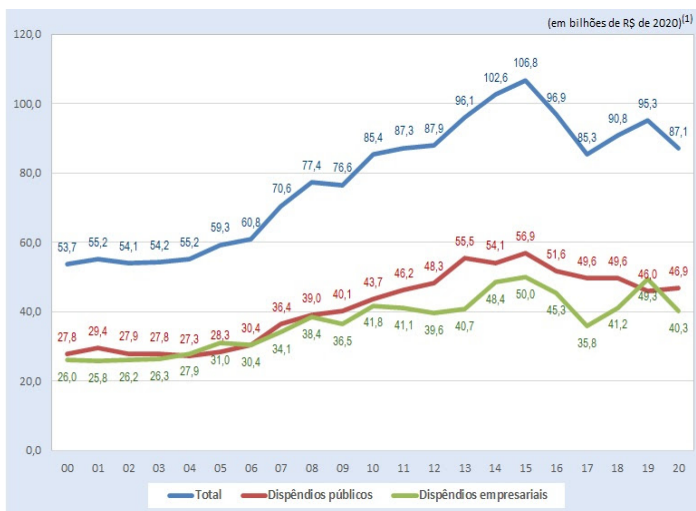


Figura 3: Dispendio Nacional em C, T&I, em relação PIB, por setor – 2000 a 2020
 Fonte: MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2022)

Especificamente na área de defesa, a maioria dos projetos vem sendo financiada pelo governo, alinhando demandas das Forças Armadas com a indústria de defesa, a partir de 2003, com a Estratégia Nacional de Defesa (END). Sob o enfoque do financiamento público, firmaram-se como principais agências de fomento o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e a Financiadora de Estudos e Pesquisas (FINEP). Até 2016, 117 empresas parceiras, 272 empresas líderes e 78 Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) receberam investimentos de R\$ 8,7 bilhões, com recursos oriundos do Fundo Aeroespacial e Inova 2015 (PACHECO & PEDONE, 2016).

Mais recentemente, a partir de 2021, a EMBRAPII (Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), uma organização social de fomento, passou a fortalecer os investimentos em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) em defesa, focada em estratégias de inovação nas empresas da BID. A EMBRAPII pode desenvolver projetos de Tecnologia da Informação, materiais, química, biotecnologia, manufatura, inteligência artificial e segurança cibernética (EMBRAPII, 2021).

Existe ainda o mecanismo de Encomendas Tecnológicas, um modelo de compra pública em que uma entidade governamental pode contratar pesquisa, desenvolvimento ou inovação para solucionar problemas técnicos específicos, colocando o poder de compra do Estado a serviço do desenvolvimento de novas tecnologias. Se estabelecem por meio de contratos caracterizados pela existência de risco tecnológico, possibilitados a partir de modificações na

Lei de Inovação, como alternativa ao mecanismo tradicional de aquisição de materiais através de licitações públicas (LIMA DE OLIVEIRA *et alli*, 2021).

Além disso, há gestões para criação de uma instituição financeira dedicada ao financiamento de produtos e serviços de defesa, estudada em conjuntos pelo Ministério da Defesa (MD), o BNDES, e entidades empresariais (INFODEFENSA, 2022).

Os mecanismos mais inovadores de financiamento do desenvolvimento tecnológico, tais como a sistemática de Encomendas Tecnológicas, que podem ser canalizados por meio de arranjos institucionais como a EMPRAPII e o futuro banco do setor de defesa apontam caminhos promissores para o desenvolvimento de tecnologias de uso dual no Brasil.

CONCLUSÃO

É possível concluir que a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias puramente de defesa ou de uso dual é essencial para o desenvolvimento científico-tecnológico de um país, e este, por sua vez, é o principal elemento do progresso econômico da nação.

Existem modelos de desenvolvimento de tecnologias duais que aparentemente chegam ao mesmo resultado, porém partindo de concepções antípodas. O modelo norte-americano basicamente delega a liderança das atividades de inovação para o setor privado, utilizando mecanismos sutis de indução da pesquisa por meio do estabelecimento de padrões comuns, e da concessão de financiamento à indústria ou para a universidade, de modo a garantir a circulação do conhecimento entre a universidade, o setor industrial e o aparato de defesa.

