

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CF MARCO VINICIUS RIBEIRO LOPES DA SILVA

**A EVOLUÇÃO DO MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE E A INOVAÇÃO ABERTA NO  
SETOR DE CT&I DA MARINHA DO BRASIL:  
Perspectivas da Área Temática Meio Ambiente Operacional**

Rio de Janeiro

2024

CF MARCO VINICIUS RIBEIRO LOPES DA SILVA

**A EVOLUÇÃO DO MODELO DA TRÍPLICE HÉLICE E A INOVAÇÃO ABERTA NO  
SETOR DE CT&I DA MARINHA DO BRASIL:  
Perspectivas da Área Temática Meio Ambiente Operacional**

Monografia apresentada à Escola de  
Guerra Naval, como requisito parcial para  
a conclusão do Curso Superior

Orientador: CF (FN) Galvão

Rio de Janeiro  
Escola de Guerra Naval  
2024

## **DECLARAÇÃO DA NÃO EXISTÊNCIA DE APROPRIAÇÃO INTELECTUAL IRREGULAR**

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

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

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

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

## RESUMO

Este estudo investiga a evolução do modelo de inovação da Tríplice Hélice para os modelos da Quádrupla Hélice e Quintupla Hélice, avaliando sua adequação no contexto do Setor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil, com foco na Área Temática do Meio Ambiente Operacional. A pesquisa também explora a aplicabilidade das estratégias de Inovação Aberta para atender às demandas da Indústria de Defesa. Combinando uma revisão teórica e análise empírica baseada na percepção de 48 pesquisadores desta área temática, os resultados indicam que, embora a maioria dos participantes não estivesse familiarizada com os novos modelos antes da pesquisa, houve receptividade à sua potencial implementação. No entanto, desafios estruturais e culturais, especialmente em relação à proteção de informações sensíveis, ainda representam barreiras consideráveis. Como contribuição original, o trabalho propõe o conceito de “Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos”, sugerindo que preocupações sociais e ambientais possam ser progressivamente integradas aos pilares tradicionais de inovação, especialmente em projetos com objetivos duais. A pesquisa conclui que, embora haja potencial para a adoção dos novos modelos, serão necessários uma adaptação institucional gradual e um aumento da conscientização dos atores envolvidos para otimizar os processos de inovação especificamente na área de Defesa.

**Palavras-chave:** Tríplice Hélice, Quádrupla Hélice, Quintupla Hélice, Inovação Aberta, Indústria de Defesa.

## **ABSTRACT**

### **THE EVOLUTION OF THE TRIPLE HELIX MODEL AND THE OPEN INNOVATION IN THE BRAZILIAN NAVY'S R&D SECTOR:**

#### **Perspectives from the Operational Environment Thematic Area**

This study investigates the evolution of the Triple Helix innovation model into the Quadruple Helix and Quintuple Helix models, assessing their suitability within the context of the Brazilian Navy's Science, Technology, and Innovation sector, focusing on the Operational Environment Thematic Area. The research also explores the applicability of Open Innovation strategies to meet the demands of the Defense Industry. Combining a theoretical review and empirical analysis based on the perception of 48 researchers in this thematic area, the results indicate that although most participants were unfamiliar with the new models before the study, there was receptiveness to their potential implementation. However, structural and cultural challenges, particularly regarding protecting sensitive information, still represent considerable barriers. As an original contribution, the study proposes the "Overlapping Purposes Triple Helix" concept, suggesting that social and environmental concerns could be progressively integrated into the traditional pillars of innovation, especially in dual-purpose projects. The research concludes that, although there is potential for adopting the new models, gradual institutional adaptation and an increase in the actors' awareness will be necessary to optimize innovation processes specifically in the area of Defense.

**Keywords:** Triple Helix, Quadruple Helix, Quintuple Helix, Open Innovation, Defense Industry.

## SUMÁRIO

|          |                                                                  |           |
|----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                          | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>MODELOS DE INOVAÇÃO E O SISTEMA DE CT&amp;I.....</b>          | <b>9</b>  |
| 2.1      | TRÍPLICE HÉLICE DA INOVAÇÃO .....                                | 9         |
| 2.2      | INOVAÇÃO ABERTA .....                                            | 12        |
| 2.3      | NOVAS HÉLICES DA INOVAÇÃO .....                                  | 15        |
| 2.4      | SISTEMA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DA MB.....             | 18        |
| <b>3</b> | <b>PERSPECTIVAS DA ÁREA MEIO AMBIENTE OPERACIONAL .....</b>      | <b>20</b> |
| 3.1      | DESAFIOS NA COLABORAÇÃO ENTRE ICT E INDÚSTRIA DE DEFESA...       | 21        |
| 3.2      | ADOÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE INOVAÇÃO ABERTA .....                   | 22        |
| 3.3      | PERSPECTIVAS SOBRE AS NOVAS HÉLICES .....                        | 24        |
| 3.4      | ADEQUAÇÃO DOS NOVOS MODELOS À INDÚSTRIA DE DEFESA.....           | 27        |
| <b>4</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                | <b>30</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                          | <b>33</b> |
|          | <b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO ELABORADO PELO AUTOR.....</b>       | <b>38</b> |
|          | <b>APÊNDICE B – PERCEPÇÃO CONCEITUAL DOS PESQUISADORES .....</b> | <b>44</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado, a competitividade da indústria demanda uma maior atenção às formas de interação entre o governo, a academia e a indústria para otimizar os incentivos de políticas públicas voltadas para Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I).

A Teoria de Inovação, baseada no Modelo da Tríplice Hélice, é uma ferramenta conceitual utilizada em vários países para fomentar a inovação por meio da interação entre governo, indústria e academia. Segundo Leydesdorff e Zawdie (2010), a interação entre esses atores não apenas promove o empreendedorismo e o crescimento econômico, mas também suporta as políticas de inovação como um modelo central.

Entretanto, os padrões de inovação estão em constante transição, o que implica em novas configurações dos atores. Para Carayannis e Campbell (Carayannis; Campbell, 2009), a sociedade civil, juntamente com as perspectivas da mídia e da cultura, aparece como usuária da inovação, representando a adição de uma quarta hélice.

Outra temática importante é a preocupação com o ambiente natural, onde ocorrem as inovações. Em um contexto de aquecimento global, alta emissão de gás carbônico e mudanças climáticas, várias iniciativas são adotadas visando a utilização de energia renovável, a produção sustentável e a proteção do meio ambiente. De acordo com Carayannis, Campbell e Grigoroudis (2022) o meio ambiente emerge como uma quinta hélice no modelo de inovação, representando o capital natural da sociedade.

Além de envolver novos atores nos modelos de inovação, a natureza competitiva da indústria, especialmente no desenvolvimento tecnológico, aliada a um mundo atualmente globalizado, demanda também o uso de ideias tanto internas quanto externas para os caminhos do avanço tecnológico. Nesse sentido, começa a ser observado uma tendência atual da migração da inovação fechada para uma abordagem de Inovação Aberta, conforme definida por Chesbrough e Henry William (2003).

No segmento da Indústria de Defesa, o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (SCTMB) atua como o ator representativo do governo na relação do modelo de inovação da Tríplice Hélice. O SCTMB tem a importante

vocação de enfrentar a complexidade dos projetos estratégicos da Política de Defesa. Seu objetivo é identificar e preencher as lacunas tecnológicas para que a Marinha do Brasil (MB) estabeleça as capacidades necessárias de seus meios Navais, Fuzileiros Navais e Aeronavais da Marinha do Amanhã e do Futuro. Essa missão está alinhada com a Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (BRASIL, 2021b).

A ênfase em inovação do SCTMB é considerada como principal fator de impulsão para o desenvolvimento econômico. A sinergia necessária entre diferentes setores evidencia o desenvolvimento de modelos colaborativos. Contudo, à medida que o cenário global se transforma, apresentando novos desafios e oportunidades, questiona-se se os modelos atuais ainda são capazes de atender às demandas da Indústria de Defesa. Diante disso, investiga-se como a expansão da Teoria de Inovação da Tríplice Hélice e os princípios de Inovação Aberta, podem ser viabilizados no setor de CT&I da MB, no contexto da Indústria de Defesa brasileira.

A constante evolução das teorias de inovação para buscar modelar as novas dinâmicas de desenvolvimento tecnológico na indústria evidencia que o modelo tradicional da Tríplice Hélice, utilizado também no segmento da Defesa, pode não ser o mais adequado atualmente. Por essa razão mais investigações são necessárias para identificar se a Tríplice Hélice continua sendo suficiente e se as novas teorias apresentadas são adequadas para a Indústria de Defesa, influenciando a definição de novas estratégias de CT&I para a MB.

O objetivo geral deste trabalho é investigar a evolução do modelo de inovação da Tríplice Hélice para os modelos da Quádrupla Hélice e Quíntupla Hélice, avaliando sua adequação, assim como a das estratégias de Inovação Aberta, no contexto do setor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil, com foco na Área Temática do Meio Ambiente Operacional, e sua aplicabilidade para atender às demandas da Indústria de Defesa. Para alcançar este objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

a) Investigar a evolução dos modelos de inovação da Tríplice Hélice para a Quádrupla Hélice e a Quíntupla Hélice, com ênfase na adição das hélices de capital social e capital natural, e explorar sua aplicabilidade no setor de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil, com base em uma revisão teórica da literatura sobre a inovação e na análise das percepções dos pesquisadores da Área Temática do Meio Ambiente Operacional;



b) Descrever e analisar as características e desafios enfrentados pelas Instituições de Ciência e Tecnologia da Marinha do Brasil na Área Temática do Meio Ambiente Operacional, com base nos questionários preenchidos pelos pesquisadores, e discutir como as estratégias de Inovação Aberta podem ser adaptadas para promover maior interação e colaboração entre os atores envolvidos, levando em consideração as peculiaridades da Indústria de Defesa; e

c) Analisar criticamente as percepções dos pesquisadores sobre a viabilidade de adoção dos modelos da Quádrupla Hélice e Quíntupla Hélice e das estratégias de Inovação Aberta, identificando os principais desafios e oportunidades, e sugerir recomendações com base nas barreiras e facilitadores observados tanto nas respostas do questionário quanto na literatura teórica sobre inovação.

O presente trabalho adotou como método principal a realização de uma pesquisa bibliográfica nas principais plataformas de artigos científicos, incluindo *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*. Foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: indústria de defesa, tríplice hélice, quádrupla hélice, quádrupla hélice, sustentabilidade, inovação aberta, caráter dual e transferência de tecnologia. Os critérios de inclusão contemplaram estudos que discutiam a evolução da Teoria da Tríplice Hélice para modelos mais complexos, com o objetivo de avaliar suas contribuições para o contexto da Indústria de Defesa, bem como estudos que abordavam princípios de inovação aberta. Foram excluídos artigos que não tratavam de modelos de inovação ou que não ofereciam possibilidades de contextualização no segmento de Defesa.

Após a revisão bibliográfica, foi realizada a coleta de dados por meio de um questionário semiestruturado (Apêndice A), cujo objetivo foi captar a percepção e a experiência direta de pesquisadores das Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) vinculadas ao Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro (CTMRJ). O questionário buscou avaliar a relevância dos atores das quartas e quintas hélices, bem como a aplicabilidade dos princípios de inovação aberta nas atividades das ICT. Para garantir a representatividade, foram selecionados como participantes pesquisadores militares, servidores civis de nível superior, bolsistas e prestadores de serviço envolvidos nas atividades de pesquisa da ATMAO, sob a responsabilidade do CTMRJ.

A pesquisa foi realizada entre os meses de julho e agosto de 2024, com a participação de 48 indivíduos, todos pós-graduados com mestrado ou doutorado. O questionário, composto por 59 perguntas, sendo 48 diretas e 11 abertas, abordou

aspectos como idade, nível de titulação, tempo de vinculação à ICT e percepções gerais sobre os conceitos de inovação.

Para a análise dos dados, foram aplicadas técnicas de análise de conteúdo, visando identificar padrões nas repostas do questionário. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software GraphPad Prisma* 9.0. Inicialmente, os dados foram examinados quanto à sua distribuição paramétrica ou não paramétrica. Para comparações múltiplas utilizou-se o teste de *Friedman* com pós-teste de *Dunn*. Além disso, para os dados não paramétricos, foi aplicado o teste de correlação de *Spearman*. O valor de P foi considerado significativo quando  $\alpha = 0,05$ .

Os resultados obtidos a partir dos questionários foram integrados aos resultados da pesquisa bibliográfica.

## **2 MODELOS DE INOVAÇÃO E O SISTEMA DE CT&I**

### **2.1 TRÍPLICE HÉLICE DA INOVAÇÃO**

No início da década de 1980, Etzkowitz (1983) identificou interações triádicas para promover o desenvolvimento econômico diante da observação da interação dos interlocutores da indústria e do governo com o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), considerada uma instituição acadêmica ativamente envolvida no desenvolvimento regional baseado no conhecimento. Foi uma conceituação da expansão das chamadas parcerias público-privadas para incluir a academia na solução de dilemas de uma região industrial em declínio. As universidades eram uma forte esfera institucional na Nova Inglaterra no início do século XX, especialmente o MIT, que foi a primeira e mais importante universidade empreendedora, gerando *start-ups*, a partir do final do século XIX. Foi proposto pelo presidente do MIT, Karl Compton, junto ao Conselho da Nova Inglaterra que o empreendedorismo universitário fosse o núcleo de uma estratégia de renovação regional (Etzkowitz, 1993).