Já o mecanismo chinês de MCF impõe, desde um paradigma de economia centralizada, a obrigatoriedade de que toda iniciativa de inovação seja concebida desde o nascedouro prevendo simultaneamente empregos civis e militares, de maneira que a indústria, os militares e a academia se vejam comprometidas com a projeção estratégica do país tanto na esfera geopolítica quando no domínio econômico, tratados como duas faces do mesmo projeto de nação.

Para o Brasil seria adequada uma solução intermediária, uma vez que, sozinha, a BID e demais segmentos empresariais não têm nem os recursos financeiros necessários, e nem o capital intelectual acumulado para liderar a criação de inovação com tecnologias duais, porém, sendo uma nação democrática e com instituições políticas e jurídicas independentes, igualmente não seria possível e nem adequado um dirigismo estatal pautado somente nos interesses particulares de um setor ou administração transitória.

Uma saída possível para o Brasil seria a instituição de um modelo cooperativo que, após um processo transparente, periodicamente eleja

prioridades tecnológicas a serem financiadas com recursos públicos sustentáveis a longo prazo, de forma a perenizar capacidades da BID e da indústria nacional como um todo, aperfeiçoando mecanismos de integração da academia com a indústria, mediada por institutos militares de pesquisa.

Nesse sentido, a figura do oficial superior voluntário foi um passo a ser explorado para superar divergências culturais e históricas entre a academia e os militares, inclusive incorporando em funções não somente de apoio mais oficiais do sexo feminino, um segmento da sociedade que tende a ser predominante no quadro da produção acadêmica nas primeiras décadas do Século XXI, que tem potencialidades e necessidades específicas, equacionáveis no contexto da agenda Mulheres, Paz e Segurança, do Conselho de Segurança das Nações Unidas.

Existem mecanismos legislativos e institucionais já em vigor para possibilitando o desenvolvimento de tecnologias de uso dual brasileiras, mas sua efetiva utilização depende de mudanças culturais na indústria, na academia, e no próprio meio militar, de forma a conscientizar todos da indispensabilidade de um sistema tríplice hélice, capaz de dotar o país de capacidades competitivas e adequadas para a sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS

BOLZAN, L.R., *et alli*. Main competencies to manage complex defence projects. *Project Leadership and Society*, 2, 100014, 2021.

BRANDT, Linda. Defense Conversion and Dual-Use Technology: The push toward civil-military integration. *Policy Studies Journal* 22.2, 359-370, 1994.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidente da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 21 dez. 2022.

Câmara dos Deputados. *Proposta de Emenda à Constituição nº 290-C*, de 2013. *Altera e adiciona dispositivos na Constituição Federal para atualizar o tratamento das atividades de ciência, tecnologia e inovação e dá outras providências*. Brasília, DF: Câmara dos Deputados. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1113429&filename=PEC%20290/2013>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. *Decreto nº 7970, de 28 de março de 2013*. Decreto nº 7.970 de 28/03/2013. Diário Oficial da União, 1 abr. 2013a. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/413193>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BRASIL. *Decreto nº 8122, de 16 de outubro de 2013*. Decreto nº 8.122 de 16/10/2013. Diário Oficial da União, 17 out. 2013b. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/413459>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BRASIL. *Lei nº 12598, de 21 de março de 2012*. Lei nº 12.598 de 21/03/2012. Diário Oficial da União - Edição Extra, 22 mar. 2012. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/589521>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BRASIL. *Lei nº 13954, de 16 de dezembro de 2019*. Lei nº 13.954 de 16/12/2019. Diário Oficial da União, 17 dez. 2019. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/norma/31836233>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

BROWN, Vanessa Ashley Renee. *Integrating gender and cultural perspectives in Canada's Professional Military Education: transforming military culture through informed leadership*. Tese de Doutorado: Carleton University, 2021.