Etzkowitz e Leydesdorff (2000) apresentaram o conceito de "Tríplice Hélice" para as interações universidade-indústria-governo, inspirado na estrutura de dupla hélice do DNA. Eles argumentaram que a dinâmica social, por sua complexidade, exigia um modelo mais robusto, com uma terceira hélice para capturar de forma mais

completa os processos de inovação. Eles distinguiram três tipos de modelos de Tríplice Hélice: o "modelo estatista", o "modelo *laissez-faire*" e o "modelo equilibrado".

No modelo estatista, o governo assume um papel central ao liderar a criação de projetos e ao disponibilizar recursos para novas iniciativas, mantendo controle sobre a academia e a indústria. Exemplos da implementação desse modelo podem ser vistos na França, União Soviética e diversas nações da América Latina. Inclusive, Zhou (2008) elaborou uma "Tríplice Hélice puxada pelo governo", priorizando o Partido Comunista na supervisão das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) no contexto chinês.

No modelo *laissez-faire*, indústria, academia e governo operam de forma autônoma e distinta. A interação entre esses atores ocorre de maneira limitada e por meio de limites bem definidos. O modelo *laissez-faire* pode ser exemplificado em condições históricas como nas origens do Vale do Silício, conhecido como maior polo de inovação do mundo. Na época da Segunda Guerra Mundial e da instabilidade da Guerra Fria, ocorreu uma corrida econômica entre os Estados Unidos da América e a Rússia, empregando grande parte de seus investimentos em tecnologia e criando vários centros de inteligência e laboratórios. Borelli (2021) relembra que nessa região estão localizadas as sedes das principais empresas do mundo, como *Apple*, *Google* e *Meta* (anteriormente *Facebook*), que cresceram de *start-ups* a megacorporação em um período relativamente curto. Além delas, destacam-se também empresas como *Intel*, *Cisco Systems*, *Oracle*, *Netflix* e *Tesla*.

Já o modelo equilibrado constitui uma tendência global em que mesmo com fortes fronteiras entre esferas institucionais e organizações separadas há uma forma de sobreposição mais flexível, com cada um contribuindo com o papel do outro. Esse modelo proporciona uma compreensão mais aprofundada da inovação, ao sugerir que os ambientes mais propícios para o desenvolvimento inovador emergem nas interações entre as esferas (Champenois; Etzkowitz, 2018; Ranga; Etzkowitz, 2013). De fato, a colaboração entre as esferas institucionais da universidade, indústria e governo levou à invenção da empresa de capital de risco, expandindo sistematicamente as *start-ups* acadêmicas em uma estratégia de renovação regional (Etzkowitz, 2002a). A reconfiguração institucional para apoio a *start-ups* ou transferência de tecnologia, bem como a invenção de novos mecanismos, são uma parte fundamental do conceito. Zhou (2014) observa que, ao criar o modelo da Tríplice Hélice, Etzkowitz e Leydesdorff incorporam contribuições de diversas áreas, incluindo

economia evolucionária, a sociologia da ciência e tecnologia, a sociologia do ensino superior e a análise de políticas, adotando uma abordagem avaliativa.

A experiência dos EUA em diferentes pontos históricos exemplifica os diferentes modelos da Tríplice Hélice: a Segunda Guerra Mundial, o modelo estatista, com a universidade e a indústria coordenadas pelo governo. Durante o início do pós-guerra, a postulação do modelo *laissez-faire*, citado anteriormente. O modelo equilibrado surgiu entre a ideologia do *laissez-faire* e as exigências práticas. A competição da Guerra Fria exigiu a criação da Agência de Projetos de Pesquisa Avançada de Defesa (DARPA), uma agência governamental para assumir a liderança na organização da inovação da Tríplice Hélice e determinar as necessidades de tecnologia de longo prazo para defesa, como o desenvolvimento de algoritmos do Sistema de Posicionamento Global (GPS), com aplicações significativas nas esferas civil e militar (Etzkowitz; Gulbrandsen; Levitt, 2000).

Um princípio importante para o modelo equilibrado da Tríplice Hélice promover condições ideais para a inovação, é considerar o seu núcleo teórico das interações triádicas como o princípio da navalha de Occam (Walsh, 1979), o qual define a real necessidade de introduzir complexidades ou construções hipotéticas em uma determinada explicação (Braithwaite, 2017). Além disso, avalia as implicações da análise a níveis micro de díades e tríades como as interações entre duas partes para competir entre si ou favorecer uns aos outros. No modelo da Tríplice Hélice, o terceiro elemento introduz uma propensão à inovação, especialmente nas inovações organizacionais e na invenção de novos formatos organizacionais, como a empresa de capital de risco (Etzkowitz, 2002b).

Um segundo aspecto para o modelo equilibrado, conforme definido por Etzkowitz (2008), envolve a capacidade das instituições de "assumir o papel do outro", desempenhando funções tradicionais e adotando novos papéis. Ele também exemplifica que, além da sua função principal de produzir bens e serviços, as empresas também se dedicam à pesquisa e à formação de profissionais qualificados. Da mesma forma, o governo não apenas intervém para corrigir ineficiências econômicas, formula políticas públicas e supervisiona as atividades do mercado, mas também atua como um facilitador de investimentos de risco para apoiar o surgimento de novos negócios. As universidades continuam a desempenhar suas funções tradicionais de ensino e pesquisa, mas também intensificam seus esforços para transformar conhecimento em valor econômico, por meio de registros de patentes e

da criação de *start-ups*. Muitas delas estão expandindo seus sistemas de inovação, incluindo incubadoras, parques tecnológicos, pesquisa transnacional e programas educacionais voltados ao empreendedorismo (Dzisah; Etzkowitz, 2008).

Um terceiro aspecto importante são os mecanismos evolutivos subjacentes ao desenvolvimento do modelo da Tríplice Hélice por meio de políticas de inovação (Cai; Pugh; Liu, 2017) ou agência (Liu; Cai, 2019), por exemplo. Seu desenvolvimento em espiral reflete principalmente a circulação horizontal em termos de ações ao se considerar o segundo aspecto importante ("assumir o papel do outro"), enquanto o eixo vertical resulta na evolução de cada uma das três esferas no modelo equilibrado de suas interações (Leydesdorff, 2012). Etzkowitz e Leydesdorff, adotam perspectivas de teorias neo-institucional e neo-evolutiva, respectivamente. Do ponto de vista institucional, os padrões de interações entre universidade, indústria e governo podem mudar com o tempo devido as mudanças no ambiente. Considerando a perspectiva evolutiva, as funções de cada entidade, como produzir conhecimento, criar riqueza e exercer controle regulatório, estão alinhadas com os três principais mecanismos evolutivos: inovação, mercado e regulação. Essa ideia é discutida nos trabalhos de Leydesdorff (2000, 2012) e Leydesdorff e Meyer (2006).

Também é importante ressaltar que quando se trata da coordenação para o desenvolvimento das interações da Tríplice Hélice, há a necessidade de mecanismos funcionais de mediação entre iniciativas de cima para baixo e de baixo para cima. Por exemplo, parte do papel do governo nessas interações é desenvolver políticas de inovação e iniciar programas de inovação prioritários de cima para baixo. No entanto, a dinâmica da Tríplice Hélice também se apoia em iniciativas de base, que são promovidas dentro de uma sociedade civil ativa, onde as ações são estimuladas a partir de diversos setores sociais (Etzkowitz, 2008).

## 2.2 INOVAÇÃO ABERTA

O modelo de "Inovação Aberta", formulado por Chesbrough e Henry William (2003) e o conceito de "Tríplice Hélice", proposto por Etzkowitz e Leydesdorff (1995, 2000), compartilham objetivos semelhantes, aproximando a inovação industrial da P&D pública. Chesbrough e Henry William (2003, p. XXIV) definiram inovação aberta como:

A inovação aberta é um paradigma que pressupõe que as empresas podem e devem usar ideias externas, bem como ideias internas e caminhos internos e externos para o mercado, à medida que as empresas buscam avançar sua tecnologia (Chesbrough, Henry William, 2003, p. XXIV).

Após apresentar o conceito da inovação aberta, Chesbrough e Henry William (2003) explicaram também como essa abordagem pode ser aplicada na prática. Eles destacaram que as empresas podem integrar ideias e tecnologias desenvolvidas externamente em suas operações e, além disso, disponibilizar tecnologias subutilizadas para outros participantes do mercado, ampliando as oportunidades de inovação. Contrariando o modelo de "inovação fechada" de P&D, este fenômeno já permitiu empresas alavancarem através do uso de fontes de conhecimento cada vez mais distribuídas, através da Internet e as mídias sociais, garantindo acesso ao conhecimento e aos recursos de compartilhamento de redes internas anteriormente específicas da empresa para a *World Wide Web*. Esses elementos, identificados como "fatores de erosão" na "inovação fechada", ajudam a entender por que a inovação aberta representa uma mudança de paradigma. Eles questionam as suposições, abordagens, soluções e métodos tradicionais utilizados na pesquisa e prática da inovação industrial do século XXI. Assim, a Inovação Aberta se refere a um modelo que destaca o fluxo intencional de conhecimento para dentro e para fora – "entradas e saídas" – da organização, conectando estudos acadêmicos e cruzando as fronteiras empresariais, como o objetivo de utilizar conhecimentos externos e descobrir novas estratégias de comercialização.

Atualmente, a inovação aberta é um conceito reconhecido tanto no contexto do meio acadêmico quanto no setor industrial e na elaboração de políticas públicas. Conforme o recente relatório "*The Open Innovation Barometer*" (Economist Impact, 2022), 90% das organizações adotaram ou planejam implementar as principais práticas de inovação aberta, abrindo suas fronteiras organizacionais para a inovação colaborativa nos próximos três anos.

De acordo com esse modelo, as empresas não podem inovar de forma eficiente e eficaz apenas internamente (Chesbrough, Henry William, 2003). Mais especificamente, o desempenho superior da inovação não depende exclusivamente da atividade de laboratórios internos de P&D verticalmente integrados, mas requer coordenação entre redes de inovação mais desintegradas que conectam empresas com fornecedores, clientes, universidades, laboratórios de pesquisa, consultores e

empresas iniciantes (Chesbrough; Bogers, 2014; West; Bogers, 2017). Além disso, tecnologias emergentes, como plataformas digitais e análise de *big data*, podem contribuir para construir ecossistemas de inovação mais resilientes (Bogers; Chesbrough; Moedas, 2018).

Por isso, as organizações são muito mais competitivas quando co-criam inovação por meio de um processo distribuído entre várias partes interessadas em uma rede de valor (Bogers; West, 2012). Um grupo de partes interessadas que tem recebido maior atenção é precisamente o dos usuários individuais. De fato, esses usuários (consumidores, clientes) representam uma das fontes mais significativas de inovação aberta que as empresas podem aproveitar (von Hippel; de Jong; Flowers, 2012). Eles podem fazer uso eficaz de sua experiência para comunicar suas necessidades e preferências (Bogers; Afuah; Bastian, 2010). Conforme observado por Bogers *et al.* (2017), esses usuários podem ser motivados a co-produzir inovações colaborando com empresas por vários motivos, como se beneficiar do uso da solução, aproveitar o processo de fazê-lo ou ganhar capital simbólico na forma de reconhecimento de pares.

Estudos destacaram que o papel dos consumidores não é mais exclusivamente o de consumir produtos e serviços, e sim produzi-los, através de uma identificação de suas necessidades pelas empresas (Lusch; Vargo, 2014). As comunidades de usuários geralmente reúnem pessoas com interesses compartilhados para construir algo de forma colaborativa, como no caso das comunidades de código aberto. Comunidades de *software* de código aberto, por exemplo, referem-se a um novo paradigma de criação e desenvolvimento de *software* baseado em centenas ou mesmo milhares de desenvolvedores e usuários organizados na forma de uma comunidade virtual (Iskoujina; Roberts, 2015).

Tradicionalmente, a literatura de inovação enfatiza a importância da intervenção pública para impulsionar a P&D e o desempenho inovador (Bellucci; Pennacchio; Zazzaro, 2019). Recentemente, os esforços dos governos têm se concentrado em fomentar a inovação colaborativa por meio de políticas públicas e esquemas de financiamentos específicos (Jugend *et al.*, 2020), fortalecendo a função das universidades na inovação, no processo de transferência tecnológica e na comercialização de pesquisas (Schmitz *et al.*, 2017). Além disso, há um incentivo para que as empresas compartilhem o desenvolvimento interno ao colaborar com parceiros complementares.

Apesar do potencial de complementaridade entre universidades e indústria, várias questões permanecem sem resposta, como gerenciar os direitos de propriedade intelectual para mitigar as repercussões de conhecimento e como gerenciar múltiplas lógicas institucionais potencialmente conflitantes. O paradoxo da inovação aberta considera que na prática há tensões recorrentes ao se considerar ações como cooperação e competição, bem como conceitos de abertura e proteção, para as quais o termo coopetição foi criado (Lafuente; Berbegal-Mirabent, 2019).