BRUSTOLIN, Vitélio Marcos. *Inovação e desenvolvimento via Defesa Nacional nos EUA e no Brasil*. Tese de Doutorado: Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2014.

CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. *Defense Primer: RDT&E*, Nov. 2022. Disponível em: <<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF10553>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

DA CONCEIÇÃO, Josefa Martins; TEIXEIRA, Maria do Rocio Fontoura. A produção científica sobre as mulheres na ciência brasileira. *Revista Contexto & Educação*, v. 35, n. 112, p. 280-299, 2020.

DARBY, Christopher; SEWALL, Sarah. The Innovation Wars: America's Eroding Technological Advantage. *Foreign Affairs*, vol. 100, n. 2, mar.-abr. 2021, p. 142+

DE MASI, Domenico (Org.). *A Emoção e a Regra: Os grupos criativos na Europa de 1850 a 1950* – 9 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2007.

DILÃO, Rui. A ciência dos sistemas complexos. *Departamento de Física do IST*, v. 1, p. 1-14, 1995.

DIXIT, Saurabh. Military-Civil Fusion in China and Lessons for India. *Synergy (Cenjows)*, vol. 2 n. 1, p. 88-105, fev. 2023

DUNNE, J. Paul. Chapter 14 - The Defense Industrial Base in *Handbook of Defense Economics*, 399-430. Vol. 1. Elsevier B.V, 1995.

EMBRAPII, *Acordo entre Embrapii e Ministerio da Defesa vai Intensificar a Inovacao-na Area de Seguranca*. notícia de 25 mai. 2021, disponível em: <<https://embrapii.org.br/acordo-entre-embrapii-e-ministerio-da-defesa-vai-intensificar-a-inovacao-na-area-de-seguranca/>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

ETZKOWITZ, HENRY e ZHOU, CHUNYAN. Hélice Tríplice: inovação e empreendedorismo universidade-indústria-governo. *Estudos Avançados* [online]. 2017, v. 31, n. 90 [Acessado 4 Dezembro 2022], pp. 23-48. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142017.3190003>>. ISSN 1806-9592.

EVRON, Yoram. China's Military-Civil Fusion and Military Procurement. *Asia Policy*, Volume 16, n. 1, jan. 2021, pp. 25-44.

FIALHO, Francisco Antonio Pereira et al. Organizações como sistemas complexos. Tuiuti: *Ciência e Cultura*, v. 2, n. 33-32, 2002.

FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TOVOLLI, Marina H. Tóvolli. *Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas*. Brasília: IPEA, 2015

GUMMETT, Philip; REPPY, Judith (Ed.). *The relations between defence and civil technologies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.

HARPER, John. Commercial Interest Grows in Defense Innovation Unit. *National Defense* 105, no. 809, 9, 2021.

HARTLEY, K. *Defence economics and the industrial base*. World, 185 (8,700), 2015.

HOLLAND, J. H. O. *How Adaptation Builds Complexity*. Cambridge: Perseus Books, 1995.

INFODEFENSA. *O Banco de Desenvolvimento do Brasil apoiará a base de defesa industrial*. Disponível em: < <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3126743/banco-desenvolvimento-do-brasil-apoiara-base-defesa-industrial>>, acesso em: 20 dez.2022.

JENSEN, Benjamin. *Forging the sword: Doctrinal change in the US Army*. California: Stanford University Press, 2016.

KANIA, Elsa B. New Frontiers of Chinese Defense Innovation: Artificial Intelligence and Quantum Technologies. *SITC Research Briefs*, San Diego, Series 10, dez. 2018.

KUSHNIRSKY, Fyodor. (1991). Conversion, Civilian Production, and Goods Quality in the Soviet Economy. *Comparative Economic Studies*. 33. 10.1057/ces.1991.3.

LAQUEUR, Walter. The world as seen by Gorbachev. *Washington Quarterly*, v. 9, n. 4, p. 147-151, 1986.

LEVESQUE, G. Military-Civil Fusion: Beijing's Guns AND Butter Strategy to Become a Technological Superpower, *China Brief*, 19, 18, 2019.

LIMA FILHO, Racine Bezerra. Tecnologia de Emprego Dual: Apoio Logístico e Assistência Humanitária em Caso de Desastres Naturais e Atividades de Busca e Resgate. *Revista Profissional do Exército dos EUA*, n. 5, out. 2012.

LIMA DE OLIVEIRA, W.; OLIVEIRA, J. R. M. D. de S.; CAMPOS JÚNIOR, J. M. de; MATOS, P. de O. Encomendas tecnológicas em processos de obtenção de sistemas complexos de defesa. Coleção Meira Mattos: *Revista das Ciências Militares*, v. 15, n. 53, p. 127-145, 5 abr. 2021. <<https://doi.org/10.52781/cmm.a045>>. Acesso em: 19 mar. 2023

MCAFFEE, R. P.; MIALON, H. M.; WILLIAMS, M. A. When are sunk costs barriers to entry? Entry barriers in economic and antitrust analysis. *American Economic Review*, v. 94, n. 2, p. 461-465, 2004.

MANCIBO, D. Reforma universitária: reflexões sobre a privatização e a mercantilização do conhecimento. *Educação & Sociedade*, 25, 845-866, 2004.

MELO, Regiane. *Indústria de Defesa e Desenvolvimento Estratégico: Estudo comparado França-Brasil*. Brasília: FUNAG, 2015, 314 p.

MINEIRO, A. A. da C.; SOUZA, T. A.; CASTRO, C. C. de. Desafios e Críticas ao Modelo de Hélice Tríplice: uma revisão integrativa. *Desenvolvimento em Questão*, [S. l.], v. 18, n. 52, p. 233-248, 2020. DOI: 10.21527/2237-6453.2020.52.233-248.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INFORMAÇÃO. *Dispendio nacional em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (em valores de 2020) total e por setor, 2000-2020*. 17 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/indicadores/paginas/recursos-aplicados/indicadores-consolidados/2-1-3-brasil-dispendio-nacional-em-ciencia-e-tecnologia-em-valores-correntes-por-atividade>>. Acesso em: 21 mar. 2023.

MOTA, Rui Martins da. Gestão da Inovação e Transformação do Exército. Coleção Meira Mattos: *Revista das Ciências Militares*, n. 24 (1). Disponível em: <<http://ebrevistas.eb.mil.br/RMM/article/view/78>>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MURARO, Leopoldo Gomes. *Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: percepção dos atores do Programa de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas: pesquisador na Empresa (RHAPE-PE) do CNPq sobre facilitadores e inibidores de inovação*. Dissertação de Mestrado Profissional em Administração: Universidade de Brasília, 2018.

NICHOLS, Rodney W. Innovation, change, and order: Reflections on science and technology in India, China, and the United States. *Technology in Society*, v. 30, n. 3-4, p. 437-450, 2008.

OLIVEIRA, A.; MEDEIROS, H. A Universidade como Sócia: Aspectos do novo artigo 5º da Lei de Inovação. *Revista de Direito, Inovação, Propriedade Intelectual e Concorrência*, 3(2), 57. 2017.

PACHECO, Thiago; PEDONE, Luiz. Incentivos governamentais e indústria de defesa. *Revista Brasileira de Estudos de Defesa*, v. 3, n. 2, 2016.

RAMOS, Alexandre F. et al. Demystifying nuclear power: the linear non-threshold model and its use for evaluating radiation effects on living organisms. In *Anais da International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2017*. Belo Horizonte, MG, Brazil, October 22-27, 2017.

RAND, William. *Sistemas Complexos: Conceitos, literatura, possibilidades e limitações*. in FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TOVOLLI, Marina H. Tóvolli. *Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas*. Brasília: IPEA, 2015, pp. 43-64.

REED, B. Legacies and Lessons: The Manhattan Project. *Trends in Chemistry*, 1(6), 543-544, 2019.

ROBINSON, David. Machines Don't Have to Break: Defense Innovation Unit Experimental Is Helping the Department of Defense Achieve the Financial and Readiness Improvements Available through Artificial Intelligence. *Army Sustainment* 50, n. 5, 36, 2018.