Além disso, grandes desafios como mudanças climáticas, pobreza, fornecimento de energia e água, desastres naturais e pandemias transcendem os interesses ou influência de organizações individuais ou comunidades locais e exigem esforços coletivos, coordenados e sustentados de vários atores diferentes (Ahn; Lee; Mortara, 2020; Ricciardi; Rossignoli; Zardini, 2021). As interações das entidades, considerando o princípio de inovação aberta aplicada a temas globais pode incentivar áreas como por exemplo, da ecoinovação, da inovação ambiental e social, que se enquadram no amplo contexto da sustentabilidade.

Nesse sentido, a comunidade de inovação aberta tem a relevante oportunidade de oferecer novas soluções para grandes desafios, por um lado, enquanto se aprende a aprender como avançar o conceito de inovação aberta, por outro.

### 2.3 NOVAS HÉLICES DA INOVAÇÃO

O Modelo da Quádrupla Hélice emerge como uma evolução do Conceito da Tríplice Hélice, ampliando o escopo do processo de inovação ao incluir a sociedade civil como um quarto elemento igualmente importante, além das esferas tradicionais da universidade, governo e indústria. Esse modelo reflete a crescente conscientização de que a inovação não pode mais ser conduzida exclusivamente por elites acadêmicas, empresariais e governamentais, mas deve envolver a sociedade em sua totalidade para garantir uma inovação mais inclusiva, ética e socialmente responsável (Carayannis; Campbell, 2009).

No modelo da Quádrupla Hélice, a sociedade civil não é apenas um receptor passivo das inovações, mas um participante ativo no processo de inovação. Isso significa que as inovações devem responder a necessidades sociais reais, engajando o público na definição de prioridades, avaliação ética e no desenvolvimento de novas tecnologias (Etzkowitz; Leydesdorff, 1995). Essa abordagem pode ser mais bem

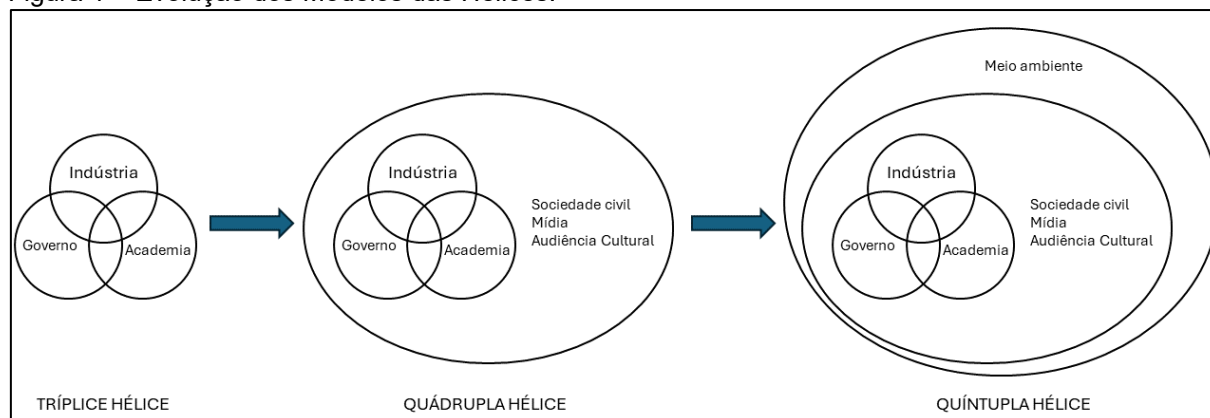


explorada em setores como o de defesa, em que a demanda constante por diminuição de dependência tecnologias externas podem resultar em inovações com potencial de serem transferidas para a sociedade.

A sociedade civil, por meio de Organizações não Governamentais (ONGs), movimentos sociais e outras organizações, pressionam governos e indústrias para que as inovações militares sejam desenvolvidas de forma ética e sustentável. As demandas sociais por maior transparência e responsabilidade no desenvolvimento de tecnologias militares têm aumentado, especialmente à medida que o impacto ambiental e os riscos éticos associados ao uso de tecnologias de defesa tornam-se mais evidentes (Lundmark, 2016).

A Figura 1 ilustra a evolução dos modelos de inovação, representando o desenvolvimento da Tríplice Hélice (universidade, governo e indústria), que evolui para a Quádrupla Hélice com a inclusão da sociedade civil, e finalmente para a Quíntupla Hélice, onde o meio ambiente é incorporado como um quinto elemento de igual importância no processo de inovação.

Figura 1 – Evolução dos Modelos das Hélices.



Fonte: Adaptado de (Carayannis; Barth; Campbell, 2012, p. 4).

Um dos conceitos centrais na aplicação da Quádrupla Hélice no setor de defesa é o de projetos *dual-use*, que se referem a tecnologias que podem ser usadas tanto para fins militares quanto civis (James, 2009). Essas inovações criam uma economia dual, em que tecnologias desenvolvidas para a defesa encontram aplicações em setores civis, como transporte, energias e comunicações. A sociedade civil pode influenciar diretamente o desenvolvimento dessas tecnologias, exigindo que os produtos sejam socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis. Tecnologias de comunicação e sistemas de inteligência artificial desenvolvidos

inicialmente para o setor de defesa podem ser adaptados para o uso civil, mas com atenção a questões de privacidade e segurança. Este tipo de abordagem beneficia a sociedade como um todo, e não apenas setores militares específicos (Etzkowitz, 1993).

Nesse contexto, a sociedade civil pode ajudar a identificar áreas onde as inovações militares podem ser aplicadas em contextos civis, maximizando os efeitos *spill-over* da pesquisa e desenvolvimento militar (Fiott, 2014). Exemplos disso incluem tecnologias voltadas para energias renováveis e melhorias na eficiência energética, que são capazes de resolver problemas civis como a transição para energias limpas (Quacoe; Kong; Quacoe, 2023). A seta entre a Quádrupla Hélice e a Quíntupla Hélice na Figura 1 representa a transição para um modelo que também integra o meio ambiente como um elemento fundamental. No contexto da Indústria de Defesa, essa transição é geralmente pressionada pela sociedade, dado ao potencial de impacto ambiental local das atividades militares e a crescente pressão por práticas mais sustentáveis.

O Modelo da Quíntupla Hélice, proposto por Carayannis e Campbell (2010), destaca a importância de integrar considerações ambientais no processo de inovação, especialmente em setores como a defesa, em que as atividades militares podem gerar um impacto ecológico irreversível. O meio ambiente, portanto, deixa de ser apenas uma variável secundária e passa a ser um ator ativo no processo de desenvolvimento tecnológico, influenciando as direções da inovação e demandando que ela seja sustentável e responsável (Barcellos-Paula; De la Vega; Gil-Lafuente, 2021).

O modelo da Quíntupla Hélice reconhece que a sustentabilidade deve ser uma condição central para a inovação, especialmente no contexto contemporâneo, em que a crise ambiental global se intensifica. A adição do meio ambiente como um hélice no processo de inovação não é apenas uma questão de mitigação de danos, mas também de criar inovações que ajudem a regenerar e a preservar os recursos naturais (Quacoe; Kong; Quacoe, 2023). Esse conceito de sustentabilidade se aplica a inovações que são, ao mesmo tempo, econômica e ecologicamente viáveis, oferecendo uma solução mais equilibrada para os desafios ambientais.

A ênfase na sustentabilidade no modelo da Quíntupla Hélice pode ser vista como uma resposta às limitações do modelo da Quádrupla Hélice, que, apesar de incluir a sociedade civil, muitas vezes falha em abordar de maneira mais profunda os impactos ambientais das inovações tecnológicas. Wigell e Hakala (2022) destacam

que essa questão é especialmente pertinente no setor de defesa, devido ao alto impacto ambiental potencial que pode resultar das atividades de guerra, como o consumo elevado de combustíveis fósseis, a produção de resíduos perigosos e a consequente degradação do meio ambiente associada a essas operações.

Além disso, a transição para uma defesa mais verde vem se tornando uma tendência para alinhar as operações militares com os compromissos globais de sustentabilidade (Reis *et al.*, 2022). Isso abrange o uso de fontes de energia renováveis nas operações militares, como a instalação de painéis solares em bases navais e a criação de veículos que utilizam energia limpa, ajudando a diminuir as emissões de carbono (Wigell; Hakala, 2022). Na Figura 1, essa evolução para a Quíntupla Hélice é simbolizada pela adição do círculo do meio ambiente.

Para Carayannis e Campbell (2010), a Tríplice Hélice não era mais suficiente para enfrentar os desafios contemporâneos, uma observação feita há mais de uma década. Os autores argumentam que os modelos da Quádrupla e Quíntupla Hélice proporcionam uma estrutura mais completa, permitindo que o processo de inovação considere as demandas sociais e ambientais.

A inclusão do meio ambiente no modelo de inovação permite que o setor de defesa adote tecnologias que não apenas fortaleçam a segurança nacional, mas também reduzam seu impacto sobre o planeta.

## 2.4 SISTEMA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DA MB

O SCTMB foi criado para integrar e coordenar o desenvolvimento de inovações tecnológicas, de modo a atender às necessidades estratégicas da MB (BRASIL, 2021a), conforme estabelecido pela Política Nacional de Defesa (PND) e a Estratégia Nacional de Defesa (END). Em 31 de março de 2008, a criação da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (SecCTM) marcou o início de uma centralização mais eficiente das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) dentro das ICT da Marinha. Posteriormente, em 2016, essa estrutura foi transformada na DGDNTM, ampliando sua atuação e incorporando programas estratégicos, como o Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PORSUB) e o Programa Nuclear da Marinha (PNM), conforme disposto no Plano Estratégico da Marinha (PEM).

O SCTMB tem como objetivo coordenar e otimizar os esforços de pesquisa científica e tecnológica da MB, de maneira a promover a inovação voltada para a

defesa nacional. Para isso, o sistema segue as diretrizes da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) e está alinhado às demandas da Base Industrial de Defesa (BID). Isso é feito por meio da articulação das atividades de pesquisa das ICT da Marinha, como o Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e o CTMRJ, ambos criados em 2016, promovendo a interação com a BID, o setor acadêmico e outras organizações de CT&I.

As ICT desempenham um papel central na execução dos projetos de CT&I da MB, sendo os setores diretamente responsáveis por conduzir a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de tecnologias voltadas à defesa. O Livro Branco de Defesa (LBDN) destaca a relevância dessas instituições no fortalecimento da BID e na geração de inovações tecnológicas. O CTMSP e o CTMRJ lideram o desenvolvimento de tecnologias consideradas críticas, como a propulsão nuclear e a segurança cibernética, com impacto direto nas capacidades operacionais da Marinha (BRASIL, 2020).

Além disso, o Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha (PCT&I) reforça a importância da integração entre a MB, a BID e o setor acadêmico, garantindo a priorização de projetos e a otimização do uso de recursos para o desenvolvimento de tecnologias avaliadas como essenciais para a defesa. A DGDNTM também promove a colaboração com a Indústria de Defesa e a Academia, utilizando o modelo da Tríplice Hélice por meio do SCTMB, para garantir que as inovações sejam aplicadas de forma eficiente e atendam às necessidades da MB.

As áreas temáticas de pesquisa abrangidas pelo SCTMB são detalhadas pela norma EMA-415 – Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil e lideradas uma a uma por uma ICT específica, conforme estabelecido no PCT&I (BRASIL, 2022). Entre essas áreas estão Sistemas de Comando e Controle, liderados pelo CASNAV e Defesa e Segurança Cibernética, ambas lideradas pelo Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV); Nuclear e Energia, liderada pela Diretoria de Desenvolvimento Nuclear da Marinha (DDNM); Plataformas Navais, Aeronavais e de Fuzileiros Navais sob o comando do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM); Desempenho do Combatente, igualmente liderada pelo IPqM; e Meio Ambiente Operacional, liderada pelo Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM). A área temática de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (NBQR) possui o Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais (CTecCFN) como ICT líder (BRASIL, 2021b).

A Indústria de Defesa desempenha um papel importante na estratégia de defesa nacional, colaborando com as áreas temáticas desenvolvidas pelas ICT da Marinha para desenvolver tecnologias de uso dual, tanto civil quanto militar. A interação entre a BID e o SCTMB permite que as inovações geradas pelas ICT sejam transferidas para o setor produtivo, resultando na fabricação de sistemas e equipamentos voltados para o aumento da capacidade de defesa do Brasil.

### **3 PERSPECTIVAS DA ÁREA MEIO AMBIENTE OPERACIONAL**

A ATMAO foi escolhida como foco para a análise devido à sua capacidade potencial de integrar novos atores nos processos de inovação tecnológica, alinhando-se aos mais recentes conceitos da Teoria da Tríplice Hélice e suas evoluções para a Quádrupla e a Quíntupla Hélice. Esses modelos expandem a inovação além do governo, academia e indústria, incluindo a sociedade civil (capital social) e o meio ambiente (capital natural). As linhas de pesquisa conduzidas pelo SCTMB no contexto da ATMAO – como oceanografia, acústica submarina, biotecnologia marinha, geologia e meteorologia – são diretamente impactadas por questões ambientais, o que torna a ATMAO um campo propício para testar a aplicabilidade dessas hélices adicionais no setor de CT&I da MB.

A pesquisa realizada com 48 participantes, incluindo pesquisadores militares, servidores civis, bolsistas e prestadores de serviço, objetivou investigar a percepção desses profissionais sobre como a integração de novos atores, como a sociedade civil e o meio ambiente, pode fortalecer a inovação, considerando os desafios e peculiaridades da Indústria de Defesa. Além disso, foi explorado como estratégias de inovação aberta poderiam ser adaptadas a esse contexto específico, tomando como exemplo o desenvolvimento conjunto de projetos de pesquisa e a co-criação com usuários. A análise mais detalhada sobre a dispersão da percepção conceitual dos pesquisadores participantes do questionário é apresentada no Apêndice B.

Os resultados foram abordados em quatro tópicos – Desafios na colaboração entre ICT e Indústria de Defesa, Adoção de Estratégias de Inovação Aberta, Perspectivas sobre as novas Hélices e Adequação dos Novos Modelos à Indústria de Defesa – com o propósito de fornecer subsídios para avaliar criticamente a viabilidade de incorporar esses modelos de inovação colaborativa no SCTMB.

### 3.1 DESAFIOS NA COLABORAÇÃO ENTRE ICT E INDÚSTRIA DE DEFESA

A colaboração entre as ICT e a Indústria de Defesa apresenta desafios que vão além das diferenças culturais e institucionais. A Teoria de Tríplice Hélice, discutida no Capítulo 2, sugere que a interação entre governo, academia, e indústria é essencial para promover a inovação tecnológica. No entanto, no contexto da Indústria de Defesa, essas interações frequentemente encontram obstáculos estruturais, burocráticos e culturais que limitam o desenvolvimento colaborativo na prática.

A análise das percepções dos pesquisadores revela divergências na forma como a pesquisa aplicada e a pesquisa básica são valorizadas dentro do ambiente da ICT. Muitos pesquisadores apontam que, enquanto as instituições acadêmicas se concentram na criação de conhecimento teórico e na capacitação de profissionais, as ICT deveriam adotar uma abordagem mais prática, desenvolvendo soluções tecnológicas que respondam diretamente às demandas do setor de Defesa. Essa desconexão entre os objetivos institucionais das ICT e da Academia já é um fator complicador para uma colaboração eficiente. Contudo, o distanciamento da valorização da pesquisa aplicada, observado entre os próprios pesquisadores das ICT, agrava ainda a implantação de estratégias de colaboração voltadas para a Indústria de Defesa, contrariando os princípios defendidos pela Tríplice Hélice.

Na Seção 2.1, foi apontado que o modelo da Tríplice Hélice exige uma sinergia entre os atores envolvidos para que a inovação seja fomentada de forma eficaz. Entretanto, as ICT enfrentam barreiras adicionais como a escassez de recursos governamentais para projetos que possuam relevância estratégica especificamente para a Defesa. Essas questões institucionais indicam desalinhamento entre as prioridades acadêmicas e as demandas imediatas da Indústria de Defesa, prejudicando as oportunidades de desenvolvimento colaborativo. A escassez de incentivos específicos para inovações colaborativas, somadas à recorrente falta de recursos, limita a participação das ICT em projetos de longo prazo, onde o retorno, embora importante, tende a ser demorado. A incerteza na previsão orçamentária impacta diretamente o andamento e os passos desses projetos, restringindo o potencial das ICT como centros de inovação tecnológica aplicada.

O excesso de burocracia e a falta de agilidade nos processos de licitação e financiamento são identificados pelos pesquisadores como fatores que dificultam a adoção de estratégias de Inovação Aberta, um dos pilares da evolução dos modelos

de inovação discutidos na Seção 2.2. Além da rigidez das políticas públicas, que impõem limitações em diversas etapas da pesquisa, a complexidade dos processos regulatórios frequentemente sobrecarrega os pesquisadores com questões burocráticas que fogem à sua competência. Isso compromete a capacidade das ICT de responder de maneira ágil às demandas emergentes da Indústria de Defesa, resultando em parcerias e colaborações que progridem lentamente.

Outro ponto crítico destacado foi a falta de conhecimento sobre a existência de um meio de comunicação eficaz entre governo, academia e indústria. O modelo da Tríplice Hélice enfatiza a importância de uma interação contínua e colaborativa entre esses três setores. No entanto, a ausência de uma comunicação estruturada impede que as partes compreendam plenamente suas capacidades e necessidades. Como consequência, muitos projetos de inovação nas ICT se desenvolvem de forma isolada, sem uma abordagem integrada que possa maximizar os recursos disponíveis e gerar um impacto mais relevante na Indústria de Defesa.

Para superar esses obstáculos, recomenda-se que as ICT recebam incentivos estruturados para a pesquisa aplicada e que mecanismos de Inovação Aberta sejam implementados de forma mais eficaz, com diretrizes regulatórias mais claras. Isso permitirá que os pesquisadores aproveitem os benefícios do desenvolvimento colaborativo, sem comprometer a compartimentalização de informações sensíveis. Essas recomendações exigem a adaptação das políticas públicas e a criação de estratégias de financiamento que contemplem as peculiaridades do setor de Defesa.

### 3.2 ADOÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE INOVAÇÃO ABERTA

A adoção de estratégias de Inovação Aberta no setor de Defesa é vista como uma oportunidade promissora para ampliar as possibilidades de desenvolvimento tecnológico e acelerar o progresso por meio da colaboração. Essa abordagem, que historicamente enfrentava resistência no setor de Defesa, reflete uma mudança cultural. Conforme discutido na Seção 2.2, há uma tendência de evolução dos modelos de inovação em direção a práticas mais abertas e colaborativas, especialmente no contexto da Quádrupla Hélice. Da mesma forma, Reis *et al.* (2022) sugerem que, na União Europeia, há um movimento em direção a uma maior colaboração e abertura no setor de defesa, evidenciando um esforço internacional para adotar práticas mais colaborativas.

Houve o reconhecimento por parte dos pesquisadores da ATMAO que a Inovação Aberta tem o potencial de promover uma maior cooperação entre diferentes setores, incluindo a academia e o setor privado, conforme os princípios discutidos no Capítulo 2. No entanto, há um consenso sobre a necessidade de equilibrar a inovação colaborativa com a proteção das informações sensíveis e de propriedade intelectual, elementos fundamentais no setor de Defesa, corroborando com a literatura (Langlois; BenMahmoud-Jouini; Servajean-Hilst, 2023; Longo; Moreira, 2009).

Embora a maioria avalie positivamente a Inovação Aberta, como uma maneira de acelerar o desenvolvimento tecnológico, a principal preocupação levantada é a proteção da propriedade intelectual e a segurança das tecnologias militares. Para que essa estratégia seja viável no setor de Defesa, é essencial que haja uma maior orientação dos participantes em relação às modalidades de acordos jurídicos que assegurem a proteção de patentes e a segurança de tecnologias sensíveis. Estabelecer uma estrutura sólida que permita a colaboração, ao mesmo tempo que proteja o sigilo de informações estratégicas é um considerado um passo importante para viabilizar a implementação da Inovação Aberta.

Por outro lado, houve o grupo de maior cautela, principalmente entre os pesquisadores militares, em relação à adoção da Inovação Aberta ressaltando riscos de vulnerabilidade que essa estratégia pode acarretar. A troca de informações com parceiros externos, mesmo que regulada, pode expor tecnologias críticas a riscos de espionagem ou uso indevido. Esse mesmo risco também é abordado por Saulters *et al.* (2010), ao tratar de tecnologias de sistemas militares não letais, ressaltando que, em um ambiente militar, essas vulnerabilidades podem comprometer a segurança nacional.

Outro ponto importante levantado nas respostas é a tensão entre a necessidade de inovação rápida e a lentidão dos processos regulatórios relacionados à proteção da propriedade intelectual. Conforme mencionado na Seção 2.2, a rigidez dos mecanismos atuais de proteção de patentes pode restringir o grau de abertura que as ICT e outras instituições de Defesa podem oferecer. Embora o tempo entre a submissão, avaliação e aprovação de patentes tenha recentemente diminuído de 10 para 3 a 5 anos, ainda há dificuldades que afetam a dinâmica das ICT. Muitas vezes, a lentidão no processo leva as ICT cederem os direitos de propriedade intelectual às empresas em troca de aportes financeiros para o andamento da pesquisa. Nessas situações, as empresas acabam redigindo os processos de patente de forma



independente, gerando insegurança entre os pesquisadores quanto ao controle sobre o conteúdo e os créditos de suas inovações, o que os torna mais cautelosos em colaborações futuras.

Além disso, o desconhecimento inicial do conceito “Inovação Aberta” entre muitos pesquisadores revela a necessidade de uma maior orientação e capacitação institucional para esse tema ser devidamente explorado, como adestramentos promovidos pela Célula de Inovação de cada ICT, por exemplo. Foi visto na prática que a implementação dessas estratégias permanece limitada, e os benefícios potenciais são subutilizados.

### 3.3 PERSPECTIVAS SOBRE AS NOVAS HÉLICES

A análise das respostas dos pesquisadores sobre a relevância da participação ativa do capital social, trazida pelo Modelo da Quádrupla Hélice, para a Indústria de Defesa, revela diferentes perspectivas quanto ao papel da sociedade civil no processo de inovação. De forma geral, há um consenso de que a participação da sociedade civil, ainda que moderada em alguns casos, é relevante para garantir a transparência e alinhamento de projetos com valores sociais, mesmo quando a transferência de tecnologia para o setor civil é limitada. Essa participação também pode agregar legitimidade ao processo de inovação, conforme discutido na Seção 2.3, quando as demandas sociais se integram à Quádrupla Hélice.

Aqueles que consideram essa aceitação “moderadamente importante” apontam que, embora o foco dos projetos de inovação da Indústria de Defesa seja voltado predominantemente para atender demandas estratégicas, o envolvimento da sociedade civil pode legitimar as iniciativas. Sob essa perspectiva, a aceitação pública ajuda a garantir que os projetos, mesmo sem impacto direto no cotidiano das pessoas, não sejam vistos como alheios ao interesse público. Essa visão reflete a preocupação em manter a confiança entre o setor de defesa e a sociedade, promovendo a percepção de que as inovações geradas no âmbito militar são compatíveis com os valores e expectativas sociais, mesmo que não resultem diretamente em benefícios tangíveis para o uso civil.

Por outro lado, há pesquisadores que consideram a aceitação da sociedade civil altamente relevante, independentemente da transferência de tecnologia. Para esses respondentes, integrar as necessidades da sociedade civil nos projetos de

inovação da Indústria de Defesa vai além da transparência; trata-se de assegurar que as iniciativas militares estejam alinhadas com a noção de “controle social” que, conforme Frolov (2015), regula a interação entre ciência e sociedade, garantindo que as inovações tecnológicas não sejam dissociadas de princípios éticos e sociais mais amplos.

Outro ponto importante é o papel das ICT como facilitadoras desse diálogo entre o setor de defesa e a sociedade. As respostas indicam que as ICT poderiam desempenhar um papel mais ativo na mediação entre as necessidades militares e as demandas sociais, promovendo uma maior integração entre inovação tecnológica e interesses públicos. Aqueles que defendem uma maior participação da sociedade civil acreditam que esse processo de aceitação pública também pode melhorar a imagem da Indústria de Defesa, tornando suas atividades mais transparentes e compreensíveis para o público.

No entanto, os desafios culturais relacionados à abertura do setor militar para a aceitação da sociedade civil ainda são evidentes. Há alguns casos que a resistência por parte das instituições militares em incluir a sociedade civil nos processos de inovação, por ser considerado um campo restrito a especialistas. Forman (2007) discute a tendência de setores militares em operar de maneira isolada, priorizando objetivos internos e econômicos que podem não se alinhar com demandas externas. Para os pesquisadores essa visão pode representar um obstáculo à implementação de uma colaboração mais estreita entre a sociedade e as iniciativas científicas relacionadas à defesa.

Outro desafio apontado é de ordem prática: a dificuldade em identificar mecanismos eficazes para incluir a sociedade civil em processos técnicos e especializados, onde o entendimento dos projetos pode ser muito específico. Ainda assim, a aceitação social não se restringe apenas à compreensão técnica dos projetos, mas também à confiança pública nas instituições de Defesa. A aceitação de novos projetos por representantes da sociedade civil é vista por alguns pesquisadores como uma forma de garantir que a Indústria de Defesa opere de maneira responsável e em consonância com os princípios democráticos.

Em relação ao capital natural, as respostas dos pesquisadores mostram uma divisão de opiniões quanto à melhor estratégia para a Indústria de Defesa. Enquanto alguns respondentes veem o cumprimento da legislação ambiental como um aspecto fundamental, outros acreditam que a Indústria de Defesa deve ir além das obrigações

legais e focar na inovação aplicada à sustentabilidade. De acordo com Morseletto (2020) e Potting *et al.* (2017), a incorporação de práticas de economia circular e tecnologias verdes está se tornando uma tendência crescente na Europa, impulsionando a integração de preocupações ambientais em setores tradicionalmente conservadores, como o de Defesa. Conforme destaca Fiott (2014), a investigação de práticas sustentáveis na área da Defesa se faz necessária, pois tanto as operações militares quanto o funcionamento da Indústria de Defesa podem impactar o meio ambiente, seja por meio da poluição gerada nos teatros de operação ou em suas próprias instalações, revelando um grande potencial tanto para causar danos quanto para fazer melhorias ambientais visíveis.