SAID. Pesquisadoras revelam os desafios das mulheres para fazer ciência. *Jornal da USP*, 10 fev. 2023. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/universidade/pesquisadoras-revelam-os-desafios-das-mulheres-para-fazer-ciencia/>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

SICHMAN, Jaime Simão. *Operacionalização de sistemas complexos*. In FURTADO, Bernardo Alves; SAKOWSKI, Patrícia A. M.; TOVOLLI, Marina H. Tóvoli. *Modelagem de sistemas complexos para políticas públicas*. Brasília: IPEA, 2015, pp. 97-107.

SILVA, Fabricio Padilha Pereira da. *Novas Missões e Novas Tecnologias: O papel do governo federal e a criação da DARPA na construção da estratégia de supremacia em ciência & tecnologia & defesa dos Estados Unidos na guerra fria*. Dissertação de Mestrado. Campinas: Universidade Estadual de Campinas (Instituto de Filosofia e Ciências Humanas), 2014.

SIQUEIRA BRICK, E.; FERNANDES ALVAREZ VILAS PORTO, H. O Papel do Estado e a interação entre empresas, Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT) e Instituições de Ensino Superior (IES) para inovação e capacitação industrial e tecnológica para defesa no Brasil. *Revista Da Escola De Guerra Naval* (Ed. Português), 26(1), 254-303, 2020.

SIQUEIRA, Mauro Barbosa. O “Livro Branco” da Defesa Nacional na China e a Estratégia Nacional de Defesa. *Id. em Dest.*, Rio de Janeiro, (33): 17-29, maio/ago. 2010.

SPAGNUOLO, Giovanna. *Os Europeus fora da Europa: Projeto Manhattan em Los Alamos*. in DE MASI, Domenico (Org). *A Emoção e a Regra: Os grupos criativos na Europa de 1850 a 1950 – 9 ed.* Rio de Janeiro: José Olympio, 2007, pp. 359-385.

STEINBOCK, Dan. The Erosion of America’s Defense Innovation. *American Foreign Policy Interests*, 36:6, 366-374, 2014. DOI: 10.1080/10803920.2014.993251.

STONE, A.; WOOD, P. China’s Military-Civil Fusion Strategy: A View from Chinese Strategists. *China Aerospace Studies Institute*, 15 jun. 2020.

THORPE, Charles; SHAPIN, Steven. Who was J. Robert Oppenheimer? Charisma and complex organization. *Social Studies of Science*, v. 30, n. 4, p. 545-590, 2000.

TOLLEFSON, Jeff. What the rise of ‘Arpa-Everything’ Will Mean for Science? *Nature* 595, 483-484, 2021. DOI: 10.1038/41586-021-01878.

VEGA-JURADO, J., FERNÁNDEZ-DE-LUCIO, I., & HUANCA-LOPEZ, R. La relación universidad-empresa en América Latina: ¿apropiación incorrecta de modelos foráneos? *Journal of technology management & innovation*, 2(3), 97-109, 2007.

WATKINS, Todd A. Beyond Guns and Butter: Managing dual-use technologies. *Technovation*, 10, n. 6, 389-406, 1990.

YUZHUO, Cai; AMARAL, Marcelo. The Triple Helix Model and the Future of Innovation: A Reflection on the Triple Helix Research Agenda. *Triple Helix (Heidelberg)* 8, no. 2: 217-29, 2021.

ZHAOBIN Sun; XIWEI, Liu, LING, Li; XIAOLIANG. Military-Civil fusion and optimisation of urban industrial structure: an evidence from China, *Cogent Economics & Finance*, 10:1, 2101221, 2022. DOI: 10.1080/23322039.2022.2101221.

ZHONG, Xin [钟新]. In-depth Implementation of the Military-Civil Integration Development Strategy [深入实施军民融合发展战略]. *Guangming Daily [光明网]*, 16 nov.2017. Disponível em: <http://epaper.gmw.cn/gmrb/html/2017-11/16/nw.D110000gmr_b_20171116_3-13.htm>, Acesso em 27 nov. 2022.