Alguns discordam da proposição de que o meio ambiente possa atuar como um “ator impulsionador” no modelo da Quíntupla Hélice. Para esses pesquisadores, os atores da Tríplice Hélice (governo, academia e indústria) e a sociedade civil desempenham um papel ativo na promoção da inovação. Eles argumentam, entretanto, que o meio ambiente deve ser visto com um elemento do contexto em que a inovação ocorre, em vez de um agente direto do processo inovador. Essa visão reflete uma abordagem mais prática, onde o ambiente é considerado um fator a ser gerido, mas não um ator direto na criação de inovações.

Adicionalmente, houve questionamento se a inovação sustentável deve ser um foco central da Indústria de Defesa no cotidiano. O papel da Defesa seria prioritariamente a proteção nacional e a gestão de crises, e não o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. Um exemplo mencionado é o caso de emergências ambientais, onde todos os esforços, inclusive o da Defesa, podem ser direcionados para mitigar o efeito da calamidade. No entanto, pensar em sustentabilidade como parte do dia a dia das atividades de inovação da Defesa seria, segundo essa visão, um desvio de suas responsabilidades principais.

A inclusão de projetos sustentáveis também foi apontada como um fator de aumento de custos, o que pode dificultar ainda mais a obtenção de recursos para projetos de Defesa. Soluções sustentáveis, de modo geral, são vistas como de alto custo, e em um contexto em que já é difícil garantir o financiamento para projetos militares, adicionar essa camada de exigências pode interferir negativamente no andamento das pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias voltadas especificamente para a Defesa.

Aqueles que enfatizam a conformidade com a legislação ambiental consideram essa postura como o mínimo necessário para garantir que as atividades da Indústria de Defesa não causem danos irreversíveis ao meio ambiente. No entanto, acredita-se que a conformidade legal é apenas uma base mínima e que o foco real deve estar na inovação ambiental como estratégia de longo prazo. Essa visão é consistente com o entendimento de que a inovação sustentável pode gerar benefícios colaterais tanto para o setor de Defesa quanto para a sociedade civil, ao criar tecnologias que podem ser transferidas para outros setores, promovendo benefícios amplos. O foco desse setor em missões de curto prazo pode dificultar a adoção de práticas sustentáveis de longo prazo. Ghisellini, Cialani e Ulgiati (2016) ressaltam que a mudança para um modelo de economia circular no setor de Defesa europeu enfrenta desafios regulatórios. Isso pode indicar que, apesar do potencial para inovações ambientais, a adoção dessas práticas é frequentemente limitada por barreiras institucionais. As respostas dos pesquisadores indicam que, para que a inovação sustentável seja plenamente adotada, é necessário um ambiente regulatório mais flexível e incentivos claros para o desenvolvimento de tecnologias verdes.

### 3.4 ADEQUAÇÃO DOS NOVOS MODELOS À INDÚSTRIA DE DEFESA

As percepções dos pesquisadores em relação à aplicabilidade dos modelos de inovação da Quádrupla e Quintupla Hélices no sistema de inovação da Indústria de Defesa foram diversificadas. A maioria desconhecia esses conceitos antes da participação no questionário (ver Apêndice B). Essa descoberta ressalta a importância da disseminação de conhecimento sobre os novos paradigmas de inovação no contexto das atividades de CT&I, uma vez que o desconhecimento inicial pode ser um fator limitante na adoção dessas abordagens.

Esse aspecto influencia diretamente o objetivo do trabalho, pois mostra que, embora as novas teorias possam contribuir para o progresso da inovação, sua implementação integral encontra obstáculos ligados ao grau de familiaridade dos profissionais com os conceitos. A ausência de conhecimento prévio sobre os modelos da Quádrupla e Quintupla Hélices e as estratégias de Inovação Aberta sugere que a adaptação do sistema de CT&I da MB não dependerá somente de mudanças estruturais, mas também de iniciativas para fomentar a consciência e compreensão dessas novas metodologias entre os principais envolvidos.

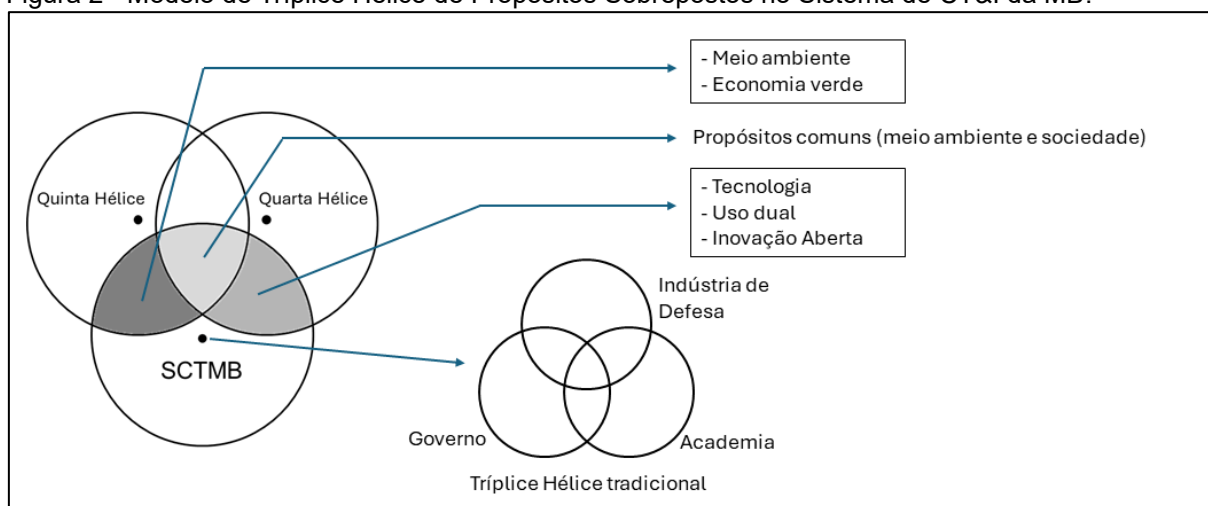
Com a introdução das novas teorias no processo, muitos pesquisadores reconheceram o valor potencial desses modelos, especialmente ao entenderem como a inclusão do capital social e natural pode influenciar a inovação colaborativa, mas também destacaram desafios que podem limitar sua efetividade no contexto específico da Defesa. Para alguns participantes, os projetos em desenvolvimento possuem características únicas que não se enquadram nas teorias contemporâneas, possivelmente devido à estrutura organizacional fechada e ao foco estratégico da Indústria de Defesa, que exige um alinhamento constante com os interesses da segurança nacional. Essa percepção reflete a crença de que certos projetos podem ser exceções às novas teorias de inovação. Os modelos inovadores que incluem uma participação mais ampla da sociedade e preocupações ambientais, como é o caso da Quíntupla Hélice, podem não ser totalmente adequados para o setor de Defesa, que tradicionalmente mantém um foco primário nas necessidades militares e governamentais, com rígido controle de informação e tecnologias sensíveis.

As informações também indicam que, apesar desses desafios, as influências das novas teorias de inovação estão começando a emergir nas atividades de pesquisa, particularmente em áreas com objetivos duais que atendam tanto às necessidades estratégicas da Defesa quanto às demandas sociais e ambientais. Isso sugere que a evolução do modelo da Tríplice Hélice, na forma proposta por Etzkowitz e Leydesdorff (1995), está se adaptando ao contexto da Indústria de Defesa. Com base nessa constatação, propõe-se neste estudo o conceito de uma “Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos” como uma forma de interpretar como essas influências estão sendo incorporadas ao sistema de CT&I da MB.

A Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos sugere que as esferas de governo, academia e indústria continuam sendo os pilares centrais da inovação. No entanto, novas camadas de propósitos estão sendo sobrepostas a esses pilares, refletindo a crescente consideração de preocupações sociais (capital social) e ambientais (capital natural) em alguns projetos. Embora essas novas camadas ainda não estejam formalmente integradas no SCTMB, a sua presença começa a se manifestar, principalmente em projetos com objetivos duais que visam não apenas atender às demandas da Defesa, mas também gerar transferência de tecnologia com benefício direto para sociedade e/ou para o meio ambiente. Esse modelo reconhece o valor que Etzkowitz (2008) descreve como “assumir o papel do outro”, onde as esferas tradicionais começam a adotar funções que vão além de seus papéis históricos.

A Figura 2 ilustra uma sugestão de como o SCTMB pode operar sob esse conceito, no qual os projetos de inovação não se limitam apenas ao desenvolvimento tecnológico para a Defesa, mas também integram preocupações sociais e ambientais, sobrepondo os propósitos da Quarta e Quinta Hélices ao modelo tradicional da Tríplice Hélice. Nesse modelo, uma esfera se dedica à transferência de tecnologia para sociedade por meio de projetos duais, incluindo estratégias de inovação abertas como co-criação com usuários finais, enquanto a outra se concentra em iniciativas que beneficiam diretamente o meio ambiente, alinhadas às atividades sustentáveis da defesa. Conforme apontado por Carayannis e Campbell (2010), o modelo da Quíntupla Hélice é uma resposta direta às demandas por inovações que considerem a sustentabilidade ambiental como parte integrante do processo de inovação.

Figura 2 - Modelo de Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos no Sistema de CT&I da MB.



Fonte: Elaboração do autor (2024).

Esse conceito pode ser especialmente relevante nas atividades de pesquisa da ATMAO, onde a proteção dos recursos naturais marinhos é uma preocupação crescente. A Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos, portanto, oferece um cenário para entender como as novas teorias de inovação estão começando a influenciar o SCTMB, mesmo que sua implementação formal seja limitada no contexto da Indústria de Defesa. Isso se alinha com o modelo equilibrado da Tríplice Hélice, que defende que a inovação surge das interseções entre esferas (Ranga; Etzkowitz, 2013).

Por outro lado, alguns pesquisadores reconhecem que esses modelos inovadores mais recentes podem ser aplicados a certos projetos, mas sem a mesma abrangência ou flexibilidade vistas em outros setores econômicos. Isso revela uma

tensão entre a abertura que os novos modelos de inovação buscam promover e o caráter de exclusividade e confidencialidade inerente às atividades relacionadas a Defesa. Longo e Moreira (2009) ressaltam que, embora a inovação colaborativa possa trazer grandes avanços, ela precisa ser cuidadosamente equilibrada com a proteção de informações sensíveis, especialmente no setor de Defesa.

A avaliação geral da pesquisa de percepção realizada indica que, embora os modelos da Quádrupla e Quíntupla Hélices, e as estratégias de Inovação Aberta, apresentem potencial para trazer benefícios ao SCTMB, sua implementação plena ainda enfrenta muitas barreiras. Para que esses modelos sejam eficazes, será necessário um processo de adaptação que leve em conta as especificidades do setor de Defesa, bem como uma mudança que permita uma maior integração com atores externos, sem comprometer a segurança e os interesses estratégicos do país.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho teve como objetivo principal investigar a evolução do modelo de inovação da Tríplice Hélice para os modelos da Quádrupla Hélice e Quíntupla Hélice, avaliando a adequação dessa evolução no contexto do Setor de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) da Marinha do Brasil (MB). A pesquisa também buscou entender como as estratégias de Inovação Aberta poderiam ser aplicadas, focando na Área Temática do Meio Ambiente Operacional (ATMAO) e na sua relevância para a Indústria de Defesa.

A demanda constante para mitigar a dependência tecnológica externa exige um investimento contínuo da otimização dos processos de inovação. O trabalho se mostrou relevante ao explorar novas abordagens que podem expandir as capacidades do Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil (SCTMB). Foram estudadas teorias que defendem uma maior integração entre diferentes atores do ecossistema de inovação, como a sociedade civil e o meio ambiente, alinhados aos modelos da Quádrupla e Quíntupla Hélices.

O primeiro objetivo específico, que buscava investigar a evolução dos modelos de inovação da Tríplice Hélice para a Quádrupla Hélice e Quíntupla Hélice, foi alcançado ao se analisar tanto a revisão teórica quanto as percepções dos pesquisadores da ATMAO. O trabalho demonstrou que, embora a maioria dos

participantes tivesse conhecimento limitado sobre esses modelos, houve receptividade em relação ao seu potencial de aplicação. No entanto, a adoção prática desses conceitos ainda é incipiente, revelando a necessidade de maior conscientização e disseminação.

O segundo objetivo específico, que trata de descrever os desafios enfrentados pelas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) da MB, foi abordado nas Seções 3.1 e 3.2. As principais barreiras identificadas incluem questões culturais e institucionais que dificultam a colaboração mais aberta e transparente entre as ICT e a Indústria de Defesa. Também foram discutidos os desafios relacionados à inovação aberta, com foco na proteção da propriedade intelectual e das tecnologias sensíveis para segurança nacional.

No terceiro objetivo, de analisar a viabilidade de adoção dos modelos da Quádrupla e Quíntupla Hélices, a pesquisa revelou que, embora os conceitos sejam reconhecidos como adequados a determinados projetos, sua implementação plena enfrenta barreiras. Muitos pesquisadores não estavam familiarizados com esses modelos antes da pesquisa, e embora tenham reconhecido o seu valor, destacaram desafios específicos para o setor de defesa, que inclui o rígido controle sobre tecnologias sensíveis e o foco estratégico em segurança nacional.

Uma das principais contribuições deste trabalho foi a criação do conceito “Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos”. Esse modelo foi proposto como uma maneira de interpretar as influências das novas teorias de inovação no SCTMB. A ideia central do modelo é que, além da colaboração entre governo, academia e indústria, como proposto na Tríplice Hélice original, novas camadas de propósitos – relacionadas ao capital social e ao capital natural – começam a se sobrepor aos pilares tradicionais da inovação. Esse conceito proporciona uma perspectiva útil para compreender a integração das questões sociais e ambientais em projetos de inovação no setor de defesa, especialmente em áreas com objetivos duais, que buscam trazer vantagens para sociedade e preservar o ambiente além de atender às demandas de defesa.

A falta de familiaridade dos pesquisadores com os conceitos da Quádrupla e Quíntupla Hélice sugere que futuros estudos podem explorar formas de capacitação e conscientização, tanto no contexto da MB quanto no setor de defesa em geral. Além disso, pesquisas futuras podem focar em avaliar como a inovação sustentável, proposta pelo modelo da Quíntupla Hélice, pode ser integrada de forma mais robusta



nas atividades do setor de defesa, considerando as pressões por maior responsabilidade ambiental.

O estudo demonstrou que os modelos de inovação da Tríplice Hélice, Quádrupla Hélice e Quíntupla Hélice têm o potencial de enriquecer o SCTMB, como benefícios diretos para a Indústria de Defesa. No entanto, sua implementação prática ainda enfrenta desafios tanto no que diz respeito à segurança da informação quanto à resistência cultural. Com isso, o conceito de “Tríplice Hélice de Propósitos Sobrepostos” foi sugerido neste estudo como uma contribuição original, propondo uma integração gradual e adaptativa de novos atores no processo de inovação.

Recomenda-se que a MB continue investindo em políticas que promovam a inovação aberta e a colaboração com novos atores, garantindo, ao mesmo tempo, a proteção das informações estratégicas e a priorização das inovações voltadas para a segurança nacional.

## REFERÊNCIAS

- AHN, J. M.; LEE, W.; MORTARA, L. Do government R&D subsidies stimulate collaboration initiatives in private firms?. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 151, p. 119840, 2020.
- BARCELLOS-PAULA, L.; DE LA VEGA, I.; GIL-LAFUENTE, A. M. The Quintuple Helix of Innovation Model and the SDGs: Latin-American Countries' Case and Its Forgotten Effects. **Mathematics**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 416, 2021.
- BELLUCCI, A.; PENNACCHIO, L.; ZAZZARO, A. Public R&D subsidies: collaborative versus individual place-based programs for SMEs. **Small Business Economics**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 213–240, 2019.
- BOGERS, M. *et al.* The open innovation research landscape: established perspectives and emerging themes across different levels of analysis. **Industry and Innovation**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 8–40, 2017.
- BOGERS, M.; AFUAH, A.; BASTIAN, B. Users as Innovators: A Review, Critique, and Future Research Directions. **Journal of Management**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 857–875, 2010.
- BOGERS, M.; CHESBROUGH, H.; MOEDAS, C. Open Innovation: Research, Practices, and Policies. **California Management Review**, [s. l.], v. 60, n. 2, p. 5–16, 2018.
- BOGERS, M.; WEST, J. Managing distributed innovation: Strategic utilization of open and user innovation. **Creativity and Innovation Management**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 61–75, 2012.
- BORRELLI, I. **Vale do Silício: tudo o que você precisa saber sobre o maior polo de inovação do mundo.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.startse.com/artigos/vale-do-silicio>. Acesso em: 13 ago. 2024.
- BRAITHWAITE, D. J. J. Occam's Razor: The principle of Parsimony. [s. l.], 2017.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **EMA 413: Doutrina de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha.** Brasília, DF: Estado Maior da Armada, 2021a.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **EMA 415: Estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha do Brasil.** Brasília, DF: Estado Maior da Armada, 2021b.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **PCT&I: Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação da Marinha.** Brasília, DF: Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha, 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. **PEM 2040: Plano Estratégico da Marinha.** Brasília, DF: Estado Maior da Armada, 2020.

CAI, Y.; PUGH, R.; LIU, C. A framework for analysing the role of innovation policy in regional innovation system development. **International Journal of Innovation and Regional Development**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 237–256, 2017.

CARAYANNIS, E. G.; BARTH, T. D.; CAMPBELL, D. F. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 2, 2012.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3–4, p. 201–234, 2009.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other?: A Proposed Framework for a Trans-disciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 41–69, 2010.

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J.; GRIGOROUDIS, E. Helix Trilogy: the Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a Theory, Policy, and Practice Set of Perspectives. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 2272–2301, 2022.

CHAMPENOIS, C.; ETZKOWITZ, H. From boundary line to boundary space: The creation of hybrid organizations as a Triple Helix micro-foundation. **Technovation**, [s. l.], v. 76–77, DNA of the Triple Helix, p. 28–39, 2018.

CHESBROUGH, Henry William. **Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology**. [S. l.]: Harvard Business School Press, 2003.

CHESBROUGH, Henry William. **Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology**. [S. l.]: Harvard Business Press, 2003.

CHESBROUGH, H.; BOGERS, M. Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. **New Frontiers in Open Innovation**. Oxford: Oxford University Press, Forthcoming, [s. l.], p. 3–28, 2014.

DZISAH, J.; ETZKOWITZ, H. Triple helix circulation: the heart of innovation and development. **International Journal of Technology Management & Sustainable Development**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 101–115, 2008.

ECONOMIST IMPACT. **The Open Innovation Barometer**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://impact.economist.com/projects/open-innovation/>. .

ETZKOWITZ, H. Entrepreneurial scientists and entrepreneurial universities in American academic science. **Minerva**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 198–233, 1983.

ETZKOWITZ, H. Incubation of incubators: innovation as a triple helix of university-industry-government networks. **Science and Public Policy**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 115–128, 2002b.

ETZKOWITZ, H. Technology transfer: The second academic revolution. **Technology Access Report**, [s. l.], v. 6, n. 7, p. 7–9, 1993.

ETZKOWITZ, H. **The triple helix of university-industry-government: implications for policy and evaluation**. [S. l.]: Swedish Institute for Studies in Education and Research, 2002a.

ETZKOWITZ, H. The triple helix: university-industry-government innovation in action. **London and New York: Routledge**, [s. l.], v. 31, 2008.

ETZKOWITZ, H.; GULBRANDSEN, M.; LEVITT, J. Public venture capital. [s. l.], 2000.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000.

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. **The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development**. Rochester, NY: [s. n.], 1995. SSRN Scholarly Paper.

FIOTT, D. Reducing the Environmental Footprint? Competition and Regulation in the Greening of Europe’s Defense Sector. **Organization & Environment**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 263–278, 2014.

FORMAN, P. The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the History of Technology. **History and Technology**, [s. l.], v. 23, n. 1–2, p. 1–152, 2007.

FROLOV, I. E. Capitalization of Russian science and its effect on productivity and effectiveness of research sector. **Studies on Russian Economic Development**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 205–217, 2015.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 114, Towards Post Fossil Carbon Societies: Regenerative and Preventative Eco-Industrial Development, p. 11–32, 2016.

ISKOUJINA, Z.; ROBERTS, J. Knowledge sharing in open source software communities: motivations and management. **Journal of Knowledge Management**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 791–813, 2015.

JAMES, A. D. Reevaluating the role of military research in innovation systems: introduction to the symposium. **The Journal of Technology Transfer**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 449–454, 2009.

JUGEND, D. *et al.* Public support for innovation: A systematic review of the literature and implications for open innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 156, p. 119985, 2020.

LAFUENTE, E.; BERBEGAL-MIRABENT, J. Assessing the productivity of technology transfer offices: an analysis of the relevance of aspiration performance and portfolio complexity. **The Journal of Technology Transfer**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 778–801, 2019.

LANGLOIS, J.; BENMAHMOUD-JOUINI, S.; SERVAJEAN-HILST, R. Practicing secrecy in open innovation – The case of a military firm. **Research Policy**, [s. l.], v. 52, n. 1, p. 104626, 2023.

LEYDESDORFF, L. The triple helix: an evolutionary model of innovations. **Research Policy**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 243–255, 2000.

LEYDESDORFF, L. The Triple Helix, Quadruple Helix, ..., and an N-Tuple of Helices: Explanatory Models for Analyzing the Knowledge-Based Economy?. **Journal of the Knowledge Economy**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 25–35, 2012.

LEYDESDORFF, L.; MEYER, M. Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue. **Research Policy**, [s. l.], v. 35, n. 10, Triple helix Indicators of Knowledge-Based Innovation Systems, p. 1441–1449, 2006.

LEYDESDORFF, L.; ZAWDIE, G. The triple helix perspective of innovation systems. **Technology Analysis & Strategic Management**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 789–804, 2010.

LIU, C.; CAI, Y. The role of university as institutional entrepreneur in regional innovation system: Towards an analytical framework. *In*: EXAMINING THE ROLE OF ENTREPRENEURIAL UNIVERSITIES IN REGIONAL DEVELOPMENT. [S. l.]: IGI Global, 2019. p. 133–156.

LONGO, W. P. e; MOREIRA, W. de S. O acesso a “tecnologias sensíveis”. **Tensões Mundiais**, [s. l.], v. 5, n. 9, p. 73–122, 2009.

LUNDMARK, M. Absorbing New Military Capabilities: Defense Technology Acquisition and the Asia-Pacific. *In*: BITZINGER, R. A. (org.). **Emerging Critical Technologies and Security in the Asia-Pacific**. London: Palgrave Macmillan UK, 2016. p. 37–52.

LUSCH, R. F.; VARGO, S. L. **The service-dominant logic of marketing: Dialog, debate, and directions**. [S. l.]: Routledge, 2014.

MORSELETTTO, P. Targets for a circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 153, p. 104553, 2020.

POTTING, J. *et al.* Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain. **Planbureau voor de Leefomgeving**, [s. l.], n. 2544, 2017.

QUACOE, Dinah; KONG, Y.; QUACOE, Daniel. Analysis of How Green Growth and Entrepreneurship Affect Sustainable Development: Application of the Quintuple Helix Innovation Model in the African Context. **Sustainability**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 907, 2023.

RANGA, M.; ETZKOWITZ, H. Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation Policy and Practice in the Knowledge Society. **Industry and Higher Education**, [s. l.], v. 27, n. 4, p. 237–262, 2013.

REIS, J. *et al.* Green Defense Industries in the European Union: The Case of the Battle Dress Uniform for Circular Economy. **Sustainability**, [s. l.], v. 14, n. 20, p. 13018, 2022.

RICCIARDI, F.; ROSSIGNOLI, C.; ZARDINI, A. Grand challenges and entrepreneurship: Emerging issues, research streams, and theoretical landscape.

**International Entrepreneurship and Management Journal**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 1673–1705, 2021.

SAULTERS, O. S. *et al.* Enhancing technology development through integrated environmental analysis: Toward sustainable nonlethal military systems. **Integrated Environmental Assessment and Management**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 281–286, 2010.

VON HIPPEL, E.; DE JONG, J. P. J.; FLOWERS, S. Comparing Business and Household Sector Innovation in Consumer Products: Findings from a Representative Study in the United Kingdom. **SSRN**, [s. l.], 2012.

WALSH, D. Occam's Razor: A Principle of Intellectual Elegance. **American Philosophical Quarterly**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 241–244, 1979.

WEST, J.; BOGERS, M. Open innovation: current status and research opportunities. **Innovation**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 43–50, 2017.

WIGELL, M.; HAKALA, E. Towards a Greener Defence: An Introduction. *In*: TOWARDS A GREENER DEFENCE, 2022, Dordrecht. (G. Iacovino & M. Wigell, Org.) **Innovative Technologies and Renewed Policies for Achieving a Greener Defence**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2022. p. 1–6.

ZHOU, C. Emergence of the entrepreneurial university in evolution of the triple helix: The case of Northeastern University in China. **Journal of Technology Management in China**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 109–126, 2008.

ZHOU, C. Four dimensions to observe a Triple Helix: invention of 'cored model' and differentiation of institutional and functional spheres. **Triple Helix**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 11, 2014.

## APÊNDICE A – Questionário Elaborado Pelo Autor

Este questionário faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso que investiga a aplicação dos modelos de inovação nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) da Marinha do Brasil. Seu objetivo é compreender as percepções dos pesquisadores sobre esses modelos e suas práticas. Agradecemos por sua participação.

### QUALIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Nome: \_\_\_\_\_
2. Idade: \_\_\_\_\_
3. Nível de Escolaridade  
☐ Mestrado  
☐ Doutorado
4. Instituição de Ensino onde Obteve o Título: \_\_\_\_\_
5. Ano de Obtenção do Título: \_\_\_\_\_
6. Cargo Atual  
☐ Oficial da Marinha do Brasil  
☐ Servidor Civil de Nível Superior  
☐ Bolsista ou Prestador de Serviço de Nível Superior
7. Tempo de Atuação na Área de Pesquisa Após a Obtenção do Último Título  
☐ Menos de 1 ano  
☐ 1 a 5 anos  
☐ Mais de 5 anos
8. Nome da ICT Vinculada Atualmente: \_\_\_\_\_
9. Tempo de Vinculação à ICT Atual  
☐ Menos de 1 ano  
☐ 1 a 5 anos  
☐ Mais de 5 anos
10. Experiência Anterior em outras ICT ou Setores Relacionados  
☐ Sim  
☐ Não
11. Participa como docente em algum Curso de Graduação ou Pós-graduação?  
☐ Sim. Graduação.  
☐ Sim. Pós-graduação.  
☐ Sim. Ambas.  
☐ Não.

### CONCEITOS DE INOVAÇÃO

12. Familiaridade com os Conceitos da Tríplice Hélice  
☐ Nenhuma ☐ Básica ☐ Intermediária ☐ Avançada
13. Familiaridade com os Conceitos da Quádrupla Hélice  
☐ Nenhuma ☐ Básica ☐ Intermediária ☐ Avançada
14. Familiaridade com os Conceitos da Quíntupla Hélice  
☐ Nenhuma ☐ Básica ☐ Intermediária ☐ Avançada
15. Familiaridade com os Conceitos de Inovação Aberta  
☐ Nenhuma ☐ Básica ☐ Intermediária ☐ Avançada
16. Como você entende o conceito de Tríplice Hélice?  
☐ O governo desempenha o papel central na coordenação das atividades de inovação, estabelecendo políticas e diretrizes que as universidades e as indústrias devem seguir.  
☐ Interação dinâmica e colaborativa entre governo, academia e indústria, onde cada ator desempenha papéis interdependentes, havendo sobreposição de funções.  
☐ Cada ator (governo, academia e indústria) opera de forma independente e a inovação ocorre por meio de imposições de mercado.

- ☐ Não tenho conhecimento sobre este conceito.
17. Qual das seguintes opções você considera mais relevante como uma quarta hélice no processo de inovação (Marque todas que se aplicam)?
- ☐ Sociedade Civil, incluindo cidadãos, organizações não-governamentais (ONGs).
- ☐ Usuários e Consumidores finais como co-criadores de inovação.
- ☐ Grupos comunitários que influenciam e são influenciados pelo processo de inovação.
- ☐ Meios de Comunicação e Cultura.
- ☐ Ambiente e Sustentabilidade.
- ☐ Educação e Formação
- ☐ Outros: \_\_\_\_\_
18. Qual das seguintes opções você considera mais relevante como a quinta hélice no processo de inovação (Marque todas que se aplicam)?
- ☐ Política e Governança.
- ☐ Integração de preocupações ambientais no processo de inovação.
- ☐ Mídia e Cultura.
- ☐ Foco da aplicação em sustentabilidade e preservação ambiental.
- ☐ Saúde Pública.
- ☐ Economia e Mercado.
- ☐ Outros: \_\_\_\_\_
19. O que você entende por Inovação Aberta?
- ☐ Uso de código aberto e co-criação com usuários.
- ☐ Compartimentalização entre segredo industrial e colaboração aberta.
- ☐ Não tenho conhecimento sobre este conceito.
- ☐ Outros: \_\_\_\_\_
20. Quais estratégias de Inovação Aberta você considera aplicáveis para uma ICT (Marque todas que se aplicam)?
- ☐ P&D em Parceria - Desenvolvimento conjunto de projetos de pesquisa com outras empresas e instituições.
- ☐ Crowdsourcing - Utilização de ideias e soluções de uma comunidade externa para gerar inovação.
- ☐ Aquisição de Propriedade Intelectual - Compra ou licenciamento de tecnologias para reduzir custos e acelerar o desenvolvimento.
- ☐ Cessão ou Licenciamento de Tecnologia - Venda ou licenciamento de tecnologias desenvolvidas internamente.
- ☐ Revelação Seletiva - Compartilhamento estratégico de informações para fomentar colaborações externas.
- ☐ Publicações Científicas e Consultoria - Divulgação de resultados de pesquisa para obter reconhecimento e novas oportunidades de colaboração.
- ☐ Open Source - Participação em projetos de código aberto para beneficiar do desenvolvimento colaborativo.
- ☐ Utilização de Bancos de Patentes - Exploração de patentes e documentos científicos para identificar tecnologias utilizáveis.
- ☐ Criação de Novas Organizações - Formação de spin-offs ou startups para comercializar tecnologias.
- ☐ Outros: \_\_\_\_\_
21. Como você entende os benefícios da Inovação Aberta na sua área de atuação (Marque todas que se aplicam) ?
- ☐ Aceleração do desenvolvimento de produtos e serviços.
- ☐ Redução de custos em P&D.
- ☐ Aumento da colaboração e troca de conhecimentos.
- ☐ Melhoria da competitividade no mercado.
- ☐ Não reconheço nenhum benefício.
- ☐ Outros: \_\_\_\_\_



PERCEPÇÃO SOBRE A RELEVÂNCIA DOS CONCEITOS DE INOVAÇÃO PARA A  
INDÚSTRIA DE DEFESA

22. Qual deve ser o papel do governo na promoção da inovação na Indústria de Defesa?
- ☐ Principal ator, liderando e financiando iniciativas de inovação.
  - ☐ Facilitador, criando um ambiente favorável para a inovação liderada pelo mercado.
  - ☐ Parceiro colaborativo, trabalhando em conjunto com a indústria e a academia.
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
23. Na sua opinião, quem deve guiar as inovações na Indústria de Defesa?
- ☐ Governo, através de políticas e financiamento.
  - ☐ Indústria, baseada na força de mercado e demandas tecnológicas.
  - ☐ Academia, através de pesquisa e desenvolvimento.
  - ☐ Uma combinação equilibrada de governo, indústria e academia.
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
24. Quais são os principais obstáculos para uma colaboração eficaz entre governo, indústria e academia na Indústria de Defesa (Marque todas que se aplicam) ?
- ☐ Diferenças nos objetivos e prioridades.
  - ☐ Falta de financiamento adequado.
  - ☐ Barreiras regulatórias.
  - ☐ Desafios na proteção de propriedade intelectual.
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
25. Como você vê o papel das ICT? Elas representam mais o Governo ou a ( ) Academia?
- ☐ Governo
  - ☐ Academia
  - ☐ Ambos
26. Quem deve exercer esse papel de educação e formação contínua (ICT ou Academia)?
- ☐ ICT
  - ☐ Academias
  - ☐ Ambas
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
27. A pesquisa nas ICT deve ser mais aplicada ou básica?
- ☐ Pesquisa Aplicada
  - ☐ Pesquisa Básica
  - ☐ Ambas
28. Como você avalia a influência da mídia na percepção pública de ciência e tecnologia na Indústria de Defesa?
- ☐ Muito influente, moldando fortemente a opinião pública.
  - ☐ Moderadamente influente, com impacto significativo.
  - ☐ Pouco influente, com impacto limitado.
  - ☐ Não influente.
29. De que forma os aspectos culturais podem impulsionar ou restringir a inovação na Indústria de Defesa?
- ☐ Impulsionam significativamente, criando um ambiente propício para a inovação.
  - ☐ Restrigem, devido a valores culturais que podem ser contrários à inovação tecnológica.
  - ☐ Têm impacto neutro.
30. Qual é o papel da sociedade civil na aceitação e demanda por inovações na Indústria de Defesa?
- ☐ Muito importante, influenciando diretamente as prioridades de inovação.
  - ☐ Moderadamente importante, com alguma influência.
  - ☐ Pouco importante, com influência limitada.
  - ☐ Não importante.

31. Como você considera a obrigatoriedade de transferência de tecnologia militar para a sociedade civil na aceitação de novos projetos de inovação em defesa?
- ☐ ( ) Muito benéfica, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico.
  - ☐ ( ) Moderadamente benéfica, com algumas aplicações úteis.
  - ☐ ( ) Pouco benéfica, com aplicações limitadas.
  - ☐ ( ) Não benéfica.
  - ☐ ( ) Indiferente.
32. Qual a importância de submeter projetos de inovação na Indústria de Defesa à aceitação de representantes da sociedade civil, mesmo quando o potencial de transferência de tecnologia para a sociedade é limitado e o foco principal é atender exclusivamente a necessidades de Defesa?
- ☐ ( ) Muito importante, pois a opinião da sociedade civil deve sempre ser considerada, independentemente do potencial de transferência.
  - ☐ ( ) Moderadamente importante, devendo ser considerada, mas não ao ponto de comprometer projetos puramente voltados para a Defesa.
  - ☐ ( ) Pouco importante, com consideração limitada.
  - ☐ ( ) Não importante, já que projetos sem potencial de transferência não devem depender da aceitação da sociedade civil.
33. Condicionar a aceitação de novos projetos de inovação para a defesa à propostas que visem o emprego de tecnologias duais é suficiente para justificar a participação da sociedade como uma quarta hélice?
- ☐ ( ) Sim
  - ☐ ( ) Não
  - ☐ ( ) Outros: \_\_\_\_\_
34. Você considera que a aceitação de novos projetos de inovação para a defesa devem atender a objetivos além dos bélicos, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico?
- ☐ ( ) Sim
  - ☐ ( ) Não
  - ☐ ( ) Outros: \_\_\_\_\_
35. De que forma a educação e a formação contínua impactam a inovação na Indústria de Defesa?
- ☐ ( ) Impactam fortemente, sustentando a inovação e o desenvolvimento tecnológico.
  - ☐ ( ) Impactam moderadamente, com efeitos notáveis.
  - ☐ ( ) Impactam pouco, com efeitos limitados.
  - ☐ ( ) Não impactam.
36. Quão importante é integrar preocupações ecológicas no processo de inovação na Indústria de Defesa?
- ☐ ( ) Muito importante, essencial para práticas sustentáveis.
  - ☐ ( ) Moderadamente importante, com impacto significativo.
  - ☐ ( ) Pouco importante, com impacto limitado.
  - ☐ ( ) Não importante.
37. Como você avalia o impacto das atividades militares no meio ambiente e na sustentabilidade?
- ☐ ( ) Muito impactante, com efeitos adversos significativos.
  - ☐ ( ) Moderadamente impactante, com alguns efeitos adversos.
  - ☐ ( ) Pouco impactante, com efeitos limitados.
  - ☐ ( ) Não impactante.
38. Qual dessas estratégias você considera mais relevante para a Indústria de Defesa: cumprir a legislação ambiental apenas como uma obrigação ou focar em inovação aplicada para o meio ambiente e sustentabilidade?
- ☐ ( ) Cumprir a legislação ambiental é suficiente e deve ser a principal prioridade.
  - ☐ ( ) A legislação ambiental é importante, mas o foco deve ser em inovação aplicada para o meio ambiente e sustentabilidade.
  - ☐ ( ) Ambas são igualmente importantes e devem ser equilibradas.

- ( ) Nenhuma das opções acima reflete minha opinião
39. Qual é a importância de adotar estratégias como reaproveitamento, remanufatura, reparo, reutilização, redução e reavaliação de materiais militares?
- ( ) Muito importante, essencial para uma economia verde.  
( ) Moderadamente importante, com benefícios significativos.  
( ) Pouco importante, com benefícios limitados.  
( ) Não importante.
40. Quais são os principais desafios para integrar práticas sustentáveis na Indústria de Defesa (Marque todas que se aplicam)?
- ( ) Custos elevados de implementação.  
( ) Resistência cultural e organizacional.  
( ) Falta de tecnologias adequadas.  
( ) Barreiras regulatórias.  
( ) Outros: \_\_\_\_\_
41. Quão adequados você considera os princípios de Inovação Aberta para o segmento da Indústria de Defesa?
- ( ) Muito adequados  
( ) Moderadamente adequados  
( ) Pouco adequados  
( ) Inadequados
42. Quais desafios você enxerga na aplicação da Inovação Aberta na Indústria de Defesa (Marque todas que se aplicam)?
- ( ) Segurança e confidencialidade das informações.  
( ) Compatibilidade com regulamentações governamentais.  
( ) Resistência cultural à colaboração externa.  
( ) Complexidade na gestão de parcerias.  
( ) Outros: \_\_\_\_\_
43. Você acha relevante adotar estratégias de inovação aberta, considerando a preocupação com a proteção da propriedade intelectual?
- ( ) Sim  
( ) Não
44. Em sua opinião, quais estratégias de Inovação Aberta poderiam ser implementadas na Indústria de Defesa para melhorar a inovação (Marque todas que se aplicam)?
- ( ) P&D em Parceria  
( ) Crowdsourcing  
( ) Open Source  
( ) Cessão ou Licenciamento de Tecnologia  
( ) Criação de Novas Organizações  
( ) Outros: \_\_\_\_\_
45. Qual é a sua percepção sobre a colaboração com entidades externas (nacionais ou internacionais) na Indústria de Defesa?
- ( ) Essencial para a inovação  
( ) Benéfica, mas com ressalvas  
( ) Pouco benéfica  
( ) Não benéfica
46. Você acredita que o modelo da Tríplice Hélice ainda é adequado para modelar o sistema de inovação da Indústria de Defesa?
- ( ) Sim  
( ) Não
47. Você acredita que seu projeto possa ou deva ser uma exceção, não se enquadrando nas novas teorias de inovação pós-Tríplice Hélice?
- ( ) Sim  
( ) Não

#### PERGUNTAS ABERTAS

48. Quais são os principais obstáculos para uma colaboração eficaz entre governo, indústria e academia na Indústria de Defesa?
49. Qual a importância de submeter projetos de inovação na Indústria de Defesa à aceitação de representantes da sociedade civil, mesmo quando o potencial de transferência de tecnologia para a sociedade é limitado e o foco principal é atender exclusivamente a necessidades de Defesa?
50. Como você avalia o impacto das atividades militares no meio ambiente e na sustentabilidade?
51. Qual dessas estratégias você considera mais relevante para a Indústria de Defesa: cumprir a legislação ambiental apenas como uma obrigação ou focar em inovação aplicada para o meio ambiente e sustentabilidade?
52. Como você avalia o papel das ICT na inovação quando comparado com a crescente demanda por inovação dentro da Academia?
53. Como você avalia a adoção de estratégias de inovação aberta na Indústria de Defesa, considerando a preocupação com a proteção da propriedade intelectual?
54. Qual é a sua percepção sobre o impacto da colaboração com entidades externas (nacionais ou internacionais) na Indústria de Defesa?
55. Quais outros desafios você enxerga na aplicação da Inovação Aberta na Indústria de Defesa?
56. Pode descrever alguma experiência profissional com o uso desses conceitos de inovação? Quais desafios enfrentou e como lidou com eles?
57. Você acredita que seu projeto possa ou deva ser uma exceção, não se enquadrando nas novas teorias de inovação pós-Tríplice Hélice?
58. Como você avalia a capacidade dos novos modelos de inovação da Quádrupla e Quintupla Hélice para modelar o sistema de inovação da Indústria de Defesa?

#### AUTORIZAÇÃO PARA USO DAS RESPOSTAS

59. Você autoriza o uso de suas respostas de forma anônima neste Trabalho de Conclusão de Curso?  
☐ Sim  
☐ Não

## APÊNDICE B – Percepção Conceitual dos Pesquisadores

Um total de 48 respostas objetivas e 46 abertas foram consideradas, abrangendo adultos entre 28 e 73 anos. Desses, 20% dos respondentes tinham até 35 anos, 22,9% tinham mais de 50 anos, e a faixa etária com maior número de respostas foi entre 36 e 49 anos (56,3%). A média de idade resultou em 44,4 anos (Tabela 1). Apenas pesquisadores com mestrado ou doutorado foram selecionados para participar do questionário. A distribuição dos títulos de pós-graduação mostrou que 41,7% possuíam mestrado, com a titulação obtida entre os anos 2011 e 2024, enquanto 58,3% eram doutores, com a titulação adquirida entre 1981 e 2023.

Tabela 1 – Perfil dos pesquisadores respondentes.

| Faixa Etária |    |      | Titulação |    |      | Instituição   |    |      | Vínculo       |    |      |
|--------------|----|------|-----------|----|------|---------------|----|------|---------------|----|------|
| Anos         | N  | %    | Nível     | N  | %    | Tipo          | N  | %    | Tipo          | N  | %    |
| < 35         | 10 | 20   | Mestrado  | 20 | 41,7 | Pública       | 37 | 77,1 | Militares     | 26 | 54,2 |
| 36-49        | 27 | 57,3 | Doutorado | 28 | 58,3 | Privada       | 3  | 6,2  | SC-NS         | 7  | 14,6 |
| > 50         | 11 | 23   | -         | -  | -    | Internacional | 8  | 16,7 | Bolsista / PS | 15 | 31,3 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Notas: SC-NS: Servidor Civil de Nível Superior.

PS: Prestador de Serviço.

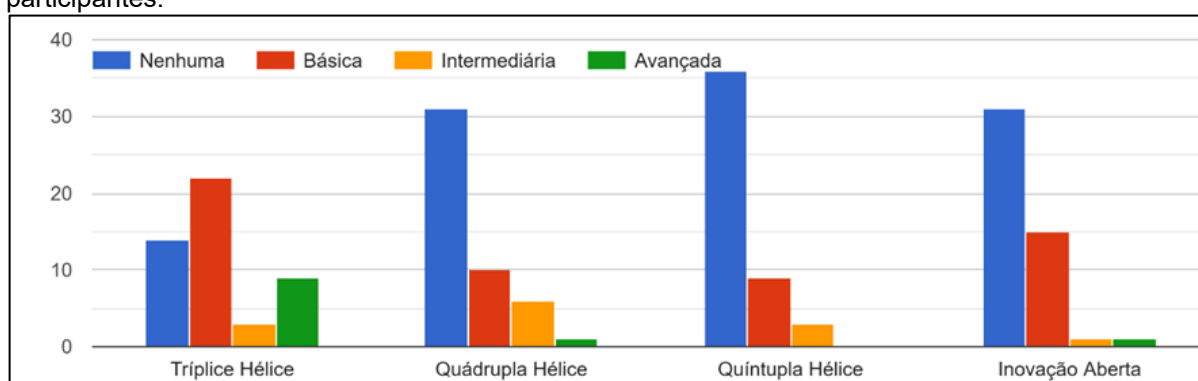
Foi observada uma diversidade nas instituições onde os respondentes obtiveram sua última titulação de pós-graduação, com 16,7% tendo obtido sua formação em instituições internacionais, como o Colégio Interamericano de Defesa, a Escola de Pós-Graduação Naval e as Universidades Paris 6 e do Algarve, entre outras. A maioria dos participantes realizou seus mestrados ou doutorados em universidades públicas (77,1%), sendo a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) a mais frequente, com 31,3% dos títulos, através da COPPE e Museu Nacional, seguida pelo programa associado do IEAPM/UFF (12,5%). Outras instituições incluem a UFF (10,4%), e 2-6% dos participantes obtiveram seus títulos pela UFRRJ, UFSC, UNESP, IME, Fiocruz, USP, UERJ e UENF. Apenas 3 participantes (1 mestre e 2 doutores) obtiveram seus títulos em universidades privadas, como São Leopoldo Mandic e PUC-Rio.

Todos os pesquisadores participantes têm vínculo atual com uma ICT, com projetos de pesquisa na Área Temática do Meio Ambiente Operacional. Entre eles,

54,2% são militares, 31,3% são bolsistas, e 14,6% são doutorandos, pós-doutores, prestadores de serviço ou servidores civis de nível superior (14,6%). Quanto ao tempo de atuação nessa área de pesquisa, 47,9% afirmaram estar trabalhando nessa área entre 1 e 5 anos, e o mesmo percentual (47,5%) trabalha a mais de 5 anos. Dentre esses, 52,1% atuam na ICT atual há 1 a 5 anos, e 42,7% estão há mais de 5 anos. A coleta de dados também revelou que 62,5% dos respondentes não tiveram vínculos anteriores com outras ICT e 54,2% não atuam como docentes em cursos de graduação ou pós-graduação.

Inicialmente, nas questões objetivas, foi realizada uma prospecção do grau de familiaridade dos conceitos de Tríplice-Hélice, Quádrupla Hélice, Quíntupla Hélice e Inovação Aberta (Gráfico 1). Observou-se o maior percentual de respostas indicando conhecimento básico sobre o conceito de Tríplice Hélice (45,8%), seguido de Inovação Aberta (31,2%), Quádrupla Hélice (18,7%) e Quíntupla Hélice (20,8%), independentemente das características demográficas mencionadas anteriormente. Entretanto, apenas 2,1% a 12,5% dos respondentes demonstraram conhecimento intermediário sobre os temas, e a grande maioria declarou não ter conhecimento dos termos abordados no formulário, sendo a Quíntupla Hélice o conceito com maior percentual de desconhecimento (75%), seguido pela Quádrupla Hélice e Inovação Aberta (64,6%).

Gráfico 1 – Graus de familiaridade dos conceitos das hélices e inovação aberta entre os pesquisadores participantes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Apesar de 29% dos participantes não conhecerem o conceito de Tríplice Hélice, este foi o que obteve o maior percentual de respostas de pesquisadores com conhecimento avançado (18,8%) em comparação com os demais conceitos, sendo

apenas 2,1% dos respondentes com esse grau de conhecimento para Quádrupla Hélice e Inovação Aberta, e nenhum para a Quíntupla Hélice.

Considerando as perguntas relacionadas ao entendimento dos entrevistados sobre a Tríplice Hélice, 68,8% responderam que se trata da “Interação dinâmica e colaborativa entre governo, academia e indústria, onde cada ator desempenha papéis interdependentes, havendo sobreposição de funções”. Desses, 51,5% eram pesquisadores militares e 48,5% pesquisadores civis (servidores, bolsistas ou prestadores de serviços), sendo 63,3% doutores e 43% mestres. Observou-se uma correlação significativamente positiva ( $P = 0,0037$ ) entre os pesquisadores que conheciam esse conceito e o tempo de vinculação à ICT atual, sendo que 42,4% estão vinculados há 1 a 5 anos e 54,6% há mais de 5 anos.

Ao avaliar o papel das ICT no contexto da Tríplice Hélice, 18,8% afirmaram que a ICT representa governo, 37,5% acreditam que seu papel é similar ao da academia e a maioria (43,8%) respondeu que a ICT poderia representar tanto governo quanto academia. Entre a minoria que sugeriu que a ICT fosse a entidade governamental na Tríplice Hélice, 66,7% eram pesquisadores militares com 1 a 5 anos de vínculo na ICT atual (83,3%) e mestrado (80%). Entre aqueles que afirmaram que a ICT pode exercer tanto o papel de governo quanto de academia, 52,4% eram pesquisadores civis com mais de 5 anos de vínculo (71,4%) e doutorado (66,7%).

Quando questionados sobre o papel da ICT na educação e formação continuada, 8,3% opinaram que esse papel caberia à ICT, 18,8% afirmaram que seria papel da academia, e a maioria (72,9%) respondeu que ambas, ICT e academia, desempenham essa função, com 52,9% dos civis e 47,1% dos militares concordando. Essa percepção foi predominante entre os militares com 1 a 5 anos de vínculo (62,5%) e mestrado (60%), enquanto o grupo de civis que compartilha essa opinião tinha mais de 5 anos de vínculo na ICT (61,1%) e doutorado (72,7%).

Em relação ao tipo de pesquisa conduzida em uma ICT, 43,8% dos respondentes acreditam que apenas a pesquisa aplicada é realizada, enquanto 56,3% afirmaram que tanto a pesquisa básica quanto a aplicada podem ser desenvolvidas na instituição. Entre os que defendem essa visão mais abrangente, 75% deram pesquisadores civis com mais de 5 anos de vínculo (66,7%) e doutorado (80%). Por outro lado, entre os militares que indicaram que somente a pesquisa aplicada pode ser realizada, 43,8% tinham de 1 a 5 anos de vínculo (66,7%) e mestrado (77,8%).

Além da correlação positiva significativa entre o grau de familiaridade com o conceito da Tríplice Hélice e o tempo de vinculação à ICT atual, não foram observadas outras correlações significativas entre esse conhecimento e a titulação, o tipo e tempo de vínculo, o papel e a função da ICT na educação, ou o tipo de pesquisa realizada.

Considerando as perguntas relacionadas ao entendimento dos entrevistados sobre a Quarta Hélice, 43,8% responderam que ela está associada à “Sociedade Civil, incluindo cidadãos e organizações não governamentais (ONGs)”, seguidos por 29,2% que mencionaram “Usuários e consumidores finais como co-criadores de inovação”, e apenas 8,3% consideraram “Grupos comunitários que influenciam e são influenciados pelo processo de inovação”. “Ambiente e Sustentabilidade” e “Educação e Formação” também foram indicados como conceitos associados à Quarta Hélice, com 10,4% e 12,5%, respectivamente. Entre a maioria das respostas, 60% foram de pesquisadores militares e 40% de pesquisadores civis (servidores, bolsistas ou prestadores de serviços), sendo 63,3% doutores e 36,7% mestres, independentemente do tempo de vinculação à ICT (50% com 1 a 5 anos e 50% com 5 anos ou mais). Devido ao baixo grau de conhecimento, não houve uma correlação significativa entre o grau de familiaridade com o conceito de Quádrupla Hélice e a titulação, o tipo e tempo de vínculo, ou os tipos de pesquisa realizadas na ICT (básica e aplicada).

Considerando as perguntas relacionadas ao entendimento dos pesquisadores sobre a Quinta Hélice, 41,7% responderam que ela representa o “Foco na aplicação em sustentabilidade e preservação ambiental”, seguido por 22,9% que associaram o conceito a duas definições distintas: “Integração de preocupações ambientais no processo de inovação” e “Economia e Mercado”. Entre as respostas, 56% foram de pesquisadores militares e 44% de pesquisadores civis (servidores, bolsistas ou prestadores de serviços), sendo 64% doutores e 35% mestres. Devido ao menor conhecimento dos conceitos da Quinta Hélice em comparação com as outras hélices, não foi observada uma correlação significativa entre o grau de familiaridade com o conceito e a titulação dos pesquisadores, o tipo e tempo de vínculo, ou os tipos de pesquisa realizadas. Entre os participantes, 52% têm de 1 a 5 anos de vínculo na ICT atual e 48% possuem mais de 5 anos de vínculo.

O entendimento dos participantes sobre o conceito de Inovação Aberta revelou que 45,8% declararam não ter conhecimento sobre o tema, sendo 50% pesquisadores militares e 50% pesquisadores civis (servidores, bolsistas ou prestadores de serviços).





setor tradicionalmente restritivo, como o da defesa. A palavra “tecnologia” aparece em um contexto em que o avanço tecnológico é visto como um dos principais benefícios, mas sempre em paralelo com a necessidade de proteger os interesses nacionais (“nacional”).